

Imagination is more important than knowledge. Knowledge is limited. Imagination encircles the world.

A. Einstein

Въображението е по-важно от знанието. Знанието е ограничено.
Въображението е всеобхватно.

Алберт Айнщайн



SENS 2008

SENS 2008

Fourth Scientific Conference With International Participation

SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY

4-7 June 2008, Sea resort Golden Sands, Bulgaria



**SPACE
RESEARCH
INSTITUTE**

**BULGARIAN
ASTRONAUTICAL
SOCIETY**



BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

© Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences

ISSN 1313 - 3888

2008

BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
Space Research Institute
BULGARIAN ASTRONAUTICAL SOCIETY

FOURTH SCIENTIFIC CONFERENCE

**Devoted to the 20th Anniversary
of the *Shipka* Scientific Programme and the Mission
of the Bulgarian Astronaut Alexandar Alexandrov**

**S P A C E
E C O L O G Y
N A N O T E C H N O L O G Y
S A F E T Y**

S E N S 2008

PROCEEDINGS

2008

Organizational Committee

Honoured Chairman: Acad. Nikola Sabotinov

Chairman:

Prof. Dipl. Eng. Petar Getsov, PhD

Vice-Chairmens:

Prof. Dipl.Eng. Garo Mardirossian, DSc
Sen.Res. II rank Dipl.Eng. Stefan Chapkanov, PhD

Secretary:

Prof., Dipl.Eng. Jivko Zhekov, DSc

Members:

Prof. Dipl. Eng. Stavri Stavrev, PhD
Dipl. Eng. Krassimir Stoyanov, PhD
Res. Fellow Rumen Shkevov
Res. Fellow Maria Dimitrova
Res. Fellow Georgi Jelev
Master of Economics Nikolay Chilyanski
Master of Philology Tsveta Srebrova

Scientific-Programme Council

Prof. Stanislav Klimov – Russia
Prof. Vyacheslav Rodin – Russia
Prof. Rupert Gerzer – Germany
Prof. Alen Hauchecorne – France
Prof. Mihalios Christou – Italy
Prof. Danilo Ristich – Macedonia
Dr. Stoyan Velkoski – Macedonia
Dr. Mikhail Mogilevski – Russia

Corr. Member Chavdar Roumenin
Prof. Petar Getsov, PhD
Prof. Garo Mardirossian, DSc
Prof. Dimitar Sirakov, DSc
Prof. Dipl. Eng. Stavri Stavrev, PhD
Prof. Nikola Vichev, DSc
Prof. Filip Filipov, DSc
Res. Fellow I rank Lubomira Krалеva

PROCEEDINGS

Publishing team:

Garo Mardirossian
Lubomira Krалеva
Tsveta Srebrova
Georgi Jelev

This Collection contains reports presented orally or in the form of posters during the Fourth Scientific Conference with International Participation „Space, Ecology, Nanotechnologies, Safety - SENS 2008”, which was held from 04 to 07 June 2008 at Liliya Hotel – Golden Sands (Varna).

The Collection includes reports which were sent within the due term and were drafted in accordance with the preliminarily announced instructions. The reports submitted by the authors have not been edited in substance, but have only been subject to technical processing.

The reports and the accompanying abstracts are published in one of the three working languages of the Conference after the authors' choice.

© Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

ISSN 1313 – 3888

Bulgaria, Sofia 1000, 6, Moskovska St., P.O.Box 799
phone: (+359 2) 988 35 03, (+359 2) 986 28 74, fax: (+359 2) 981 33 47
e-mail: office@space.bas.bg; <http://www.space.bas.bg>

CONTENTS

Plenary Session

Petar Getsov

Институтът за космически изследвания при БАН – с приоритет към екологичните изследвания..... 9

Session 1

Space Physics

Nikolay Erokhin, Ludmila Mikhailovskaya, Rumen Shkevov, Kostadin Sheiretsky

Nonreflection Propagation of Electromagnetic Waves through Small-Scale Structures 17

Kostadin Sheiretsky, Plamen Trenchev, Stilian Lukov

Analytical Survey of a Satellite in the Regime of Synchronous Resonance Investigation of Secondary Proportion 1:n 22

Пламен Тренчев

Фамилии от периодични решения в автономни хамилтонови системи. Приложения в динамично свързани групи в слънчевата система 28

Пламен Тренчев

Геометрични елементи при числените симулации 31

Стилиан Луков, Николай Ерохин, Димитринка Томова, Румен Шкевов,

Пламен Тренчев, Костадин Шейретски

За движението на заредени частици във външно ускоряващо поле 33

Milen Zamfirov

Transmitting Energy with Lasers as Means for Injection on Fading Satellites 38

Session 2

Aerospace Technologies and Biotechnologies

Andon Topalov, Dobrin Seyzinski, Severina Nikolova, Nikola Shakev, Okyay Kaynak

Neuro-Adaptive Trajectory Control of Unmanned Aerial Vehicles 45

Димитър Йорданов, Палмира Панова, Пламен Пешев

Контури за управление на страничното движение на самолет в "Matlab-Simulink" 51

Yordan Naydenov, Tania Ivanova, Iliana Ilieva

Plant Growth in Svet Space Greenhouse under Fluorescent and Light-Emitting Diode Light Sources 58

Tania Ivanova, Iliyana Ilieva, Yordan Naydenov, Vladimir Sytchev, Margarita Levinskikh

Project "Mars-500" Started Ground Based Experimental Complex Activity 64

Stoyan Tanev, Plamen Trendafilov, Petar Genov

Method and Device for Measuring the Oxyhaemoglobin and the Irrigation of the Peripheral Tissues 70

Константин Методиев, Зоя Хубенова

Числена симулация на двумерно външно течение на свиваем газ 75

Галина Чернева, Антонио Андонов

Инвариантни преобразувания и чувствителност на електрически вериги 81

Antonio Andonov, Zoya Hubenova

Robust Methods for Control under Undetermined Criteria 85

Rumen Shkevov, Pavlin Gramatikov

Investigation of On-Board Space-Based Intelligent Systems Electromagnetic Emission 89

Session 3

Remote Sensing and Geoinformation Systems

Ahmed Ramzi, Nikola Gorgiev, Roumen Nedkov

Planimetric Accuracy of Orthorectified Quickbird Imagery Using Non-Parametric Sensor Models 97

Ahmed Ramzi, Roumen Nedkov

Qualitative Analysis of the Visual Interpretation of Single Quickbird Imagery 102

Eugenia Roumenina, Alexander Gikov, Hristo Lukarski, Vanya Naydenova, Georgi Sotirov, Georgi Jelev, Lachezar Filchev, Lubomira Krалеva, Svetlin Fotev, Margarita Chervenyashka, Petar Dimitrov, Valentin Kazandjiev, Nedyalko Valkov Establishment of a Scientific-Information Complex for Aerospace Test Sites on the Territory of the Republic of Bulgaria	106
Antoanetta Frantzova, Magda Bozhkova Using AVHRR (and MODIS) Data for Monitoring of Snow Cover and Snow Melting Processes	113
Alexander Gikov Using CORINE Land Cover Classes to Estimate and Map the Degree of Human Transformation of Landscapes	119
Vanya Naydenova Land Use Change of the <i>Kutina Pyramids</i> Natural Landmark Area	126
Valentin Atanasov, Georgi Jelev, Lubomira Krалеva Preprocessing of Spectrometric Data	132
Kalinka Bakalova, Dimitar Bakalov Ground-Based Observations of Cloud Properties in Relation with Aerosol and Atmospheric Dynamics	136
<u>Session 4</u> <i>Ecology and Risk Management</i>	
Албена Йорданова, Румен Недков, Мария Димитрова, Ива Иванова, Марияна Захарина Мониторинг на атмосферните замърсявания в региона около град София през зимния период на 2006 и 2007 година	141
Antoanetta Frantzova Remote Sensing Data in Risk Management of Natural Hazards in Bulgaria.....	149
Ралица Берберова, Рангел Гюров Влияние на луната върху появата на земетресения	155
Boyko Rangelov, Garo Mardirossian, Dragomir Gospodinov, Edelvais Spassov The EU SCHEMA Project – Bulgarian Participation	161
Stojan Velkoski Cosmic Stojan-Net and its Utilization	166
Milena Gospodinova, Georgi Markov Range Assessment of Bioelements Content in the Red Fox (<i>Vulpes Vulpes</i>) - Zoomonitor of Environmental Pollution in Bulgaria.....	171
<u>Session 5</u> <i>Space Material Science and Nanotechnology</i>	
Vladimir Blank, Rustem Bagramov, Viacheslav Prokhorov, Genadij Pivovarov Production of Compact Nanostructured Iron+C60 Material by Means of High Pressure and Temperature	177
Viacheslav Prokhorov, Rustam Bagramov, Vladimir Blank, Andrey Deribas, Natalia Lvova, Boris Kulnitskiy Mechanical and Thermal Properties of Bulk Cubic Si ₃ N ₄ Prepared From Shock Synthesized Nanoparticles	181
Dimitar Mitev, Rayna Dimitrova, Svetla Popova, Stavry Stavrev Surface Structural Groups in Detonation Diamond Powders and Properties as Determined by FTIR.....	188
Здравка Карагьозова, Анна Петрова, Силвия Васева, Ставри Ставрев Влияние на добавка от нанодиамад върху свойствата на никелово покритие	192
<u>Session 6</u> <i>Warfare and Space</i>	
Borislav Stoyanov Recent Attacks against Summation, Shrinking and Self-Shrinking Stream Ciphers - Short Survey	197

Valentina Tsekova Optimal Coordinator of Control System for Unmanned Combat Air Vehicle	201
Garo Mardirossian, Stiliyan Stoyanov, Angel Manev Satellite Method for Research of the Ozone Content by Means of Absorption Ozonemeter	206
Живко Жеков, Гаро Мардиросян Апроксимационен метод за откриване на аномални сигнали в оптико-електронни уреди	209
Стилиян Стоянов Изследване на влиянието на аберациите на оптичната система върху апаратната функция на абсорбционен озонетър.....	212
Lyubomir Vitanov Water Supplies under Disaster Conditions or Use of Mass Destruction Weapons	217
Ivan Popov, Georgi Popov Organophosphorus Toxic Chemical Agents – Most Probable Weapons of Terrorism	224
Petar Genov, Stoyan Tanev, Plamen Trendafilov Adaptable Threshold Device for Proximity Radiolocation System.....	229
Petar Stoyanov, Svetla Ivanova, Venzislav Markov Аерокосмически георадари - възможности и перспективи за развитие.....	234
Петър Стоянов, Венцислав Марков, Михаил Михов, Георги Кипров Космическо разузнаване. Аерокосмическо радиотехническо разузнаване.....	239
Georgi Sotirov Evaluation of the Possibilities for Modernization on On-Board IFF Systems	245
Georgi Sotirov Method for Evaluation of the Efficiency of On-Board Electronic Warfare Systems at Overcoming Air Defence	251
Deyan Gotchev, Konstantin Sheiretsky, Plamen Trentchev The Hierarchy of Emerging Centers of Gravity in the 'Space Vicinity of the Earth' Conflict Zone	255
Милен Замфиров Откривателските приноси на проф. Кръстьо Кръстев в областта на ядрената физика и военните науки.....	257
Session 7	
Astrophysics and Nonlinear Dynamics	
Nikolay Erokhin, Nadezhda Zolnikova, Ludmila Mikhailovskaya, Rumen Shkevov, Stiliyan Lukov Charge Particles Surfatron Acceleration by a Set of Finite Amplitude Electromagnetic Waves in Space Plasma.....	263
Daniela Boneva, Lachezar Filipov Disturbances in the Disc Flow of Selected LMXBs* and the Variations in Their Light Curves	271
Стилиян Луков, Николай Ерохин, Димитринка Томова, Румен Шкевов, Пламен Тренчев, Костадин Шейретски Прост фракталоподобен модел на порести среди	276
Deyan Gotchev, Konstantin Sheiretsky, Plamen Trentchev Critical Phenomena during Self-Organization in Astrosystems' Transition Regions	281
Zdravko Andonov Multidimensional Time, Earth, Moon and Sun System.....	283
Zdravko Andonov Nikola S. Kalitzin – Great Innovator of GUT, Multitemporal Theory of Relativity and Hyper-Photon Rockets.....	289
Надя Маринова Космическите изследователски проекти. Подходи за планиране и реализация. Част I.....	296
Надя Маринова Космическите изследователски проекти. Управление, анализ и оценка на ефективността. Част II..	300

Plenary Session

ИНСТИТУТЪТ ЗА КОСМИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ ПРИ БАН – С ПРИОРИТЕТ КЪМ ЕКОЛОГИЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Петър Гецов

*Институт за космически изследвания –Българска академия на науките
e-mail: director@space.bas.bg*

Key words: *ecological problems, space research, remote sensing*

Abstract: *The paper is dedicated to the ecological activity of the Space Research Institute (SRI) at the Bulgarian Academy of Sciences (BAS) during the last 10 years. The techniques, technologies, program & instrumentation facilities designed by the researchers from SRI are considered by which different ecological problems of anthropogenic or natural origin are solved.*

Един от най-актуалните проблеми пред човечеството и след началото на третото хилядолетие безспорно продължават да бъдат проблемите на екологията и околната среда. Това са както независимите от човека аномални природни процеси и явления – земетресения, наводнения, бури и урагани, вулкански изригвания, екстремни температури и т.н., така и отрицателните изменения на параметрите на околната среда следствие на антропогенното въздействие свързано с индустриализацията и урбанизацията, без които не можем да си представим прогреса на човешкото общество. Всички тези проблеми поставят за решаване все по-сложни и по-отговорни задачи пред науката и практиката и в отделните страни, и в световен мащаб.

В доклада накратко се разглежда екологичната активност на Института за космически изследвания при Българска академия на науките през последните 10 години [1]. Тази активност е обусловена и възможна по няколко причини. По принцип една от най-важните насоки на аерокосмическата наука, техника и технология е изучаването на геосферите – литосфера, атмосфера и хидросфера, процесите и явленията в тях и съответно измененията в параметрите, създаващи екологични проблеми. При прогнозиране на тези процеси и явления, при откриването и локализирането им, при следене на развитието им, при спасителни операции, при оценка на щети и т.н. се проявяват най-ярко предимствата на аерокосмическите методи, технологии и технически средства – глобалност, мащабност, експресност, надеждност и оперативност [2,3]. От друга страна самата същност на космическите изследвания като интердисциплинарна наука обуславя наличието в ИКИ – БАН на специалисти от широк диапазон на науката, техниката и технологиите. Именно това позволи през последните години в Института да се разработят и внедрят в практиката редица – както аерокосмически, така и за наземно използване, методи, технологии, апарати, програмни продукти и системи, с които в една или друга степен се решават и екологични проблеми.

В Института за космически изследвания при БАН са обработени данните [4] от дистанционните измервания с Двуполаризационна свръхвисококачествена радиометрична система Р - 400 [5], работила от средата на месец май 1996 г. на борда на специализирания модул "Природа" на орбиталния комплекс "Мир". Модулът включваше 17 различни апаратни системи за дистанционно изследване на сушата, океана и атмосферата на Земята във видимия, инфрачервения и микровълновия диапазон на електромагнитния спектър, включително и за изучаване на екологични процеси с аномален и катастрофален характер. Системата Р-400 е част от уникалния комплекс научна апаратура, осигуряващ изпълнението на научната програма по проекта "Природа" [6], а ИКИ – БАН е един от инициаторите и създателите на този най-голям международен научен проект в областта на дистанционните изследвания на Земята от Космоса в края на ХХ в. Особено важен за нас е фактът, че по регламент като участници в Проекта имаме достъп и до данните от всички апарати и системи на модула "Природа".

През периода 1995–1997 г. екип от секция "Дистанционни изследвания" на ИКИ – БАН участва в реализацията на проекта CORINE LAND COVER на Комисията на Европейската общност. Използвани са сканерни изображения от сателита "Landsat - TM" в мащаб 1:100000 с псевдооцветяване на различните елементи на земното покритие на територията на България. Създадена е физическата основа на географска информационна система (ГИС) на определено ниво, с възможности за постоянно допълване с нова информация [7].

Една типична приложна разработка с екологична насоченост, в която участват учени от ИКИ, е проектът MERA (картографиране на горски екосистеми и на ерозионния риск на почвите), изпълнен в България и финансиран от Европейския съюз [8].

На базата на сателитни изображения е разработен Мултимедиен атлас на България, основен акцент в който са защитените екотеритории. Този атлас беше представен на Световното изложение EXPO'2000 в Ханوفر, където получи много високи оценки.

В Института се работи и по космически проекти за изследване на регионалната и глобална геодинамика, като един от най-надеждните прогностични фактори при предсказване на земетресения и вулкански изригвания [9]. Предложеният от нас проект BALKANPROB има за цел изследване на регионалната и локална динамика на съвременните диференцирани корови движения и съпътстващите ги изменения във физични и други полета [10].

Първа стъпка към подготовката на целеви космически експеримент за изследване на предвестниците на земетресения [11] и ефекти от техногенни въздействия върху околната среда е проектът КОМПАС - 1 на Руската космическа агенция. В разработвания микросателит със специализирана научна апаратура, Република България участва с две апаратни системи, разработвани в ИКИ – БАН: Вълнов комплекс УНЧ/ОНЧ - К1 и Плазмен комплекс ИД-2 - К1. Следващата стъпка е проектът ПРЕДВЕСТНИК-Е [12], който предвижда изграждане на специализирана сателитна система, включваща 18 микросателита на кръгови околоземни орбити, предназначена за ранно предизвестяване и контрол на едромасабни природни бедствия и техногенни аварии.

Съвместно с Геофизичен институт на БАН е разработена система за измерване на геоелектрични и геомагнитни параметри, която вероятно ще прерасне в национална мрежа за регистрация на пулсациите на електромагнитното поле на Земята предизвикани от слънчевата активност с цел изучаване на тяхното влияние върху живите организми. Чрез същата мрежа ще се измерват и геоелектричната активност и земни токове с цел разработване на критерии за прогнозиране на сеизмичната активност [13].

Предложена е методика и апаратурна конфигурация за изследване и картографиране на електромагнитното антропогенно замърсяване в областта на ниските честоти за големите градове и индустриални райони на Република България [14].

В ИКИ – БАН се разработват и бордови системи за получаване на дистанционна видеоинформация, както и методи за нейната обработка и интерпретация. Институтът заема добри позиции в CCD-технологиите за реализация на сензори за дистанционни аерокосмически изследвания. Един от важните приложни резултати е използването на тези разработки и за екологични изследвания. Конкретните приложения са по проекта КОСАМ [15,16]. В този аспект характерен пример е и разработеният софтуер за първична обработка на данни от сателита "Nimbus-7", който се ползва в Кувейт.

Разработена е спектрометрична система с висока спектрална разделителна способност, предназначена за наземни и самолетни експерименти при изследване на замърсяването на природната среда [17].

Отстраняването на геометричните деформации, дължащи се на вътрешни и външни причини на аерокосмическите изображения с висока пространствена разделителна способност е съществен момент при интерпретацията на дистанционно получените данни. Всяко усъвършенстване на апаратурата и повишаване на разделителната ѝ способност налага разработване на методи за отстраняване на геометричните деформации, отговарящи на точностите на изображенията. В ИКИ – БАН се разработват и прилагат в практиката методики за използване на глобалните позиционни системи GPS при корекция на деформациите на тези изображения [18].

Чрез дистанционни и ландшафтно-геохимични методи са изследвани отделни райони от територията на България с цел установяване степента на антропогенно замърсяване на околната среда. На базата на аерокосмически снимки са съставени серия от тематични карти: геоморфоложка, почвена, растителна, карта на ерозията и ландшафтно-геохимична карта, които съвместно с данните от наземните измервания служат за екологична оценка на степента на замърсяване с тежки метали на почвата, водата и растителността на изследваните райони [19,20].

Разработена е географска база данни, в която се интегрира тематична информация, получавана чрез класификация с обучение на изображения от сателита "Landsat - TM", използвана за контрол на земеползването и антропогенното изменение на околната среда на част от Пловдивска област [21]. С използване на дистанционни аерокосмически снимки са изследвани екологичните изменения след построяването на язовир "Студен кладенец" [22].

Друг актуален и за екологията проблем е изследване на общото съдържание и вертикалното разпределение на атмосферния озон. В ИКИ – БАН са разработени серия сателитни [23] и наземни [24] озонметри.

В ИКИ – БАН в сътрудничество и с други академични звена се разработват методи и средства, имащи пряко отношение към изучаването на природни аномалии и екологични катастрофи. Типични такива разработки са Метод и устройство за лабораторно моделиране на бързи геодинамични процеси като земетресения, взривове и свлачища и генерираните от тях водни вълни – цунами [25] и Метод за регистрация на абсолютното движение на точка от земната повърхност [26]. Работи се по лабораторен макет на компенсационен сеизмоприемник [27], чрез който се премахват някои от основните недостатъци на класическите сеизмографи при регистриране на силни земетресения. И трите разработки са патентовани и са обект на интерес, награди и финансиране в международен мащаб.

Създаден е нов метод за автоматично цифроване в реално време на регистрацията на класическите климатологични апарати без да се смущава аналоговата им регистрация [28]. Полученият цифров електрически сигнал дава възможност за експресна автоматична обработка на данните, телеметричното им предаване с цел както регулярен екологичен мониторинг, така и за експресно прогнозиране и следене на неблагоприятни и катастрофални атмосферни процеси.

Разработени са методологичните основи и са формулирани научните задачи и някои технико-експлоатационни характеристики на пенетратор за екологични изследвания [29]. Разработката е във връзка с международните космически проекти за изучаване на планетата Марс, но може да се приложи и за изследвания в труднодостъпни и опасни райони и на Земята.

Специалисти от ИКИ – БАН участваха в разработването на първата Национална програма за защита на младежта и децата от екокатастрофи [30].

Основната част от преподавателския състав в магистърската и докторска програми "Аерокосмически методи в екологията и околната среда" в Нов Български университет са учени от Института за космически изследвания [31].

Защитените през последните години от специалисти на ИКИ – БАН дисертации за получаване на научната степен "доктор на науките" третират в една или друга степен екологични проблеми [32,33]. Същото се отнася и за издадените от Академично издателство "Проф. Марин Дринов" монографии с автори учени от ИКИ [2,34,35].

Значителна част от подготвяните в ИКИ редовни, задочни и свободни докторанти работят по теми, имащи пряко отношение към екологичните проблеми.

Понастоящем в ИКИ – БАН се работи по няколко значими международни и национални проекти с изразена екологична насоченост. Към успешния си края върви работата по проекта „Разработване на стратегия и методи за мониторинг на електромагнитното замърсяване на околната среда в района на Западните Балкани“, в който участват и учени и специалисти от Македония, Словения и Хърватия. Резултатите от този проект са база за подготовка на нов съвместен проект и имат пряко отношение към Шеста рамкова програма на Европейския съюз – INTAS–SEE.ERA. NET – (Southeast European - European Research Area) [36,37].

В най-активната си фаза е и работата по проекта SCHEMA – Scenarios for Hazard-induced Emergencies Management. Този проект е по Шеста рамкова програма на Европейския съюз и в него участват 11 институции от 8 средиземноморски страни. Крайният резултат ще бъде сценария за реагиране при бедствени екологични ситуации, причинени от цунами, а ползватели на резултатите ще бъдат редица национални и регионални ведомства в тези страни [38].

Съвместно с Института по геоекология на Руската академия на науките се работи по проект "Геоекология" - Геоекологични изследвания на опасни природни процеси с използване на дистанционни и наземни методи и геоинформационни технологии [39].

Заедно с учени и специалисти от Аристотелския университет в Солун се работи по проект за картографиране с използване на наземни и дистанционни аерокосмически данни на нарушеността на терени от минната индустрия [40].

По Оперативната програма „Развитие на човешките ресурси“ в ИКИ – БАН започна изпълнението на проекта „Повишаване квалификацията и съхраняване на млад екип от учени в областта на аерокосмическите технологии като предпоставка за мониторинг и опазване на околната среда и превенция от щети и природни бедствия“.

Учени и специалисти от Института проведоха три курса за обучение на специалисти от Центъра за аерокосмическо наблюдение (ЦАН) на Министерството на извънредните ситуации.

По договори с общини Стара Загора, Кърджали и Бургас са в ход базирано на спътникови и наземни данни мониторингово изследване на атмосферното замърсяване в районите на съответните общини [41,42].

Един актуален екологичен проблем - горските пожари и откриването и изследването им с аерокосмически методи и средства също са обект на научноизследователската работа в ИКИ - БАН [43].

В Института се работи и по някои по-конкретни и частни екологични теми - изследване на потенциалния риск от разливи на язовири и реки [44], някои въпроси на нефтеното замърсяване на водни площи [45], атмосферни замърсявания над отделни райони през различни периоди от време [46] и други.

Докато съществува Земята, на нея неизбежно ще има екологични проблеми от природен и антропогенен характер. Затова една от главните задачи на човечеството е да намали до минимум отрицателните последствия от тях - човешките жертви и материалните щети. Тя може да се решава единствено чрез използване на все по-ефективни методи, технологии и средства, гарантиращи навременно и надеждно прогнозиране, ефикасни предварителни мероприятия, всеобхватно следене на развитието и евентуална намеса в отрицателните процеси и явления, ефективни спасителни действия, експресна и с висока достоверност оценка на отрицателните последствия, бързи възстановителни операции и т.н. Сред тези методи, технологии и средства основно място заемат и големи надежди за в бъдеще се възлагат на аерокосмическите методи и технически средства. Затова Институтът за космически изследвания към Българска академия на науките е обърнат с лице към екологичните проблеми и ги смята за едно от приоритетните научни и приложни направления в своята дейност [47].

Литература:

1. Г е ц о в П. 30 години Институт за космически изследвания при БАН - настояще и бъдеще. Сборник "30 години организирни космически изследвания в България". ИКИ – БАН, София, 2000, стр. 16–23.
2. М а р д и р о с я н Г. Природни екокатастрофи и тяхното дистанционно аерокосмическо изучаване. София, Академично издателство "Проф. М. Дринов", 2000, 340 стр.
3. М а р д и р о с я н Г., П. Г е ц о в, Ж. Ж е к о в. Ролята на аерокосмическите технически средства при екстремални и катастрофни ситуации. Сборник: Втора национална конференция по авиационна, морска и космическа медицина, Варна, стр. 183–188.
4. B a n k o v N., L. T o d o r i e v a, L. Data Processing of Microwave System R-400 on Board of the Mir Space Station. Aerospace Research in Bulgaria, 16, 2001.
5. N a z a r s k y T., G. D i m i t r o v, C. L e v c h e v, G. M a r d i r o s s i a n, C. P r o d a n o v. Superhighfrequency twopolarization radiometric system "R - 400" on board of the "Priroda" module constituting a part of the "MIR" orbital complex. – Aerospace Research in Bulgaria, 11, 1994, pp. 47–54.
6. Международный целевой комплексный проект "Природа". Научная программа экспериментов. Москва, 1991.
7. Г е о р г и е в Н., Х. С п и р и д о н о в. Програмата "КОРИН - ЗЕМНО ПОКРИТИЕ", приложена за територията на България. Аерокосмически изследвания в България, 14, 1998, стр. 47–56.
8. Т е р е л и е в Y., V. D i m i t r o v, S. R a s h k o v e t al. Results of MERA Forest Ecosystems Mapping Activities in Bulgaria, Proc. PHARE Multi-Country Environmental Programme MERA Project, Bratislava, 1998, pp. 87–98.
9. G e o r g i e v N., G. M a r d i r o s s i a n, M. M l a d e n o v s k y, H. S p i r i d o n o v. Space, ground-based and model investigations of lithospheric movements of Balkan peninsula and Bulgaria within the framework of the EUROPROBE project. – Space Res. in Bulg., 1993, 10, pp. 3–21.
10. Г е о р г и е в Н., Г. М а р д и р о с я н, Х. С п и р и д о н о в. Космически методи за изследване на регионална и глобална геодинамика. Сборник "Геодинамични изследвания, свързани със земетресенията от 1904 г. в Крупник - Кресна", стр. 241–251.
11. Ч м ы р е в В., Н. И с а е в, Г. С т а н е в, Д. Г о ч е в и др. Электрические поля и гидромагнитные волны в ионосфере над очагом землетрясения. Геомагнетизъм и аэрономия, 26, 1986, N 6, стр. 1020–1026.
12. Б о й ч е в Б., В. Ч м и р е в, Г. Б е л я е в, Д. Т е о д о с и е в. Електромагнитен измервателен комплекс за космически проект КОМПАС-1 и ПРЕДВЕСТНИК-Э. Сб. Докл. от Юбил. Научна сесия "10 години от полета на втория български космонавт", София, 1998, стр. 67–71.
13. В о у т c h e v В., Р. Н е н о v s k i. An Aproach for Measurement the Electric and Magnetic Fields in the System Ionosphere-Atmosphere-Litospere. Bulgarian Journal of Phisics 27 N 2, 2000, pp. 47–50.
14. Т е о д о с и е в Д., Б. Б о й ч е в, Л. Т о д о р и е в а, Е. Т е о д о с и е в а. Електромагнитно картографиране на големи градове и промишлени центрове на територията на Република

- България. Сборник доклади "18 колоквиум – физиката в опазването на човека и околната му среда", 1996, стр. 66–75.
15. Димитров Н., К. Илиев, И. Димитрова и др. Архитектура, технически параметри и характеристики на "Комплексна оптикоелектронна система за аерокосмически мониторинг - КОСАМ". Сборник "30 години организирани космически изследвания в България", ИКИ – БАН, 2000, стр. 240–243.
 16. Илиев К., А. Павлова, К. Попов. Предварителна обработка и анализ на данни от самолетен експеримент с цифрова CCD камера по проект "Косам". Сборник "30 години организирани космически изследвания в България", ИКИ – БАН, 2000, стр. 170–174.
 17. Петров П., Д. Йорданов, Хр. Лукарски, И. Матраков, Св. Фотев. Спектрометрична система за приложенията в областта на мониторинг на замърсяването на природната среда. Сборник "30 години организирани космически изследвания в България", ИКИ – БАН, 2000, стр. 150–154.
 18. Georgiev N., R. Nedkov, D. Nedeltcheva. Using an orbital method and GPS measurements of the ground control points in georeference of space images. *Aerospace Research in Bulgaria*, 16, 2001.
 19. Spiridonov H., E. Roumenina, L. Milenova. Complex Investigation of the System Industrial Site - Environment" Using Remote Sensing and Landscape - Geochemical Methode. *European International Space Year Conference*, Munich, 1992.
 20. Великов В., Д. Мишев, Е. Руменина. Космос, ландшафти, екология. Универс. издат. "Св св. Кирил и Методий", Велико Търново, 139 стр.
 21. Руменина Е., В. Димитров, Н. Пелова. Мониторинг на земеползването на част от Пловдивска област с използване на изображения от "Landsat - TM". Сборник "50 години Географски институт на БАН", София, 2000.
 22. Jeleв G., E. Roumenina. Monitoring the Studen Kladenetz reservoir using air and space images. *Aerospace Research in Bulgaria*, 16, 2001.
 23. Hristov I., J. Jekov, G. Mardirossian, D. Ivanova. Satellite absorption ozonometer. *Aerospace Research in Bulgaria*, N 15/1999, pp. 27–32.
 24. Жеков Ж., Г. Мардиросян, И. Христов, Д. Иванова. Абсорбционный ультрафиолетовый озонометр. *Бълг. геофиз. сп.*, т. XXIII, N 3–4, 1998.
 25. Мардиросян Г., Б. Рангелов. Устройство за моделиране на релефа при бързи геодинамични процеси. Патент за изобретение N 60729/1996, Патентно ведомство на Република България.
 26. Мардиросян Г., Б. Цветков. Метод и устройство за регистрация на абсолютното движение на точка от земната повърхност. Патент за изобретение N 61921/1999, Патентно ведомство на Република България.
 27. Бойчев Б., Г. Мардиросян. Компенсационен сеизмоприемник. Заявка за патент, рег. N 103660/12.08.1999. Официален бюлетин на Патентно ведомство на Република България, 2/2000, стр. 19.
 28. Mardirossian G. First result from the automatic digitizing of the reading of classical climatological apparatus. *Proc. International Scientific Session*, Sofia, 2000, pp. 199–207.
 29. Mardirossian G., D. Danov. Preliminary Analysis of the Ballistic Parameters of a Penetrator for Ecological Studies. *Aerospace Research in Bulgaria*, 16, 2001, pp. 89–96.
 30. Рангелов Б., Г. Мардиросян. Национална програма за защита на младежта и децата от екокатастрофи, Комитет за младежта и спорта при Министерски съвет на Република България, София, 1997.
 31. Нов български университет. Каталози и справочници 1997–1998 до 2008–2009.
 32. Мардиросян Г. Природни екокатастрофи и геофизични параметри – нови методи и средства за изучаване. Докторска дисертация, ИКИ – БАН, София, 2000.
 33. Жеков Ж. Докторска дисертация, ИКИ – БАН, София, 2007.
 34. Спирidonov X. Кръгови морфоструктури в Средногорието. София, Академично издателство "Проф. М. Дринов", 1999, 270 стр.
 35. Мардиросян Г. Природни бедствия и екологични катастрофи – изучаване, превенция, защита. Академично издателство "Проф. М. Дринов", 2007, 367 стр.
 36. Getsov P., D. Teodosiev, E. Roumenina, M. Israel, G. Mardirossian, G. Sotirov, B. Srebrov, S. Velkoski, P. Gajeseck, D. Simunic. Methods for Monitoring Electromagnetic Pollution in the Western Balkan Environment, *Proceedings of the Third Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY*, 27-29 June 2007, Varna, Bulgaria, pp. 209-213, 2008.
 37. Getsov P., D. Teodosiev, E. Roumenina, G. Mardirossian. Bulgarian Participation in the Project SEE_Era.NET-EU PROGRAMME, *International Conference Fundamental Space Research*, 2008, pp. 399-402.
 38. Ranguelov B., D. Gospodinov, G. Mardirossian, E. Spassov. The EU SCHEMA Project - Bulgarian participation. *Proceedings of the Fourth Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS' 2008"*, June 2008, Varna, Bulgaria.
 39. Spiridonov H., V. Makarov. Geodynamics of Bulgaria – part II. *Proceedings of the Fourth Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS' 2008"*, June 2008, Varna, Bulgaria.
 40. Roumenina E., N. Silleos, G. Jeleв, L. Filchev, L. Krалева. Designing a Spatial Model of Land Use Impact Dynamics Caused by Uranium Mining Using Remote Sensing and Ground-Based

- Methods, Proceedings of the Third Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY, 27-29 June 2007, Varna, Bulgaria, pp. 179-184.
41. Nedkov R., M. Dimitrova, M. Zaharinoва, I. Ivanova. Web monitoring of fires on Balkans based on satellite data during July and August 2007, J., Ekological engineering and environment protection, 1/2008, p. 13-19, ISBN 1311-8668.
 42. Недков Р., Е. Руменина, Л. Филипов, П. Христов, М. Димитрова, М. Захаринова, В. Найденова, Г. Желев, Д. Бонева. Web-базиран мониторинг на атмосферните замърсявания в района на община Стара Загора на базата на спътникови данни, Proceedings of the Third Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY, 27-29 June 2007, Varna, Bulgaria, pp. 264-273, 2008.
 43. Nedkov R., M. Dimitrova, M. Zaharinoва, I. Ivanova, Web monitoring of fires on Balkans based on satellite data during July and August 2007, J., Ekological engineering and environment protection, 1/2008, p. 13-19, ISBN 1311-8668.
 44. Панайотова Д., Р. Недков, М. Димитрова, И. Иванова, М. Захаринова, Изследване потенциалния риск от разлив на язовир Малазма, разположен в региона на община Тунджа на територията на Република България, на базата на спътникови и данни, Екологично инженерство и опазване на околната среда, 4/2008, p. 12-20, ISBN 1311-8668.
 45. Димитров И. Информационна система за събиране и анализ на данни за замърсяване с нефтопродукти в Черно море. Proceedings of the Fourth Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS' 2008", June 2008, Varna, Bulgaria.
 46. Димитрова М., И. Бонева, М. Захаринова, Р. Недков, А. Йорданова. Мониторинг на атмосферните замърсявания в региона около град София през зимния период на 2006 и 2007 година. Proceedings of the Fourth Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety – SENS' 2008", June 2008, Varna, Bulgaria.
 47. Getsov P. The Programs, Projects and Contracts' Status in the Space Research Institute at the Bulgarian Academy of Sciences. Proceedings of the Third Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY, 27-29 June 2007, Varna, Bulgaria, pp. 7-12, 2008.

Session 1

Space Physics

Chairman: Sen. Res. Stefan Chapkunov
Secretary: Res. Fell. Maria Dimitrova

БЕЗОТРАЖАТЕЛЬНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ЧЕРЕЗ МЕЛКОМАСШТАБНЫЕ СТРУКТУРЫ

Николай Ерохин¹, Людмила Михайловская¹, Румен Шкевов², Костадин Шейретски²

¹Институт космических исследований – Российская академия наук, Москва, Россия

²Институт космических исследований – Болгарская академия наук, София, Болгария
e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru, shkevov@space.bas.bg

Ключевые слова: Электромагнитная волна, безотражательное распространение, неоднородности плазмы, коэффициент отражения, магнитоактивная плазма, гибридный резонанс.

Аннотация: На основе точно решаемой линейной модели рассмотрено безотражательное распространение модулированной по амплитуде электромагнитной волны через слой плазмы, содержащий мелкомасштабные (в масштабе характерной длины волны) структуры плотности. В задаче имеются свободные параметры, подбором которых можно существенно менять характер неоднородности плазмы. В частности, для плазменного слоя конечной толщины возможна сшивка на его границе в падающей из вакуума и уходящей от слоя электромагнитными волнами с нулевым коэффициентом отражения. В слое возможны также области с отрицательным значением диэлектрической проницаемости, что соответствует (по классическим представлениям) непрозрачности среды распространения волн. Возможно обобщение задачи и на случай магнитоактивной плазмы, в которой показатель преломления может быть больше единицы, а фазовая скорость волны будет существенно меньше скорости света в вакууме. С точки зрения эффективного поглощения волн магнитоактивной плазмой интересен случай возникновения на трассе распространения волны слоев гибридного резонанса с конечным поглощением энергии электромагнитной моды в резонансных слоях. Важно отметить, что использованный подход показывает возможность распространения неоднородного волнового пакета заданной частоты даже в однородной плазме. При этом амплитуда волны оказывается периодически промодулированной в пространстве, а глубина данной модуляции определяется некоторым свободным параметром задачи. Исследованная модель представляет интерес, например, для интерпретации возможного механизма выхода электромагнитного излучения из областей плотной плазмы в астрофизике.

NONREFLECTION PROPAGATION OF ELECTROMAGNETIC WAVES THROUGH SMALL-SCALE STRUCTURES

Nikolay Erokhin¹, Ludmila Mikhailovskaya¹, Rumen Shkevov², Kostadin Sheiretsky²

¹Space Research Institute – Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria
e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru, shkevov@space.bas.bg

Key words: Electromagnetic wave, nonreflection propagation, small-scale plasma structures, nonlinear equation, vortex component, charge surfing on an electromagnetic wave.

Abstract: The nonreflection propagation of the amplitude modulated electromagnetic wave through a plasma sheet containing small-scale (on the typical scale of wave length) structures of the density is considered on the basis of exactly solved linear model. With the selection of the free parameters it is possible to essentially change the character of plasma inhomogeneity. For a final thickness plasma sheet it is possible to obtain the reflectionless passage of the electromagnetic wave incident from the vacuum. This effect is possible also in the presence of layers with negative dielectric permittivity which correspond (on classical representations) to opacity regions for the incident wave. Generalization of a problem considered to a case of magnetoactive plasma in which the refraction index can be more than unity is possible, and the wave phase velocity will be less than the speed of light in the vacuum. From the point of view of effective absorption of the waves by the magnetoactive plasma, the important case is the appearance on the wave propagation path of the hybrid resonances layers with final absorption of the electromagnetic mode energy in resonant layer vicinity. It is important to note that the approach used shows the possibility of propagation of the non-uniform wave packet with the frequency given even in the

homogeneous plasma. Thus, the amplitude of a wave will be periodically modulated in space, and the depth of this modulation is defined by problem free parameters. The model considered is of the great interest, for example, for interpretation of the possible mechanism of electromagnetic radiation escape from dense plasma regions in astrophysics.

Введение

При анализе колебаний неоднородных или нестационарных сред обычно используют приближенные методы и численные расчеты. В то же время большой интерес представляют точно решаемые математические модели, описывающие некоторые характерные ситуации для взаимодействия волн с неоднородными или нестационарными средами (эффекты отражения и поглощения волн, просветления волновых барьеров). Точно решаемые модели являются эталонами для сравнения с приближенными и численными решениями в родственных физических ситуациях. Кроме того, они могут выявлять дополнительные особенности в динамике колебаний и в распространении волн, а также демонстрировать интересные возможности практических приложений при контролируемых изменениях параметров среды.

В настоящем докладе на достаточно простых примерах точно решаемых моделей изложены результаты по распространению волн в неоднородных средах. Рассмотрены режимы безотражательного распространения волн при наличии областей непрозрачности, а также конечного резонансного поглощения волн при вполне регулярном поведении квадрата волнового числа $k^2(x)$. Показано, что конечное поглощение волны происходит при вполне регулярном поведении $k^2(x)$. Кроме того на трассе распространения имеются области непрозрачности.

Указаны и другие примеры безотражательного распространения волн через слоисто-неоднородную среду. В частности, оно имеет место и для квазипериодических неоднородностей с любым числом слоев. Принципиально то, что задав любое число параметров и используя в безразмерном волновом числе различные базовые функции для описания решетки, переходного слоя, барьера непрозрачности или других локализованных структур, можно построить широкий набор примеров безотражательного взаимодействия электромагнитных волн с регулярно неоднородной средой, включая слои резонансного поглощения с регулируемым коэффициентом поглощения. Интересно и следующее. Для заранее заданных базовых моделей локальной неоднородности их сумма со случайным набором входящих параметров будет определять модель безотражательного взаимодействия электромагнитной волны с хаотически неоднородной средой. Представляет интерес обобщение описанного выше подхода на случай нескольких связанных волн с учетом эффекта их взаимной трансформации. Изученные модели могут быть обобщены и на случай учета кубической нелинейности.

Исследование точно решаемых моделей взаимодействия волн с неоднородными средами представляет интерес для целого ряда практических приложений, в частности, для передачи энергии через нестационарные и стратифицированные среды, разработки безотражательных покрытий, для просветления волновых барьеров и диагностики плотной плазмы, ее нагрева электромагнитным излучением.

Кроме того, точно решаемые модели могут быть использованы для правильной интерпретации пространственно-временной динамики различных процессов, данных наблюдений лабораторной и космической плазмы, для прогнозирования развития кризисных природных явлений.

Полученные результаты могут представлять интерес для радиофизики, исследований по управляемому термоядерному синтезу, в анализе нелинейных волновых процессов в космической плазме, астрофизике и в биофизике, а также в планетных исследованиях.

Режимы безотражательного распространения волн в неоднородной среде

Рассмотрим линейные режимы безотражательного распространения волн в слоистой среде. Используемая ниже математическая модель взаимодействия волны с неоднородной средой основана на линейном уравнении Гельмгольца :

$$(1) \quad F'' + k^2(x/L) \cdot F = 0$$

и соответствует в квантовой механике рассеянию частицы с нулевой энергией на неоднородном потенциале :

$$(2) \quad U(x) = - (L \cdot k)^2 - (L^2 \cdot k''/2 \cdot k) + 3 (L \cdot k' / 2 \cdot k)^2$$

Здесь L – характерный размер неоднородности. Точное решение данного уравнения берется в квазиклассическом виде

$$(3) \quad F(x) = A \cdot \exp [i \Psi(x)] \cdot [k_0 / k(x)]^{1/2}, \quad d\Psi / dx = k(x),$$

где $A = \text{const}$. При этом пространственный профиль волнового числа $k(x)$, который считается заданным, будет, определять профиль диэлектрической проницаемости. Определим квадрат волнового числа функцией: $k^2(x) = k_0^2 \cdot x / L$. В этом случае имеем задачу о рассеянии волны на сингулярном потенциале следующего вида

$$(4) \quad U(x) = 5 \cdot (L / 4 \cdot x)^2 - (\omega_0 \cdot x / c)$$

с полным поглощением падающей на область непрозрачности волны в окрестности слоя отражения $x \sim 0$. Данный вид потенциала вполне аналогичен случаю гибридного резонанса в магнитоактивной неоднородной плазме.

Если имеются две точки отражения т.е.

$$(5) \quad k^2(x) = k_0^2 \cdot [(x / L)^2 - 1] \equiv k_0^2 \cdot q^2(\xi),$$

потенциал $U(x)$ сингулярен в обеих точках отражения $x = \pm L$, а именно :

$$(6) \quad U(x) = \rho^2 \cdot (1 - \xi^2) + (1 + 1,5 \cdot \xi^2) / [2 \cdot (\xi^2 - 1)^2],$$

где $\xi = x / L$, $\rho = k_0 \cdot L$ – безразмерный параметр неоднородности среды. В данном случае точное решение описывает безотражательное прохождение волны через горб потенциала с частичным поглощением в окрестности сингулярностей $\xi = \pm 1$. Коэффициент прохождения, измеряемый отношением потоков энергии прошедшей и падающей волн, равен $\exp(-\pi \cdot \rho)$. Указанное поглощение вполне родственно известному поглощению электромагнитных волн в слоях гибридных резонансов неоднородной магнитоактивной плазмы.

Подчеркнем то важное обстоятельство, что конечное поглощение происходит при вполне регулярном поведении $k^2(x)$. Кроме того, в окрестности слоев $\xi = \pm 1$ имеются области непрозрачности. Имеются и другие примеры безотражательного распространения волн через слоистую среду. В частности, оно имеет место и для квазипериодических неоднородностей с любым числом слоев. Кроме того, для заранее заданных базовых моделей локальной неоднородности их сумма в $q(\xi)$ со случайным набором входящих параметров будет определять модель безотражательного взаимодействия электромагнитной волны с хаотически неоднородной средой. Представляет интерес обобщение описанного выше подхода на случай нескольких связанных волн с учетом эффекта их взаимной трансформации, что позволило бы построить новый класс точно решаемых моделей в теории конверсии мод в неоднородных и нестационарных средах.

Зададим безразмерное волновое число $p(\xi) = k(x) / k_0$ следующей формулой $p(\xi) = 1 + \gamma [1 - \cos(\mu \xi)]$ с параметрами γ, μ . Полагаем, что $\gamma > -0.5$. Следовательно, в неоднородном слое $0 \leq \xi \leq b$ выполняется условие $p > 0$. Кроме того зададим параметр μ соотношением $\mu = 2\pi n / b$, где n целое число. Важно отметить, что в данном случае на границах слоя величина p равна вакуумному значению 1.

Поскольку производные $p_\xi(0) = p_\xi(b) = 0$ возможна сшивка безотражательного решения с падающей на слой слева и уходящей от него справа электромагнитным волнами, причем на границах плазменного слоя за счет $p_{\xi\xi} \neq 0$ имеется скачок диэлектрической проницаемости.

Пусть $n = 8$, $b = 70$, $\gamma = 0.4$. Тогда график пространственного профиля диэлектрической проницаемости $\varepsilon(\xi)$ имеет вид, представленный на рис.1. Как видим из рис.1, в данном случае профиль диэлектрической проницаемости включает и слои непрозрачности, в которых $\varepsilon(\xi) < 0$. Отметим, что на границах слоя $p(\xi) = 1$.

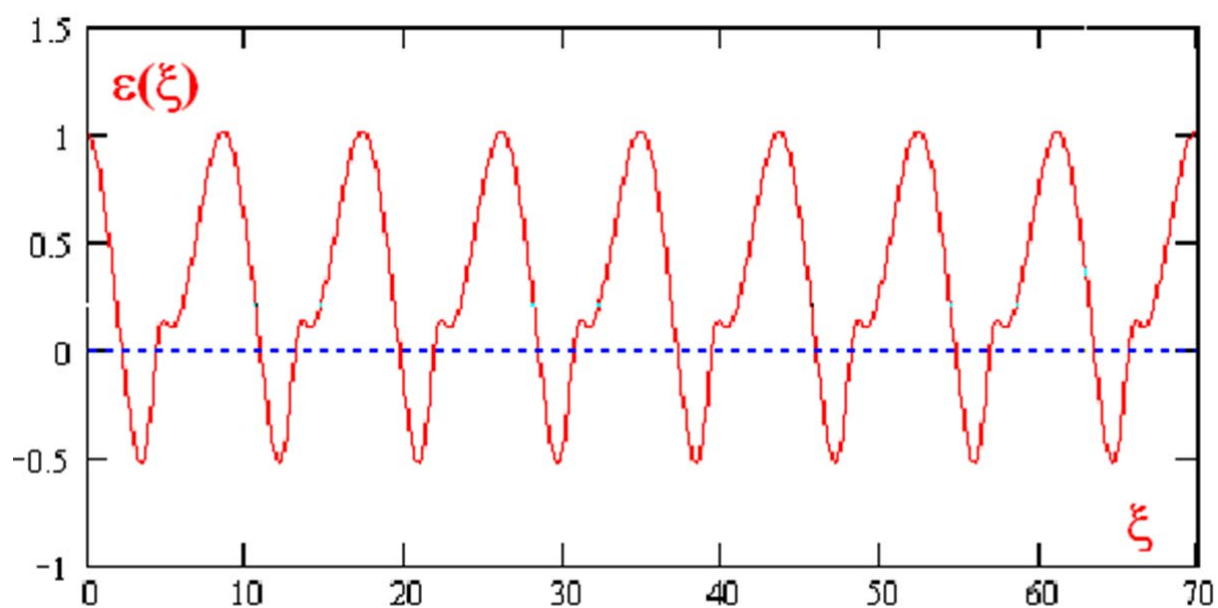
На графике эффективного потенциала $U(\xi) = -\varepsilon(\xi)$ эти слои соответствуют барьерам, через которые частицы в квантовой механике туннелируют

Интересен учет нелинейности в данной задаче.

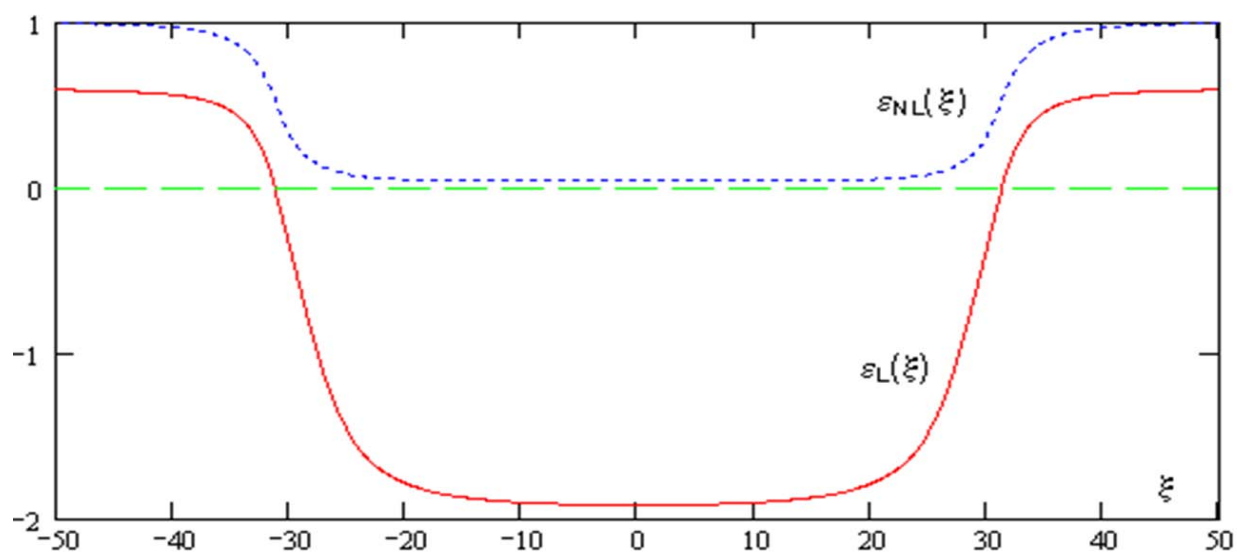
Простейшая математическая модель просветления барьера при взаимодействии волны с неоднородной средой основана на решении уравнения Гельмгольца с кубической нелинейностью:

$$(7) \quad F'' + k_0^2 [\varepsilon(x) + \alpha \cdot |F(x)|^2] \cdot F = 0,$$

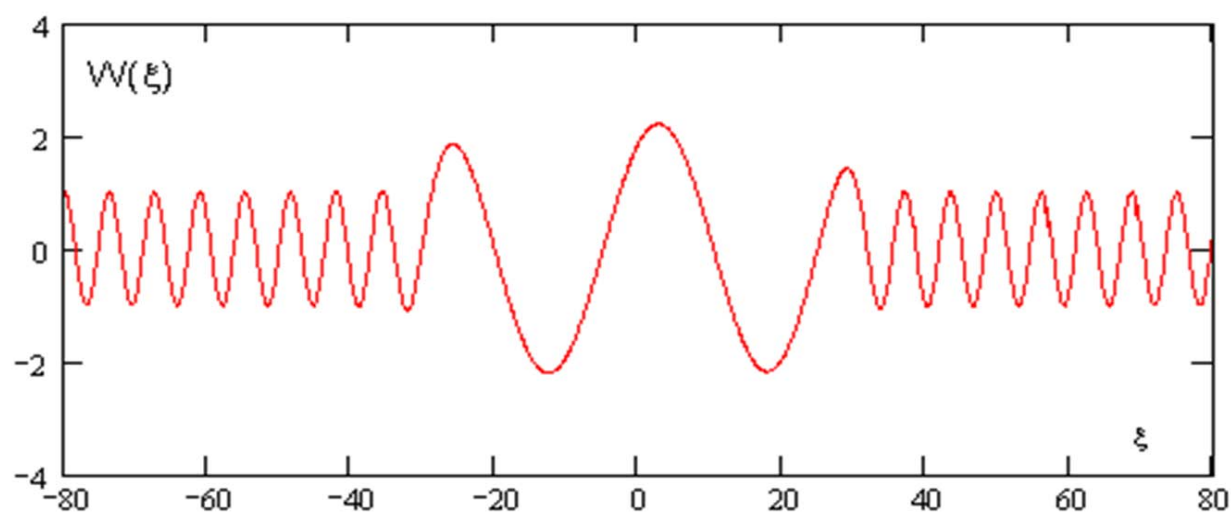
где $\varepsilon(x)$ линейная часть диэлектрической проницаемости, $\alpha \cdot |F(x)|^2 \equiv \delta\varepsilon$ нелинейная добавка.



Фиг. 1. График неоднородной диэлектрической проницаемости в плазменном слое.



Фиг. 2. Диэлектрическая проницаемость среды в случае $\lambda = -0.8$, $\rho = 3$, $\sigma = 0.4$.



Фиг. 3. Пространственный профиль поля волны при нелинейном просветлении

Приведем случай выбора для волнового вектора $q(\xi)$ функции типа ямы

$$(8) \quad q(\xi) = 1 + \lambda \cdot g(\xi) \cdot h(\xi),$$

где функции $g(\xi)$, $h(\xi)$ определяются выражениями

$$(9) \quad g(\xi) = 0.5 \{ 1 + (\xi + b) / [\rho^2 + (\xi + b)^2]^{1/2} \},$$

$$(10) \quad h(\xi) = 0.5 \{ 1 + (b - \xi) / [\rho^2 + (b - \xi)^2]^{1/2} \}$$

с параметрами ρ , λ . Характерная толщина волнового барьера порядка $2b$, размытость границ ямы характеризуется параметром ρ .

Графики диэлектрических проницаемостей среды

$$(11) \quad \varepsilon(\xi), \quad \varepsilon_{NL}(\xi) = \varepsilon(x) + \alpha \cdot |F(x)|^2$$

даны на фигурах фиг. 1÷3 в случае выбора параметров $\lambda = -0.8$, $\rho = 3$, $\sigma = 0.4$.

Заключение

Результаты изложенного выше анализа можно суммировать следующим образом:

На основе точно решаемых моделей показана возможность безотражательного взаимодействия волн с неоднородной средой включая среды с кубической нелинейностью. В частности, оно имеет место и для квазипериодических неоднородностей с любым (наперед заданным) числом слоев, причем пространственный профиль неоднородных структур может существенно зависеть от любого (наперед заданного числа) параметров.

Принципиально следующее. Задав любое число параметров и используя в безразмерном волновом числе $q(\xi)$ различные базовые функции для описания решетки, переходного слоя, барьера непрозрачности или других локализованных структур, можно построить широкий набор моделей безотражательного взаимодействия электромагнитных волн с неоднородной и нелинейной средой. В частности, для заранее заданных базовых моделей локальной неоднородности их сумма в $q(\xi)$ со случайным набором входящих параметров будет определять модель нелинейного просветления барьеров при безотражательном взаимодействии электромагнитной волны с хаотически неоднородной средой.

Можно показать, что кроме электромагнитных мод в неоднородной плазме рассмотренное выше безотражательное распространение волн и просветление барьеров возможно и для других типов колебаний, например, звуковых, внутренних гравитационных.

Точно решаемые модели могут быть использованы для правильной интерпретации пространственно-временной динамики различных физических процессов, данных наблюдений лабораторной и космической плазмы, для прогнозирования развития кризисных природных явлений.

Полученные результаты могут представлять интерес также для радиофизики, исследований по управляемому термоядерному синтезу, в анализе нелинейных волновых процессов в космической плазме, астрофизике и в биофизике, а также в планетных исследованиях.

Литература:

1. Ерохин Н. С., Л. А. Михайловская, Н. Н. Ерохин. Некоторые примеры точных решений математических моделей, описывающих колебания непрерывных сред. Препринт Пр-2109, Москва, ИКИ РАН, 2005, - 14 с.
2. Ерохин Н. С., Л. А. Михайловская, Н. Н. Ерохин. Сборник научных трудов "Научная сессия МИФИ-2006", Москва, МИФИ, 2006, т.7, с. 38.
3. Erokhin N. N., N. S. Erokhin, V. N. Damgov. SENS'2006 (Space, Ecology, Nanotechnology, Safety). Book of Abstr., Space Research Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, 2006, p.26.
4. Моисеев Н. Н. Асимптотические методы нелинейной механики. М.: Наука, 1969, 379 с.
5. Гинзбург В. Л., А. А. Рухадзе. Электромагнитные волны в плазме. М.: Наука, 1970, 207 с.
6. Шварцбург А. Б. УФН, 2000, т.170, № 12, с.1297.
7. Ерохин Н. С., В. Е. Захаров. Доклады Академии наук, сер. Физика, 2007, т.416, № 3, с.1.
8. Шевченко В. И, Р. З. Сагдеев, В. Л. Галинский, М. В. Медведев. Физика плазмы, 2003, т.29, № 7, с.588.

АНАЛИТИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА СПЪТНИК В СИНХРОНЕН РЕЗОНАНС. ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВТОРИЧНИ СЪОТНОШЕНИЯ 1:n

Костадин Шейретски, Пламен Тренчев, Стилиян Луков

*Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: sheiretsky@abv.bg*

Ключови думи: небесна механика, нелинейна динамика, хаотична динамика

Резюме: В статията е приложен методът на пертурбациите за анализ на вторичните резонанси на спътник, извършващ равнинно въртеливо движение в резонанс 1:1 с орбиталното. Изследвана е структурата на фазовото пространство, като е направена и оценка на влиянието върху резонансното движение на членовете, разглеждани като смущение. Определена е ширината на хаотичната зона около сепаратрисата. Като пример е разгледан резонанс 1:2.

ANALYTICAL SURVEY OF A SATELLITE IN THE REGIME OF SYNCHRONOUS RESONANCE INVESTIGATION OF SECONDARY PROPORTION 1:n

Kostadin Sheiretsky, Plamen Trenchev, Stilian Lukov

Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences

Key words: celestial mechanics, nonlinear oscillations, chaotic dynamic

Abstract : The present paper applies the perturbation method to analyze the secondary resonances of a satellite with planar spin-rotation in resonance 1:1 to the orbital revolution. Surveyed is the structure of the phase space; the influence impact on the resonance motion of Hamiltonian's members, viewed as disturbances, is estimated. Determined is the width of the chaotic layer near the separatrix. The resonance proportion 1:2 is considered as exemplary one.

Въведение

Разглеждаме модел, при който крайният стадий на дълговременната динамическа еволюция на спътник представлява равнинно (в равнината на орбитата), въртеливо движение, в резонанс 1:1 с орбиталното движение, при това оста на въртене съвпада с оста на максималния момент на инерция на спътника. Целта, която се поставя е да се изследва фазовото пространство във вътрешността на синхронния резонанс, като се използва теорията на пертурбациите.

Математическа формулировка на модела

Приема се, че центърът на масите на спътника се движи по кеплерова орбита около централното тяло, оста на въртене на спътника е перпендикулярна на орбиталната равнина и съвпада с оста на максималния момент на инерцията. Дисипативните ефекти, както и смущенията предизвикани от други планети или спътници се пренебрегват.

Нека $A < B < C$ са главните моменти на инерцията на спътника. Отбелязваме с R и ν съответно орбиталния радиус и истинската аномалия на кеплеровата орбита. Нека x е ъгълът между голямата ос на елипсоида и периапсидната линия. Уравнението на движение може да се изведе от уравненията на Ойлер за твърдото тяло

$$(1) \quad \ddot{x} + \frac{\omega^2}{R^3} \sin(2x - 2\nu) = 0,$$

където $\omega^2 = \frac{3}{2} \frac{B-A}{C}$. Счита се, че в уравнение (1) е извършена нормализация

$$(2\pi / T_{\text{ОРБИТАЛЕН}} = 1).$$

Променливите R и ν са известни кеплерови функции на времето, така че е възможно уравнението да се разложи в ред на Фурие [1]

$$(2) \quad \ddot{x} + \omega^2 \sum_{m \neq 0, m=-\infty}^{\infty} W\left(\frac{m}{2}, e\right) \sin(2x - mt) = 0.$$

Коефициентите $W\left(\frac{m}{2}, e\right)$ са пропорционални на $e^{|m-2|}$ (Cayley 1859).

Факта, че пренебрегваме приливния ефект, налага разглеждането на краен брой членове от реда до порядък съизмерим с порядъка на дисипативните ефекти

$$(3) \quad \ddot{x} + \omega^2 \sum_{m \neq 0, m=N_1}^{N_2} \tilde{W}\left(\frac{m}{2}, e\right) \sin(2x - mt) = 0,$$

следователно, уравнението до втори ред по степените на ексцентрицитета изглежда така [1]

$$(4) \quad \ddot{x} + \frac{\omega^2}{2} \sin 2(x-t) - \frac{e\omega^2}{4} [\sin(2x-t) - 7\sin(2x-3t)] + \\ + \frac{e^2\omega^2}{4} [17\sin(2x-4t) - 5\sin(2x-2t)] = 0.$$

Извеждане и изследване на резонансия хамилтониян

Приема се, че ексцентрицитета е достатъчно малък за да пренебрегнем изразите от втора степен по ексцентрицитета. Прави се каноничната замяна на променливите по формулите

$$(5) \quad Q = 2(x-t), \quad P = 2(\dot{x}-1),$$

и се получава хамилтониян на смутено нелинейно махало

$$(6) \quad H = \frac{P^2}{2} - \omega^2 \cos Q + \frac{\omega^2 e}{2} \cos(Q+t) - \frac{7\omega^2 e}{2} \cos(Q-t).$$

Първите два члена на (6) съвпадат с хамилтониян на махалото, последните два члена разглеждаме като смущение. Разлагаме косинусът в несмутения хамилтониян в ред на Тейлър и се ограничаваме до първите три члена. Въвеждаме нови канонични променливи действие и ъгъл, посредством формулите

$$(7) \quad Q = \sqrt{\frac{2J}{\omega}} \sin \theta, \quad P = \sqrt{2J\omega} \cos \theta.$$

Следваме методът на Поанкаре [4] и търсим такова канонично преобразуване $J, \theta \rightarrow \bar{J}, \bar{\theta}$, че в новите променливи, новополучения хамилтониян да е функция само на променливата действие, разлагаме в ред и косинусите на смущението. В резултат се достига до израза

$$(8) \quad \bar{H} = \omega \bar{J} - \frac{\bar{J}^2}{16} - \frac{7\omega^2 e}{2} J_n \left(\sqrt{\frac{2\bar{J}}{\omega}} \right) \cos(n\theta - t) + \frac{\omega^2 e}{2} J_n \left(\sqrt{\frac{2\bar{J}}{\omega}} \right) \cos(n\theta + t) \\ - \frac{7\omega^2 e}{2} \sum_{m \neq n} J_m \left(\sqrt{\frac{2\bar{J}}{\omega}} \right) \cos(m\theta - t) + \frac{\omega^2 e}{2} \sum_{m \neq n} J_m \left(\sqrt{\frac{2\bar{J}}{\omega}} \right) \cos(m\theta + t)$$

Извършва се канонична замяна, като използваме производящата функция

$$S = -\frac{\bar{J}}{n}(\Psi + t).$$

Новите канонични променливи са съответно $I = \frac{\bar{J}}{n}$ и $\Psi = n\theta - t$, отчита се и факта, че

$$\frac{\partial S}{\partial t} = -I.$$

В новите канонични променливи хамилтонияна приема вида

$$(9) \quad H = (n\omega - 1)I - \frac{n^2 I^2}{16} - \frac{7\omega^2 e}{2} J_n \left(\sqrt{\frac{2nI}{\omega}} \right) \cos \Psi + \frac{\omega^2 e}{2} J_n \left(\sqrt{\frac{2nI}{\omega}} \right) \cos(\Psi + 2t) \\ - \frac{7\omega^2 e}{2} \sum_{m \neq n} J_m \left(\sqrt{\frac{2nI}{\omega}} \right) \cos \left(\frac{m}{n} \Psi - \left(1 - \frac{m}{n} \right) t \right) + \frac{\omega^2 e}{2} \sum_{m \neq n} J_m \left(\sqrt{\frac{2nI}{\omega}} \right) \cos \left(\frac{m}{n} \Psi + \left(1 + \frac{m}{n} \right) t \right).$$

Първите три члена в (9) определяме като резонансен хамилтониян H_r , а останалите се разглеждат като смущение

$$(10) \quad H_r = (n\omega - 1)I - \frac{n^2 I^2}{16} - \frac{7\omega^2 e}{2} J_n \left(\sqrt{\frac{2nI}{\omega}} \right) \cos \Psi.$$

Стационарните точки се намират като приравняваме на нула производните на действието и на ъгъла по времето,

$$(11) \quad \dot{\Psi} = \frac{\partial H_r}{\partial I} = 0, \\ \dot{I} = -\frac{\partial H_r}{\partial \Psi} = 0.$$

Нека тези стойности са съответно $I = I_0$, $\Psi = \Psi_0$. Изследваме динамичната система в близост до резонансните стойности на променливите

$$(12) \quad I = I_0 + p, \quad \psi = \psi_0 + \xi.$$

Разлагаме израза за H_r в (10) и по двете променливи в ред, като взимаме първите три члена от разложението. При условие $\Psi_0 = k\pi, k \in \mathbb{Z}$, може да се достигне до израз за хамилтониян на линеен осцилатор. Като имаме предвид това и се извърши групиране на членовете пред еднаквите степени на p се достига до израза

$$(13) \quad - \left\{ \frac{n^2}{16} - \frac{7\omega^2 e}{4} \left[J_n'' \left(\sqrt{\frac{2nI_0}{\omega}} \right) \frac{n}{2\omega I_0} - J_n' \left(\sqrt{\frac{2nI_0}{\omega}} \right) \frac{1}{I_0^{\frac{3}{2}}} \sqrt{\frac{n}{8\omega}} \right] \cos \Psi_0 \right\} p^2 + \\ - \frac{7\omega^2 e}{2} \frac{J_n \left(\sqrt{\frac{2nI_0}{\omega}} \right) \cos \psi_0}{2} \xi^2 = H_r - H_{r0},$$

където

$$\Delta = n\omega - 1, \\ \Delta I_0 - \frac{n^2 I_0^2}{16} - \varepsilon F_1 J_n \left(k_1 \sqrt{\frac{2nI_0}{\omega}} \right) \cos \Psi_0 = H_{r0}.$$

Посредством анализ на уравнение (13) може да се определи устойчивостта на стационарните точки в зависимост от параметрите.

Конкретизираме изследването за $n = 2$ и изследваме първите три члена на (10), като останалата част се приема за смущение.

$$(14) \quad H_r = (2\omega - 1)I - \frac{I^2}{4} - \frac{7\omega^2 e}{2} \left(\frac{I}{2\omega} - \frac{I^2}{\omega^2 6} \right) \cos \Psi.$$

В (14) са използвани първите два члена от разлагането на беселовата функция $J_2\left(\sqrt{\frac{4I}{\omega}}\right)$ по степените на аргумента. От тук могат да се намерят и производните на променливите по времето

$$(15) \quad \dot{\Psi} = \frac{\partial H_r}{\partial I} = (2\omega - 1) - \frac{I}{2} + \left(-\frac{7\omega e}{4} + \frac{7eI}{6}\right) \cos \Psi,$$

$$\dot{I} = -\frac{\partial H_r}{\partial \Psi} = \frac{7\omega^2 e}{2} \left(\frac{I}{2\omega} - \frac{I^2}{6\omega^2}\right) \sin \Psi.$$

Стационарните точки се намират от системата, като производните по времето на действието и на ъгъла трябва да бъдат равни на нула. В резултат се достига до изразите

$$(16) \quad \Psi_0 = 0 \pmod{\pi}, I = I_0^0 = \frac{(2\omega - 1) - \frac{7}{4}\omega e}{\frac{1}{2} - \frac{7}{6}e}, \Psi_0 = \pi \pmod{\pi}, I = I_0^\pi = \frac{(2\omega - 1) + \frac{7}{4}\omega e}{\frac{1}{2} + \frac{7}{6}e}.$$

Ограничаваме разглеждането, до $e < \frac{3}{7}$.

При $\omega < \frac{1}{2 - \frac{7}{4}e}$ съществува само една стационарна точка. Разглеждат се колебанията на системата около тази точка. Уравнението, което описва процеса е

$$(17) \quad \left(\frac{1}{2} + \frac{7e}{6}\right) \frac{p^2}{2} + \left(\frac{7e\omega}{4} I_0^\pi - \frac{7}{12} e I_0^{\pi^2}\right) \frac{\xi^2}{2} = H_{r0} - H_r.$$

Устойчивите състояния отговарят на изискванията $3\omega > I_0^\pi > 0$, което води до неравенствата

$$(18) \quad \frac{1}{2 + \frac{7}{4}e} < \omega < \frac{1}{2 - \frac{7}{4}e} < \frac{1}{\frac{1}{2} - \frac{7}{4}e}.$$

Да разгледаме случая $\omega > \frac{1}{2 - \frac{7}{4}e}$. В този случай е възможно да се появи втората стационарна точка. Уравнението описващо колебанията при $\Psi = 0$ е

$$(19) \quad \left(\frac{1}{2} - \frac{7e}{6}\right) \frac{p^2}{2} + \left(-\frac{7e\omega}{4} I_0 + \frac{7}{12} e I_0^2\right) \frac{\xi^2}{2} = H_{r0} - H_r$$

Очевидно, устойчивите състояния отговарят на условието $I_0 > 3\omega$, като се отчете израза за I_0 се достига до неравенството

$$\frac{1}{\frac{1}{2} - \frac{7}{4}e} < \omega.$$

Това неравенство следва да отпадне, тъй като разглежданите от нас честоти трябва да са близки по стойност с $\frac{1}{2}$. От тук следва, че стационарната точка е неустойчива.

Изследване ширината на хаотичната зона около вторичен резонанс

Разглеждаме хамилтонияна (8), като пренебрегваме нерезонансните членове, правим канонична замяна, въвеждаме нова променлива $\Psi = n\theta - t$ и използваме за производяща функция $F(I, \Psi, t) = -\left(I - \bar{I}_0\right) \frac{\Psi + t}{n}$, където $\bar{I}_0$ е резонансната стойност на действието,

полагаме $p = \frac{I - \bar{I}_0}{n}$, отчитаме и факта, че $\frac{\partial F}{\partial t} = -p$. Като се направи смяната, се достига до израза за хамилтонияна в новите променливи

$$(20) \quad H_r = \omega \bar{I}_0 + \omega n p - \frac{\bar{I}_0^2}{16} - \frac{n^2 p^2}{16} - \frac{n \bar{I}_0 p}{8} - \frac{7\omega^2 e}{2} J_n \left(\sqrt{\frac{2(\bar{I}_0 + np)}{\omega}} \right) \cos \Psi + \frac{\omega^2 e}{2} J_n \left(\sqrt{\frac{2(\bar{I}_0 + np)}{\omega}} \right) \cos(\Psi + 2t).$$

За да приведем хамилтонияна в обичайния вид, характерен за уравнение на махалото, полагаме $\Psi = \pi + \bar{\Psi}$. Пренебрегваме p спрямо I_0 в аргумента на беселовата функция.

Достига се до уравнение от вида

$$(21) \quad H_0 = \frac{p^2}{2} - \Omega_{01}^2 \cos \bar{\Psi} + \varepsilon \Omega_{02}^2 \cos(\bar{\Psi} - \lambda t), \quad \lambda \in \mathbb{Z}.$$

Интересуваме се от изменението на енергията, когато динамичната система описва движения около сепаратрисата. Взимаме съответните изрази за променливите съответстващи на сепаратрисния случай

$$(22) \quad \bar{\Psi} = 4 \arctg e^{\pm \Omega_{01}(t-t_n)}, \quad \dot{\bar{\Psi}} = \pm \frac{2\Omega_{01}}{ch \Omega_{01}(t-t_0)}.$$

Изменението на енергията, за определено време, на несмутения хамилтониян, под действието на пертурбацията се намира с интеграла

$$(23) \quad \Delta E = \int [H_0, H] dt = \int \dot{\bar{\Psi}} \varepsilon \Omega_{02}^2 \sin(\bar{\Psi} - \lambda t) dt$$

Големината на хаотичната зона около вторичен резонанс ще намерим следвайки [3].

Нека центъра на солитона е разположен в точка t_n . Доколкото $\dot{\bar{\Psi}}$ експоненциално намалява с времето, записваме интеграла (23) в окончателния му вид

$$(24) \quad |\Delta E| = \varepsilon \Omega_{02}^2 \int_{-\infty}^{\infty} \sin \left(\bar{\Psi} - \frac{\lambda}{\Omega_{01}} \tau - \varphi_n \right) \dot{\bar{\Psi}} \frac{d\tau}{\Omega_{01}}, \quad \Omega_{01}(t-t_n) = \tau, \quad \varphi_n = \lambda t_n.$$

Честотата на махалото около сепаратрисите, както е известно се изразява така

$$\omega(E) = \frac{\pi \Omega_{01}}{\ln \left(\frac{32 E_s}{|E - E_s|} \right)}, \quad E_s = \Omega_{01}^2.$$

Нека $(E, \varphi) \rightarrow (\bar{E}, \bar{\varphi})$ е изображение, свързващо параметрите преди действието на импулса на скоростта отчетено за време равно на половин период. Тогава това изображение в явен вид се записва така

$$(25) \quad \bar{E} = E + \Delta E, \quad \bar{\varphi} = \varphi + \frac{\pi \lambda}{\omega(E)} = \varphi + \frac{\lambda}{\Omega_{01}} \ln \left(\frac{32 E_s}{|E - E_s|} \right).$$

Известно е, че локалната неустойчивост се развива по-бързо по фазовата променлива. Малко изменение на действието вследствие на смущението води до малко изменение на честотата на колебанията на осцилатора. Близко до сепаратрисите, където периода на осцилирането е по-голям, даже малко изменение на честотата води до силна промяна на фазата.

За да се оцени локалната неустойчивост, се въвежда параметърът k

$$(26) \quad k = \left| \frac{\delta \bar{\varphi}}{\delta \varphi} - 1 \right|.$$

Условието за границата при която се появява стохастична динамика около сепаратрисите е $k \geq 1$, в конкретния случай

$$k = \frac{|\lambda|}{\Omega_{01}} \frac{\Delta E}{|E - E_s|} |\sin \varphi|.$$

В случая на $n = 2$ хамилтонияна има вида

$$(27) \quad \frac{p^2}{2} - \Xi^2 \cos \psi + \frac{1}{7} \Xi^2 \cos(\Psi + 2t) = H,$$

$$\text{където } J_2\left(\frac{2I_0}{\omega}\right) \approx \frac{I_0}{4\omega} \text{ и } \Xi^2 = \frac{7e\omega I_0}{4}.$$

Интегралът с който се определя изменението на енергията се записва така

$$(28) \quad |\Delta E| = \frac{\Xi}{7} \int_{-\infty}^{\infty} \sin\left(\psi + \frac{2}{\Xi} \tau + \varphi_n\right) \dot{\Psi} d\tau, \quad \varphi_n = 2t_n.$$

Може да се докаже, че той се свежда до интеграл от вида

$$(29) \quad |\Delta E| = \frac{2}{7} \int_{-\infty}^{\infty} \sin\left(\Psi + \frac{2}{\Xi} \tau + \varphi_n\right) d\tau.$$

Решението се дава с т.н. интеграл на Мелников-Арнолд.

$$(30) \quad |\Delta E| = \frac{2}{7} A_2\left(-\frac{2}{\Xi}\right) \sin \varphi_n.$$

Като използваме формулите за изчисляване стойността на интеграла на Мелников-Арнолд, получаваме резултата

$$(31) \quad A_2\left(-\frac{2}{\Xi}\right) = \frac{16\pi}{\Xi} \exp\left(-\frac{3\pi}{\Xi}\right).$$

Окончателно, за безразмерната ширина на хаотичната зона се получава неравенството.

$$(32) \quad \frac{\delta E}{E} \equiv \frac{|E - E_s|}{E_s} \leq \frac{8\pi}{7} \left(\frac{2}{\Xi}\right)^3 \exp\left(-\frac{3\pi}{\Xi}\right).$$

Заклучение

Посредством използването на каноничните трансформации и теорията на пертурбацията е анализирана структурата на вътрешността на синхронен резонанс. Моделът дава възможност да се определят параметрите на динамичната система, при които даден вторичен резонанс е устойчив или пък претърпява бифуркации, а също и влиянието на членове в хамилтонията определени като смущение, което се изразява в хаотизиране на зоната около сепаратрисите. В частност е направен анализ на вторичен резонанс 1:2.

Литература:

1. Alessandra Celletti, Luigi Chierchia. Hamiltonian stability of spin-orbit resonances in Celestial Mechanics
2. Белецкий В. В. Движение искусственного спутника относительно центра масс. Москва, Наука, 1965
3. Заславский Г. М., Р. З. Сагдеев, Д. А. Усиков, А. А. Черников. Слабый хаос и квазирегулярные структуры. Москва, Наука, 1990
4. Чириков В. В. Нелинейный резонанс. НГУ, 1977

ФАМИЛИИ ОТ ПЕРИОДИЧНИ РЕШЕНИЯ В АВТОНОМНИ ХАМИЛТОНОВИ СИСТЕМИ. ПРИЛОЖЕНИЯ В ДИНАМИЧНО СВЪРЗАНИ ГРУПИ В СЛЪНЧЕВАТА СИСТЕМА

Пламен Тренчев

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: ptrenchev@space.bas.bg

Ключови думи: ограничен проблем на три тела, периодични решения, хамилтониан

Резюме: Разгледан е ограничения проблем на три тела в кръгова орбита. Той се описва посредством автономна хамилтонова система с две степени на свобода и един параметър $\mu \in [0, 1/2]$, който е масово съотношение на две масивни тела. Периодичните решения на този проблем формират дву-параметрични фамилии. Изследват се методи за пресмятане на симетрични периодични решения за множество стойности на параметъра μ .

Разглеждаме три точкови тела P_1 , P_2 и P_3 , движещи се плоска равнина под действието на нютонския закон за гравитация. Телата P_1 и P_2 са с маси съответно m_1 и m_2 , а масата на третото тяло приемаме за нищожно малка и практически не влияеща на телата P_1 и P_2 . Поради това допускане приемаме масата на тяло P_3 да е равна на нула. В такъв случай тяло P_2 ще се движи по кеплерова орбита спрямо тяло P_1 . Ако тяло P_2 се движи по кръгова орбита, тогава проблема за движение на тялото P_3 се нарича плосък кръгов ограничен проблем на три тела. Да допуснем, че масата, времето и разстоянието са подходящо избрани така, че сумата $m_1 + m_2$, гравитационната константа, разстоянието $P_1 P_2$ и ъгловата скорост P_2 спрямо P_1 са равни на единица. В такъв случай се получава единствен параметър $\mu = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \in [0, 1/2]$.

Ако въведен координатна система, въртяща се с P_2 , тогава в тази координатна система с център P_1 позицията $x_1 x_2$ на тялото P_3 се описва посредством Хамилтониан с две степени на свобода и един параметър μ :

$$(1) \quad \begin{aligned} \dot{x}_j &= \partial H / \partial y_j \\ \dot{y}_j &= -\partial H / \partial x_j \end{aligned} \quad j = 1, 2$$

където

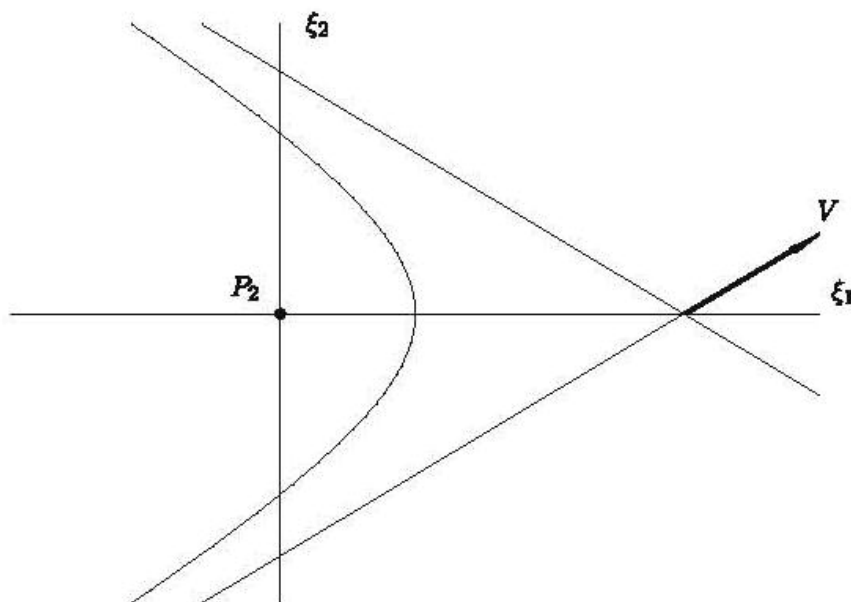
$$(2) \quad \begin{aligned} H &= H_o + \mu R, \quad H_o = \frac{1}{2}(y_1^2 + y_2^2) + x_2 y_1 - x_1 y_2 - \frac{1}{r} \\ R &= \frac{1}{r} + x_1 - \frac{1}{r_2}, \quad r = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}, \quad r_2 = \sqrt{(x_1 - 1)^2 + x_2^2} \end{aligned}$$

При $\mu \neq 0$ задачата е неинтегрируема. При $\mu = 0$ задачата е интегрируема и всички нейни решения могат да бъдат коректно описани. Фазовото пространство в този случай има сложна структура, което се дължи на възможните сблъсъци на тяло P_3 с тяло P_2 . За $\mu > 0$ тези сблъсъци причиняват значителни пертурбации, които водят до по-нататъшно усложняване структурата на фазовото пространство. В този случай най-важни са фамилиите периодични решения, понеже те формират основната структура на част от фазовото пространство. За фиксирани стойности на параметъра μ периодичните решения на хамилтоновата система представляват едно-параметрични фамилии, и дву-параметрични при вариране на μ . Проведени са няколко проучвания на тези фамилии при различни стойности на параметъра μ , избрани по такъв начин, че да съответстват на определена група обекти в Слънчевата система, например системата Земя-Луна, Слънце- Юпитер, Слънце – Нептун.

Генериране на фамилии периодични решения

Ако дадено решение $x(t, \mu)$, в сила за някакво $\mu \equiv \mu_0 > 0$, е непрекъснато по μ за произволно малки $\mu > 0$, то тогава неговата граница при $\mu \rightarrow 0$ се нарича генерирано периодично решение. Очевидно, генерираното решение е част от решенията на задачата при $\mu = 0$. Тези решения се подразделят на два вида: първият вид се състои от решения, при които тялото P_3 не се сблъсква с тяло P_2 ; към вторият вид принадлежат решенията, при които тялото P_3 се сблъсква с тялото P_2 . Решенията на първия вид са решения на задачата за две тела P_1 и P_3 в синодична (ротационна) координатна система. Решенията за втория вид се формират в няколко части на решенията на задачата за две тела P_1 и P_3 , всяка част от които започва и свършва със сблъсък на тяло P_3 в тяло P_2 . Всички тези части имат една и съща стойност на хамилтониана H . Всички тези части представляват мрежа от едно-периодични фамилии с различен характер.

Генерираните фамилии от периодични решения се състоят от част от фамилии със симетрични периодични решения за $\mu = 0$, част от фамилии S и част от двойки фамилии T_N с бифуркации между тези части (вж. Bruno 1990).



Фиг.1 Хиперболична орбита близо до тяло P_2

При $\mu = 0$ всички симетрични периодични решения без сблъсък на P_3 с P_2 са генерирани решения. Те формират две фамилии Id и Ir с кръгови орбити. Бифуркациите между фамилиите симетрични периодични решения се наблюдават при пресичане на фамилиите Id , Ir , S . Това съответства на изменение на характеристиките на тези фамилии.

Специално внимание трябва да се отдели по отношение на характера на генерираните фамилии от втори вид близо до тялото P_2 . Прелитация характер на тялото P_3 близо до тялото P_2 е изследван от (Bruno, 1981) и притежава интригуващ фазов портрет. Най-общо казано, прелитация характер се описва посредством симетрична хиперболична орбита (фиг.1) в задачата за две тела P_2 (с маса μ) и P_3 . Следваща стъпка е числено пресмятане на точно дефинирани фамилии с подходящо подбрани параметри.

Литература:

1. Bruno A. On periodic fly-bys of the moon, 1981, Cel.Mech.24(3), 255–268
2. Bruno A. The Restricted 3-Body Problem. Plane Periodic Orbits. 1990, Nauka, p.296, Moscow
3. Voyatzis G., T. Kottoulas, J. D. Hadjidemetriou. Symmetric and nonsymmetric periodic orbits in the exterior mean motion resonances with Neptune. 2005, CeMDA 91(4), 191–202

ГЕОМЕТРИЧНИ ЕЛЕМЕНТИ ПРИ ЧИСЛЕНИТЕ СИМУЛАЦИИ

Пламен Тренчев

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: ptrenchev@space.bas.bg

Ключови думи: геометрични елементи, числено интегриране, пръстени, нелинейна динамика, орбитални елементи

Резюме: Разгледани са трансформациите за конвертиране на вектора на състоянието в декартови координати в геометрични елементи, както и обратната задача – преобразуване на геометричните елементи във вектор на състоянието за тест-частица, движеща се около сплесната в полюсите си планета. Тези трансформации са прецизни до втори ред по отношение на ексцентрицитета и инклинацията. Това е полезно и може уверено да се използва при директни изчисления, например при числено изследване динамиката на пръстени.

За описване формата на тесни пръстени в планетарни системи, например пръстените на Уран, често се използва система уравнения, представена най-общо във вида:

$$(1) \quad r = a[1 - e \cos(z\Psi + z\beta)],$$

или посредством суперпозиция от синусоидални членове от един и същи вид, където r е радиуса на пръстена, z е азимуталното вълново число (целочислена стойност), β е фазовият ъгъл, Ψ е дължината на разглеждания отрязък, въртящ се със скорост Ω_p , съответстващо на орбитална дължина L спрямо инерциална отправна система посредством зависимостта $\Psi = L - \Omega_p t$. Това е за концентрични пръстени. В случай на елиптични пръстени $z = 1$, $\Omega_p = \dot{\omega}$, където $\dot{\omega}$ е стойността на прецесията. Орбиталните елементи (главна полуос a , ексцентрицитет e , и т.н.), които следват от ур.(1), по отношение на измервателните данни се разглеждат като геометрични елементи и се различават от по-често използваните оскулиращи елементи, особено в случаите, когато се отчита и сплеснатостта на планетите. Оскулиращите елементи са тези, които тест-частицата би имала при пренебрегване сплеснатостта на планетата. Когато централното тяло е сплеснато (в полюсите), оскулиращите елементи изпитват значителни късо-периодични вариации. Геометричните елементи, от своя страна, също изпитват късо-периодични осцилации, но амплитудата на тези осцилации е много малка и може да бъде пренебрегната.

Освен това, частица на кръгова орбита около сплесната в полюсите планета притежава

положителен (по-голям от нула) оскулиращ ексцентрицитет
$$e_0 \sim \frac{3}{2} J_2 \left(\frac{R_p}{r} \right)^2.$$

Действително, ексцентрицитета на частицата би бил оскулиращ ексцентрицитет, ако решим да не отчетем сплеснатостта на планетата. Същият проблем възниква и при главната полуос – главната полуос на частица, намираща се на кръгова орбита около сплесната в полюсите

планета ще има оскулираща стойност
$$a_0 \sim r \left[1 + \frac{3}{2} J_2 \left(\frac{R_p}{r} \right)^2 \right],$$
 ако пренебрегнем

сплеснатостта. Примерно, за частица на кръгова орбита около Сатурн с радиус $r = 137\,000\text{ km}$ имаме $e_0 \sim 0.0045$ и $a_0 \sim 137650\text{ km}$, което съответства на външния край на главните пръстени. По този начин оскулиращата стойност на главната полуос ще бъде съществено

различна от геометричния радиус на орбитата. Ето защо геометричните елементи са удобни за използване, когато разглеждаме орбитите на сателити (с малки ексцентricитети и наклони на орбитите) или частици от пръстените на сплеснати в полюсите планети.

Дефинирането на геометричните елементи става с помощта на т.нар. епициклична теория. Тази теория е дело на индийския учен Чандрасекар и е представена от него 40-те години на миналия век по отношение на звездната динамика. Тя се отнася за почти кръгови и почти екваториални движения. Тази теория може да бъде приложена при планетарните пръстени, защото всички известни пръстени имат малки ексцентricитети и малки наклони на орбитите си. Точните решения на уравненията на движение са разширени серии около кръговите екваториални орбити. Константите, възникващи от тези разширени серии, са епицикличните елементи. Теорията включва също така и три базисни честоти, които са: ъглова скорост на въртене по кръгова орбита, хоризонтална епициклична честота k , която характеризира радиалните осцилации около кръгово движение, вертикална епициклична честота ν , която характеризира вертикалните осцилации. От тези епициклични елементи можем да въведем нова система от елементи, която прави епицикличното решение аналогично на по-разпространеното и познато елиптично решение. Тези нови елементи са именно геометричните елементи.

При числените симулации движението на тест-частица често се интегрира в плането-центрирана декартова координатна система. По този начин можем да трансформираме геометричните елементи във вектори на състоянието (вектор на скоростта и вектор на положението) в плането-центрирана декартова координатна система. Това е необходимо, например, в самото начало на интегрирането, когато са известни само орбиталните елементи. Разсъждавайки в обратна посока, можем да преобразуваме вектора на състоянието на разглежданата частица в даден момент време в геометрични елементи като резултат от интегрирането.

Заклучение

В настоящата работа се разглежда аналитично трансформирането на геометрични елементи във вектор на състоянието, както и обратната задача за преобразуване на вектора на състоянието в декартови координати в геометрични елементи. Пълните аналитични преобразувания са обект на последваща по-детайлна работа в настоящия цикъл изследвания, което включва и разширяване сферата и конкретните случаи на прилагане на представените трансформации в космическата динамика, при числено изследване динамиката на пръстените и др.

Литература:

1. Longaretti P. and Borderies N. Streamline formalism and ring orbit determination. 1991, Icarus 94, 165-170
2. Chambers J. A hybrid symplectic integrator that permits close encounters between massive bodies, 1999, MNRAS 304, 793–799
3. Borderies – Rappaport N. and Longaretti P. Test particle motion around an oblate planet, 1994, Icarus 107, 129–141.

ЗА ДВИЖЕНИЕТО НА ЗАРЕДЕНИ ЧАСТИЦИ ВЪВ ВЪНШНО УСКОРЯВАЩО ПОЛЕ

Стилиян Луков¹, Николай Ерохин², Димитринка Томова³, Румен Шкевов¹,
Пламен Тренчев¹, Костадин Шейретски¹

¹Институт за космически изследвания – Българска академия на науките,

²Институт космических исследований – РАН,

³СУ “Св. Климент Охридски” – ДЕО-ИЧС

e-mail: slukov@space.bas.bg

Ключови думи: заредени частици, електромагнитно поле, ускоряване

Abstract: In a classical approach, accounting for radiation reaction, the movement of a charged particle in external accelerated field is considered. An approximate expression for this reaction, valid in the special case for constant acceleration, is recognised in the work to demonstrate that a charged particle's movement is regularly accelerated as in the case without presence of radiation reaction, but with another acceleration. The obtained results can be applied in numerical modelling of a particle's acceleration in space plasma.

1. Въведение

Въпросът за движението на електрически заредени частици във външно ускоряващо поле, т.е. под действие на външна ускоряваща сила, има дълга история. Тук особеността се заключава във факта, че движещият се с ускорение заряд ще излъчва електромагнитни вълни, като при това ще възниква и спираща сила (сила на радиационното триене). Този въпрос е бил повдигнат още от класиците на електромагнетизма, например Лоренц, Лармор и др. Впоследствие въпросът се дискутира от редица известни теоретици (Борн, Паули и др.). В наше време въпросът за движението на заредени частици под действие на външно ускоряващо поле отново бе поставен на дневен ред – например, във връзка с проблема за изпълнението на принципа на еквивалентност на Айнщайн за движещите се с ускорение електрически заряди [1-4]. Следва да отбележим, че въпросът за движението на заредени частици във външни ускоряващи полета възниква не само във връзка с посочените по-горе чисто теоретични съображения, но и в редица повече или по-малко свързани с практиката задачи – например, със задачата за ускорението на заредени частици в космическата плазма [5-7]. От тази гледна точка, има смисъл отново да се спрем на указания въпрос.

2. Приближен израз за радиационната сила на триене

Тук ще разгледаме движението на заредените частици в класическо (макроскопическо) приближение. Освен това, ние ще разгледаме първоначално нерелативисткия случай, т.е. движение на частицата при $v \ll c$.

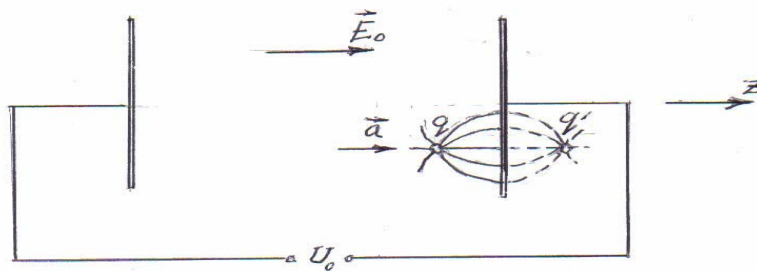
Както е известно, всеки заряд, който е подложен на ускоряване, ще излъчва електромагнитни вълни и, следователно, ще изпитва реакция на излъчването. Класическата формула за силата на радиационното триене има следния вид (в система мерни единици MKSA) [8]

$$(1) \quad \vec{F}_s = \frac{2q^2}{3c^3} \dot{\vec{a}},$$

където q е големина на заряда, $\dot{\vec{a}}$ - производната на ускорението.

Оттук се вижда, че при постоянно ускорение тази сила се анулира, въпреки че в този случай зарядът също ще излъчва. В това се заключава така наречения “парадокс на реакцията на излъчването” [1].

Нека заредената частица (например, електрон, разглеждан като класическа частица) се намира във външно ускоряващо поле. За простота тук ще считаме, че външното ускоряващо поле има потенциален характер и е еднородно и с постоянна напрегнатост (подобно на полето между плочите на кондензатор с постоянно напрежение) (фиг. 1).



Фиг.1

Движение на заредена частица във външно ускоряващо поле
(случай на постоянно еднородно електрическо поле
между плочите на електрически кондензатор)

В идеализирания случай, ако се пренебрегне изменението на полето между плочите на кондензатора от присъствието на заряда q то напрегнатостта на ускоряващото поле очевидно ще бъде

$$(2) \quad \vec{E} = E_0 \vec{e}_z,$$

където E_0 се определя изцяло от заряда върху плочите на кондензатора, $\vec{e}_z$ е единичен вектор по направление на оста z (фиг.1).

В такъв случай от уравнението на движение на заредената частица

$$(3) \quad m \frac{d\vec{v}}{dt} = E_0 \vec{e}_z,$$

получаваме

$$(4) \quad \vec{v} = v_z \vec{e}_z = \frac{E_0 \vec{e}_z}{m} t = \vec{a} t,$$

което съответствува на равноускорително движение на частицата.

Строго погледнато, обаче, полето между плочите на кондензатора ще се смущава от присъствието на заряда q , който създава свой "огледален" образ върху плочите, както е показано на фиг.1. В такъв случай резултантното поле ще се определя от сумата на основното поле $\vec{E}_0$ и полето, създавано от заряда $\vec{E}_c$

$$(5) \quad \vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_c.$$

Системата „заряд плюс огледални образи на заряда“ (върху двете плочи на кондензатора) в общия случай ще има сложна мултиполна структура. За простота ние ще приемем, че зарядът в начално положение се намира много по-близо до едната плоча, така че отчитайки огледалния образ само върху едната плоча, можем да считаме, че системата заряд – огледален образ има диполна структура (фиг.1).

Под действие на полето $\vec{E}_0$ зарядът q ще се ускорява, при което ще се променя и разстоянието между заряда и плочата на кондензатора, а следователно и диполния момент

$$(6) \quad \vec{d}(t) = 2q[h_0 - z(t)]\vec{e}_z,$$

където h_0 - начално отстояние на заряда от плочата на кондензатора.

Но, както е известно, изменението на диполния момент води до излъчване от системата с мощност, която може да се определи от израза [8]

$$(7) \quad P_i = \frac{2\ddot{d}^2}{3c^2} = \frac{2q^2}{3c^2} \ddot{z}^2 = \frac{2q^2}{3c^2} a^2,$$

където $a = \ddot{z}(t) = \text{const}$ - постоянно ускорение на заряда.

За да получим израза за радиационната сила на триене $\vec{F}_r$, ще изходим от общия израз за импулса $\vec{p}$ на заредената частица

$$(8) \quad \vec{p} = \vec{p}' - \vec{p}_s,$$

където $\vec{p}', \vec{p}_s$ - съответно, импулс на заредената частица при отсъствие на реакция на излъчването и импулс, свързан с реакцията на излъчване.

Замествайки $\vec{p} = m\vec{v}$, получаваме

$$(9) \quad m\vec{v} = m'\vec{v} - m_i\vec{v},$$

където m' е "ефективна" маса на частицата, отчитаща влиянието на реакцията на излъчването, m_i - маса, свързана с полето на излъчване.

Имайки предвид, че $m' \approx m$ и факта, че при отсъствие на реакция на излъчване движението на частицата следва да бъде равноускорително, т.е. $\vec{v} = \vec{a}t$, а също така и израза за масата, свързана с полето на излъчване $m_i = W_i / c^2$, където W_i е енергията, отнасяна от излъчването, получаваме

$$(10) \quad \vec{v} = \vec{a}t - \frac{W_i}{c^2} \vec{v} = \left(\vec{a} - \frac{P_i \vec{v}}{mc^2} \right) t,$$

където е взето предвид, че $W_i = P_i t$.

Горният израз може да се представи така

$$(11) \quad \vec{v} = (\vec{a} - \vec{a}_s) t,$$

където

$$(12) \quad \vec{a}_s = \frac{P_i}{mc} \vec{v}$$

-отрицателно (спиращо) ускорение, свързано с реакцията на излъчването.

Оттук за радиационната сила на триене имаме

$$(13) \quad \vec{F}_s = \vec{a}_s m = \frac{P_s \vec{v}}{c^2} = \frac{2q^2}{3c^5} a^2 \vec{v}$$

което съвпада с израза, получен в [9] по друг начин.

Както се вижда от (13) дори при постоянно ускорение, радиационната сила на триене не е равна на нула. Освен това, от (11) става ясно, че в първо приближение в разглеждания случай движението на заредената частица във външно ускоряващо поле също е равноускорително, но с ускорение, по-малко от това, когато не се отчита излъчването от системата.

Формула (13) показва, че силата на радиационното триене е пропорционална на квадрата на ускорението и на първата степен на скоростта на заредената частица. При това, коефициентът на пропорционалност $\alpha = 2q^2 / 3c^5$ има твърде малка стойност. Следователно, може да се заключи, че при малки стойности на ускорението и на скоростта влиянието на реакцията на излъчването може да се пренебрегне. Обратно, при големи ускорения и при скорост, близки до скоростта на светлината (т.е. в релятивистки и ултарелативистки случаи) силата на радиационното триене може да се окаже твърде съществена.

В книгата на Ландау и Лифшица (Теория поля [8] стр. 286) се привежда следния израз за силата на радиационното триене в релятивисткия случай

$$(14) \quad F_{sx} = -\frac{2e^4}{3m^2 c^4} \frac{(E_y - H_z)^2 + (E_x + H_y)^2}{1 - (v/c)^2},$$

където E_i, H_i са съответните компоненти на векторите на електрическото и магнитното поле, в което се движи частицата.

Оттук се вижда, че за ултарелативистката частица силата на радиационно триене е пропорционална на квадрата на нейната енергия. По нататък в книгата се прави извода, че за ултарелативистката частица може да има място случай, когато радиационното спиране се явява основна действаща на нея сила. Разбира се, това е твърде общ извод и, затова има смисъл да се изясни влиянието на силата на радиационното триене в конкретните случаи.

3. Уравнения на движение на заредената частица с отчитане на реакцията на излъчването

Тук ние ще разглеждаме случай на движение на заредената частица (електрон) във външно електромагнитно поле. Тогава, силата с която полето действа на частицата е силата на Лоренц [8]

$$(15) \quad \vec{F}_L = -e \left[\vec{E} + \frac{1}{c} (\vec{v} \times \vec{B}) \right].$$

Тъй като под действие на електрическото поле частица ще се ускорява, то очевидно, тя ще излъчва и на нея ще действа силата на радиационното триене. Тогава, с отчитане на тази сила, ние можем да запишем уравнението на движение във вида

$$(16) \quad \frac{d\vec{p}}{dt} = -e \left[\vec{E} + \frac{1}{c} (\vec{v} \times \vec{B}) \right] - \vec{F}_s.$$

За скорости, малки в сравнение със скоростта на светлината, импулсът $\vec{p} = m\vec{v}$ и, затова, имайки предвид (1), получаваме

$$(17) \quad m \frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{2e^2}{3c^3} \frac{d^2\vec{v}}{dt^2} = -e \left[\vec{E} + \frac{1}{c} (\vec{v} \times \vec{B}) \right].$$

Недостатъкът тук, както вече беше отбелязано, е анулирането на втория член при $\vec{v} = \text{const}$.

В частния случай, когато отсъства магнитно поле, всички векторни величини имат само една компонента, насочена по протежение на външната ускоряваща сила (т.е. по направление на вектора $\vec{E}$). В такъв случай ние можем да запишем, с отчитане на (13)

$$(18) \quad m \frac{dv}{dt} + \frac{2e^2}{3c^5} \left(\frac{dv}{dt} \right)^2 v = -eE.$$

Както се вижда, това диференциално уравнение е от първи ред, за разлика от уравнение (17), което е от втори ред.

При скорости, близки до скоростта на светлината, как е известно, следва да се използва релятивистското уравнение на движение на заредената частица, което може да бъде записано във вида [8, 9]

$$(19) \quad \frac{d}{dt} \left\{ \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \right\} = -e \left[\vec{E} + \frac{1}{c} (\vec{v} \times \vec{B}) \right] - \vec{F}_s,$$

където под $\vec{F}_s$ се има предвид пространственоподобната (тримерна) част на четири-вектора на силата на радиационното триене.

В общия случай в това уравнение за силата $\vec{F}_s$ следва да се използва израз (14).

Обаче, в указания по-горе частен случай, когато всички величини могат да се считат за скалари, представлява интерес възможността да се използва релятивисткият аналог на уравнение (18), което има вида

$$(20) \quad \frac{d}{dt} \left[\frac{m_0 v}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \right] + \frac{2e^2}{3c^4} \left\{ \frac{d}{dt} \left[\frac{m_0 v}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \right] \right\}^2 = -eE.$$

Тук е взето предвид, че $v/c \approx 1$.

Това уравнение е полезно да се съпостави с релятивистското уравнение на движение на заредената частица при отсъствие на реакцията на излъчване

$$(21) \quad \frac{d}{dt} \left[\frac{m_0 v}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \right] = -eE.$$

Както добре е известно, уравнение (21) описва така нареченото „хиперболично“ движение на релятивистката частица, ускорявана от постоянно външно поле.

Оттук може да се заключи, че по принцип, на основата на числено моделиране на движението на заредената частица, може да се съпоставят решенията на двете уравнения и

оттук да се изяснят условията, при които влиянието на реакцията на излъчване на движението на частицата става съществено.

4. Заключение

На базата на опростен физически модел е разгледано движението на заредени частици във външно ускоряващо поле с отчитане на радиационната сила на триене. Получена е приближен израз за тази сила, валиден за случая на постоянно ускорение. Показано е качествено, че движението на заредената частица при постоянно ускорение също е равноускорително, но с ускорение, по-малко в сравнение със случая, когато не се отчита реакцията на излъчването. Изведено е уравнение на движението на заредени частици (електрони) в полето на електромагнитна вълна в присъствието на постоянно магнитно поле, с отчитане на радиационната сила на триене. Този случай има важно значение при моделиране на процесите на ускорение на заредени частици в космическата плазма.

Литература:

1. Гинзбург В. Л. УФН, **98**, 3, 1969, 569-585.
2. Логунов А. А., М. А. Мествиришвили, Ю. В. Чугреев. ТМФ, **99**, 1, 1994, 121-139; УФН, **166**, 1, 1996, 81-88.
3. Гинзбург В. Л., Ю. Н. Ершенико. УФН, **165**, 2, 1995, 205-211; **166**, 1, 1996, 89-90.
4. Лукоч С. Л. Теоретичен анализ на изпълнението на принципа на еквивалентност за електродинамичните процеси. 9-th International Science Conference SOLAR-TERRESTRIAL INFLUENCES, Sofia, November 24-25, 2002.
5. Katsouleas N., J. M. Dawson. Unlimited electron acceleration in laser-driven plasma wave. //Physical Review Letters, 1983, v. 51, №5, pp. 392-395.
6. Ситнов М. И. Максимальная энергия частиц в серфатроне в режиме "неограниченного ускорения". //Письма в ЖТФ, 1988, т.14, вып. 1, с. 89-92.
7. Ерохин Н. С., С. С. Моисеев, Р. З. Сагдеев. Релятивистский серфинг в неоднородной плазме и генерация космических лучей. Письма в Астрономический журнал, 1989, т.15, №1, с. 3-10.
8. Ландау Л. Д., Е. М. Лифшиц. Теоретическая физика, т. II, Теория поля, М., Физматлит, 2001.
9. Хачатрян Б. В. Изв. НАН Армении, Физика, **32**, 5, 1997, 260-262.

TRANSMITTING ENERGY WITH LASERS AS MEANS FOR INJECTION ON FADING SATELLITES

Milen Zamfirov

*Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: mzamfirov@space.bas.bg*

Key words: Satellites, Laser radiation, CO₂ – laser, Solar pane

Abstract: The article discusses the results achieved after radiation of a solar panel with CO₂ laser and covers the short circuit, the floating voltage, and the efficiency. The theoretical deriving of the most appropriate laser wavelength, referred to the maximum transformation of laser energy into electrical energy for mono crystal silicon is presented. The volt-ampere characteristics of the photo receiver are described

Introduction

The research of the influence of the laser radiation on photo voltage systems is important, providing energy for existing satellites in the end of their life, due to reduction of the energy system [1]. This type of radiated laser energy has a great commercial value [2]. The laser radiation is preferable because of the high efficiency of the silicon cells under monochromatic lightening [3], and the possibility of increasing the energy, in order to produce more energy outcome per area [4].

Exposition

Laser with Carbon Dioxide

The most appropriate laser for injection on fading satellites is CO₂ – laser, where the amplification is approximately = 1006 nm, i.e. this is the closest value provided for the maximum of the transformation of the laser energy into electric energy for the silicon semi-conductor.

CO₂ – lasers generate a broad range of lines in the scope between 900 nm up to 1100 nm. The strongest amplification is at 1060 nm. They are characterized with strong efficiency, reaching up to 20 % for well constructed models.

- The laser used (Model L 1000) has:
- longitudinal smoldering discharge and fast longitudinal channel;
- Output power by specification - 1000 watts;
- Laser environment – carbon dioxide;
- Mod –TEM01;
- Diameter of the output ray – 15mm;
- Beam divergence – 2 mRad;
- Polarisation – circular.

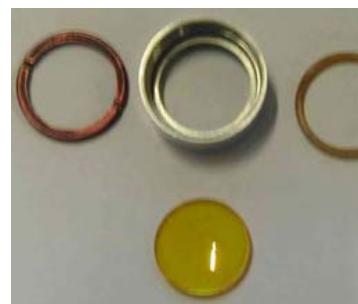
The CO₂ has more homogeneous and active environment and provides more qualitative and direct radiation. It has better mode structure and better focusing [5].



Picture 1. General view of the CO₂ laser



Picture 2. Transverse view of the CO₂ laser



Picture 3. Defocusing lens

Solar Panel

The silicon is the main semi-conductor material for photoelectric transformation of the solar energy [6].

The direct transformation of the solar energy into electric energy can be achieved with solar batteries, consisting of multitude of photo elements, through the so called photovoltaic effect [7].

The model of the used solar panel is:

- 685-SP-120-12 V;
- Voltage – 12 V;
- Current V_{oc} – 120 μA ;
- Voltage (MAX) V_{oc} – 16 V;
- Current (MAX) I_{sc} ;
- Size 15.9 x 27.8 x 1.7 cm.

The solar panel consists of 36 consequently connected photo elements, which aim at the increasing of the output voltage.

Resistors

- $R_1 = 33 \text{ k}\Omega$;
- $R_2 = 77 \text{ k}\Omega$;
- $R_3 = 143 \text{ k}\Omega$;
- $R_4 = 308 \text{ k}\Omega$;
- $R_5 = 406 \text{ k}\Omega$;
- $R_6 = 503 \text{ k}\Omega$;
- $R_0 = 0$; $R = \infty$

Meanings

- P_{el} – Electric power;
- P_l – laser power of the successive line of generation;
- η , % - efficiency;
- $\eta = P_{el} / P_l \cdot 100$;
- $P_{el} = I \cdot U$ – electric power.

Experiment

In front of the CO₂ laser a defocusing lens is set, that allows a spot with diameter 5 cm and 25 cm. The photo converter is set at 150 cm distance from the lens. Ampere meter, voltmeter and resistors for measuring of the current are plugged into the photo converter.

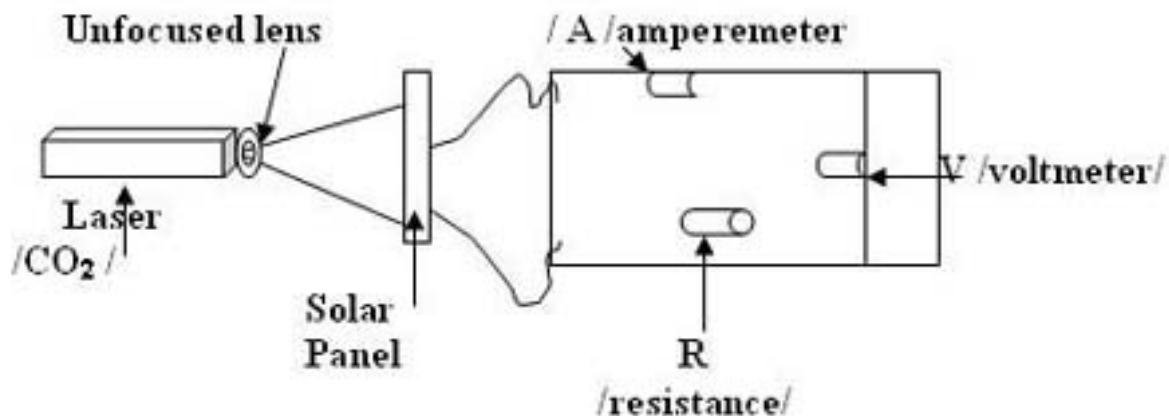


Figure 1. Scheme of the experimental setting

Results

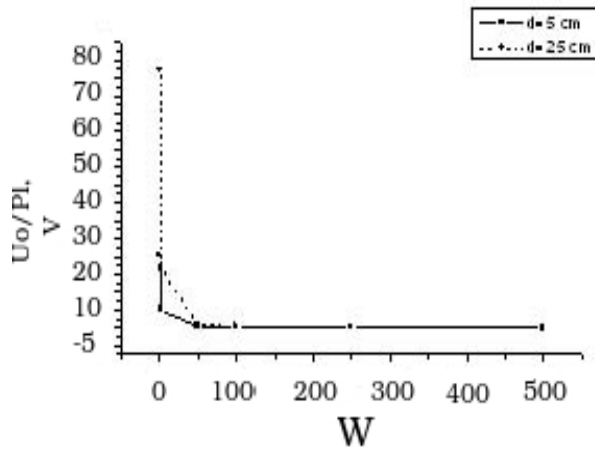


Figure 2. Dependency of U_o/Pl from the power at various diameters of the laser spot

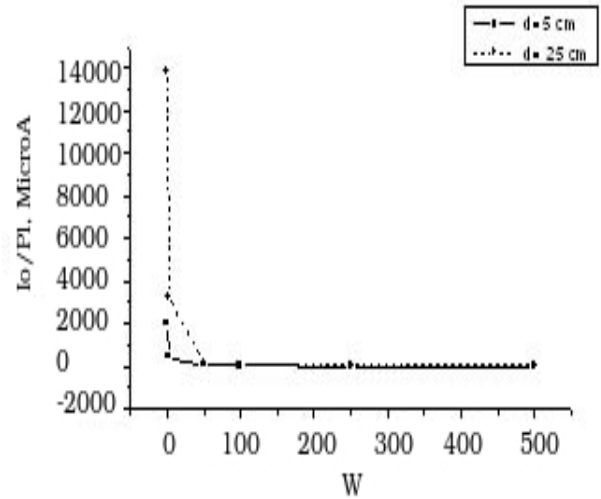


Figure 3. Dependency of the I_o/Pl from the power at various diameters of the laser spot.

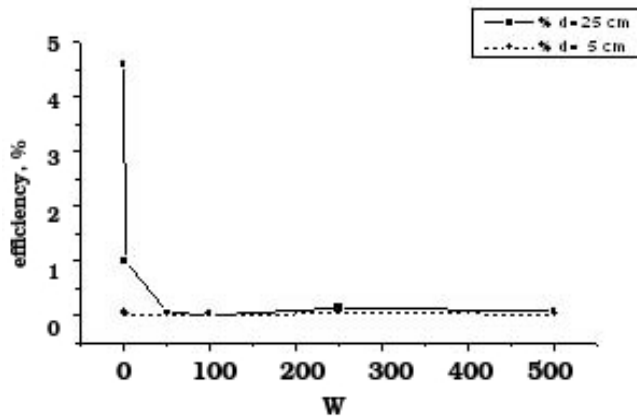


Figure 4. Dependency of the efficiency at various diameters of the laser spot

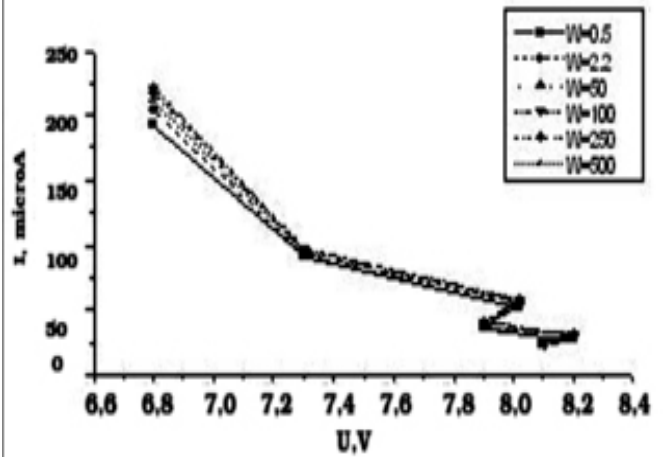


Figure 5. Volt-ampere characteristics for CO2 laser at various power and diameter of 5 cm.

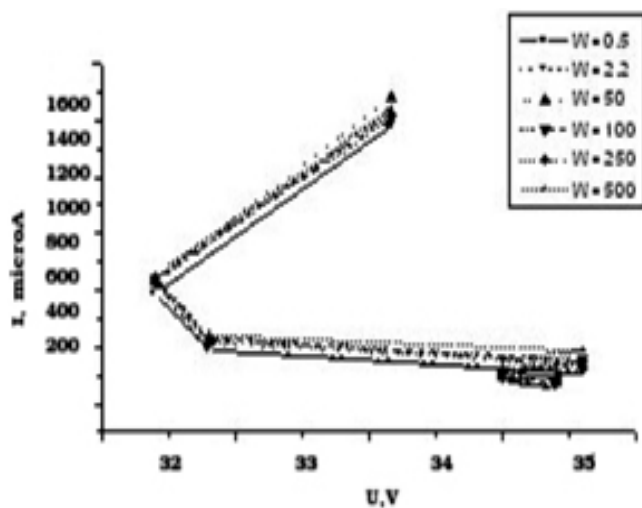


Figure 6. Volt-ampere characteristics for CO2 laser at various power and diameter of 25 cm.

Analysis of the Results

The following quantities can be brought into use, that characterize the panel's quality to transform the laser light into electric one, depending on the diameter of the laser spot and the power of the laser emission. These are the ratio between the floating voltage and the laser's power U_0/P_L , and the current I_0/P_L , that results from the short circuit. During laser radiation at 0.5 W the floating voltage for a 25 cm spot is 3.6 times greater than the one for a 5 cm diameter spot. The values for the short circuit current for a spot of 25 cm are approximately 7 times bigger. As the laser power increases there is no significant increase of the floating voltage and the short circuit current – 36 V and 7 mA for 25 cm and 12 V and 1 mA for 5 cm at 0.5 up to 500 W power.

The values of the electric power of the solar panel at 0.5 W radiation are more than 38 times bigger at 25 cm diameter of the laser spot than these at 5 cm, for resistance $R = 33\text{k}\Omega$.

The difference between the electric power at 5 and 25 cm increases with the increase of the resistance and at $R = 503\text{ k}\Omega$ the electric power is 85 times bigger. This ratio ($P_{5\text{cm}} - P_{25\text{cm}}$), is preserved more or less unchanged at every value of the laser's power.

The efficiency, which is the most important characteristic of the researched system, varies from 8,98 % for 25 cm diameter of the spot to 0,2 % for 5 cm diameter of the spot at $R = 33\text{k}\Omega$. The efficiency gradually decreases with the increase of the resistance reaching 3,02 % for 25 cm and 0,03 % for 5 cm.

With the gradual increase of the laser's power from 0,5 W to 500 W the electrical power of the photo converter increases as well with approximately 3 mW, but thus reducing the efficiency. The lowest efficiency values of the photo converter are achieved at the highest level of the laser emission's power (Fig. 4).

The volt-ampere characteristic of the photo element, at 5 cm laser spot diameter (Fig. 5) shows relative nonlinearity. Certain saturation is indicated at the higher voltage values. For 25 cm laser spot the volt-ampere characteristic is S-shaped, and the saturation is measured again at the lower current and the higher voltage values. Nonlinearity probably results from the raised temperature of the selective coverage, which causes emission of heat, thus increasing the resistance causing the current to stop decreasing linearly, but keep same values (Fig. 6).

Conclusions

The analysis of the results shows that the usage of a wavelength, close to the theoretically deduced one, increases the photo element efficiency. In the same time the results suggest that for producing high efficiency higher power is not necessary.

References:

1. L a n d i s G. (1991). Space Power by Laser Illumination of Photovoltaic Arrays Space Photovoltaic Research and Technology, NASA CP-3121, 24-5, May
2. B a c k u s C. (1972). Laser Activation of Solar Cells Proceedings of the 9th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, Silver Spring, May
3. F r i e d m a n H., et al. (1994). Scaling of Solid-state Lasers for Satellite Power Beaming Applications SPIE Optics, Electro-optics & Laser Conference, Los Angeles CA, Jan. 24-28;
4. L o w e R., G. L a n d i s and P. J e n k i n s (1995). Response of Solar Cells to Pulsed Laser Illumination IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. 42, No. 4
5. R a h i l l y W. (1975). Electron Damage in High Efficiency Solar Cells High Efficiency Silicon Solar Cell Review NASA Technical Memorandum TM X-3326
6. P e t e r U. and R. M o r g a n (1991). SDIO Ground-based Laser Support Laser and Power Technology, Volume VIB
7. G e t z o v P. (2006). Conception for national monitoring system. Second Scientific Conference with International Participation SENS14 – 16 June 2006, Varna, Bulgaria.

Session 2

***Aerospace Technologies
and
Biotechnologies***

Chairman: Prof. Petar Getsov, Sen. Res. Tania Ivanova
Secretary: Res. Fell. Zoya Hubenova

NEURO-ADAPTIVE TRAJECTORY CONTROL OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Andon Topalov¹, Dobrin Seyzinski², Severina Nikolova², Nikola Shakev¹, Okyay Kaynak³

¹TU – Sofia, campus Plovdiv, Control Systems Department, 25, T. Dyustabanov, 4000 Plovdiv, Bulgaria

²TU – Sofia, campus Plovdiv, Dept. of Transport and Aircraft Equipment and Technologies, 25, T. Dyustabanov, 4000 Plovdiv, Bulgaria

³Bogazici University, Department of Electrical and Electronics Engineering, 34342 Bebek, Istanbul, Turkey
e-mail: {topalov, dobsey, shakev}@tu-plovdiv.bg; severina.nikolova@gmail.com; okyay.kaynak@boun.edu.tr

Keywords: unmanned aerial vehicles, neural networks, variable structure systems, adaptive systems

Abstract: A neuro-adaptive approach for autonomous flight controller design for aerial robots is proposed. Three intelligent modules are implemented to control respectively the altitude, airspeed and roll angle of the airplane, through which the altitude and the latitude-longitude of the unmanned aerial vehicle are controlled. Each intelligent module consists of a conventional feedback controller and a neural network feedback controller. The former is provided both to guarantee global asymptotic stability in compact space and as an inverse reference model of the response of the controlled system. The proposed approach makes direct use of the variable structure systems theory. A variable structure systems-based on-line learning algorithm is developed and applied to the neural network controller. Results from simulated trajectory control of the Aerosonde unmanned aerial vehicle by using the proposed neuro-adaptive control scheme are presented.

I. Introduction

The main purpose of the autopilot is to enable the unmanned aircraft to accomplish its mission autonomously, without any (or with minimal) intervention from the human operator. Three hierarchical levels of control can be usually identified in the modern unmanned aerial vehicle (UAV) autopilot systems: (i) Low-level control include control and stability loops aiming to provide airplane with improved dynamic stability, regulation of flight parameters, as well as tracking of basic autopilot commands; (ii) Mid-level control provides navigation and guidance capability to the take-off and landing, climb, cruise, and loiter; (iii) High-level control has to interpret the mission objectives and safety constraints, awareness of the current aircraft and environment conditions.

The most widely used approach at the autopilot low-level control, currently still implements conventional PI and PID controllers, augmented with online gain scheduling [1]. The increasing complexity of today's aircraft dynamical systems which is frequently coupled with unknown dynamics, modeling errors, various sorts of disturbances, uncertainties, and noise creates a need for advanced control design techniques that are able to overcome limitations on the traditional feedback control. During the last decade model-free, computationally intelligent techniques using either fuzzy logic or neural networks (NNs) have been investigated in order to circumvent existing difficulties in the autopilot low-level control [2-4].

The present paper addresses the design of adaptive neural network feedback controllers for the low level control loops of the UAV autopilot system. A variable structure systems-based (VSS-based) on-line learning algorithm is developed and applied to the proposed neurocontrollers.

The paper is organized as follows. Section II starts with a basic introduction to the proposed neuro-adaptive control approach and then explains the design of the intelligent controllers used for the trajectory control of the UAV. The variable structure systems-based online learning approach for continuous time neural networks is introduced in Section III. Section IV is devoted to the obtained results from simulations, and the concluding remarks are given in Section V.

II. The Neuro-Adaptive Control System

The approach proposed in this paper is based on the design of three neuro-adaptive control modules. Among them, one module has to adjust the aircraft bank angle value in order to control the latitude and longitude coordinates, and the other two modules are used to adjust the elevator and

throttle controls of the UAV in order to obtain the desired altitude value. These intelligent control modules acting in combination enable simple navigation of the unmanned aerial vehicle.

The so-called feedback-error-learning concept, proposed in [5] and initially applied to control of robot manipulators, has been used to tune online the proposed neurocontrollers. The general structure of an intelligent control module is shown on Fig. 1. It relies on the parallel work of two feedback controllers - a neural network feedback controller (NNFC) and a conventional feedback controller (CFC). It is common, when applying the feedback-error-learning concept, to assume that a proportional plus derivative (PD) controller is used as CFC. It serves both to guarantee global asymptotic stability in compact space and as an inverse reference model of the response of the system under control. The output of the CFC is used as an error signal to update the weights of the neurocontroller in and in this way the latter is learning online to eliminate the conventional controller from the control of the system. The weakness of the approach based on the usage of a PD controller (and also of the obtained in this way PD-type NNFC) is that in many cases it is not possible to remove out the steady state error.

When the required control performance cannot be reached by using a PD control law, then proportional plus integral (PI) or proportional plus derivative plus integral (PID) controllers can be used as CFC (thus adaptive PI-type, or PID-type neurocontrollers can be obtained respectively). The latter approach has been adopted and implemented in this investigation by adding one common for both (CFC and NNFC) blocks integrating term, placed after the summing junction for the output signals from the two controllers (see Fig. 1).

Due to the highly nonlinear nature of UAV dynamics and the inference between the controlled parameters two PI-type adaptive NNFCs have been constructed in this work for the bank angle and altitude controller respectively (by implementing only P terms in the CFC blocks) and one PID-type neuro-adaptive controller has been utilized to control the airspeed.

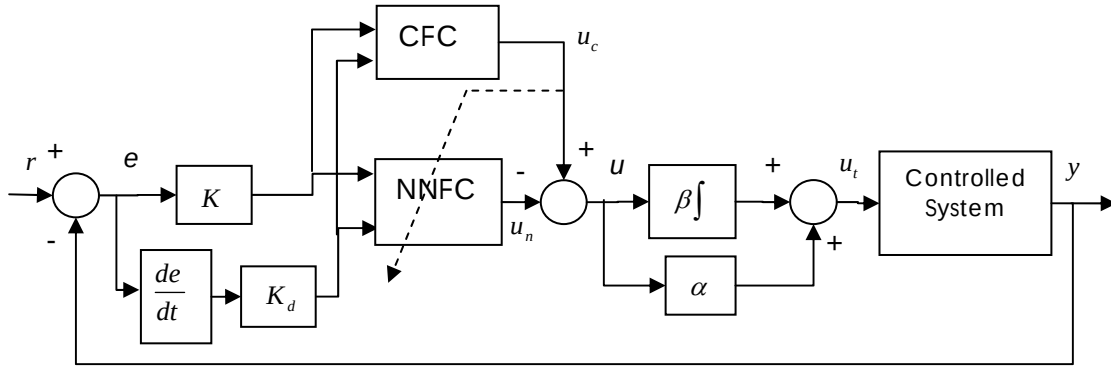


Fig. 1. Block diagram of the implemented feedback-error-learning scheme for a PID-type adaptive neurocontroller.

III. The Sliding Mode Online Learning Approach

Most of the existing online training methods for NNs rely on the gradient descent methodology and involve the computation of partial derivatives, or sensitivity functions. In this respect, they can be considered as extensions of the well-known backpropagation algorithm for multilayer feedforward NNs and hence they inherit some of its major drawbacks among which, in particular, is the difficulty to obtain analytical results concerning the convergence and stability of the learning schemes.

An alternative way to design a robust learning scheme is to utilize the VSS theory [6] in constructing the parameter adaptation mechanism of the NNs since the robustness of the variable structure control (VSC) scheme against unmodelled dynamics, disturbances, time delays and nonlinearities is well known [7].

Consider the two-layered feedforward NN with a scalar output, implemented as a neural network feedback controller. The following definitions will be used:

$X(t) = [x_1(t), \dots, x_p(t)]^T$ - vector of the time-varying input signals augmented by the bias term.

$U_H^n(t) = [u_{H1}^n(t), \dots, u_{Hn}^n(t)]^T$ - vector of the output signals of the neurons in the hidden layer.

$u^n(t)$ - scalar signal representing the time-varying output of the network.

$W1(t)_{(n \times p)}$ - matrix of the time-varying connections' weights between the neurons in the input and the hidden layer, where each matrix's element $w1_{ij}(t)$ denotes the weight of the connection of the neuron i from its input j .

$W2(t)_{(1 \times n)} = [w2_1(t), \dots, w2_n(t)]$ - vector of the connections' weights between the neurons in the hidden layer and the output node. Both $W1(t)_{(n \times p)}$ and $W2(t)_{(1 \times p)}$ are considered augmented by including the bias weight components for the neurons in the hidden layer and the output neuron respectively.

$f(\cdot)$ - nonlinear, differentiable, monotonously increasing activation function of the neurons in the hidden layer of the network (e. g. log-sigmoid or tan-sigmoid function). The derivative of the activation function $f(\cdot)$ of the neuron i from the hidden layer is denoted as $A_i(t)$ where

$$(1) \quad 0 < A_i(t) = \frac{d}{dt} \left[f \left(\sum_{j=1}^p w1_{ij} x_j \right) \right] \leq B_A \quad \forall i, j$$

and B_A corresponds to its maximum value.

The neuron in the output layer is considered with a linear activation function.

The output signal $u_{H_i}^n$ of the i -th neuron from the hidden layer and the output signal of the network $u^n(t)$ are defined respectively as follows:

$$(2) \quad u_{H_i}^n = f \left(\sum_{j=1}^p w1_{ij} x_j \right) = f(W1_i X)$$

$$(3) \quad u^n(t) = \sum_{i=1}^n w2_i u_{H_i}^n = W2 U_H^n$$

The NNFC is assumed to operate within the feedback-error-learning scheme, the general structure of which is presented on Figure 1. It will be assumed (due to the existence of a CFC controller in the scheme) that the input vector of the NNFC and its time derivative are bounded, i.e.

$$(4) \quad \|X(t)\| = \sqrt{x_1^2(t) + \dots + x_p^2(t)} \leq B_X \quad \forall t$$

$$(5) \quad \|\dot{X}(t)\| = \sqrt{\dot{x}_1^2(t) + \dots + \dot{x}_p^2(t)} \leq B_{\dot{X}} \quad \forall t$$

with B_X and $B_{\dot{X}}$ being known positive constants.

Due to the physical constraints, it is also assumed that the magnitude of all vectors row $W1_i(t)$ constituting the matrix $W1(t)$ and the elements of the vector $W2(t)$ are bounded, i.e.

$$(6) \quad \|W1_i(t)\| = \sqrt{w1_{i1}^2(t) + w1_{i2}^2(t) + \dots + w1_{ip}^2(t)} \leq B_{W1} \quad \forall t$$

$$(7) \quad |w2_i(t)| \leq B_{W2} \quad \forall t$$

for some known constants B_{W1} and B_{W2} , where $i = 1, 2, \dots, n$.

$u(t)$ and $\dot{u}(t)$ are also considered as bounded signals, i.e.

$$(8) \quad |u(t)| \leq B_u, \quad |\dot{u}(t)| \leq B_{\dot{u}} \quad \forall t$$

where B_u and $B_{\dot{u}}$ are positive constants.

A VSC-based on-line learning algorithm is applied to the NNFC in this investigation. The zero adaptive learning error level for the controller $s_c(u, u^n)$ is defined as follows:

$$(9) \quad s_c(u^n, u) = u^c = u^n + u$$

with λ being a constant determining the slope of the sliding surface.

Definition 1. A sliding motion will have place on a sliding surface $s_c(u^n, u) = u^c(t) = 0$, after a hitting time t_h , if the condition $s_c(t) \dot{s}_c(t) = u^c(t) \dot{u}^c(t) < 0$ is satisfied for all t in some nontrivial semi-open subinterval of time of the form $[t, t_h) \subset (-\infty, t_h)$.

The learning algorithm for the NNFC weights $W1(t)$ and $W2(t)$ has to be derived in such a way that the sliding mode condition of definition 1 will be enforced.

Let us denote as " $sign(s_c)$ " the signum function, defined as follows

$$(10) \quad sign(s_c) = \begin{cases} 1 & \text{for } s_c(t) > 0 \\ 0 & \text{for } s_c(t) = 0 \\ -1 & \text{for } s_c(t) < 0 \end{cases}$$

To enable $s_c = 0$ is reached, the following theorem is introduced.

Theorem 1. If the adaptation law for the weights $W1(t)$ and $W2(t)$ of NNFC is chosen respectively

$$(11) \quad \dot{w}_{1ij} = -\left(\frac{w_{2i} x_j}{X^T X}\right) \alpha sign(s_c); \quad \dot{w}_{2i} = -\left[\frac{u_{H_i}^n}{(U_H^n)^T U_H^n}\right] \alpha sign(s_c)$$

with α being sufficiently large positive constant satisfying $\alpha > nB_A B_{W1} B_{\dot{X}} B_{W2} + B_{\dot{u}}$ then, given an arbitrary initial condition $s_c(0)$, the learning error $u^c(t)$ will converge to zero during a finite time t_h which may be estimated as

$$(12) \quad t_h \leq \frac{|s_c(0)|}{\alpha - nB_A B_{W1} B_{\dot{X}} B_{W2} + B_{\dot{u}}}$$

and a sliding motion will be maintained on $u^c = 0$ for all $t > t_h$.

Proof. Consider $V_c = \frac{1}{2} s_c^2$ as a Lyapunov function candidate. Then differentiating V_c yields:

$$\begin{aligned} \dot{V}_c &= s_c (\dot{u}^n + \dot{u}) = s_c \left\{ \frac{d}{dt} \left[\sum_{i=1}^n w_{2i} f \left(\sum_{j=1}^p w_{1ij} x_j \right) \right] + \dot{u} \right\} = s_c \left[\sum_{i=1}^n \dot{w}_{2i} u_{H_i}^n + \sum_{i=1}^n w_{2i} A_i \sum_{j=1}^p (\dot{w}_{1ij} x_j + w_{1ij} \dot{x}_j) + \dot{u} \right] = \\ &= s_c \left\{ -\sum_{i=1}^n \frac{u_{H_i}^n}{U_H^T U_H} \alpha sign(s_c) u_{H_i}^n + \sum_{i=1}^n A_i \sum_{j=1}^p \left[-\left(\frac{w_{2i} x_j}{X^T X} \right) \alpha sign(s_c) x_j w_{2i} + w_{1ij} \dot{x}_j w_{2i} \right] + \dot{u} \right\} = \\ &= s_c \left[-\alpha sign(s_c) - \sum_{i=1}^n A_i \alpha w_{2i}^2 sign(s_c) + \sum_{i=1}^n A_i w_{2i} \sum_{j=1}^p w_{1ij} \dot{x}_j + \dot{u} \right] = \\ &= -\left(\alpha + \alpha \sum_{i=1}^n A_i w_{2i}^2 \right) |s_c| + \left(\sum_{i=1}^n A_i w_{2i} \sum_{j=1}^p w_{1ij} \dot{x}_j + \dot{u} \right) s_c \leq -\alpha |s_c| + s_c \left(\sum_{i=1}^n A_i w_{2i} \sum_{j=1}^p w_{1ij} \dot{x}_j + \dot{u} \right) \leq \\ (13) \quad &\leq -\alpha |s_c| + (nB_A B_{W2} B_{W1} B_{\dot{X}} + B_{\dot{u}}) |s_c| = |s_c| (-\alpha + nB_A B_{W2} B_{W1} B_{\dot{X}} + B_{\dot{u}}) < 0 \quad \forall s_c \neq 0 \end{aligned}$$

where $A_i(t)$, $0 < A_i(t) = \frac{d}{dt} \left[f \left(\sum_{j=1}^p w_{1ij} x_j \right) \right] \leq B_A \quad \forall i, j$ is the derivative of the neurons' activation

function $f(\cdot)$, and B_A corresponds to its maximum value.

The inequality (13) means that the controlled trajectories of the learning error $s_c(t)$ converge to zero in a stable manner. The convergence will takes place in finite time which is estimated by eq. (12) (see prove in [7]).

IV. Simulation Results

The effectiveness of the proposed sliding mode neuro-adaptive control approach has been tested by implementing simultaneously the three low-level control loops under investigation for the trajectory tracking control of airplane. A standard configuration of MATLAB/SIMULINK by The Mathworks, Inc. and the Aeronautical Simulation Block Set (AeroSim) [8], have been used as development platform for the flight control system design. The dynamic model of the Aerosonde UAV [9] has been utilized for the conducted tests. Additionally, to ease the design process, the Microsoft Flight Simulator has been used to get visual outputs about the flight of the Aerosonde UAV and to see its physical response. A number of studies were carried out for different flight scenarios. For the

results reported in this paper, a worst case approach was adopted, in which the reference signals for all the controlled variables are allowed to change simultaneously. The reference trajectories used for the simulation studies are given below, where $X_{d1}(t)$, $X_{d2}(t)$, and $X_{d3}(t)$ are the desired bank angle, speed and altitude, respectively.

$$(14) \quad [X_d] = \begin{bmatrix} X_{d1}(t) \\ X_{d2}(t) \\ X_{d3}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \sin(0.022\pi t) \\ 23 + 5 \sin(0.01\pi t) \\ 1000 + 50 \sin(0.02\pi t) \end{bmatrix}$$

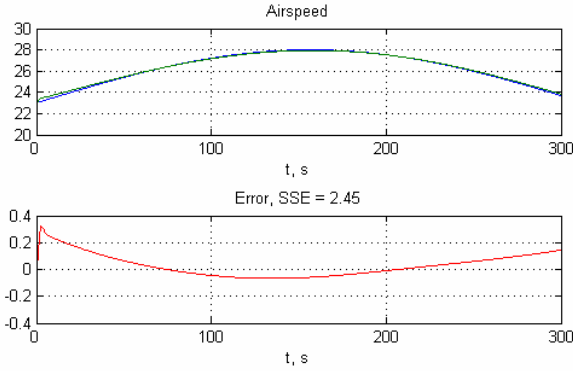


Fig. 2. Airspeed tracking and tracking error with conventional PID controller.

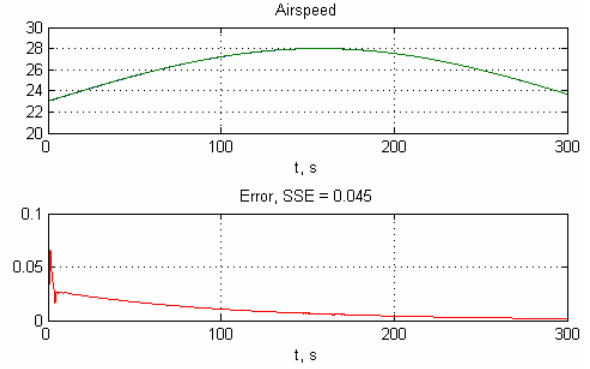


Fig. 3. Airspeed tracking and tracking error with the proposed PID-type neuro-adaptive control scheme.

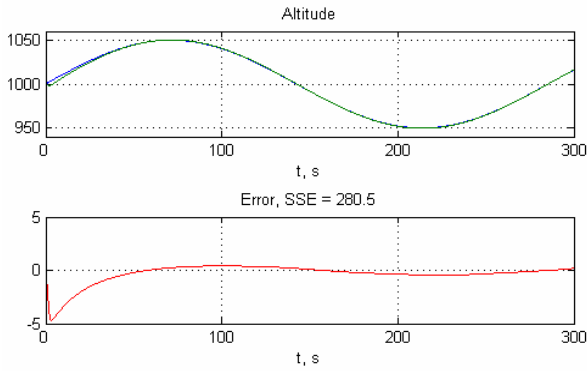


Fig. 4. Altitude tracking and tracking error with conventional PI controller.

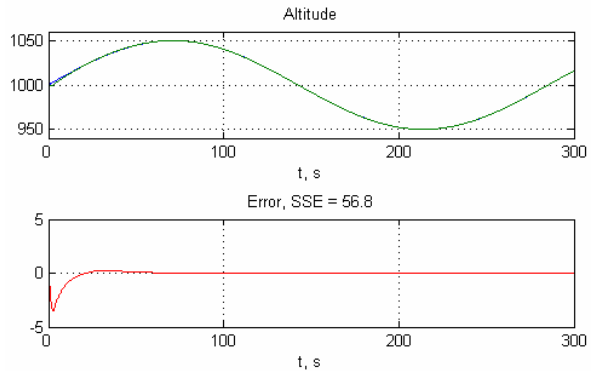


Fig. 5. Altitude tracking and tracking error with the proposed PI-type neuro-adaptive control scheme.

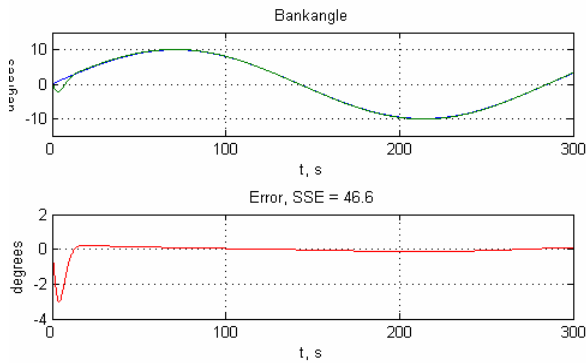


Fig.6. Bank angle tracking and tracking error with conventional PI controller.

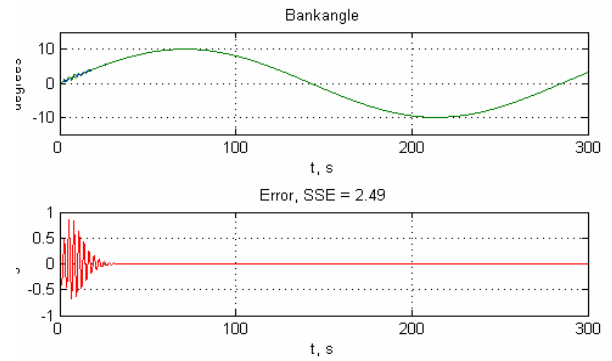


Fig. 7. Bank angle tracking and tracking error with the proposed PI-type neuro-adaptive control scheme.

In order to evaluate the performance of the proposed neuro-adaptive control schemes, similar simulation studies were carried out with well tuned conventional PI controllers (PID in case of elevator control). The tracked desired values of the airspeed, altitude and bank angle and the corresponding tracking errors when conventional controllers are used alone and with the proposed neuro-adaptive

controllers are presented on Figures 2, 4, 6 and Figures 3, 5, 7 respectively. As it can be seen from the results the sum-squared values of the tracking errors when the proposed intelligent control modules are used are by order of magnitude smaller than those of the conventional controllers working alone.

V. Conclusion

A novel approach for design of model-free adaptive neural network feedback controllers for the low level control loops of UAV autopilot is introduced. The controlled system is under a closed-loop simultaneously with two controllers: a conventional controller and an adaptive variable structure neural network controller. Results obtained from a simulated trajectory control of Aerosonde unmanned aerial vehicle demonstrate the feasibility of the sliding mode learning neuro-adaptive controllers. In order to be able to have a basis for comparison, well-tuned PI and PID controllers are also designed for the same control loops. It is seen that the performance of the proposed intelligent control modules is by order of magnitude better compared to those obtained from the conventional controllers when used alone (calculated as the sum-squared tracking error). Another prominent feature that should be emphasized is the computational simplicity of the proposed approach.

VI. Acknowledgements

The work of A. V. Topalov D. T. Seyzinski, S. M. Nikolva and N. G. Shakev was supported by the TU – Sofia Research Fund Project No. 08225pd-17. The work of O. Kaynak was supported in part by the Bogazici University Research Fund Project 03A202 and in part by the TUBITAK Project 100E042.

References:

1. Unmanned Dynamics LLC, Autopilot Design Datasheet, www.u-dynamics.com
2. K u r n a z S., O. K a y n a k and E. K o n a k o g l u. "Adaptive neuro-fuzzy inference system based autonomous flight control of unmanned air vehicles", In D. Liu et al. (Eds.): Part I, LNCS 4491, pp. 14-21, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
3. D o i t s i d i s L. and K. P. V a l v a n i s, "A framework for fuzzy logic based UAV navigation and control", Proc. of the 2004 IEEE Int. Conf. on Robotics & Automation, pp. 4041-4046, New Orleans, USA, 2004.
4. K u r n a z S., E. E r o g l u, O. K a y n a k and U. M a l k o c. "A frugal fuzzy logic based approach for autonomous flight control of unmanned aerial vehicles", In A. Gelbukh, A. de Albornoz, and H. Terashima (Eds.): MICAI 2005, LNAI 3789, pp. 1155-1163, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.
5. G o m l H. and M. K a w a t o. "Neural network control for a closed-loop system using feedback-error-learning", Neural Networks, vol. 6, pp. 933-946, 1993.
6. U t k i n V. I. Sliding Modes in Control and Optimization, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1992.
7. S h a k e v N. G., A. V. T o p a l o v, and O. K a y n a k. "Sliding mode algorithm for on-line learning in analog multilayer feedforward neural networks", In: Kaynak et al. (eds.): Artificial Neural Networks and Neural Information Processing. Lecture Notes in Computer Science, pp. 1064-1072, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003.
8. AeroSim, Aeronautical Simulation Block Set v. 1.1, Users Guide, www.u-dynamics.com.
9. Aerosonde – Global Robotic Observation System, www.aerosonde.com.

КОНТУРИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СТРАНИЧНОТО ДВИЖЕНИЕ НА САМОЛЕТ В “MATLAB-SIMULINK”

Димитър Йорданов, Палмира Панова, Пламен Пешев

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките

Резюме: Показан е в “Matlab-Simulink” елементарен контур за управление на страничното движение “пилот-система за управление-самолет” по двата канала – с елерони и кормило за направление за транспортен самолет с бустерно управление. Вниманието е отделено на настройките на елементите от контура за управление и тяхната адекватност. Контурът за управление може да се използва в изследователската дейност и в обучението.

При изследователски работи по управление на самолети се налага да се работи със затворен контур за управление “пилот-система за управление-самолет”. В страничното движение най-често това са опростени контури за управление с елерони и кормило за направление. Като параметри на управление пилотът в страничното движение използва наклона на самолета γ^0 (крен) и контролира ъгъла на плъзгането β^0 . При полети без страничен вятър, задача на пилота по ъгъл на плъзгане е $\beta_{зад}=0$, а по крен $\gamma_{зад}=const$. При кацане със страничен вятър пилотът осъществява с органите за управление балансировка на $\beta_{зад}=const$, $\gamma_{зад}=const$

Програмният продукт “Matlab-Simulink” позволява да се моделират основните функции на сензомоторната дейност на пилота по стабилизация и управление на самолета. На фигура 1 са показани двата контура за управление на страничното движение с елерони и кормило за направление на среден транспортен самолет с маса 38000 kg. Данните за моделиране на страничното движение на самолета са следните:

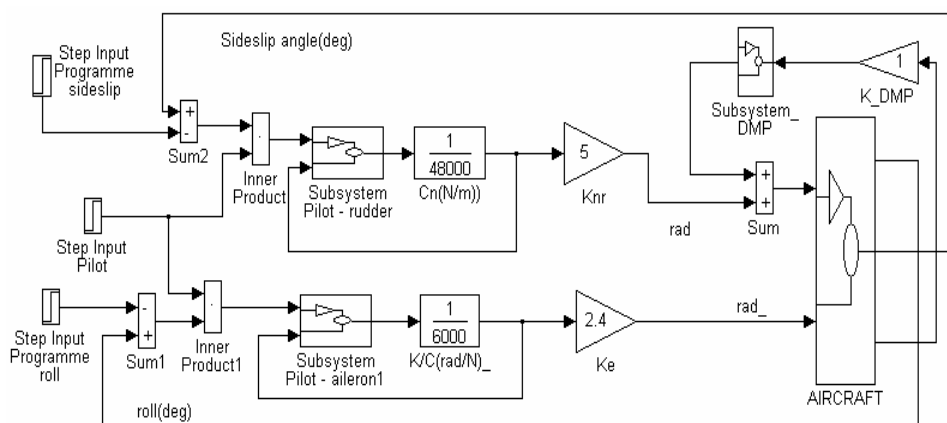
$$C_{y^{\alpha}}=5.5, C_{z^{\beta}}=-0.745, C_{z^{\delta_H}}=-0.16,$$

$$m_x^{\beta}=-0.086, m_y^{\beta}=-0.115, m_x^{\omega_x}=-0.033, m_y^{\omega_y}=-0.0092, m_x^{\omega_y}=-0.013,$$

$$m_y^{\omega_x}=-0.0016, m_x^{\delta_e}=-0.11, m_y^{\delta_H}=-0.072, m_x^{\delta_H}=-0.0003, S_{кр}=127.3m^2,$$

$$I_{кр}=37.55m, I_x=0.72 \cdot 10^6, I_y=2.55 \cdot 10^6, m=38000kg$$

Страничното движение е моделирано на режим на полета с височина 10000m и скорост 850km/h, където собственото демпфиране е много слабо и е наложително да се използва автомат за демпфиране. Автоматът работи с кормилото за направление. При неработещ автомат за демпфиране пилотът следва да се стреми да запази преди всичко устойчив контур за управление. При управлението на страничното движение пилотът работи основно с елероните, а за ъгъла на плъзгането е поставена условна задача да се поддържа на нулево значение с прилагане на адекватни усилия върху педалите. Задачата е условна защото с демонстрираните модели на пилота обикновено се работи в едноканално управление, а не в координирано. За да се отчете фактът, че пилотът реално работи координирано и по двата канала, в моделите на пилота по крен и плъзгане е увеличено **два пъти** закъснението на пилота при обработка на входящите сигнали по крен и плъзгане (обикновено на познат сигнал пилотът реагира след 0.2 s, когато работи в един канал). Основната работа в канала на кормилото за направление е предоставена на автомата за демпфиране.



Фиг. 1. Контури за управление на страничното движение

За да се моделира само управление с елерони, в модела на фигура 1 блок "Knr" се настройва на нулево значение. Тогава ъгълът на плъзгане в преходните процеси се формира под влияние на собствената флюгерна устойчивост на самолета и демпфирането, подобро от автомата за демпфиране.

Смущенията в страничното движение могат да се имитират по няколко начина в модела:

- Чрез изменение на ъгъла на плъзгане (сигнал Step input в блок "Disturbans" на подсистемата "AIRCRAFT"- фиг.4).
- С движение на кормилото за направление може да се формират смущения по двата канала.
- Смутено движение след отказ на двигател и полет с несиметрична теглителна сила се имитират чрез настройка на блок "Step input My_engine" на подсистемата "AIRCRAFT"- фиг.4.

Спиране на ляв двигател е моделирано в $t=0.5s$. Внезапно изменение на ъгъла на плъзгането може да настъпи при попадане в странично въздушно течение. В конкретния случай е моделирано такова течение със скорост 10 m/s, в което самолетът попада в $t=60s$.

Задачата на пилота е да се прекратят колебанията на самолета по двата канала в режим "стабилизация". В първата половина на моделираната ситуация (до $t=60s$) "пилотът" след отказ на двигател се намесва след 5s закъснение и балансира самолета в **праволинеен полет без плъзгане, но с крен**. След $t=60s$ парира смущението от страничния вятър и продължава праволинейния полет с несиметрична теглителна сила. **Хипотетично самолетът е оборудван със специален указател на плъзгането, работещ на принципа на флюгер [2].**

Настройка на модела

Основни параметри на системата за управление са приведените към командните лостове коравини на натоварващите механизми и предавателните числа на веригата между командните лостове в кабината (щурвал или лост, педали) и органите за управление на самолета (кормила и елерони). В моделите приведената коравина се представя от знаменателя на стандартните блокове от библиотеката на "Simulink" за линейни елементи - "Transfer Fcn", настроени да представят дроб, в която числител е 1. Предавателното число на системата за управление "K" (rad/m) е представено в усилвателите "Knr" "Ke". Общото за двата канала е, че при моделирането се пренебрегва масата, инерцията и триенето в системата за управление.

Привеждането на коравините на пружинно натоварващите механизми към командните лостове става по равенство на работите на пилота и свиването на пружината в реалните механизми. Ако с " K_{np} " се отбележи предавателното отношение между ръкохватката на лоста (педалите) и съответния натоварващ механизъм, с " C_{np} " – реалната коравина на пружината, то приведената коравина "C" се получава от израза $C=K_{np}^2 \cdot C_{np}$.

В моделите на пилота вход са ъглите на наклон и плъзгане за страничното движение. Пилотът получава информацията за ъглите в градуси. Изход от моделите на пилота в моделираните контури е силата, с която той въздейства върху командните лостове в кабината. В суматорите пред модела на пилота се сравнява реалния параметър и зададения. Разликата следва да бъде ликвидирана от модела на пилота в режим на ръчно пилотиране.

Съществен въпрос при моделирането и настройването на модела на пилота е **правилната полярност на сигнала, който излиза от пилота**. Преднамерено в суматорите пред модела на пилота е въведена разликата между текущ параметър (като умаляемо) и зададеното по програма значение (като умалител). При така организирана разлика между текущи и зададени параметри, коефициентите на усилване на пилота се получават с положителен знак и затова при настройката в моделите се използват абсолютните стойности на характеристиките на управляемост. Ако се промени полярността на суматора пред моделите на пилота, то коефициентите на усилване на пилота са с отрицателен знак и по знак съвпадат с характеристиките на управляемост. При настройката на моделите се използва обстоятелството, че статичните характеристики на управляемост и коефициентите на усилване на модела на пилота имат еднаква физическа природа, но характеристиките на управляемост са нормативно определени, а **коефициентът на усилване на пилота е случайна величина**.

Подбор и настройка на параметрите в модела на системата за управление

Ако не са известни данните от системата за управление на моделирания самолет, то настройката на модела може да стане по средни параметри, които следва да гарантират устойчивост на преходните процеси в контура и приемливи усилия за пилотиране, съответстващи на нормите за летателна годност. В конкретния случай не са известни данни за системата за управление на хипотетичен транспортен самолет. Най-просто моделът на системата за управление може да се настрои по следния начин.

В канала за управление с елероните има препоръки по **нормите за летателна годност** за усилието, което пилотът прилага, за да получи установена ъглова скорост $\omega_{x\ ycm}=1\ rad/s$. За неманеврени самолети това е от $P_e^{\omega x} = -500...-1000N$. Знакът на $P_e^{\omega x}$ е съобразен с правилото, че положителна ъглова скорост се получава при отрицателно отклонение на елероните, което се получава при отклонение на лоста надясно. Ъгълът за отклонение на елероните при такова усилие е:

$$\delta_e = P_e^{\omega x} \cdot (K_e / C_e).$$

Съставя се уравнението за установената ъглова скорост при изолирано движение по крен и от него се определя потребното отношение K_e / C_e за канала на елероните:

$$\omega_{x\ ycm}=1\ rad/s = -(m_x^{\delta e} / m_x^{\omega x}) \cdot P_e^{\omega x} \cdot (K_e / C_e)$$

За конкретния самолет $m_x^{\delta e} = -0.11$; $m_x^{\omega x} = -0.033$. Приема се $P_e^{\omega x}_{cp} = -750\ N$ от нормативните характеристики и се определя потребното значение на отношението $K_e / C_e \approx 0.0004 (rad/N)$

При известно отношение K_e / C_e и зададен препоръчителен диапазон за $K_e = 2...2.5 rad/m$, потребното за модела значение на C_e е в границите $C_e = 5500...6250 N/m$. Приема се за канала на елероните $C_e = 6000 N/m$ и с него се настройва знаменателя на блок "Transfer Fcn" в канала на елероните. Предавателното число на системата за управление на елероните със стойност $K_e = 2.4$.

В канала за управление на кормилото за направление с педалите се използват нормативните препоръки за усилията на пилота при балансировка на самолета в полети със страничен вятър. Условието за балансировка на самолета в праволинеен полет с крен и плъзгане има следния вид [4]:

$$\begin{aligned} m_x^{\beta} \beta + m_x^{\delta e} \delta e + m_x^{\delta H} \delta H &= 0 \\ m_y^{\beta} \beta + m_y^{\delta H} \delta H &= 0 \\ C_y \gamma + C_z^{\beta} \beta + C_z^{\delta H} \delta H &= 0 \end{aligned}$$

От решението на тази система уравнения, може да се получат изрази за ъгъла на плъзгане, отклоненията на елероните и кормилото за направление при зададен ъгъл на наклона.

$$\begin{aligned} \delta_e &= \gamma (C_y / m_x^{\delta e}) \cdot \{ [m_x^{\beta} - m_x^{\delta H} (m_y^{\beta} / m_y^{\delta H})] / [C_z^{\beta} - C_z^{\delta H} (m_y^{\beta} / m_y^{\delta H})] \} \\ \delta_H &= \gamma (C_y / m_y^{\delta H}) \cdot \{ m_y^{\beta} / [C_z^{\beta} - C_z^{\delta H} (m_y^{\beta} / m_y^{\delta H})] \} \\ \beta &= -\gamma C_y / [C_z^{\beta} - C_z^{\delta H} (m_y^{\beta} / m_y^{\delta H})] \end{aligned}$$

Съотношението между ъгъла на плъзгане и наклона при праволинеен полет за конкретния самолет и режим на полета ($C_y=0.25$, $\alpha=0.045\text{rad}$) е:

$$(\beta / \gamma) = -C_y / [C_z^\beta - C_z^{\delta_H} (m_y^\beta / m_y^{\delta_H})] = -0.25 / [-0.745 + 0.16 (-0.115 / -0.072)] = 0.51$$

Тази връзка може да се използва при задаване на програма на модела на пилота по крен и плъзгане в условията на кацане със страничен вятър.

За определяне на отношението C_H/C_e се използва връзката между балансиращите усилия върху командните лостове (щурвал и педали) за управление в кабината и ъглите на отклонение на органите за управление на самолета в радиани, като за бустерно управление това е:

$$\delta_e = P_e \cdot (K_e/C_e), \quad \delta_H = P_H \cdot (K_H/C_H)$$

Заместват се тези изрази в лявата част на уравненията за балансиращите ъгли на отклонение δ_e , δ_H и се получава условие, от което може да се определи търсеното отношение C_H/C_e :

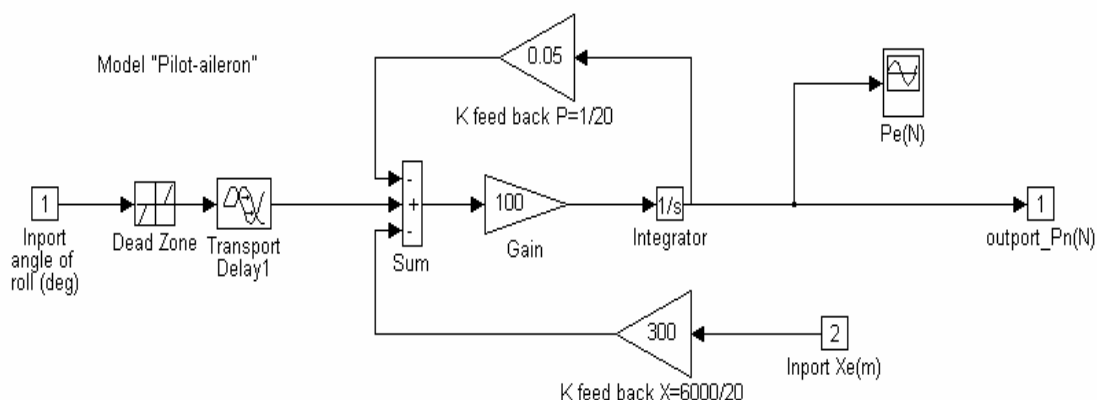
$$\delta_e = P_e \cdot (K_e/C_e) = \gamma (C_y / m_x^{\delta_e}) \cdot \{ [m_x^\beta - m_x^{\delta_H} (m_y^\beta / m_y^{\delta_H})] / [C_z^\beta - C_z^{\delta_H} (m_y^\beta / m_y^{\delta_H})] \}$$

$$\delta_H = P_H \cdot (K_H/C_H) = \gamma (C_y / m_y^{\delta_H}) \cdot \{ m_y^\beta / [C_z^\beta - C_z^{\delta_H} (m_y^\beta / m_y^{\delta_H})] \}$$

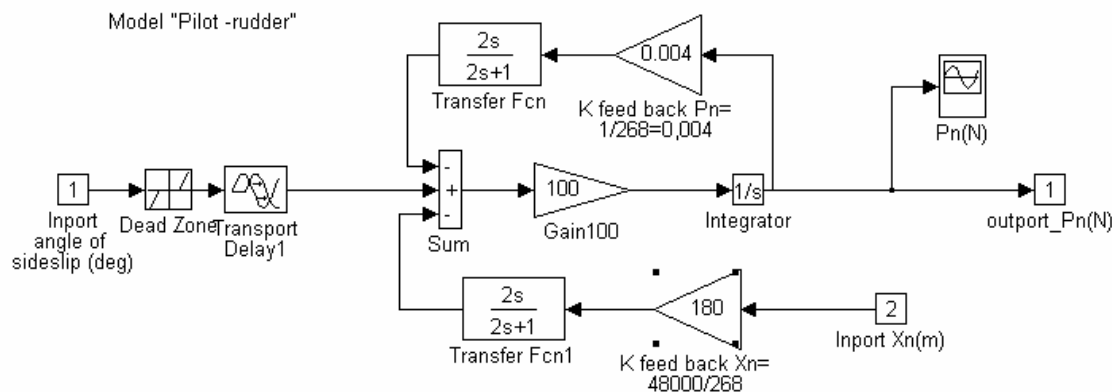
Разделят се двете уравнения от тази система и полученото уравнение се решава относно търсеното отношение C_H/C_e . За конкретния самолет при $K_H=5$ и $K_e=2.4$ се получава: $\delta_e/\delta_H=0.49$; $K_H/K_e=2.08$; $C_H/C_e \approx (P_H^Y/P_e^Y)$

За неманеврени самолети градиентът на усилието в канала на елероните се препоръчва (за ъгъл в градуси) $P_e^Y = -(5...20) \text{N/deg}$, а градиентът на усилието в канала на кормилото за направление $P_H^Y = -(100...150) \text{N/deg}$. От средните стойности на тяхното отношение може да се определи съотношението на приведените коравини C_H/C_e . В конкретния случай е прието средно отношение $P_H^Y/P_e^Y \approx 8$. При такива изходни данни $C_H/C_e=8$; $C_H=48000 \text{N/m}$. Това е приведената коравина на пружинно-натоварващия механизъм на педалите, с която се настройва знаменателя на "Transfer Fcn" в канала на кормилото за направление. Предавателното число на веригата за управление между педалите и кормилото за направление е $K_H=5$.

Моделите на пилота са показани на фигури 2 и 3. В тях за настройка на вътрешните обратни връзки по усилие и преместване са необходими характеристиките P_e^Y , X_e^Y , P_H^β , X_H^β по абсолютни стойности



Фиг. 2. Модел на пилота в управление на страничното движение по ъгъл на наклона с твърди обратни връзки по усилие и преместване



Фиг. 3. Модел на пилота в управление на страничното движение по ъгъл на плъзгане с гъвкави обратни връзки по усилие и преместване

От нормите за летателна годност на транспортни самолети $|P_e^y| \approx 5 \dots 20N$.

Характеристиката $|X_e^y| = |P_e^y| / C_e = 20/6000 = 1/300 m/deg$. Усилвателят в обратната връзка по преместване на лоста настроява се с **реципрочната стойност на определената характеристика $|X_e^y|$** (**K feed back X = 300** на фиг.2). Усилвателят в обратната връзка по усилие върху лоста настроява се с **реципрочната стойност на характеристика $|P_e^y|$** (**K feed back P = 0.05** на фиг.2). Усилвателят пред интегратора се настроява с числото 100. Може да се докаже, че в такъв вид моделът на пилота за управление с елероните е еквивалентен на последователно разположени звена за имитация на зона на нечувствителност (Dead Zone), закъснение на познат сигнал (Transport Delay), предавателна функция на инерционно звено с коефициент на усилване $K_e = 0.5 |X_e^y| = 0.00666 m/deg$ и времеконстанта $T_e = 0.1s$.

Характеристиката P_H^{β} може да се определи от условието за равновесие при изолирано движение по ъгъл на плъзгане.

$$M_y^{\beta} \beta + M_y^{\delta_H} \delta_H = 0. \text{ За конкретния самолет } m_y^{\beta} = -0.115; m_y^{\delta_H} = -0.072$$

$$\delta_H / \beta = - (m_y^{\beta} / m_y^{\delta_H}) = -1.6$$

$$(\Delta P_H / \Delta \beta^0) = -C_H (m_y^{\beta} / m_y^{\delta_H}) / (K_H \cdot 57.3) = -268 N/deg$$

В моделирания контур е прието ;

$$|P_H^{\beta}| = |(\Delta P_H / \Delta \beta^0)| = 268 N/deg ; \text{ K feed back Pn } = (1/268) \approx 0.004$$

$$|X_H^{\beta}| = |P_H^{\beta}| / C_H = 268/48000; \text{ K feed back Xn } = (48000/268) \approx 180$$

Във моделите на пилота е предвидена зона на нечувствителност с настройката на блок "Dead Zone" на една ъглова минута. На изхода от моделите на пилота се визуализират преходните процеси по усилия върху командния лост и педалите за контрол при моделирането. Закъснението в блоковете "Transport Delay" е $\tau = 0.4s$.

Модел на самолета

Компютърният модел в "Simulink" на самолета в странично движение е показан на фигура 4. Той е решение на системата от диференциални уравнения, известна от курсовете по динамика на полета. Общият вид на системата, която се решава чрез модела има следния вид:

$$mV \left(\frac{d\beta}{dt} - \omega_x \alpha - \omega_y \right) = Z + G \cos \vartheta \sin \gamma;$$

$$I_x \frac{d}{dt} \omega_x = M_x;$$

$$I_y \frac{d}{dt} \omega_y = M_y;$$

$$\frac{d}{dt} \psi = \omega_y \cdot \cos \gamma / \cos \vartheta \approx \omega_y;$$

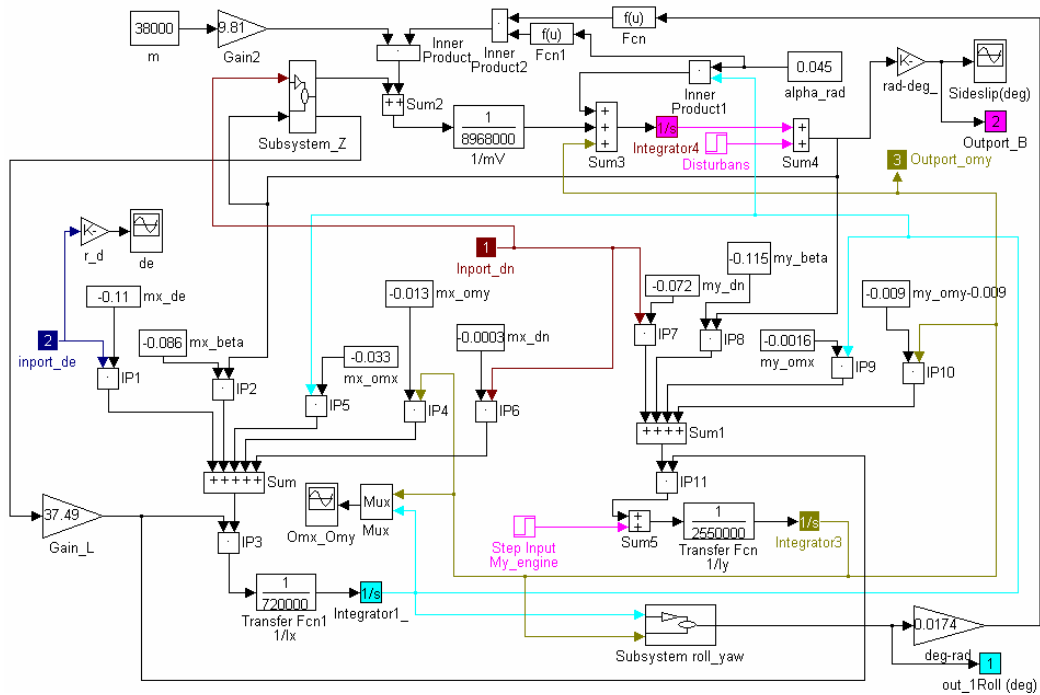
$$\frac{d}{dt} \gamma = \omega_x - \tan \vartheta \cdot \cos \gamma \approx \omega_x,$$

където:

$$Z = Z^\beta \beta + Z^{\delta_H} \delta_H;$$

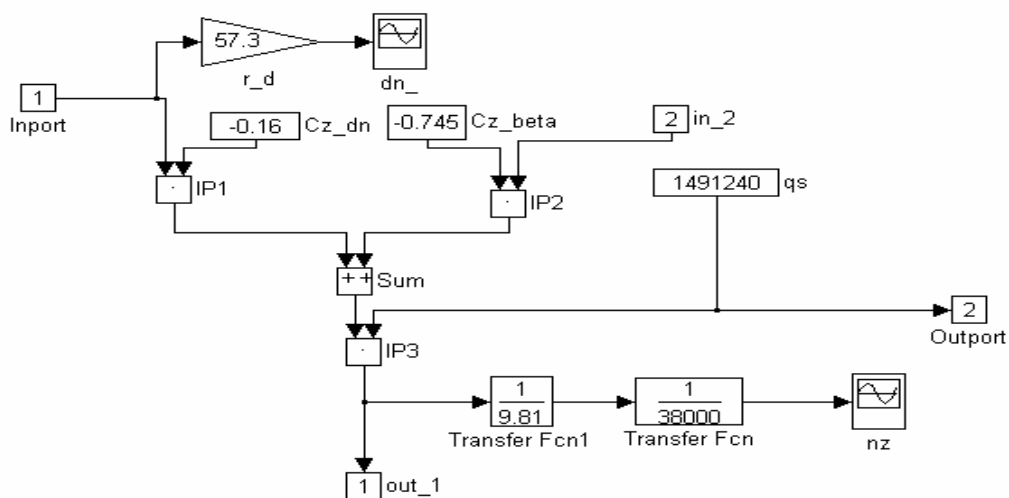
$$M_x = M_x^\beta \beta + M_x^{\omega_x} \omega_x + M_x^{\omega_y} \omega_y + M_x^{\delta_e} \delta_e + M_x^{\delta_H} \delta_H;$$

$$M_y = M_y^\beta \beta + M_y^{\omega_x} \omega_x + M_y^{\omega_y} \omega_y + M_y^{\delta_H} \delta_H.$$



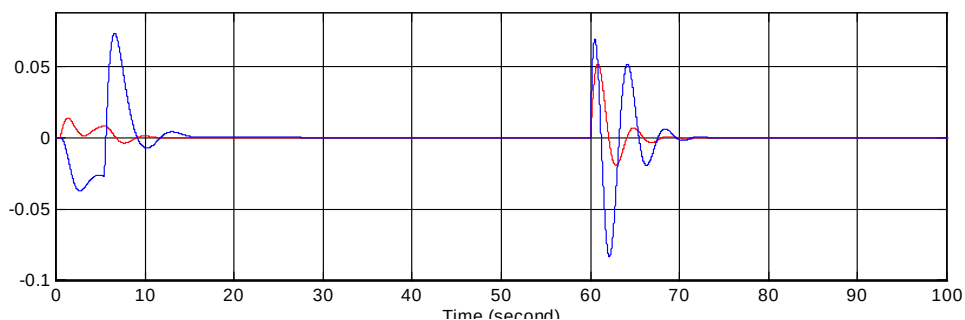
Фиг. 4. Модел на самолета в странично движение (Subsystem Aircraft).

Подсистемата Z от фиг.4 е показана в разгънат вид на фигура 5.

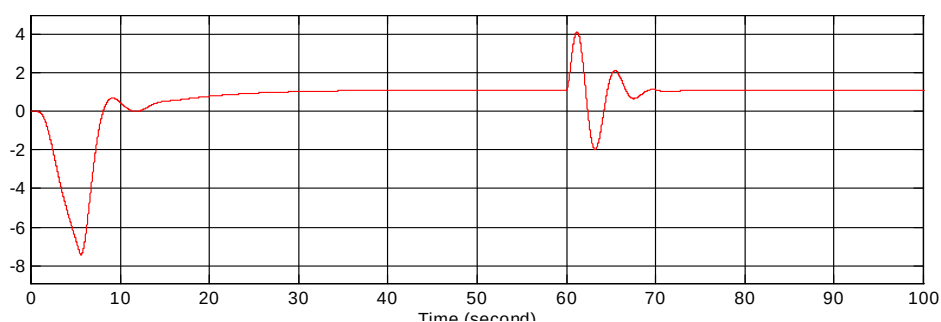


Фиг. 5. Модел на подсистема "Z"

За илюстрация на възможностите на модела са показани резултати от моделирането.



Фиг. 6. Преходен процес на контура “пилот–система за управление-самолет” по ъглови скорости след отказ на ляв двигател и попадане в смущение от страничен вятър; **автоматът за демпфиране е включен.**



Фиг. 7. Преходен процес на контура “пилот–система за управление-самолет” по наклон след отказ на ляв двигател и попадане в смущение от страничен вятър; **автоматът за демпфиране е включен.**

Моделирането показва известен от практиката факт, че на големи височини и слабо демпфиране точното пилотиране с изключен автомат за демпфиране е свързано с риск от колебателна неустойчивост. Ъглите за плъзгане се контролират грубо, като първата задача на реалния пилот е устойчивостта на контура за ръчно управление. Моделът на пилота без изменение на настройката може да се използва за изследване на процесите при изключен автомат за демпфиране. Контурите за управление с изключен автомат за демпфиране запазват устойчивост, но с продължителни и слабо затихващи колебания. Усилията на пилота са в рамките на регламентираните от нормите за летателна годност.

Литература:

1. Б ю ш г е н с Г. С., Р. В. С т у д н е в. Динамика продольного и бокового движения, изд. “Машиностроение”, Москва, 1979г.
2. Г а л л а й М. Л. Полет самолета с неполной и несимметричной тягой, Издательство “Машиностроение”, Москва 1970, стр.90...106,стр.178...179
3. М и х а л е в И. А., Б. Н. О к о е м о в, И. Г. П а в л и н а, М. С. Ч и к у л а е в, Н. М. Э й д и н о в. Системы автоматического управления самолетом – методы анализа и расчета, изд. “Машиностроение”, Москва 1971г.
4. О с т о с л а в с к и й И. В. Аэродинамика самолета, Гос.изд. Оборонной промышленности, Москва 1957г.
5. Д е н и с о в В. Г., В. Ф. О н и щ е н к о. Инженерная психология в авиации и космонавтике, изд. “Машиностроение”, Москва 1972г.

РАСТЕЖ НА РАСТЕНИЯ В КОСМИЧЕСКА ОРАНЖЕРИЯ “СВЕТ” ПРИ ФЛУОРЕСЦЕНТНИ И СВЕТОДИОДНИ ИЗТОЧНИЦИ НА СВЕТЛИНА

Йордан Найденов, Таня Иванова, Илияна Илиева

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: yordan.naydenov@space.bas.bg

Резюме: Характеристиките на изкуственото осветление са от първостепенно значение за растежа и развитието на растенията отглеждани в техногенни среди, каквито са Космическите оранжерии (КО). При това, намирането на оптималните светлинни условия за дадено растение се затруднява и от различните му изисквания към параметрите на светлината през отделните фази на индивидуалното развитие. При разработката на осветителните блокове в КО досега са използвани предимно флуоресцентни лампи, но в последните години широко приложение намират светодиодите, които освен многото си предимства, позволяват и динамично управление на осветлението. Проведени бяха четири едномесечни експеримента с цел изследване влиянието на различните светлинни източници върху растежа на салатни култури в лабораторния образец на летялата на ОС МИР КО "СВЕТ-2". Два от експериментите бяха проведени с използвания досега Блок за осветление (БО) на флуоресцентни лампи, поставен на две височини над посевната площ. Другите два експеримента бяха проведени с новоразработения лабораторен образец на БО на мощни светодиоди и спектрален състав на светлината 70% червена, 20% зелена и 10% синя, но при различни плътности на фотосинтетичния фотонен поток. Първоначалните резултати дават възможност да се сравни ефективността на двата способа за осветление и да се потърсят оптимални параметри на светлинните условия за растежа на салатните култури в ранните етапи на развитието им.

PLANT GROWTH IN "SVET" SPACE GREENHOUSE UNDER FLUORESCENT AND LIGHT-EMITTING DIODE LIGHT SOURCES

Yordan Naydenov, Tania Ivanova, Iliana Ilieva

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: yordan.naydenov@space.bas.bg

Keywords: SVET Space Greenhouse, Light Unit, Light-Emitting Diodes (LEDs), Fluorescent Lamps

Abstract: The artificial lighting's characteristics are of primary significance for the growth and development of plants cultivated in technogenic environments such as Space Greenhouses (SG). Finding optimal light conditions is difficult to be resolved due to the different and ever changing requirements of the particular plant species or even its varieties during their individual development (ontogeny). Fluorescent lamps have been used largely in the lighting modules of the SGs and now they are superseding by the light-emitting diodes (LEDs) which, among many other advantages over conventional lamps, allow light parameters' control in dynamics. Four one-month experiments were conducted in order to examine the effects of different light sources on the growth of salad plants cultivated in the laboratory model of the flown onboard MIR Space Station SVET-2 SG. The original SVET-2 fluorescent lamp Light Unit (LU) was used in two of the experiments. It was fixed at two positions above the sowing area. The rest two experiments employed then newly developed LU on high-power LEDs. The spectral composition maintained was 70% red, 20% green and 10% blue light but with different photosynthetic photon flux densities (PPFD). The initial results of the experimental data analyses enable to compare the two modes of lighting in terms of effectiveness and to search for optimal parameters of the lighting conditions needed for the growth of the salad cultures in the early stages of their development.

Въведение

Светлинната енергия от видимата област на електромагнитния спектър е от жизнена необходимост за фотоавтотрофните организми, каквито са основната част от висшите растения (изключение са безхлорофилните представители на паразитните, сапрофитните и

микохетеротрофните видове). В естествени условия тази енергия се набавя от достигналата до сухоземните или водни растения слънчева радиация. Параметрите ѝ, както и продължителността на светлинната част от денонощието, са важни фактори за растежа, развитието и размножаването на растенията. Чрез промени в параметрите може да се влияе положително или отрицателно на скоростта на растеж и степента на развитие на растителните организми, както и да се премине от период на вегетация към размножаване.

При разработката на осветителните блокове за Космическите оранжерии (КО) за провеждане на експерименти с висши растения в условия на безтегловност досега са използвани предимно флуоресцентни лампи. В създадената в Института за космически изследвания при БАН автоматизирана КО "СВЕТ", изстреляна на борда на Орбитална станция (ОС) МИР през 1990 г., първите успешни двумесечни експерименти със зеленчукови растения бяха проведени с руски луминисцентни лампи тип LS 8-6 [1]. През 1996 г. с финансиране от NASA, бе разработена нова модификация на оранжерията – КО "СВЕТ-2", с оптимизирани параметри на всички блокове и системи, включително и нов Блок за осветление (БО) с флуоресцентни лампи тип OSRAM DS 11/21 [2].

Оптимизираните параметри на новия БО позволиха нормалната му работа на борда с много по-добра светлинна интензивност, което увеличи значително възможността за натрупване на биомаса в растенията. В летателния образец на КО "СВЕТ-2" през 1996-99 г. успешно бяха проведени редица многомесечни експерименти с различни видове растения с цел осъществяване на пълен жизнен цикъл (от семена посадени на борда да се развият нормални растения и да узреят жизнеспособни семена) [3]. Получени са уникални научни резултати в областта на фундаменталната гравитационна биология – доказано е, че не съществуват непреодолими препятствия за развитието на растенията в безтегловност, стига да бъдат осигурени необходимите култивационни условия.

Традиционните източници на осветление – флуоресцентните лампи, не позволяват динамично управление на параметрите на генерираната от тях светлина и по-специално на спектралния ѝ състав. Такова управление може да бъде постигнато с използване на комбинация от монохроматични светлина-излъчващи диоди (светодиоди; Light-Emitting Diodes, LEDs). Това са твърдотелни източници на светлина, работещи на сравнително нов за осветителната техника принцип. Техните основни предимства пред конвенционалните източници са: дълъг експлоатационен живот; голям светлинен добив; стабилен светлинен поток; висока надеждност и ефективност при работа в тежки експлоатационни условия; те са енергоспестяващи и с висок КПД; лесно се реализира регулиране на светлинния поток (диммиране); имат широк работен температурен диапазон. Това ги прави особено пригодни за използване в космическите оранжерийни установки, в които растенията се отглеждат в условия на микрогравитация и в една изцяло техногенна среда. Това предполага наличие на силни и разнообразни стресови въздействия, за минимизиране действието на които е необходимо адекватно управление на всички жизненоважни параметри на вегетационната среда според физиологичното състояние и стадия на развитие на растенията.

С цел изследване влиянието на спектралния състав и количеството светлинна енергия върху кълняемостта и началните етапи на развитие на растенията, бяха проведени четири едномесечни експеримента по отглеждане на салатни култури в лабораторния образец на КО "СВЕТ-2", с използване на два Блока за осветление – на използвания досега на флуоресцентни лампи (БО_{фл}) и на новоразработения на мощни светодиоди (БО_{сд}) [4]. За оценка влиянието на тези два параметъра на светлината върху растенията са използвани данни от измервания на морфологични и биохимични показатели, отчетени в края на експериментите.

Експериментална апаратура и материали

БО_{фл} се движи вертикално в Камерата за отглеждане на растения (КОР) на КО "СВЕТ-2", като се фиксира на две различни нива от повърхността на Вегетационния съд: на 20 и 40 cm, така че да осигури различна осветеност на посевната повърхност при първите 2 експеримента. На горната му носеща плоча е монтиран вентилатор (тип PAPST) за охлаждане на лампите и повишаване на газообмена между КОР и външната среда. Управлението на БО_{фл} се осъществява автоматично от специализираната микропроцесорна система на Блока за управление на КО, с помощта на която се следят и параметрите на средата в кореновата зона. Извършва се и наблюдение на въздушната среда (листна зона) от новоразработена за целта мониторингова система [5].

В БО_{фл} са използвани 6 флуоресцентни лампи тип OSRAM DS 11/21 [6], а БО_{сд} – три типа светодиоди Cree® XLamp® 7090 XR, излъчващи монохроматична светлина в червената (620 – 635 nm), зелената (520 – 535 nm) и синята (465 – 475 nm) области на видимия спектър. Светодиодите са групирани в спотове – групи от три диода, по един от всеки вид, – а спотовете

са монтирани като матрица 6×6 по излъчвателната повърхност на Блока. Всеки спот е снабден с оптична система (лупа) за по-добро смесване и концентриране на трите снопа светлина. Такова обединение и разпределение позволяват равномерно осветяване на вегетационната повърхност (респ. листната покривка) с която и да е от светлините, независимо от процентното им участие в общия спектрален състав [7].

И при четирите експеримента едновременно бяха отглеждани два вида растения:

- листна салата (сорт “Лоло роса”) – *Lactuca sativa* L. var. *acephala* Dill. cv. Lollo Rossa;
- листна цикория (сорт “Бианка ди Милано”) – *Cichorium intybus* L. subsp. *intybus* (Foliosum Group) cv. Bianca di Milano.

Описание на експериментите

Експериментите по култивиране на салатни растения в лабораторния образец на КО “СВЕТ-2” са осъществени при строго зададени параметри на излъчваната от Блоковете светлина и в следния хронологичен ред:

- 1) **E5** (май - юни 2006 г.) – БО_{Фл} на **40 cm** от посевната повърхност; плътност на фотосинтетичния фотонен поток (Photosynthetic Photon Flux Density, PPFD¹): **120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$** [8];
- 2) **E6** (юни - юли 2006 г.) – БО_{Фл} на **20 cm**; PPFD: **220 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$** [8];
- 3) **E8** (септември - октомври 2007 г.) – БО_{Сд} на **20 cm**; PPFD: **400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$** ; спектрален състав: 70% : 20% : 10% RGB (червено-зелено-синьо) [9];
- 4) **E9** (ноември - декември 2007 г.) – БО_{Сд} на **20 cm**; PPFD: **220 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$** ; спектрален състав: 70% : 20% : 10% RGB [9].

Експериментите са проведени в климатизирана лаборатория, с поддържане на температура 22°C и при дълъг ден (Long-Day Photoperiod, LDPP) от 16 часа ден и 8 часа нощ.

Култивацията в КО “СВЕТ-2” е основана на технологията на субстратната култура. Като хранителна среда е използван минерал зеолит с търговско наименование “Балканин”, обогатен допълнително с минерални соли и микроелементи. Фракцията на субстратните частици е 1.0 - 1.5 mm. Семената са засявани поредово в Кореновия Модул (KM) на КО на дълбочина 1 cm от субстратната повърхност (5 cm от хидропроводите), след изпълнение на подготвителна програма за първоначално овлажняване на субстрата от Блока за Управление (БУ) на КО.

Водният баланс в двете касети (респ. за двете култури) на KM е поддържан автоматично със зададен праг на влажност на субстрата, така че да се утилизира приблизително еднакво количество вода при всички вегетации. За напояване е използвана чешмяна вода, предварително очистена с препарата CFS-SOLVO[®], представляващ алуминиев хлорхидратен коагулант ($x\text{Al}_2\text{O}_3\cdot y\text{HCl}\cdot z\text{H}_2\text{O}$; $x = 1$, $y = 0.9$ до 1.2).

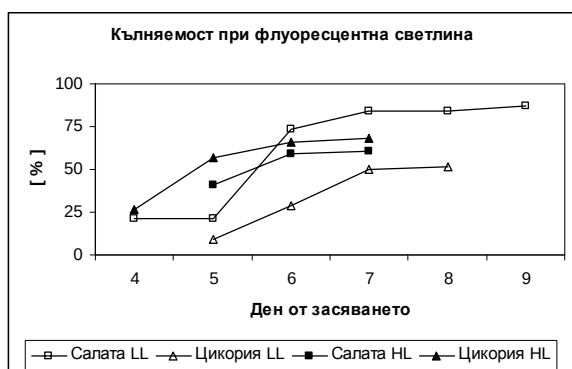
Резултати и дискусия

Резултатите обхващат морфометрични и биохимични анализи, както и анализ на кълняемостта.

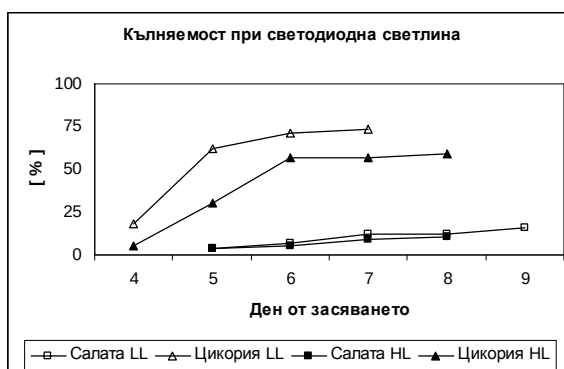
Данните за кълняемостта, определена по броя на поникналите растения (т.е. кълновете, показали се над субстратната повърхност), към общия брой засяти семена (по 56 за двете култури), са показани графично на фигури 1 и 2. Приели сме, поради малката дълбочина на засяване (1 cm), че всяко покълнало семе води до поникване на растение, без да има загинали такива във времето между двете събития.

По отношение на флуоресцентното осветление (експерименти *E5* и *E6*), салатата скъсява наполовина периода си на покълване при повишаване на плътността на фотосинтетичния фотонен поток от 120 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ на 220 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, но кълняемостта ѝ се понижава близо 1.5 пъти. При листната цикория картината е обратна по отношение степента на кълняемост – тя се увеличава 1.3 пъти при по-високите нива на осветеност. Периодът на поникване не се променя по продължителност при двата експеримента, но началото му е отместено с един ден по-рано при *E6*.

¹ Дефинира се като плътност на фотонен поток на фотосинтетично активна радиация. Измерителната единица е $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, като $1 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \equiv 6.022 \times 10^{17} \text{ photons}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.



Фиг. 1. Кълняемост на салата и листна цикория при експерименти *E5* и *E6* с използване на БО на флуоресцентни лампи. Съкращения: LL – Low Light Intensity – $120 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; HL – High Light Intensity – $220 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

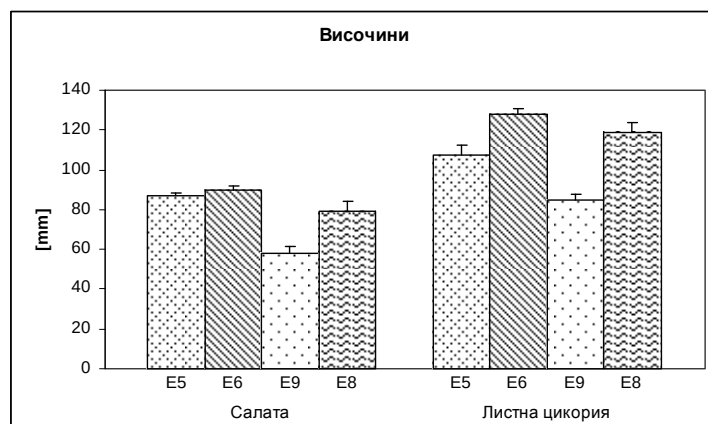


Фиг. 2. Кълняемост на салата и листна цикория при експерименти *E8* и *E9* с използване на БО на светодиоди. Съкращения: LL – Low Light Intensity – $220 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; HL – High Light Intensity – $400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Избраните нива на фотосинтетично активната радиация (Photosynthetically Active Radiation, PAR²) в експерименти *E8* и *E9* влияят по сходен начин на двете култури: светлината с $400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ PPFD понижава кълняемостта – при листната цикория с 19.5%, а при салатата с 22.3%, докато продължителността на периода на поникване се увеличава при листната цикория и намалява при салатата.

Сравняването на двете нива на осветеност от $220 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ при експерименти *E6* (БО на флуоресцентни лампи) и *E9* (БО на светодиоди) показва, че листната цикория запазва кълняемостта си, продължителността и началото на периода на поникване, докато при салатата се отчита понижаване на кълняемостта с над 73%.

По-значително намаляване на височината на растенията и при двата сорта се наблюдава при светодиодното осветление с PPFD $220 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (*E9*). Намаляване на височината в сравнение с *E6* се установява при *E8*, отново за двете растения (фиг. 3).



Фиг. 3. Височини на салата и листна цикория в края на четирите експеримента.

Свежото тегло при *E6* е два пъти по-високо от това при *E9* и за двата вида растения, но това е за сметка на по-голямото относително водно съдържание в листните тъкани, тъй като абсолютно сухото вещество (ACB) е по-малко с 33% при салатата и с 18% при листната цикория (табл. 1). Свежите тегла са статистически еднакви при *E5* и *E9* в рамките на двата сорта, но ACB е повече при *E9* – с 50% при салатата и с 37,5% при листната цикория. Значително повишаване на свежото тегло за двете култури се наблюдава при *E8*, но съдържанието на ACB е сходно с това при *E6*.

² Радиация с дължина на вълната от 400 до 700 nm.

Табл. 1. Свежо и абсолютно сухо тегло на листа

Растение	Салата				Листна цикория			
Блок Осветление	БО-ФЛ		БО-СД		БО-ФЛ		БО-СД	
PPFD, [$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]	120	220	220	400	120	220	220	400
Свежо тегло, [g]	1,726 $\pm$ 0,102	3,135 $\pm$ 0,272	1,515 $\pm$ 0,300	17,099 $\pm$ 2,626	1,221 $\pm$ 0,165	2,743 $\pm$ 0,269	1,378 $\pm$ 0,114	5,810 $\pm$ 0,721
АСВ, [%]	6	6	9	6.5	8	9	11	9

Извършени са и стандартни биохимични анализи на някои маркерни за стресови въздействия метаболити: малондиалдехид (МДА), водороден пероксид (H_2O_2), пероксидаза (РОХ), пролин и редуциращи захари (табл. 2).

Табл. 2. Данни от биохимични анализи (указана е стандартната грешка на средната стойност)

Растение		Салата				Листна цикория			
Блок Осветление		БО-ФЛ		БО-СД		БО-ФЛ		БО-СД	
PPFD, [μmol·m ⁻² ·s ⁻¹]		120	220	220	400	120	220	220	400
Анализ	МДА, [mM·g ⁻¹ FW]	0,011(1)	0,015(3)	0,026(1)	0,037(9)	0,017	0,014	0,018(9)	0,037
	H ₂ O ₂ , [μM·g ⁻¹ FW]	0,467	1,088	2,957	0,715	2,350	4,038	2,532	1,277
		±	±	±	±	±	±	±	±
		0,008	0,038	0,081	0,070	0,092	0,071	0,694	0,105
	РОХ, [μmol·mg Б ⁻¹ ·min ⁻¹]	0,015(3)	0,007(1)	0,007	0,016(2)	0,013(2)	0,005(1)	0,009	0,048(6)
Пролин, [μmol·g ⁻¹ FW]	0,133	0,212	0,689	0,466	0,090	0,144	0,496	0,587	
	±	±	±	±	±	±	±	±	
	0,011	0,024	0,092	0,059	0,002	0,005	0,022	0,216	
Ред. захари, [mg·g ⁻¹]	1,35	6,85	5,08	2,25	1,23	2,58	3,62	2,59	
	±	±	±	±	±	±	±	±	
	0,15	2,40	0,22	0,79	0,28	1,18	0,16	0,49	

Повишената активност на ензима пероксидаза, установена и за двата сорта растения в експерименти *E5* и *E8*, води до понижаване на концентрацията на водородния пероксид, който е отпаден продукт на метаболизма и силна клетъчна отрова, и като такъв се разгражда от този ензим. Това свидетелства за наличие на по-силен стрес в двата края на ниско и високо нива на осветеност. Нарастването на концентрацията на МДА – отпаден продукт, образуван при окислението на ненаситени мастни киселини, влизащи в състава на клетъчните и вътрешклетъчни мембранни системи, – с увеличаване на фотосинтетичния фотонен поток е показател за по-големите фотоувреждания, получавани в клетките и тъканите на листа, при по-високите нива на осветеност. Увеличаването на съдържанието на аминокиселината пролин в двете култури при експериментите на светодиодно осветление (*E8* и *E9*) също индикира по-силен стрес при тези условия на култивиране. Асимилационната способност на растенията може да се оцени по синтезирането и натрупването на първични асимилати – продукти на фотосинтезата (въглехидрати: моно- и полизахариди). Такова натрупване най-силно се наблюдава при *E6* и *E9* за салатата, и при *E9*, *E8* и *E6* за листната цикория, което корелира с изчисленото АСВ (табл. 1).

Изводи

Отчитайки резултатите от направените анализи, могат да се направят следните обобщения:

- 1) подобреният спектър за светодиодното осветление (70% : 20% : 10% RGB) не е оптимален за растежа в началните етапи на развитие на използваните салатни растения (сортве), тъй като при едни и същи нива на PPFD от $220\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (*E6* и *E9*), се получават съществени разлики във физиолого-биохимичните и морфологични показатели на култивираните растения;
- 2) оптималните нива на осветеност при използвания спектрален състав на светодиодното осветление (70% : 20% : 10% RGB) за двата вида салатни растения се намират между $220\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ и $400\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ плътност на фотонния поток на фотосинтетично активната радиация;
- 3) високите нива на осветеност ($400\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) водят до повишаване на стреса при култивиране на растенията, като по-големите добиви в свежо тегло са с намалена хранителна стойност.

Проведените експерименти дават насоката за бъдещи изследвания по намиране на оптимални светлинни условия от гледна точка на качествен и количествен състав на използваната светлина в началните етапи на растежа и развитието на салатните култури. Тук, още веднъж трябва да се подчертае, че изискванията към тези условия зависят в най-голяма степен от вида на култивираното растение, могат да са различни при различните му сортове и се променят през индивидуалното развитие (онтогенезата) на растителния организъм.

Литература:

1. Ivanova T. N., Yu. A. Bercovich, A. L. Mashinskiy, G. I. Meleshko. The First "Space" Vegetables have been grown in the "SVET" Greenhouse Using Controlled Environmental Conditions. *Acta Astronautica*, Vol. **29**, No. 8, 1993, pp. 639-644.
2. Ivanova T. N., S. M. Sapunova, P. T. Kostov. New Biotechnological Experiment Greenhouse SVET-2 for the MIR-SHUTTLE'95 Mission. *ACTA VET. BRNO*, Vol. **65**, No. 1, 1996, pp. 5-9.
3. Ivanova T. N., P. T. Kostov, S. M. Sapunova, I. W. Dandolov, F. B. Salisbury, G. E. Bingham, V. N. Sychev, M. A. Levinskikh, I. G. Podolski, D. B. Bubenheim, G. Jahns. Six-Month Space Greenhouse Experiments - a Step to Creation of Future Biological Life Support Systems. *Acta Astronautica*, Vol. **42**, Nos. 1-8, 1998, pp. 11-23.
4. Ilieva I., T. Ivanova, Y. Naydenov, I. Dandolov, D. Stefanov. Plant Experiments with Light-emitting Diode Module in SVET Space Greenhouse. *Report on 37th COSPAR Scientific Assembly*, 13-20 July 2008, Montreal, Canada (Adv. Sp. Res. – in print).
5. Naydenov Y., S. Neychev, I. Ilieva. New Plant Shoot Environment Monitoring System for Third Generation SVET Space Greenhouse. *Proceedings of the Third Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety" SENS'2007*, 27-29 June 2007, Varna, Bulgaria, pp. 369-373.
6. Grmatichov P., T. Ivanova. SVET-2 Space Greenhouse Light Unit. *Aerospace Research in Bulgaria*, Vol. **16**, 1999, pp. 24-34.
7. Ivanova T., V. Sychev. Project "Greenhouse – Mars" – Plant Growth Study with Different Spectra LEDs Light Units. *Proceedings of the Second Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Nanotechnology, Safety" SENS'2006*, 14-16 June 2006, Varna, Bulgaria.
8. Найденов Й. Н. Разработка на ситема за мониторинг на средата в Космическа Оранжерия. Изследване на влиянието на параметрите на средата върху физиологичното състояние на растенията. *Дипломна работа за придобиване на образователно-квалификационна степен Магистър*, Биологически Факултет на СУ "Св. Климент Охридски", 2007.
9. Ivanova T. N., I. I. Ilieva, Y. N. Naydenov, V. N. Sychev, M. A. Levinskikh. "Greenhouse-Mars" Project: New light-emitting diode module tests. *Proceedings of the International Conference "Fundamental Space Research"*, 23-28 September 2008, Sunny Beach, Bulgaria, pp. 291-294.

СТАРТИРА ПРОЕКТА “МАРС-500” УЧАСТИЯ В НАЗЕМНИЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН КОМПЛЕКС

Таня Иванова¹, Илияна Илиева¹, Йордан Найденов¹,
Владимир Сычев², Маргарита Левинских²

¹Институт за космически изследвания – Българска академия на науките

²Институт за медико-биологични проблеми – Руска академия на науките
e-mail: tivanova@space.bas.bg

PROJECT “MARS-500” STARTED GROUND BASED EXPERIMENTAL COMPLEX ACTIVITY

Tania Ivanova¹, Iliyana Ilieva¹, Yordan Naydenov¹,
Vladimir Sytchev², Margarita Levinskikh²

¹Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

²Institute for Biomedical Problems – Russian Academy of Sciences
e-mail: tivanova@space.bas.bg

Key words: Mars-500, SVET Space Greenhouse, LED Light Module

Abstract: The first stage of the “Mars-500” Project, imitating human mission to Mars was started with successful preliminary 14-days experiment carried out in Ground-based Experimental Complex (GEC) in the Institute for Biomedical Problems (IBMP), Moscow, in the period 15-29 November 2007. The aim of this experiment was to test the technical and operational characteristics of two renewed modules of GEC with 6 young Russian volunteers isolated in it. Two previous long-term, ground-based wheat growing experiments (ECOPSI-95 and SFINCSS-99) carried out in Bulgarian SVET-2 Space Greenhouse (SG) by crew isolated in GEC, are also described. According to the “Greenhouse-Mars” contract between IBMP and Space Research Institute, Sofia, a new Light Module (LM) with power red, green and blue light-emitting diodes (LED) was developed by the Bulgarian scientific team. First laboratory technical and plant growing tests using the new LM and the SVET-2 SG equipment were made in 2007.

Резюме: С успешното провеждане на предварителен 14-дневен експеримент, осъществен в периода 15-29 ноември 2007 г. в Института за медико-биологични проблеми (ИМБП), Москва, стартира първият етап на проекта “Марс-500”, имитиращ мисията на човека до Марс. Целта на този експеримент беше да се проверят техническите и експлоатационните характеристики на двата реновирани модула от Наземния експериментален комплекс (НЕК) с 6 млади руски доброволци изолирани в него. Описани са накратко два предишни наземни експеримента за отглеждане на пшеница в българската Космическа оранжерия (КО) СВЕТ-2 по време на продължителни експерименти с екипажи изолирани в НЕК (ЕКОПСИ-95 и СФИНКС-99). Съгласно договора “Оранжерия-Марс” между ИМБП и Института за космически изследвания, София, беше разработен от българския научен колектив нов Блок за осветление (БО) с мощни червени, зелени и сини светодиоди (LED). Първите лабораторни технически и с отглеждане на растения изпитания на новия БО, използвайки апаратурата на КО СВЕТ-2, бяха проведени през 2007 г..

Въведение

Осъществяването на пилотируем полет до Марс е стародавна мечта на човека и е реализуем от техническа гледна точка проект в близките десетилетия (най-вероятно в периода 2028-2038 година). Но планираното изпращане на 6-членен екипаж изисква решаването на многочислени проблеми, свързани с медико-биологичното му осигуряване. Полетът ще отнеме 1,5-2 години, тъй-като разстоянието на Марс от Земята варира от 56 до 400 милиона километра. По продължителност този полет не може да се сравнява с орбиталните (най-дълго

от всички - 438 денонощия без прекъсване в орбита е прекарал лекарят-изследовател от ИМБП Валерий Поляков на Орбиталната станция МИР през 1994-95 г., като рекордът не е подобряван досега). На станциите в орбита около Земята (като МКС), товарни кораби докарват регулярно на екипажа продукти и новини, а за този полет ще се наложи да се вземат храна и вода за цялото му времетраене. Освен това в случай на извънредно произшествие в орбита, екипажът може да се завърне на Земята със спускаемия апарат. При възникване на извънредно произшествие по време на полета до Марс, няма път назад. Когато на американския "Аполо-13" възникна авария в системата за осигуряване на живота, на екипажа не оставаше нищо друго, освен да продължи полета към Луната. Предстои много сериозна научна и наземна експериментална работа за решаването на всички изключително сложни и важни въпроси, свързани с осъществяването на полета, за да е сигурно, че екипажът ще отиде благополучно до Марс и ще се завърне обратно здрав и невредим.

Ясно е какво колосално изпитание ще бъде този полет за космонавтите. Изучават се възможните опасности и извънредни ситуации, изчисляват се натоварванията и претоварванията по време на полета, при кацането на планетата и излитането от нея. Как ще се държи човека по време на толкова дълъг полет трябва да бъде изяснено със сигурност предварително и за това ще помогнат изключително много наземните експерименти с изолация. Предстои да се проведат огромно количество изследвания, да се създаде принципно ново безотказно обзавеждане, ефективни и надеждни системи за осигуряване на живота (за пречистване на водата например). Преди човекът да полети към Марс, е необходимо да се разработи всестранна научна програма, за да се събере колкото е възможно повече най-разнообразна информация от и за екипажа.

Марсианският екипаж ще може да разчита само на бордовите средства за психологическа поддръжка. Полетът ще бъде толкова дълъг, корабът ще се отдалечи от Земята на такова огромно разстояние, че закъснението на радиосигнала при приближаването към Марс ще бъде около 40 минути. Космонавтите ще трябва сами да вземат решения и сами да носят отговорност за тези решения. Поради това на Земята предварително трябва да бъде предвидено буквално всичко: възможните извънредни ситуации, отказ на техниката, промяна в самочувствието на екипажа. При свръхдалечните полети корабът излиза извън границите на защитата на магнитното поле на Земята и екипажът може да бъде застрашен от облъчване под въздействието на галактическата и слънчевата радиация. Да не забравяме и за дългосрочното влияние на безтегловността. Засега се разглеждат два варианта. Първият – прелитане край Марс. Вторият – влизане в орбита, приземяване на спускаем апарат с екипаж и работа на планетата. А това е друг проблем, над който се работи усилено, защото тя е страшно негостоприемна.

Марс е единствената възможна за населяване планета от Слънчевата система, но средата ѝ е направо смъртоносна за човека и е невъзможно да се излезе без скафандър в тази червена пустиня с пясъчни бури. Там няма кислород в атмосферата, а главно въглероден двуокис. Няма дори и вода, открити са следи от нея в скалите, доказващи някогашното ѝ наличие, както и по-големи количества замръзнала на полюсите. Налягането е около 10 пъти по-ниско (80 – 90 мм. живачен стълб), а радиацията е 1000 пъти по-голяма от земната. Температурите са с 40°C по-ниски от средните на Земята, с големи вариации (на екватора е - 80°C през нощта и +25°C – през деня). Марсианската гравитация е 3 пъти по-малка от земната.

Независимо от това, щом бе обявено в сайта на Института за медикобиологични проблеми (ИМБП) в Москва, че се набират доброволци за наземен експеримент – имитация на полета до Марс, наречен "Марс-500", веднага са заваляли заявки от цял свят и вече са се събрали към 200 души. А в него ще вземат участие само шест души на възраст 25 – 55 години, като някои от тях има вероятност да полетят на Марс: лекар с универсална подготовка и психолог същевременно, специалист по изчислителна техника, бординженер, отговарящ за системите за осигуряване на живота, командир на кораба, а също учени: астрофизик и биолог (или геолог). Засега не е решено дали да се включат в екипажа жени. В полярните експедиции тяхното присъствие действа на участниците благотворно. Но при такъв дълъг полет, а и в затворено пространство би могло да възникне напрежение.

Съдейки по изискванията, които се предявяват към участниците в експеримента, те трябва да бъдат необикновени хора - смели, решителни, не само професионалисти в своята област, но способни да заменят при необходимост и някой от колегите си от екипажа. Те трябва да имат висше образование, отлично здраве, да знаят руски и английски. Преминалите предварителния подбор ще бъдат поканени в Москва и след последен подбор дванадесетте финалисти ще бъдат разпределени в две групи от по шест човека. Едната ще заеме място в тренажора, а другата ще е резервна.

Експерименти с изолация в НЕК до 2000 г.

Наземният експериментален комплекс (НЕК) за имитиране на продължителни космически полети е построен в ИМБП още през 1970 г. по идея на Корольов. В него можеше да се провеждат експерименти, като се създадат условия максимално близки до реалните, с които ще се сблъскат космонавтите при истински полет. Пилотируемите полети към други планети (първоначално към Марс) се характеризират преди всичко с пълната изолация от външния свят. Не е възможно моделирането на фактори като безтегловността и въздействието на радиацията, но да се изолира екипаж за продължително време и да се създаде система за медико-биологично осигуряване на марсианска експедиция, е технически осъществимо.

Първоначално НЕК се състои от 3 свързани по между си модули с обеми 50, 100 и 150 м³. В тях са поместени индивидуални каюти за членовете на екипажа, кают-компания, работни места за провеждане на медико-биологични изследвания, място за оранжерия, помещение за съхранение на материалите, запасите от храна и т.н. Екипажът се намира в условия на изкуствена атмосфера (пречиствана по физико-химичен път) и нормално атмосферно налягане. Редица системи са разположени извън модулите, но се усигурява възможността за непосредственото им управление от страна на екипажа.

В периода 1971-2000 г. в НЕК са проведени редица експерименти с изолация, в които бяха отработени методики за адаптация на човека в условия на продължителен космически полет, в два от които бе включен и прототип на българската Космическа оранжерия (КО) СВЕТ-2 с дългосрочни експерименти за отглеждане на пшеница: 1) 90-дневен ЕКОПСИ-95 и 2) 264-дневен СФИНКС-99 за подготовка на мисиите на екипажите за Орбиталната станция (ОС) МИР и Международната космическа станция (МКС).

1. От 21 октомври 1995 г. до 22 януари 1996 г. се проведе 90-дневен експеримент ЕКОПСИ-95, в който беше направен опит да се формулира понятието психофизиологичен комфорт на средата за обитаване, да се оцени взаимодействието "човек-среда" и възможността за управление динамиката на този процес. Целта на експеримента бе изследване на психологичното състояние на тричленен екипаж космонавти, затворен херметично в дългосрочна изолация. Екипажът се грижеше и за отглеждането на растения от пшеница сорт *Super-Dwarf* по време на един пълен жизнен цикъл на развитие в комплекса КО СВЕТ-ГЕМС, следвайки инструкциите подготвени за провеждането му на борда. Бяха взети всички планирани образци и бяха направени фотоснимки.

Комплексът апаратура на КО СВЕТ бе качен на борда на ОС МИР още през 1990 г., но благодарение на подписаното Споразумение за тристранно американско-руско-българско сътрудничество в Москва и финансирането му от НАСА, можахме от 1995 г. да продължим космическите експерименти с растения в нея. Към модифицираната КО СВЕТ-2 бе добавена и допълнителна система за наблюдение на повече параметри на средата (ГЕМС), разработена в Лабораторията по космическа динамика при Университета на щата Юта. Трябваше да бъдат проведени много предварителни наземни експерименти в Юта и в Москва в комплекса апаратура СВЕТ-ГЕМС, за да се подготви успешното им провеждане на борда през 1996-97 г. от американските астронавти Шанън Люсид и Джон Блах. Благодарение на предварителния експеримент в НЕК и отработването на всички възможни ситуации, бе гарантиран успеха на полетните експерименти, довели до уникални фундаментални резултати в областта на космическото растениевъдство.

2. От 2 февруари 1999 г. до 22 март 2000г. в НЕК бе проведен 264-дневен експеримент СФИНКС-99 (от SFINCSS «Simulation of Flight of International Crew on Space Station» - имитация на полета на международен екипаж на космическа станция) с изолация, като неговата основна цел беше да се имитира полета на екипажите на МКС. В три основни екипажа влизаха представители от 5 страни в това число и жени. Освен това бяха сформирани 3 екипажа за посещение. В програмата на експеримента бяха реализирани 80 научни експеримента, подготвени от учени на 9 държави. По време на СФИНКС-99 екипажът не живееше въобще в каюти, а в малкия корпус (100 м³) на тесни нарове на 2 етажа. В същото помещение и работеха. В този блок Каралъв планираше да разположи Междупланетна оранжерия, но когато с Марс не потръгна бе взето решение, че няма да е оранжерия, а ще е модул на ОС МИР, която се скачва с МКС. В този модул, както и в бордовия, бе монтирана КО СВЕТ-2.

В един от основните екипажи на СФИНКС-99 участваха 4 руснака – В. Луканюк, В. Карашин, А. Мурашов и Хайдер Хобихожин, които проведоха дългосрочен експеримент с пшеница в КО СВЕТ-2, наречен "Колос". Паралелно с тях "на борда" работиха и други екипажи в които имаше японци, канадци, немци и американци. Учените наблюдаващи експеримента се стараеха да изяснят как в екстремелните условия на космическата «скука» могат да живеят хора с различни традиции, трудови навици, религии и убеждения.

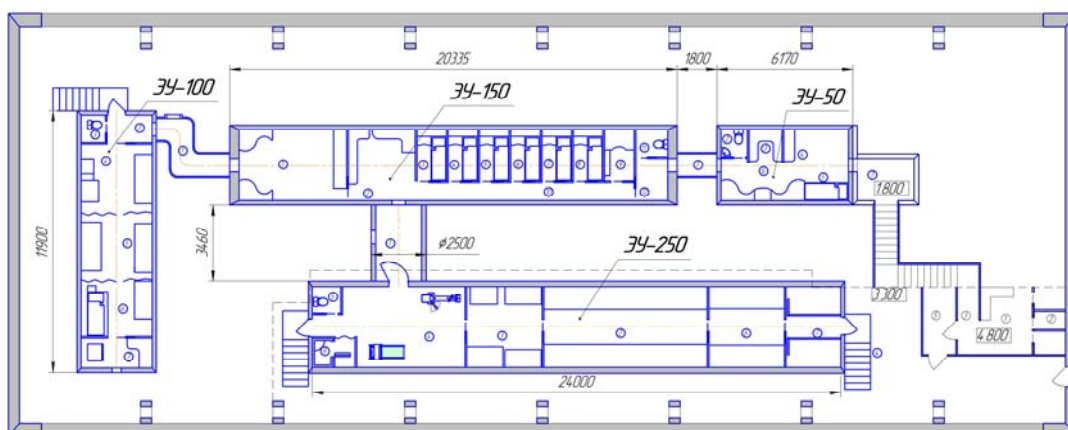
Тези експерименти поставят основата на медико-биологичното осигуряване на бъдещите междупланетни експедиции. Веднага след експеримента СФИНКС-99 учените от ИМБП започнаха подготовката на експеримент имитиращ пилотируемия полет на човек до Марс. Наистина тази мисия силно се отличава от полетите около Земята на ОС и е необходимо да се решат широк кръг от въпроси по биомедицинското му осигуряване. Затова беше разработена програмата на проекта “Марс-500”.

Подготовка на НЕК за Проект “Марс-500”

Целта на експеримента е изучаването на взаимодействието във веригата “човек-околна среда” и получаване на експериментални данни за състоянието на здравето и работоспособността на човека, намиращ се в условия на изолация характерни за полета до Марс [1]. Провежда се в херметично затворено пространство с ограничен обем, при поддържане на обитаемата среда със системи за осигуряване на живота и моделиране на основните разлики и ограничения, каквито ще бъдат в действителност при този дълготраен полет. Медико-биологичното осигуряване на пилотируемия полет до Марс се подготвя с отчитането на редица “извънредни” обстоятелства:

1. Свръхпродължителност (1,5 – 2 години и повече);
2. Висока степен на автономност на екипажа, обусловена от невъзможността за доставка на каквито и да е товари или да се изменя състава на екипажа;
3. Невъзможност за незабавно завръщане на Земята, даже при възникване на извънредни обстоятелства, постоянно повишена отговорност за самостоятелно приетите решения и тяхната реализация;
4. Затрудняване на условията за комуникация със Земята, свързани с неизбежната задръжка в предаването на информацията заради времето на преминаване на сигнала (приблизително 40 минути) от кораба до Земята, което води до принципни изменения на досега съществуващите взаимоотношения между екипажа и наземните центрове за управление на полета;
5. Редуване на гравитационни въздействия по трасето Земя-Марс-Земя и пребиваването на повърхността на Марс (1/3 от земната гравитация);
6. Ограничен период на адаптация към гравитацията преди изпълнението на програмата от дейности на повърхността на Марс;
7. Повишено ниво на космическата радиация;
8. Отсъствие на магнитното поле на Земята.

През 2006г. трите съществуващи модула бяха напълно преоборудвани, бяха създадени нови системи за осигуряване на живота, поддържането на температурния режим и осигуряването на водата. През 2007г. специално за проекта “Марс-500” беше построен допълнително четвърти херметичен модул с обем 250 м³. В началото на 2008г. започна строителството на пети модул с имитация на марсианската повърхност, след завършването на който комплексът на НЕК (Фиг. 1) ще бъде напълно готов за експеримента “Марс-500”.



Фиг.1. Блокова схема на Наземния експериментален комплекс, подготвян в ИМБП, Москва, за изпълнението на проекта “Марс-500”. Оранжерията е разположена в модул ЭУ-250.

Наземният марсиански комплекс, подготвян в ИМБП за изпълнението на проекта “Марс-500”, се състои от шест модула, свързани помежду си с херметически тръбопроводи, всеки с

диаметър малко над 3 метра. Четири от тях са експериментални (ЭУ) – метални цилиндъра, с обем съответно по 50, 100, 150 и 250 м³ (с общ обем 550 м³). А два - за имитация на излизането на екипажа на Марсианската повърхност (камера за обличане на скафандрите и по-голям, с червеникав прозрачен купол).

Най-малкият от експерименталните модули (ЭУ-50) е имитатор на модула за кацане (спускаемия апарат) на Марсианската повърхност. Той съдържа най-необходимото за 3-членен екипаж: отсек за живеене, кухня и тоалетна и 2 преходни шлюза. В блока за живеене на целия екипаж по трасето Земя-Марс (ЭУ-150), са поместени шест индивидуални каюти (тоалетната и душа ще бъдат общи), кают-компания, главен пулт за управление, кухня и 3 преходни шлюза.

Един модул (ЭУ-100) е предназначен за медицински нужди - миниатюрна болница с работно място за лекар и медицинска апаратура, както и с болнична стая с кухня и тоалетна. В битовия модул (ЭУ-250) ще има склад за вода, храна, хладилни камери, запасни части, тренажорна зала (велоергометър, бягаща пътека и др., с дължина 4 м) и оранжерия 3 м².

Програмата на проекта предвижда провеждането на 3 експеримента с 6-членен екипаж: предварителен 2-седмичен в края на 2007 г., още един подготвителен 105-дневен през първата половина на 2009 г., като основният 520-дневен експеримент (който може да бъде разширен до 700-дневен) се планира да стартира през ноември 2009 г..

Предварителен експеримент

От 15 до 29 ноември 2007 г. в ИМБП, Москва, бе проведен успешно предварителния експеримент, имитиращ пилотируемия полет до Марс. За първия 14-дневен експеримент с основна цел проверката на съответствието на техническите и експлоатационните характеристики на два от реновираните модули на НЕК, бе избран 6-членен екипаж от доброволци (5 мъже и 1 жена) на възраст 25-37 г.:

1. Рязанский Сергей Николаевич (1974 г.) – командир на екипажа, биохимик, кбн, космонавт-изследовател (ИМБП).
2. Артемьев Олег Германович (1970 г.), инженер-механик, космонавт-изпитател (РКК “Энергия”).
3. Перфилов Дмитрий Владимирович (1975 г.), лекар телемедицина (ИМБП).
4. Артамонов Антон Анатольевич (1982 г.), инженер-физик, инженер-програмист (ИМБП).
5. Ковалев Александр Сергеевич (1982 г.), инженер телемедицина (ИМБП).
6. Тугушева Марина Петровна (1983 г.), биолог, н.с., докторант (ИМБП).

В задачите на екипажа влизаха: да изпитат наново разработената система за осигуряване на живота, контрола и управлението, информационното осигуряване, локалната телемедицинска мрежа. Да изследват особеностите на физиологичната и психологическа адаптация на членовете на екипажа към условията на автономно функциониране. Да изучат взаимодействието на екипажа с персонала на Центъра за управление на експеримента (ЦУЕ) при изменени условия на комуникации. Да проверят медико-техническото оборудване, средствата за осигуряване на живота на екипажа и научната апаратура, а също така да уточнят необходимата по състав и съдържание организационно-методическа документация.

Една от задачите на този двуседмичен експеримент беше да се имитират условия на “информационен глад”, който ще изпитва екипажа при реалния полет към Марс. На станцията МКС има различни източници на информация: може да се свърже с роднини и близки, с ЦУЕ, може да се използва за това и любителско радио. В “Марс-500” не се предвижда нищо подобно. Няма Интернет, дори в експеримента СФИНКС-99 имаше възможност по Skype да се говори с всеки и в която и да е точка на света. Няма също така телевизор, телефон, както обикновен, така и мобилен – всички роднини и познати на екипажа бяха предупредени предварително, че няма да могат да се свързват с тях. Единствено им беше разрешено да носят филми на DVD, като и в известна степен им помогна и представителката на ЕКА Е. Файхтингер предоставяйки им филми на ББС “Синята планета”, които екипажът гледал с удоволствие.

Проведен бе и предварителен експеримент с растения, който се наричаше “Микро-ЛАДА”. В две оранжерии с размера на “ЛАДА” на МКС се отглеждаше грах - в едната и салата – в другата. В “Микро-ЛАДА” вратата е прозрачна по принцип и през нея може да се види растението, но тука на вратата беше залепен непрозрачен лист хартия, а на нея имаше датчик, фиксиращ всяко отваряне на вратата. Беше интересно да се разбере доколко за екипажа растенията са важни, колко често се интересуват те от тях, отваряйки оранжерията. На пръв поглед малка задача, но при полет от година и половина експериментите с растения не са просто научен експеримент, а са част от психологическата поддръжка на екипажа.

Проект “Оранжерея-Марс”

В рамките на проект “Оранжерея-Марс”, сключен между ИКИ-БАН и ИМБП-РАН, през 2007 г. е разработен Лабораторен образец на Блок за осветление (БО) с нови светлинни източници (червени, зелени и сини светодиоди LED от серията XLamp 7090 XR) [2,3]. Това засега е модул с размери 33x33 cm, с който бе заменен стария БО с флуорисцентни лампи от наземния прототип на КО СВЕТ-2, в която провеждаме биотехнологичните изпитания на новия БО. Този модул може лесно да бъде мултиплициран (в зависимост от финансирането) и използван в планираната за НЕК оранжерея за осигуряване на свежа витаминозна добавка към храната и психологическа подкрепа на екипажа по време на експеримента “Марс-500”.

Първоначално бяха направени технически измервания на характеристиките на новия БО за определяне на плътността на фотосинтетичният фотонен поток (Photosynthetic Active Radiation – PAR) поотделно на червената, синята, зелената и бялата (трите цвята едновременно) светлина по посевната площ в зависимост от разстоянието, мощността на работа и спектралния състав на емитираната светлина. Измерванията са направени при разстояние на БО на 20 cm и 50 cm от измерителният уред LiCor-6400 на контролен стенд и при закрепване на БО на височина 20 cm в лабораторния образец на КО СВЕТ-2.



Фиг. 2. Снимка на лабораторната установка по време на експеримент за биотехнологични изпитания на новия Блок за осветление на базата на мощни светодиоди (LED), монтиран в КО СВЕТ-2. Растенията на салата и листна цикория (на заден план), са на 20-ия ден от развитието са и са отгледани при спектрален състав на светлината: 10% синя ($468 \pm 25\text{nm}$), 20% зелена ($525 \pm 40\text{nm}$) и 70% червена ($632 \pm 15\text{nm}$).

В периода 11 септември – 17 октомври 2007г. и 14 ноември – 14 декември 2007г. бяха проведени два експеримента в лабораторния образец на КО СВЕТ-2 (Фиг. 2) с два вида растения - салата (*Lollo Rossa*) и цикория (*Bianca di Milano*). Експериментите имаха за цел да изследват характеристиките на растения, отгледани на новия светодиоден БО при спектрален състав на светлината 70% червена, 20% зелена и 10% синя (получен чрез промяна на интензивността на светене или броя светещи светодиоди). При тези експерименти БО беше поставен на разстояние 20 cm от посевната повърхност, а плътността на фотосинтетичния фотонен поток (PAR) беше 400 и $220 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ съответно. Проби за анализи бяха взети на определени етапи от развитие на растенията за изследване влиянието на светлинния интензитет и спектралното разпределение върху физиологичните параметри на растенията.

Направени бяха морфометрични, биофизични и биохимични анализи на растенията: височина, брой развити листа, хлорофилна флуоресценция, листна абсорбция в близката инфрачервена област, съдържание на пигменти, количество малондиалдехид, водороден пероксид, свободен пролин, редуциращи захари, определяне на пероксидазна активност и белтък, свежо тегло и сухо вещество. Първите получени резултати от проведените изпитания на новия БО при експерименти с растения показваха, че на растенията не «им понася» много силна светлина и физиологичните характеристики на отгледаните при по-ниска интензивност растения са по-добри по всички изследвани показатели. Точните данни от анализите и резултати от изследванията са докладвани на Конгреса на КОСПАР-2008, Монреал, Канада.

Литература:

1. Шаров П. Россия сделала первый шаг к Марсу! *Новости космонавтики*, Том 18, №1(300), 2008, 20-25.
2. Ivanova T., V. Sychev. Project “Greenhouse - Mars” - Plant Growth Study with Different Spectra LEDs Light Units. *Proceedings of the Second Scientific Conference with International Participation SENS'2006*, 14-16 June 2006, Varna, Bulgaria.
3. Иванова Т., И. Дандолов, Д. Димитров, Б. Бойчев, О. Петров, Й. Найденов. Блок за осветление за космическа оранжерея на базата на мощни светодиоди. *Proceedings of the 3rd Scientific Conference with International Participation SENS'2007*, 27-29 June 2007, Varna, 341-346.

МЕТОД И УСТРОЙСТВО ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ОКСИХЕМОГЛОБИНА И ОРОСЯВАНЕТО НА ПЕРИФЕРНИТЕ ТЪКАНИ

Стоян Танев, Пламен Трендафилов, Петър Генов

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките

METHOD AND DEVICE FOR MEASURING THE OXYHAEMOGLOBIN AND THE IRRIGATION OF THE PERIPHERAL TISSUES

Stoyan Tanev, Plamen Trendafilov, Petar Genov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

Keywords: oxygen saturation, blood perfusion index, pulse oxymeter, heart rate

Abstract: A well-known method measuring the oxyhaemoglobin in the blood has been adapted. Research into the fading of light signal with wave length of 658 and 870 nanometres has been carried out. A device for measuring the oxyhaemoglobin and the irrigation of the peripheral tissues has been designed. The working capacity of the device has been checked in normal and high mountain conditions.

Клетките на организма се нуждаят от кислород, който се пренася чрез кръвта от белите дробове към различни органи и тъкани. В процеса на дишане кислородът прониква през стените на алвиолите в белия дроб и се закрепва за специални клетки, наречени еритроцити. Хемоглобинът свързва кислорода и го разнася из целия организъм. При съединяването му с кислорода се получава ярко червено вещество, наречено оксигемоглобин. След освобождаването на кислорода оксигемоглобинът се превръща в дезоксигемоглобин (хемоглобин, беден на кислород).

Нарушаването на нормалните дихателни функции на белия дроб е причина за намаляване на насищането на кръвта с кислород. Наблюдават се учестяване на пулса и засилване на сърдечните съкращения в покой и при работа; за единица време по-голям обем богата на кислород кръв от белите дробове отива към тъканите; натрупва се физическа и психическа умора.

Ограниченото намаляване на кислородоотделянето от артериалната кръв към тъканите, води до намаляване обмяната на веществата, белодробен и мозъчен оток. Събира се вода в белите дробове, което силно затруднява дишането, мозъкът набъбва от увеличеното съдържание на вода в мозъчните клетки. От това следва хроничен кислороден глад на най-чувствителните структури в човешкото тяло – мозъчните, водещо към хипоксия и смърт. Това налага прецизно, бързо и лесно измерване на процентното съдържание на кислород в кръвта.

Разработен е портативен пулс оксиметър, измерващ степента на насищане на кръвта с кислород, пулсовата честота и степента на перфузия на кръвния поток в периферните тъкани. Проведени са тестове, доказващи достоверността на резултатите от измерването на прибора.

Методът на измерване на прибора се базира на регистриране поглъщането на пропуснатата през тъканта (пръст, ухо и др.) светлина с две различни дължини на вълната.

В съответствие със закона на Bigger-Labert връзката между излъчената светлина I_0 и преминалата през абсорбиращ материал или тъкан светлина I със същата дължина на вълната се дава от израза:

$$(1) \quad \frac{I}{I_0} = e^{-Ecd} = e^{-A},$$

където c - е концентрацията на абсорбера, d – дебелина на материала, E – коефициент на молекулярна екстинкция за съответната дължина на вълната, $Ecd = A$ - абсорбцията (поглъщане).

След логаритмуване на двете страни на равенството за A получаваме:

$$(2) \quad -\ln \frac{I}{I_0} = Ecd = A.$$

Ако светлината преминава през смес от различни субстанции, общото затихване ще бъде сума от затихването, причинено от всички субстанции. Ако с C_{Hb} и C_{HbO} означим респективно концентрацията на хемоглобин и оксигемоглобин в кръвта, със C_N - концентрацията на всички постоянни абсорбери, като кожа, коса и др., с d_{Hb} , d_{HbO} и d_N - съответната дебелина на абсорбиращия слой и с E_{Hb} , E_{HbO} , E_N - коефициентите молекулярни екстинкции за съответните субстанции можем да напишем зависимостта:

$$(3) \quad -\ln \frac{I}{I_0} = E_{Hb}d_{Hb}C_{Hb} + E_{HbO}d_{HbO}C_{HbO} + E_Nd_NC_N = A$$

При пулсираща кръв през тъканта абсорбирането на светлината на дадена дължина на вълната ще се изменя във времето и може да бъде описана чрез израза:

$$(4) \quad -\frac{d}{dt} \ln \frac{I}{I_0} = \frac{d}{dt} E_{Hb}d_{Hb}C_{Hb} + \frac{d}{dt} E_{HbO}d_{HbO}C_{HbO} + \frac{d}{dt} E_Nd_NC_N = \frac{d}{dt} A$$

Абсорбцията на светлина от косата, кожата и ноктите остава константа, т.е.

$$\frac{d}{dt} E_Nd_NC_N = 0.$$

Лявата страна на равенството (4) може да бъде представено като:

$$(5) \quad -\frac{d}{dt} \ln \frac{I}{I_0} = \frac{d}{dt} \ln I - \frac{d}{dt} \ln I_0$$

Ако запазим I_0 константа по време на измерването получаваме:

$$(6) \quad -\frac{d}{dt} \ln I = \frac{d}{dt} E_{Hb}d_{Hb}C_{Hb} + \frac{d}{dt} E_{HbO}d_{HbO}C_{HbO} = \frac{d}{dt} A$$

От израза (6) се вижда че логаритъмът на преминалата през тъканта светлина е право пропорционална на сумарното поглъщане на хемоглобина и деоксигемоглобина в пулсиращата артериална кръв.

Ако използваме фоточувствителен елемент (например PIN диод), токът на диода i , може да бъде представен с израза:

$$(7) \quad i = kI,$$

където k е константа, зависеща от типа на диода и дължината на светлинната вълна. След логаритмуване на тока i на изхода на логаритматора получаваме напрежение

$$(8) \quad V = a \ln i = a \ln kI = a \ln k + a \ln I$$

Променливата съставна на напрежението V може да запишем с израза:

$$(9) \quad \Delta V = \Delta a \ln i = \Delta a \ln k + \Delta a \ln I$$

Имайки предвид че k е константа, следва че $\Delta \ln(k) = 0$ и за променливата съставна на напрежението можем да запишем

$$(10) \quad \Delta V_1 = \Delta a \ln i = \Delta a \ln I = \Delta a A = \Delta a E_{Hb} d_{Hb} C_{Hb} + \Delta a E_{HbO_2} d_{HbO_2} C_{HbO_2}$$

За да определим насищането на кръвта с кислород SO_2 , е необходимо да определим поглъщането на светлината на Hb от това на HbO₂.

Ако използваме две различни дължини на светлинни вълни, например 650 nm - червена и 800 nm - инфрачервена, отношението на амплитудите за тези две дължини на вълните може да бъде представено, като отношение на равенство (10).

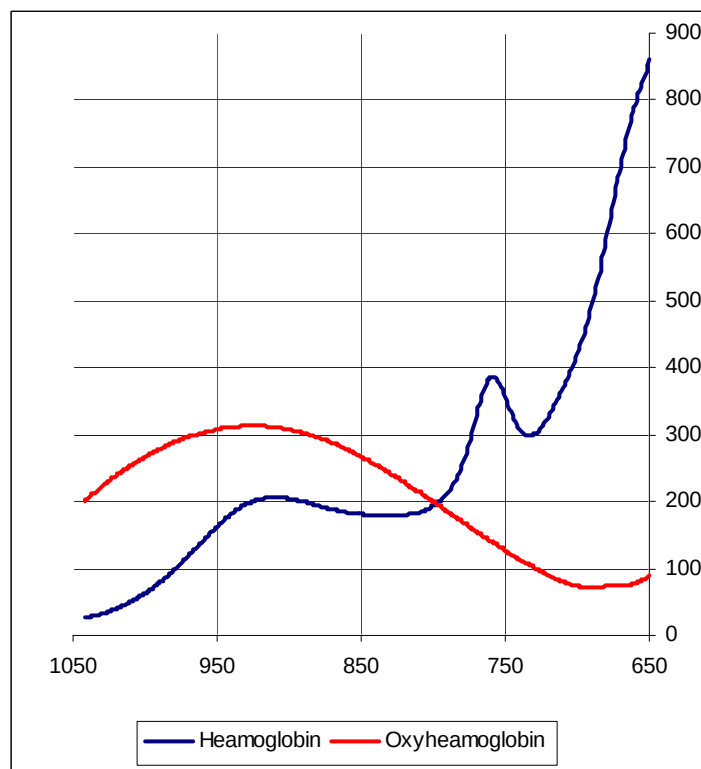
$$(11) \quad \frac{a \Delta \ln I_R}{a \Delta \ln I_{IR}} = \frac{\Delta a E_{R_{Hb}} C_{Hb} d_{Hb} + \Delta a E_{R_{HbO_2}} C_{HbO_2} d_{HbO_2}}{\Delta a E_{IR_{Hb}} C_{Hb} d_{Hb} + \Delta a E_{IR_{HbO_2}} C_{HbO_2} d_{HbO_2}}$$

Дебелината и концентрацията на веществото абсорбатор е сума от всички абсорбиращи компоненти. Да предположим, че абсорбиращите компоненти са Hb и HbO₂, процентно можем да ги представим като (100-x) и x, при което получаваме за :

$$(12) \quad C_b \cdot d_b = C_{Hb} \cdot d_{Hb} + C_{HbO_2} \cdot d_{HbO_2} = (100 - x) C_b \cdot d_b + x C_b \cdot d_b .$$

Заместваме в (11) и получаваме:

$$(13) \quad \frac{a \Delta \ln I_R}{a \Delta \ln I_{IR}} = \frac{\Delta E_{R_{Hb}} (100 - x) + \Delta E_{R_{HbO_2}} x}{\Delta E_{IR_{Hb}} (100 - x) + \Delta E_{IR_{HbO_2}} x}$$

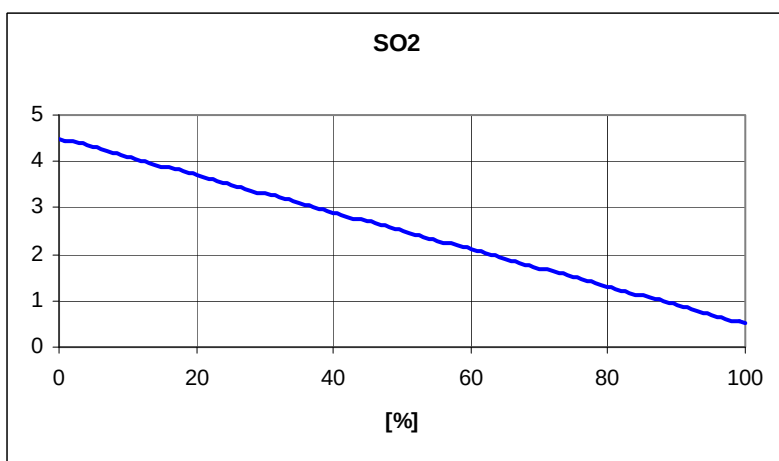


Фиг. 1

Заместваме стойностите на молекулярна екстинкция E_{RHb} и E_{RHbO_2} за разглежданите дължини на светлината фиг. 1 и заместваме в (13).

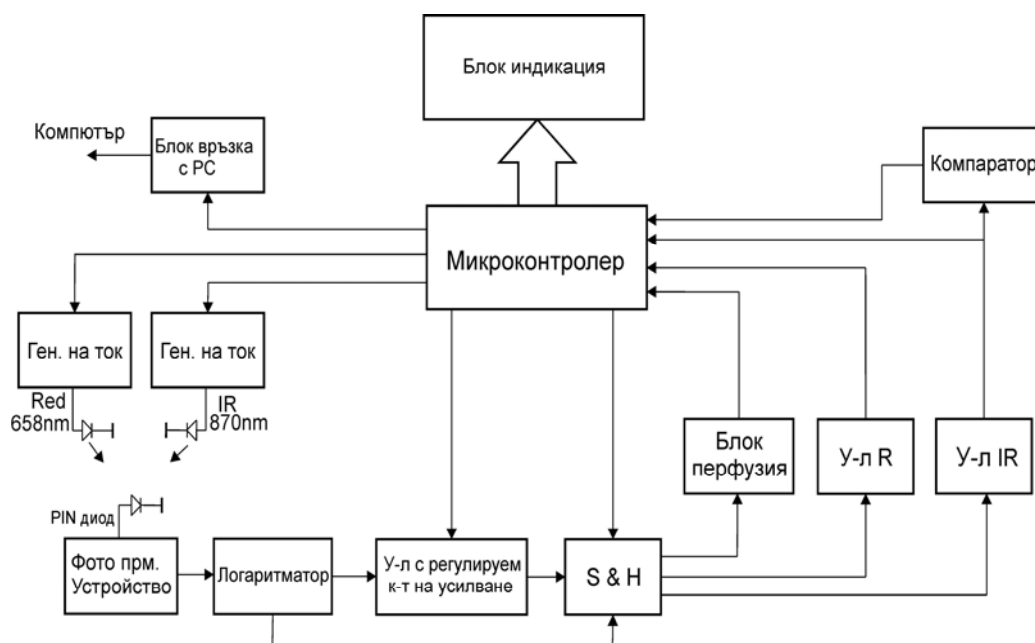
$$(14) \quad \frac{a \Delta \ln I_R}{a \Delta \ln I_{IR}} = \frac{900 \cdot (100 - x) + 100 \cdot x}{200 \cdot (100 - x) + 200 \cdot x}$$

Изразът (14) представлява функция на права линия и за $HbO_2 = 0\%$ ($x = 0$) и $HbO_2 = 100\%$ ($x = 100$) съответно получаваме отношение 4.5 и 0.5. Линейната зависимост на отношението на амплитудите към сатурацията е показано на фиг. 2



Фиг. 2

Разработеният оксиметър има блокова схема, показана на фиг. 3 .



Фиг. 3

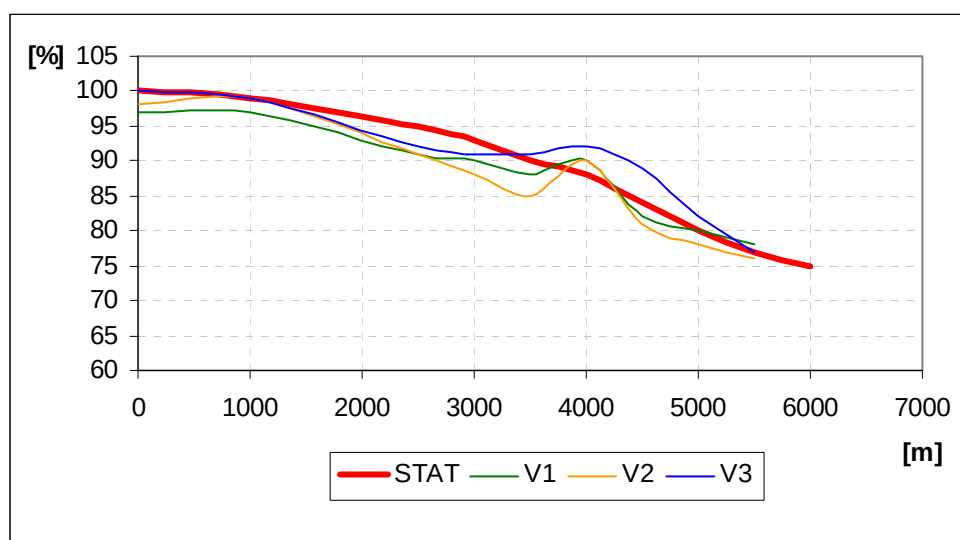
Микроконтролерът управлява два генератора на ток, формиращи два оптични измервателни канала. В изхода на единия е включен червен светодиод, който излъчва светлина с дължина на вълната 658 nm. В изхода на другия е включен инфрачервен светодиод с дължина на вълната 870 nm. Каналите се превключват с честота 1kHz, като

продължителността на светене се задава от микроконтролера за постигане на по-добър енергиен баланс. Преминаният светлинен поток от двата канала през показалеца на ръката постъпва на входа на блок "Логаритматор". Логаритмуваният сигнал се подава на усилвател с регулируем коефициент на усилване, зададен от микроконтролера, при което се постига стабилна работа на прибора. Блокът, "Следене и запомняне" (S&H), управляван от микроконтролера, отделя червената и инфрачервената съставки на сигнала. "Усилвател R" усилва сигнала, получен от светлината генерирана от червения светодиод, и го подава на входа на аналогово-цифровия преобразувател на микроконтролера. "Усилвател IR" усилва сигнала, получен от светлината, генерирана от инфрачервения светодиод, и го подава на входа на аналогово-цифровия преобразувател на микроконтролера. "Блок перфузия" формира сигнал, пропорционален на степента на пропускане на артериалната кръв през тъканта, който постъпва на входа на аналогово-цифровия преобразувател на микроконтролера. Блок "Компаратор" компарира пулсовата вълна, получена от инфрачервения канал вследствие от кръвонапълването на капилярите на показалеца на предварително зададено ниво. Сигналят се използва за измерване на пулсовата честота и следващи обработки на всички сигнали. "Блок връзка с PC" осъществява връзката на устройството с персонален компютър за прехвърляне на записаната информация.

Тестването на прибора бе направен по два различни способа:

- **директен сравнителен метод** – сравняване на показанията на прибора с утвърдени в клиничната практика пулс оксиметри на NONIN Medical Inc., Phischer Medical Ltd. В процеса на тестването приборът показва резултати, идентични с използваните при теста прибори, като регистрираното отклонение е по-малко от 2 %.

- **табличен сравнителен метод** - сравняване на показанията на прибора със статистически данни, показани на фиг.4 - графика STAT.



Фиг.4

Тестът е направен с трима клинично здрави доброволци при високопланинско изкачване. Измерените стойности за всеки един са показани с графики V1, V2, V3 на фиг.4. Вижда се, че отклонението от статистическата графика за различни височини е в рамките на допустимите $\pm 5\%$, посочени от авторите на [2].

По време на тестовете приборът показва необходимата точност на измерване и работоспособност в различни условия на експлуатация. Това дава основание да бъде използван в нормални клинични и екстремни условия. Възможността за запис на резултатите от измерванията разширяват възможностите му и го правят приложим при изследване на сънна апнея, постоперативно лечение и в случаи на спешна помощ.

Литература:

1. The high altitude medicine handbook, Pollard, A. J., Murdoch, D. R. Wellington Square, Oxford OX1 2JD, UK 2003.
2. Христов В., Л. Танева. "Ръководство за лабораторни упражнения по микропроцесорна техника", ЮЗУ - Благоевград, 2006 г.

ЧИСЛЕНА СИМУЛАЦИЯ НА ДВУМЕРНО ВЪНШНО ТЕЧЕНИЕ НА СВИВАЕМ ГАЗ

Константин Методиев, Зоя Хубенова

*Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: komet@space.bas.bg*

Ключови думи: Изчислителна флуидна динамика, метод на крайните обеми

Резюме: В настоящия доклад е представен алгоритъм за числено определяне на параметрите на външно течение на свиваем газ. Решена е система частни диференциални уравнения на Ойлер, състояща се от уравнението за непрекъснатостта на течението, уравнения за съхранение на количеството на движение и уравнение за съхранение на енергията. Полето на течението е дискретизирано посредством синтез на квадратична изчислителна мрежа, която от своя страна се състои от фамилия криви, удовлетворяващи елиптичните частни диференциални уравнения на Лаплас. Численият алгоритъм на решение е приложен към интегралната форма на уравненията за движение на газа. Използван е т. нар. клетъчно центриран "Метод на крайните обеми" за дискретизация на конвективния интеграл, като така получената числена флуksия е коригирана с дисипативна прибавка. Последната е определена с помощта на метода на проф. Филип Роу като точно решение на приблизителната задача на Риман спрямо всяка клетъчна стена на изчислителната мрежа. Времепроизводната е изчислена с помощта на шест стъпкова схема на Рунге – Кута. Граничните условия на задачата обезпечават непроницаемост на обтекаемата повърхност. Проведени са експерименти с числената реализация за симулация на течение около сфера. Получените резултати за разпределението на плътността, статичното налягане и скоростта на флуида в полето на течението за различни числа на Мах и Рейнолдс са сверени с експериментални данни.

Въведение

Развитието на изчислителната техника през последните двадесет години даде възможност да се формира ново направление в дисциплината „Механика на флуидите“ – т. нар. „Изчислителна флуидна динамика“ (Computational Fluid Dynamics – CFD). Това позволи на изследователите да симулират различни ефекти и явления, възникващи в полето на течението, които до този момент не се поддаваха на математическа обработка със средствата на векторния анализ. Като пример могат да се посочат граничен слой, откъсване на течението от обтекаемата стена, турбулизация и др. Основният подход на работа се свежда до числено решение на система частни диференциални уравнения, описващи поведението на флуида при различни условия на средата. Главното предимство на този подход е получаването на споменатите физични явления в качеството им на част от резултата. Това означава, че тези явления вече могат да бъдат предвиждани, което до известна степен отменя провеждането на ред скъпо струващи експерименти.

В настоящия доклад е изложен алгоритъм за числено решение на система уравнения, описваща двумерно течение на свиваем газ с отчитане разпространението на акустични смущения – т. нар. система уравнения на Ойлер. Алгоритъмът се ползва с популярност в англоезичната литература благодарение на относителната простота на реализация. Поради значителния обем на материала, доказателства на твърждествата не са посочени. Вместо това са дадени препратки към съответната литература. Освен това, поради абстракцията на теорията, авторите препоръчват литературата като цяло за подробно изясняване на основните моменти от числения алгоритъм.

Теоретични основи

В настоящата точка е описан алгоритъма за решение на поставената задача, в последователността на неговата работа.

Уравнения, описващи двумерно течение на свиваем газ.

Системата уравнения, описващи двумерното движение на газа, се състои от уравнение за непрекъснатостта на течението, уравнения за съхранение на количеството на движение и уравнение за съхранение на енергията (система на Ойлер):

$$(1) \quad \frac{\partial}{\partial t} \bar{q} + \frac{\partial}{\partial x} \bar{f}(\bar{q}) + \frac{\partial}{\partial y} (\bar{q}) = 0, \quad \bar{q} = \begin{pmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ \rho e \end{pmatrix}, \quad \bar{f}(\bar{q}) = \begin{pmatrix} \rho u \\ \rho u^2 + p \\ \rho uv \\ (\rho e + p)u \end{pmatrix}, \quad \bar{g}(\bar{q}) = \begin{pmatrix} \rho v \\ \rho uv \\ \rho v^2 + p \\ (\rho e + p)v \end{pmatrix}.$$

Тази система е неопределена и затова статичното налягане се изразява като функция на останалите променливи, посредством уравнението за равновесно състояние на идеален газ на Клапейрон:

$$(2) \quad p = \rho(c_p - c_v)\Gamma = \rho(\kappa - 1)[e - 0.5(u^2 + v^2)].$$

Дискретизация на системата уравнения.

В процеса на численото пресмятане на системата уравнения се открояват два специфични етапа: дискретизация на геометричните производни и дискретизация на производната по време. За реализацията на първия етап се разглежда интегралната форма на уравненията за движение. Удобно е, отначало геометричните производни да се пренапишат в контравариантен базис:

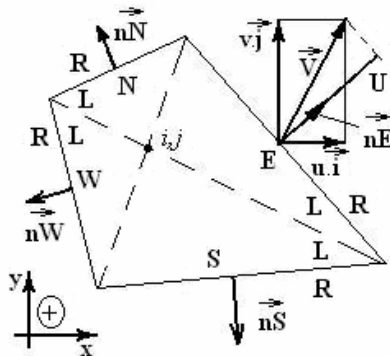
$$(3) \quad \frac{\partial}{\partial t} \bar{q} + \bar{\nabla} \bar{R} = 0, \quad \bar{R} = \begin{pmatrix} \rho(u\vec{i} + v\vec{j}) \\ \rho u(u\vec{i} + v\vec{j}) + p\vec{i} \\ \rho v(u\vec{i} + v\vec{j}) + p\vec{j} \\ \rho H(u\vec{i} + v\vec{j}) \end{pmatrix}.$$

След прилагане на теоремата на Гаус – Остроградски

$$(4) \quad \int_V \bar{\nabla} \cdot \bar{R} dV = \oint_S \bar{R} \cdot d\vec{S},$$

споменатата интегрална форма на уравненията за движение приема вида:

$$(5) \quad V \frac{\partial \bar{Q}}{\partial t} + \oint_S \bar{R} d\vec{S} = 0, \quad \bar{Q} = \frac{1}{V} \int_V \bar{q} dV.$$



Фиг. 1. Възприети означения в контролния обем

Последната система се дискретизира за контролния обем, показан на фиг. 1, както следва:

$$(6) \quad V \frac{\partial \bar{Q}}{\partial t} + (\bar{R}_E \bar{S}_E + \bar{R}_W \bar{S}_W + \bar{R}_N \bar{S}_N + \bar{R}_S \bar{S}_S) = 0.$$

Неизвестната величина $\bar{q}$ се търси за геометричния център на обема (клетката) – точка (i, j) , фиг. 1. От тук следва и името на метода за числено пресмятане: „Клетъчно центриран метод на крайните обеми“. При пресмятането на числената флуksия в система (6), важно е да се обърне внимание на посоката на единичните нормални вектори за всяка клетъчна стена – те винаги са ориентирани в посока „навън“ от обема.

При спазването на това условие, знаците пред събираемите $\bar{R}_W \bar{S}_W$ и $\bar{R}_S \bar{S}_S$ остават „+“.

В своята статия [1] Lax показва, че схемата за пресмятане на числената флуksия

$$(7) \quad \bar{R}_E = 0.5[\bar{R}(\bar{q}_{i,j}) + \bar{R}(\bar{q}_{i+1,j})]$$

е нестабилна, водейки до разходящо осцилиращо числено решение. Това налага въвеждането на дисипативна прибавка, която да подтисне нефизическите осцилации и да осигури сходимост на резултата към физически реални стойности. Например, дисипативната прибавка трябва да отчита физическата природа на уравненията на Ойлер. Придобилата популярност идея на Годунов [2] е да се намери характеристичното решение на едномерна система частни диференциални уравнения (ЧДУ) на Ойлер относно всяка клетъчна стена по направление на нормалния вектор. Решението на тази задача позволява да се отчита влиянието на акустични смущения в полето на течението. Тя се нарича „задача на Риман“. С цел да се намали изчислителната цена, допуска се да се реши приблизителната задача точно след нейната

линеаризация (т. нар. „Approximate Riemann Solver“). Процесът на линеаризиране допуска, че характеристичното решение се състои или от три разширителни (All Rarefaction Solution, Osher [3]) или от три ударни (All Shock Solution, Roe [4]) акустични вълни, като последният метод е използван в настоящата разработка. Извеждането на дисипативната прибавка е разгледано в достъпна форма в учебника на Воронич [5]. Окончателно за числената флуksия се получава

$$(8) \quad \bar{R}_E = 0.5(\bar{R}_{E,R} + \bar{R}_{E,L}) - 0.5 \sum_{k=1}^m \Delta \tilde{\alpha}_k \left| \tilde{\lambda}_k \right| \tilde{r}_k,$$

където знакът „~“ означава осреднена по Roe величина и се пресмята с помощта на формулите:

$$(9) \quad \tilde{\rho} = \sqrt{\rho_L \rho_R}; \tilde{u} = \frac{\sqrt{\rho_L} u_L + \sqrt{\rho_R} u_R}{\sqrt{\rho_L} + \sqrt{\rho_R}}; \tilde{v} = \frac{\sqrt{\rho_L} v_L + \sqrt{\rho_R} v_R}{\sqrt{\rho_L} + \sqrt{\rho_R}}; \tilde{h} = \frac{\sqrt{\rho_L} h_L + \sqrt{\rho_R} h_R}{\sqrt{\rho_L} + \sqrt{\rho_R}}.$$

Матрицата от десни собствени вектори има вида

$$(10) \quad T_A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ u - cn_x & u & u + cn_x & n_y \\ v - cn_x & v & v + cn_x & -n_x \\ h - cU & 0.5(u^2 + v^2) & h + cU & un_y - vn_x \end{pmatrix},$$

а векторът на характеристичния прираст е:

$$(11) \quad \begin{aligned} \Delta \alpha_1 &= \Delta \rho - a; \Delta \alpha_2 = \tilde{U} \Delta \rho - [-n_y \Delta(\rho u) + n_x \Delta(\rho v)]; \Delta \alpha_3 = \frac{a-b}{2}; \Delta \alpha_4 = \frac{a+b}{2}; \\ \Delta \tilde{\alpha} &= \|\Delta \alpha_1 \quad \Delta \alpha_2 \quad \Delta \alpha_3 \quad \Delta \alpha_4\|^T; \tilde{V} = n_x \tilde{u} + n_y \tilde{v}; \tilde{U} = -n_y \tilde{u} + n_x \tilde{v}; \\ a &= \frac{\kappa-1}{2\tilde{c}^2} \{2\Delta(\rho e) - \tilde{u}[2\Delta(\rho u) - \tilde{U} \Delta \rho] - \tilde{v}[2\Delta(\rho v) - \tilde{V} \Delta \rho]\}; \\ b &= \frac{n_x \Delta(\rho u) + n_y \Delta(\rho v) - \tilde{V} \Delta \rho}{\tilde{c}}; \tilde{c} = \sqrt{(\kappa-1) \left(\tilde{h} - \frac{\tilde{U}^2 + \tilde{V}^2}{2} \right)} \end{aligned}$$

Единственият недостатък на метода на Roe е представянето на разширителните вълни чрез разрыв. В случай, че характеристичната скорост е приблизително нула, приносът на разширителната вълна към прираста на флуks – вектора се изкривява. Ако стената на клетката попадне във веера на разширителната вълна, то последната се заменя с една характеристика и това води до възникването на скокове на разширение в полето на течението, което явление физически е невъзможно. По тази причина в учебника на Blazek [6] е предложен следният метод за корекция на собствените стойности, близки до нула (вж. също статията на Harten [7]):

$$(12) \quad \tilde{\lambda} = \text{diag} \left((\tilde{U} - \tilde{c})^*, \tilde{U}, \tilde{U}, (\tilde{U} + \tilde{c})^* \right) \quad |\tilde{\lambda}|^* = \begin{cases} |\tilde{\lambda}|, |\tilde{\lambda}| \geq \delta \\ \frac{\tilde{\lambda}^2 + \delta^2}{2\delta}, |\tilde{\lambda}| \leq \delta \end{cases} \quad \delta = 0.1.$$

За пресмятане на физическите и дисипативни флуksии се използва т. нар. „Roe's Superbee Limiter“, с помощта на който се пресмята вектора на състоянието от ляво и дясно на клетъчната стена. Съгласно посоченото от Roe в статия [8], тази техника действа като интерполант и подтиска нефизически осцилации на численото решение в близост до фронта на ударни вълни. Така например векторът на състоянието за стена „Изток – Е“ (i+1/2, фиг. 1) се пресмята съгласно формулите:

$$(13) \quad \begin{aligned} \bar{q}_L &= \bar{q}_i + \frac{1}{3} \phi_{i+1/2}^- (\bar{q}_{i+1} - \bar{q}_i) + \frac{1}{6} \phi_{i-1/2}^+ (\bar{q}_i - \bar{q}_{i-1}), \bar{q}_R = \bar{q}_{i+1} - \frac{1}{6} \phi_{i+3/2}^- (\bar{q}_{i+2} - \bar{q}_{i+1}) - \frac{1}{3} \phi_{i+1/2}^+ (\bar{q}_{i+1} - \bar{q}_i) \\ \phi_{i+1/2}^- &= \phi(r_{i+1/2}^-), \phi_{i-1/2}^+ = \phi(r_{i-1/2}^+), \phi_{i+3/2}^- = \phi(r_{i+3/2}^-), \phi_{i+1/2}^+ = \phi(r_{i+1/2}^+), \\ r_{i+1/2}^- &= \frac{\bar{q}_i - \bar{q}_{i-1}}{\bar{q}_{i+1} - \bar{q}_i}, r_{i-1/2}^+ = \frac{\bar{q}_{i+1} - \bar{q}_i}{\bar{q}_i - \bar{q}_{i-1}}, r_{i+3/2}^- = \frac{\bar{q}_{i+1} - \bar{q}_i}{\bar{q}_{i+2} - \bar{q}_{i+1}}, r_{i+1/2}^+ = \frac{\bar{q}_{i+2} - \bar{q}_{i+1}}{\bar{q}_{i+1} - \bar{q}_i}, \\ \phi(r) &= \max[0, \min(2r, 1), \min(r, 2)] \end{aligned}$$

и получените резултати се използват за осредняването им съгласно формули (9).

Вторият етап от числената реализация е пресмятането на производната по време. В настоящия доклад е използвана шест стъпкова схема на Рунге – Кута:

$$q^{(0)} = q^{(n)},$$

$$(14) \quad q^{(1)} = q^{(0)} - \frac{0.037 \Delta t}{Vol_{i,j}} R(q^{(0)}), q^{(2)} = q^{(0)} - \frac{0.0851 \Delta t}{Vol_{i,j}} R(q^{(1)}), q^{(3)} = q^{(0)} - \frac{0.1521 \Delta t}{Vol_{i,j}} R(q^{(2)}),$$

$$q^{(4)} = q^{(0)} - \frac{0.2562 \Delta t}{Vol_{i,j}} R(q^{(3)}), q^{(5)} = q^{(0)} - \frac{0.4512 \Delta t}{Vol_{i,j}} R(q^{(4)}), q^{(n+1)} = q^{(0)} - \frac{\Delta t}{Vol_{i,j}} R(q^{(5)})$$

Стъпката на интегриране е адаптивна и се определя с оглед избягване на пресичането на характеристиките от две съседни клетъчни стени. Алгоритъмът не може да предвиди интерференцията и следователно не може да се гарантира постоянство на числените флуksии между две итеративни стъпки. Формулата за определяне на стъпката е следната:

$$(15) \quad \Delta t_{i,j} = \frac{CFL \cdot Vol_{i,j}}{0.5 \sum_s (|U| + c)_s S_{i,j}}; \Delta t = \min(\Delta t_{i,j}), i \in [1; \xi], j \in [1; \eta]$$

Гранични условия.

Друг важен етап от числената реализация е определяне на граничните условия на задачата. Те са разделени на две групи: по обтекаемата повърхност и по външната граница на изчислителната област. Относно първата група, необходимо е да се осигури непроницаемост на обтичаната стена, което означава, че трябва да се приравни на нула контравариантната скорост:

$$(16) \quad U = -n_y u + n_x v = 0$$

Това условие променя граничните стойности на обобщения флуks – вектор:

$$(17) \quad \vec{R}_b = \begin{bmatrix} 0 & p_b \vec{i} & p_b \vec{j} & 0 \end{bmatrix}^T,$$

т. е. необходимо е само да се определи стойността на статичното налягане по обтекаемата стена. Това се извършва с помощта на формулата:

$$(18) \quad p_b = 0.125(15 p_{i,0} - 10 p_{i,1} + 3 p_{i,2})$$

Във втората група се разглеждат граничните условия по външната граница на изчислителната област. Приета е концепцията за съществуване на ред фиктивни клетки от изчислителната мрежа, граничещ с външната граница. Стойностите на вектора на състоянието във фиктивните клетки е приравнен на тези от последния ред (периодични гранични условия). По този начин се пресмята „дясната“ стойност на флуks – вектора по граничните стени.

Синтез на изчислителна мрежа.

Преди извършването на численото решение на системата ЧДУ, описваща движението на газа, необходимо е да се дискретизира изчислителната област. Системата уравнения на Ойлер няма точно решение за произволни начални и гранични условия, но ако в полето на течението се синтезират много на брой квадратични клетки, като показаната на фиг. 1, то границите на всяка клетка може да се заменят с прави, числените флуksии по които могат да се пресметнат точно. Поради малката размерност на всяка клетка, натрупаната грешка при прилагането на този подход е незначителна.

Нека дължината на дъга s да варира от 0 до 1 и нека също така номерирането на точките по дъгата да се изменя от 0 до I така, че $s(0) = 0, s(I) = 1$. Присвоявайки първоначално стойности на първите производни

$$(19) \quad \frac{\partial s(0)}{\partial \xi} = \Delta s_1; \frac{\partial s(I)}{\partial \eta} = \Delta s_2,$$

извършват се полаганията

$$(20) \quad A = \sqrt{\frac{\Delta s_2}{\Delta s_1}}; \frac{1}{I \sqrt{\Delta s_1 \Delta s_2}} = \frac{sh \delta}{\delta},$$

и се изчисляват функциите в следната последователност:

$$(21) \quad u_1(\xi) = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \frac{th \left[\delta \left(\frac{\xi}{I} - \frac{1}{2} \right) \right]}{th \frac{\delta}{2}} \right\}; s(\eta) = \frac{u_1(\eta)}{A + (1 - A)u_1(\eta)}.$$

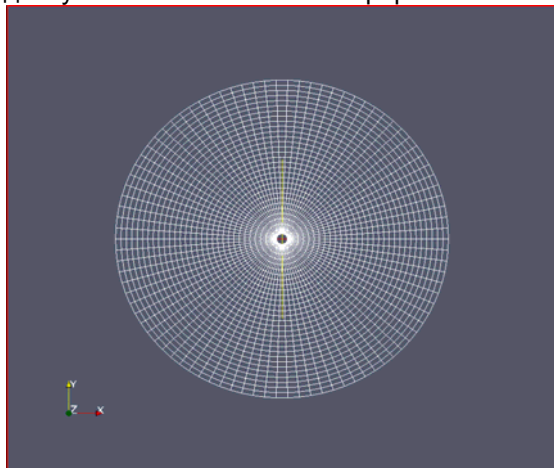
$$(22) \quad \vec{r}(\eta) = \vec{r}(0) + [\vec{r}(I) - \vec{r}(0)] \cdot s(\eta), \eta = 0, 1, 2, 3, \dots, I.$$

Уравнение (22) дава разпределението на точките по кривата, за която $\vec{r}(\eta) \in [\vec{r}(0); \vec{r}(I)]$ и към нея са приложени формули (21).

Резултати

На фиг. 2 е показана изчислителната мрежа, генерирана около сфера с радиус 1. Реализиран е споменатият ефект на изглаждане на Лапласиана, който може да се регулира посредством изменение стойностите на производните по формули (19).

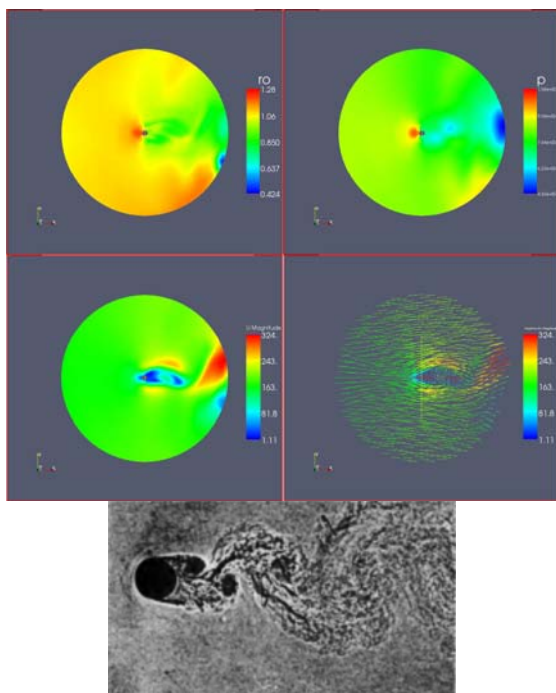
Първият експеримент, проведен с числената реализация, цели симулацията на дозвуково течение около сферата. Числото на Мах е 0.5, размерността на изчислителната мрежа е 91x31 точки по кривите респ. $\xi = const$ и $\eta = const$. Резултатите са сверени с експериментални данни на фиг. 3 и са представени в VTK файлов формат. Използваният визуализатор е ParaView®.



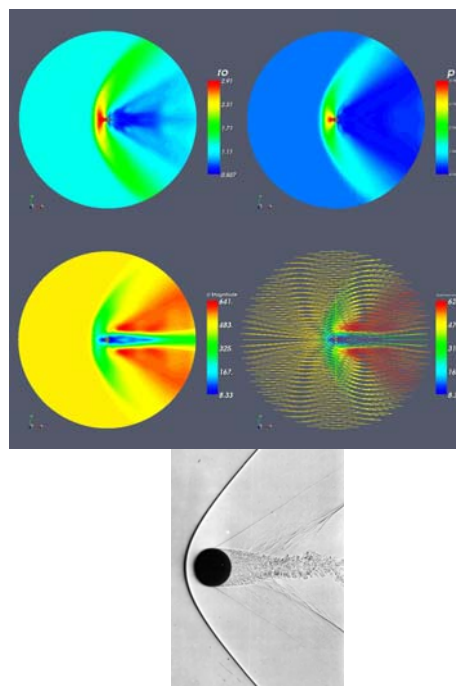
Фиг. 2. Структурна изчислителна мрежа

От фиг. 3 се вижда, че алгоритъмът успешно предвижда възникването на предна точка на заприщване (червената зона, карето горе, вдясно), а така също и на завихрянето на течението непосредствено след сферата (скоростното поле, долу вдясно). Последното явление се нарича вихрова пелена на Карман, която в последствие се разпада на турбулентен поток. Картината на разпределение на скоростното поле съвпада с тази на експерименталната продувка.

На следващата фиг. 4 е показан аналогичен експеримент, но този път числото на Мах е 1.5. Размерността на изчислителната мрежа остава същата. Ясно се откроява скокът на уплътнение пред сферата.



Фиг. 3. Разпределение на параметрите на течението, $M=0.5$



Фиг. 4. Разпределение на параметрите на течението, $M=1.5$

Заклучение

В настоящият доклад бе разгледан изчислителен алгоритъм за анализ на двумерно течение на свиваем газ. Решена бе числена система частни диференциални уравнения на Ойлер посредством т. нар. „Метод на крайните обеми“. За дисипация на численото решение бе използвана формулата на Phillip Roe, с помощта на която се решава приблизителната задача

на Риман точно относно всяка клетъчна стена на изчислителната мрежа. Последната бе генерирана посредством численото решение на система елиптични частни диференциални уравнения на Лаплас. Времепроизводната бе пресметната с помощта на шест стъпкова схема на Рунге – Кута. Използваните гранични условия на задачата обезпечават непроницаемост на обтекаемата стена, а така също и адекватен „контакт“ на изчислителната област с околната среда.

Естествено обобщение на поставената задача е численото решение на уравненията на Навие – Стокс. Разгледаният алгоритъм не може да предвиди ефекти, които са следствие на вискозността на флуида и по тази причина не могат да бъдат симулирани явления като откъсване от обтекаемата стена, граничен слой, турбулизация на течението и др. Въпреки това, решението на системата на Ойлер дава приемливи за инженерната практика резултати.

Литература:

1. L a x P. D. Weak solutions of nonlinear hyperbolic equations and their numerical computation, Community of Pure and Applied Mathematics, 7:159–93, 1954
2. G o d u n o v S. K. A Difference scheme for Numerical Computation Discontinuous Solution of Hydrodynamic Equations, Math. Sbornik (in Russian), 47 (1959), pp. 271–306; translated US Joint Publ. Res. Service, JPRS 7226, 1969
3. O s h e r S., F. S o l o m o n. Upwind Difference Schemes for Hyperbolic Systems of Conservative Laws, Mathematics of Computation, 38:339, 1974
4. R o e P. L. Approximate Riemann Solvers, Parameter Vectors and Difference Schemes, Journal of Computational Physics, 43:357–72, 1981
5. В о р о н и ч И. В. Сравнительный анализ группы численных методов газовой динамики, учебное пособие, Москва, 2007
6. B l a z e k J. Computational Fluid Dynamics: Principles and Applications, Elsevier Science Ltd., Oxford, UK, 2001
7. H a r t e n A., P. D. L a x, B. V a n L e e r. On Upstream Differencing and Godunov – Type Schemes for Hyperbolic Conservation Laws, Soc. Industrial and Applied Mathematics Rew., 25, No 1, 1983
8. R o e P. L. “Some Contributions to the Modelling of Discontinuous Flows”, Large – Scale Computations in Fluid Mechanics, Edited by Engquist, B. E., Osher, S., and Somerville, R. C. J., Vol. 22, Part 2, Lectures in Applied Mathematics, ASME, Providence, RI, pp. 163 – 193, 1985.

ИНВАРИАНТНИ ПРЕОБРАЗУВАНИЯ И ЧУВСТВИТЕЛНОСТ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ВЕРИГИ

Галина Чернева, Антонио Андонов

ВТУ „Т. Каблешков“, София
e-mail: cherneva@vtu.bg, andonov@vtu.bg

Ключови думи: чувствителност на електрически вериги, инвариантност, схемна функция, честотни и времеви характеристики на електрически вериги.

Резюме: В предлаганата статия инвариантността на функциите на чувствителност на честотните и времевите характеристики на електрическите вериги е доказана въз основа на свойствата на еднородните функции, с които се описват характеристиките им. В статията е доказано, че вариациите на схемната функция на веригата, получени вследствие отклонения на параметрите на елементите ѝ, са инвариантни спрямо възможните еквивалентни преобразувания, реализиращи тази функция, като не зависят от конкретната схемна реализация на веригата.

Изведените зависимости са приложени към пасивна честотно-селективна верига и са определени относителните чувствителности от първи и втори ред на честотните ѝ характеристики. Показано е, че сумарните функции на параметрична чувствителност спрямо различните реактивни елементи слабо се различават и при детерминирани отклонения на параметрите от един вид са инвариантни към реализацията на електрическата верига.

1. Въведение

Методите от теория на чувствителността представляват универсален апарат за решаване на редица задачи, свързани с анализ и диагностика на електрически вериги. Те позволяват да се изследва влиянието на вариациите на параметрите на веригата върху нейната устойчивост и качествени показатели [1,2]. При еквивалентни преобразувания на веригите се установява, че някои суми на функциите на чувствителността представляват постоянни величини и не се променят, т.е. те са инвариантни към реализацията на електрическата верига.

В предлаганата статия се определят инварианти на чувствителността на времевите и честотните характеристики, въз основа на които се формират критерии за устойчивост на електрическите вериги. Изведените зависимости са приложени към реактивна структура, за която е доказано, че сумарните показатели на чувствителност са инвариантни към конкретната реализация на веригата и се определят от свойствата на схемната функция.

2. Инвариантност на функциите на чувствителност на характеристиките на електрическите вериги

Аналитичният израз на много от характеристиките на електрическите вериги може да се представи във вида [4]:

$$(1) \quad F(x, \bar{y}) = F\{x, y_1, \dots, y_n\},$$

където x е независима променлива - честота, време, комплексната променлива p ,
 $\bar{y} = \{y_1, \dots, y_n\}$ е вектор от параметрите на елементите на веригата.

Ако функцията $F(x, \bar{y})$ е еднородна функция от $\nu^{\text{та}}$ степен относно аргументите $y_1, \dots, y_n$, то за нея е изпълнено [5]:

$$(2) \quad F(\mu y_1, \dots, \mu y_n) = \mu^\nu F(y_1, \dots, y_n),$$

където μ е произволно число.

След диференциране на израз (2) спрямо μ се получава:

$$(3) \quad \frac{\partial F}{\partial \mu} \frac{\partial \mu}{\partial y_1} y_1 + \frac{\partial F}{\partial \mu} \frac{\partial \mu}{\partial y_2} y_2 + \dots + \frac{\partial F}{\partial \mu} \frac{\partial \mu}{\partial y_n} y_n = \nu \mu^{\nu-1} F(y_1, \dots, y_n) .$$

Ако се разделят двете страни на равенство (3) на $F(y_1, \dots, y_n)$ и се положи $\mu=1$, се получава, че

$$(4) \quad \sum_{i=1}^n \frac{\partial F}{\partial y_i} \frac{y_i}{F} = \nu = \text{const} .$$

От получената зависимост (4) следва, че ако $F(x, \bar{y})$ е схемна функция на електрическата верига от вида (1), то сумата от функциите на чувствителност по всички параметри на веригата е постоянна величина, т.е. тя е инвариантна. В общия случай това е функционална (алгебрична) зависимост между функциите на чувствителност на веригата спрямо нейните параметри, не съдържаща променливи на състоянието.

Нека $F(x, \bar{y})$ е операторна схемна функция на електрическата верига от вида:

$$(5) \quad F(x, \bar{y}) = F(p, \bar{R}, \bar{L}, \bar{C}) ,$$

където $\bar{R}, \bar{L}, \bar{C}$ са параметри на резисторите, индуктивностите и кондензаторите във веригата. Инвариантността на функциите на чувствителност на (5) се основава на свойствата на схемните функции, използвани при нормиране по амплитуда и по честота:

$$(6) \quad F(p, \mu \bar{R}_0, \mu \bar{L}_0, \bar{C}_0 / \mu) = \mu^\nu F(p, \bar{y}_0) ,$$

$$(7) \quad F(p, \bar{R}_0, \mu \bar{L}_0, \mu \bar{C}_0) = F(\mu p, \bar{y}_0) ,$$

където $\bar{y}_0 = \{\bar{R}_0, \bar{L}_0, \bar{C}_0\}$ е векторът на номиналните параметри на веригата ,

$\nu=1, -1, 0$, в зависимост от това дали $F(p)$ е съпротивление, проводимост или предавателна функция.

Ако означим вариациите на параметрите на елементите с Δy и в изрази (6) и (7) положим :

$$(8) \quad \mu = 1 + \frac{\Delta y}{y_0} ,$$

след което от двете страни на всяко равенство извадим израза на номиналната функция $F(p, \bar{y})$, се получава, че изменението на схемната функция е:

$$(9) \quad \Delta F(p, \bar{y}) = \left(1 + \frac{\Delta y}{y_0}\right)^\nu F(p, \bar{y}) ,$$

$$(10) \quad \Delta F_{LC}(p, \bar{y}) = p \left(1 + \frac{\Delta y}{y_0}\right) F(p, \bar{y}) .$$

Зависимости (9) и (10) показват, че разглежданите вариации на $F(p, \bar{y})$ зависят само от свойствата на номиналната функция и са инвариантни към всички еквивалентни вериги, реализиращи дадената функция.

Аналогични резултати могат да бъдат получени и за чисто реактивни структури на електрическите вериги.

От получените зависимости за операторната схемна функция на веригата следват аналогични съотношения и свойства за честотните характеристики $F(j\omega)$ на електрическата верига.

Въз основа на инвариантността на функциите на чувствителност на $F(p, \bar{R}, \bar{L}, \bar{C})$ може да се докаже и инвариантността на времевите функции на електрическата верига, които [4] се получават чрез обратното преобразуване на Лаплас L^{-1} , ($v=0$):

$$(11) \quad g(t) = L^{-1}\{F(p)\},$$

$$(12) \quad h(t) = L^{-1}\left\{\frac{F(p)}{p}\right\}.$$

След преминаване от уравнения (6) и (7) към съответните операторни образи на времевите функции, се извършва обратното преобразуване на Лаплас. Полученият резултат може да се запише във вида:

$$(13) \quad g(t, \bar{R}_0, \mu\bar{L}_0, \mu\bar{C}_0) = g\left(\frac{t}{\mu}, \bar{y}_0\right),$$

$$(14) \quad h(t, \bar{R}_0, \mu\bar{L}_0, \mu\bar{C}_0) = h\left(\frac{t}{\mu}, \bar{y}_0\right).$$

Получените зависимости показват, че сумарните чувствителности на времевите функции на електрическите вериги в приетия елементарен базис зависят само от свойствата на функцията и са инвариантни към еквивалентните преобразувания на веригата.

3. Изследване на параметричната чувствителност на пасивна честотно-селективна електрическа верига

Параметричната чувствителност на честотната характеристика на една честотно-селективна верига, по отношение на реактивния елемент k , може да се изрази като:

$$(15) \quad |S_k(j\omega)| = \left| \frac{\partial F(j\omega)}{\partial k} \frac{k}{F(j\omega)} \right|.$$

Ако N_L и N_C са броят съответно на индуктивните и капацитивни елементи във веригата, то параметричната чувствителност е сума от чувствителностите по отделните видове реактивни елементи:

$$(16) \quad |S_k(j\omega)| = \sum_{k=1}^{N_L} |S_{L_k}| + \sum_{k=1}^{N_C} |S_{C_k}|.$$

От друга страна комплексната чувствителност може да се представи като:

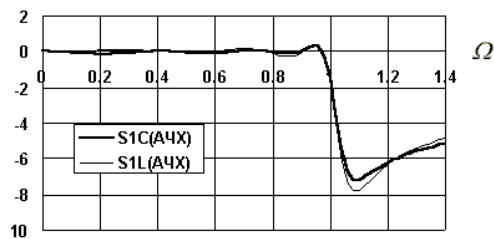
$$(17) \quad S_k(j\omega) = \frac{\partial |F(j\omega)|}{\partial k} \frac{k}{|F(j\omega)|} + j \frac{\partial \varphi(\omega)}{\partial k} k = S_k^{|F|}(\omega) + j Q_k^{\varphi}(\omega),$$

където $S_k^{|F|}(\omega)$ е относителната чувствителност на АЧХ на веригата, а $Q_k^{\varphi}(\omega)$ е относителната чувствителност на ФЧХ.

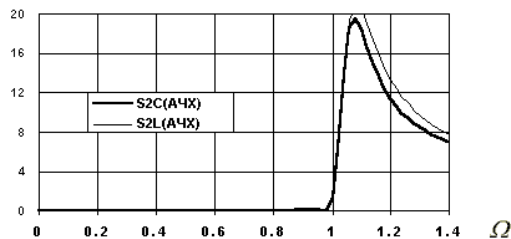
Въз основа на (16) и (17) за относителните чувствителности на веригата може да се запише:

$$(18) \quad S_k^{|F|}(\omega) = \sum_{k=1}^{N_L} \frac{\partial |F|}{\partial L_k} \frac{L_k}{|F|} + \sum_{k=1}^{N_C} \frac{\partial |F|}{\partial C_k} \frac{C_k}{|F|} = \frac{\partial |F|}{\partial \omega} \frac{\omega}{|F|},$$

$$(19) \quad Q_k^{\varphi}(\omega) = \sum_{k=1}^{N_L} Q_{L_k}^{\varphi} + \sum_{k=1}^{N_C} Q_{C_k}^{\varphi} = \frac{\partial \varphi}{\partial \omega} \omega.$$



а).



б).

Фиг.1

От зависимости (18) и (19) следва, че сумарните функции на параметрична чувствителност спрямо различните реактивни елементи при детерминирани отклонения на параметрите от един вид са инвариантни към реализацията на електрическата верига.

Сумарната относителната чувствителност на АЧХ може да се представи в ред на Тейлор [5], в който функциите на чувствителност от първи и втори ред са съответно:

$$(20) \quad S_{1L}^{[F]}(\omega) = \sum_{k=1}^{N_L} \frac{\partial |F|}{\partial L_k} \frac{L_k}{|F|}, \quad S_{1C}^{[F]}(\omega) = \sum_{k=1}^{N_C} \frac{\partial |F|}{\partial C_k} \frac{C_k}{|F|},$$

$$(21) \quad S_{2L}^{[F]}(\omega) = \sum_{k=1}^{N_L} \left(\frac{\partial |F|}{\partial L_k} \frac{L_k}{|F|} \right)^2, \quad S_{2C}^{[F]}(\omega) = \sum_{k=1}^{N_C} \left(\frac{\partial |F|}{\partial C_k} \frac{C_k}{|F|} \right)^2.$$

По зависимости (20) и (21) са изчислени максималните стойности (по модул) на относителните чувствителности от първи и втори ред за НЧФ на Чебишев от 7 ред [3], с неравномерност на затихване в лентата на пропускане $\Delta a = 0,28$ dB и затихване $a_0 = 28$ dB в лентата на задържане при честота $\Omega = 1,3$. Техните зависимости на изменение от нормираната честота Ω са построени на фиг.1.

От получените графични зависимости се вижда, че сумарните функции на параметрична чувствителност спрямо различните реактивни елементи слабо се различават. Следователно при детерминирани отклонения на параметрите от един вид, те са инвариантни към реализацията на електрическата верига.

4. Изводи

Получените инвариантни суми на относителната чувствителност (20) и (21) могат да се използват като показатели за стабилност и чувствителност на честотно-селективните вериги. Те определят детерминирани (зависимост (20)) и случайните (21) съставлящи на вариациите на съответната функция на веригата. Тъй като те са функция на честотата, то за всяка честота може да се определят граничните отклонения на характеристиките на веригата от техните номинални стойности.

Литература:

1. Г е х е р К. Теория чувствительности и допусков электронных цепей. М.: Сов. радио, 1993.
2. P r a s a d S.C. Singh R.P. Group delay sensitivity-its estimation and application. The Radio and Electronic Engineer, 1981
3. З а л ь Р. Справочник по расчету фильтров. / Пер. с нем. под ред. Слепова Н.Н. - М.: Радио и связь, 1983.
4. Т р и ф о н о в И.И. Расчет электронных цепей с заданными частотными характеристиками. - М.: Радио и связь, 1988.
5. К о р н Г., Т. К о р н. Справочник по математике, Москва, 1987.

РОБАСТНИ МЕТОДИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НЕОПРЕДЕЛЕНИ КРИТЕРИИ

Антонио Андонов¹, Зоя Хубенова²

¹ВТУ "Т.Каблешков"

²Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: andonov@vtu.bg; zhubenova@space.bas.bg

Ключови думи: ергатична система, управление, робастност.

Анотация: В статията се разглеждат нови подходи за комплексно решение на проблема за управление в ергатични системи, позволяващи математическа ФОРМАЛИЗАЦИЯ и решаване на оптимизационни задачи в условия на неопределени критерии. В редица ситуации когато обемът на възможните измервания, на които се основава управлението, е ограничен, единствената възможност да се повиши качеството на разполагаемата измерителна информация се състои в използването на априорна информация за обекта на управление. Такива ситуации възникват когато липсва свободен достъп до обекта на управление, при високи скорости на измерителните процедури и др. Това означава, че при допълнителна информация за обекта на управление, такава не може да бъде получена чрез провеждане на допълнителни измервания.

В предложената статия са дадени подходи и изследване върху модели, обосновани на теория на катастрофите и теория на фракталите, даващи възможност да бъдат използвани за повишаване на качеството на количествената априорна информация за обекта на управление.

ROBUST METHODS FOR CONTROL UNDER UNDETERMINED CRITERIA

Antonio Andonov¹, Zoya Hubenova²

¹ Todor Kableshkov University of Transport

² Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: andonov@vtu.bg; gecov@space-mail.bas.bg

Abstract: The paper considers new approaches for complex solving the problem of control in ergatic systems allowing mathematical formalization as well as solving optimization problems under conditions of undetermined criteria. In a number of instances of limiting the possible measurements the control process relies on, the only possibility for improving the quality of the available measured information consists in utilizing apriori information regarding the controlled object. Such situations occur in case of lack of free access to the controlled object, in case of rapid performance of the measurement procedures etc. It means that if additional information about the controlled object was available, it could not be obtained through carrying out measurements in addition.

In the proposed article, a research on the approaches and models based on the theory of catastrophes and fractals is performed which may be used to improve the quality of the quantitative apriori information about the controlled object.

Процесите на управление в сложни ергатични системи на базата на използване на съвременни компютърни технологии условно могат да се разглеждат на две нива. На първото ниво се автоматизират методите на работа на човека, а на второто – вместо копиране на работата му, което в повечето случаи не води до оптимални резултати, се извършва оптимизация на приеманите решения, като се използва компютърна техника. Обаче, основни препятствия за внедряването на системи, реализиращи второто ниво на автоматизация, е липсата в повечето практически решавани задачи за проектиране и управление на зададени критерии за оптималност.

Еволюцията на концепциите, лежащи в основата на системите на управление, води до търсенето и използването на по-съвършени статистически модели на входните въздействия, критерии и методи на синтеза.

При изследването на сложни ЕС се различават следните видове неопределеност:

- неопределеност, произтичаща от незнанието на конкретни стойности на случайни величини или функции, за които са известни статистическите и вероятностни свойства с определена степен на подробност като закони на разпределение на вероятностите, кумуланти, корелационни функции и пр., или са зададени ограничения на максимални и минимални стойности;
- неопределеност, свързана с непознаване на вида на определени детерминирани функции, техните числови характеристики и стойности на константите, описващи вътрешно-системните процеси. Това води до апроксимации;
- неопределеност, произтичаща от техническа невъзможност да се отчитат всички фактори, влияещи върху процесите и хода на процеса на управление и независимо от тези фактори и техните ситуационни характеристики са точно известни (недостатъчност на математическия апарат или изчислителния ресурс). Това води до приближени оценки;
- неопределеност, произтичаща от математическата несъразмерност на числените оценки на величините, характеризиращи управлението в ЕС. Последствията могат да бъдат много сложни;
- неопределеност, свързана с неустойчивостта на системите, пораждащи квазистохастизъм;
- неопределеност, свързана с неизвестно целенасочено въздействие или повторение, което е много характерно за сложните ЕС. Води до риск и това е оперативна неопределеност;
- неопределеност, произтичаща от нови, неизвестни на науката явления и ефекти;
- Неопределеност, свързана с недостатъци или неадекватност на понятийния апарат и невъзможност за формализация и отъждествяване на фактите. Последствията са ситуационни.

Кардинален способност за разрешаването на проблема за априорната неопределеност се състои в използването на принципите на адаптацията. Обаче, неразрешените до настоящия момент редица въпроси, относно динамичните свойства на контура за адаптация често поставят непреодолими препятствия по отношение на практическото използване на този способ. Вследствие на това, перспективно е развитието на методи за синтез на системи, които не са адаптивни в широкия смисъл на това понятие, но осигуряват приемливо, а често пъти оптимално по зададен критерий, качество на работа при изменение на статистическите характеристики на входните въздействия в широк диапазон и при възможна нестабилност на параметрите на обекта на управление. Такива системи са известни като робастни (robust), което в буквален превод означава крепки, силни. Трябва да се посочи, че в литературата понятията робастност и функционална устойчивост често се употребяват като синоними.

Общата концепция за синтеза на робастни системи допуска възможността за използване на различни модели и методи, но основните резултати в тази област се опират на принципа на инвариантността за изследване на развиващи се системи. Този подход се характеризира със следните особености: Функцията се явява първична, а структурата вторична. Функцията се определя от нуждите на практиката и се изменя под нейно влияние. Структурата остава неизменна до тогава, докато осигурява реализация на изменящата се функция. Ако дадена структура не обезпечава новата функция, то тя се заменя с новата структура. Новата структура се обуславя от новата функция. Между новата структура и функцията съществува обратна връзка, способстваща развитието на функцията. Новата функция може да бъде реализирана чрез различни структури. От тях най-ефективна е структурата с минимален брой на компонентите. Функционално-структурния подход характеризира интензивно развиващите се системи. Основен признак на процеса на развитие е наличието на нови технически решения по актуални въпроси. Трябва да се подчертае, че взаимодействието между функция и структура неизбежно изисква разработването на научен метод. В тази връзка в методологично отношение предлагането на метод за синтез на робастни системи при неопределени критерии може да се представи с последователността: принцип (принцип на инвариантността), функция (робастност), цел (разработване на метод за нейната реализация).

В теорията на автоматичното управление проблемът за инвариантността, е проблем за определяне на такива структури и параметри на системата за управление, при което влиянието на определени, произволно променящи се външни смущения и собствени параметри на системата върху динамичните характеристики на процесите на управление, могат да бъдат частично или напълно компенсирани. От съществено значение е, че формирането на системи

за управление на базата на приложението на принципа на инвариантността, се извършва при отсъствие на априорна информация за характера на външните смущения и изменението на параметрите на обекта на управление.

При създаването на робастни системи в условията на широк диапазон на изменение на входните въздействия и нестабилност на параметрите на обекта, основният проблем се свежда до решаването на оптимизационна задача при изменящ се критерий за оптималност. В този най-общ случай синтезът на робастни системи налага задачата за избор на алгоритъм в условия на неопределени критерии. Обикновено подобни задачи са решавани в специализираната литература по следния начин: Избира се произволна целева функция, като се изхожда от съображение за удобство на решението (например средно квадратично отклонение) и се решава съответната математически строго формулирана задача за оптимизация. Основният недостатък на такъв подход се състои в това, че при друг избор на целевата функция, резултатът от решението на оптимизационната задача може да бъде съвършено друг.

В последното десетилетие се разработи специален математически формализъм и методи за решаване на задачи за оптимизация в условия на неопределени критерии. По същество всички тези методи (многокритериални задачи, теория на размитите множества, робастни методи в статистиката, оптимизация в диалогов режим) се свеждат към решаване на задачата за оптимизация с фиксиран критерий, при който се отчита някаква допълнителна априорна информация за обекта на изследване. Подобен аналогичен проблем на разглеждания в статията възниква, например във физиката, където е необходимо от голям брой модели, съгласувани с резултати от експерименти, да се избере даден обобщен модел. Във физиката се използват различни евристични способи за избор на такъв модел: аналогия, принцип на съответствие и симетрия, при които се съхраняват определени свойства на изследвания обект. Поради този факт в статията се предлага следния обобщен подход за решаване на задачата за оптимизация в условията на неопределени критерии: В случай когато критерия не е известен, е необходимо да се определят симетриите в различните модели, съставени по експериментални данни и отделят критериите, инвариантни относно тези симетрии. Пример за такава симетрия е замяната на измервателните единици на отделните величини, т.е. избора на алгоритъма за обработка не трябва да зависи от това, какъв е мащабът на измервателните единици (мащабна инвариантност).

По отношение на често срещаните в практиката мащабно инвариантни процеси, решението на задачата за оптимално управление при условия на априорна неопределеност, е подходяща методологията разгледана в [1], опираща се на съвместното приложение на теория на катастрофите и теория на фракталите за повишаване на качеството на измерител на информация в условия, когато обекта е недостъпен и позволява ограничен брой измервания.

Както е известно от [2], при решаване на проблема на синтеза на робастни системи е тужно да се гарантира зададено допустима стойност на динамичната грешка при управлението. Изборът на предавателна функция на системата, гарантиращ ограничена дисперсия на динамическата грешка в [2], е представен като резултат, разгледан например за преобразуване на входното въздействие през филтър с честотна предавателна функция от вида:

$$(1) \quad H_e(j\omega) = \frac{1}{1 + W(j\omega)} .$$

Намереното там решение за предавателната функция е във вида:

$$(2) \quad |H_e(j\omega)|^2 = c_0 + c_1\omega^2 + \dots + c_N\omega^{2N} \leq C_{2N}(\omega) .$$

Решението на задачата се свежда до това, при зададена предавателна функция да се подберат коефициентите C_i , за които е изпълнено условие (2). На тази база е поставена обратната задача на равенство (2), определяща синтеза на робастна система по следния начин: За някакъв набор от коефициенти $\{C_i\}_0^N$, за които е изпълнено равенството:

$$(3) \quad c_0 D_0 + c_1 D_1 + \dots + c_N D_N = D_{eg}^0 ,$$

трябва да се отдели клас предавателни функции, за които е изпълнено условие (2). Тук D_{eg}^0 е зададената допустимата стойност на дисперсията на динамичната грешка.

В статия [1] е предложена фракталната $S_x(\omega) = B\omega^\beta$; $S_\xi(\omega) = B\psi'$. Тогава оптималния метод на корекция (т.е. оптимален винеров филтър) ще бъде преобразованието:

$$(4) \quad \tilde{x}(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{1 + D\omega^\delta} ,$$

където $y(j\omega)$ е преобразование на Фурие от коригираната стойност, а $\tilde{x}(j\omega)$ преобразование на Фурие от оценката. Тази апроксимация притежава свойството мащабна инвариантност.

Предложеният робастен метод в работа (1) в сравнение с посочения в работа (2) позволява преодоляване на априорната неопределеност в модели, които имат локално негладко поведение, прекъсвания и скокообразно изменение на параметрите при преход между различни фази на бързоизменящи се процеси.

Литература:

1. А н д о н о в А., З. Х у б е н о в а, Г. Ч е р н е в а. Фрактални методи за диагностика на технически обекти, функциониращи в условия на висока априорна неопределеност. Трета научна конференция с международно участие "Космос, екология, нанотехнологии, сигурност" SENS 2007, Варна, 2007.
2. Б е с е к е р с к и й В., А. Н е б ы л о в. Робастные системы автоматического управления, М., "Наука", 1989.
3. Д е й в и д Г. Порядковые статистики. М.Наука, 1989.
4. С е й д ж Э., Дж. М е л с. Теория оценивания и ее применение в связи и управленя. М. Связь. 1979.
5. Т и х о н о в В. И. Нелинейные преобразования случайных процессов. М.Радио и связь,1986.
6. Т h o m R., В. M a n d e l b r o t. Fractal geometry. San. Fr. 2005..

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНОТО ИЗЛЪЧВАНЕ НА ИНТЕЛИГЕНТНИ БОРДОВИ СИСТЕМИ С КОСМИЧЕСКО БАЗИРАНЕ

Румен Шкевов, Павлин Граматиков

Институт за космически изследвания - Българска академия на науките
e-mail: shkevov@space.bas.bg, pgramatikov@space.bas.bg

Ключови думи: космически електронни системи, електромагнитна съвместимост, радиочестотни смущения, електромагнитни взаимодействия, интелигентни системи, микропроцесорен блок, електромагнитни емисии

Абстракт: Извършено е измерване на електромагнитното излъчване на интелигентна система с космическо базиране с цел оценка и оптимизация на разработвания модул. Измерванията са проведени в различни работни състояния на системата. Направен е анализ за приложението на конкретната система в космически условия при наложени изисквания по международните стандарти за електромагнитна съвместимост на борда на големи космически обекти. Приведени са графики с измерените амплитуди на електромагнитните смущения и техните разлики в различни работни режими.

INVESTIGATION OF ON-BOARD SPACE-BASED INTELLIGENT SYSTEMS ELECTROMAGNETIC EMISSION

Rumen Shkevov, Pavlin Gramatikov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: shkevov@space.bas.bg, pgramatikov@space.bas.bg

Keywords: space electronic systems, electromagnetic compatibility (EMC), radio-frequency interference (RFI), electromagnetic interference (EMI), intelligent system, microprocessor unit, electromagnetic emission

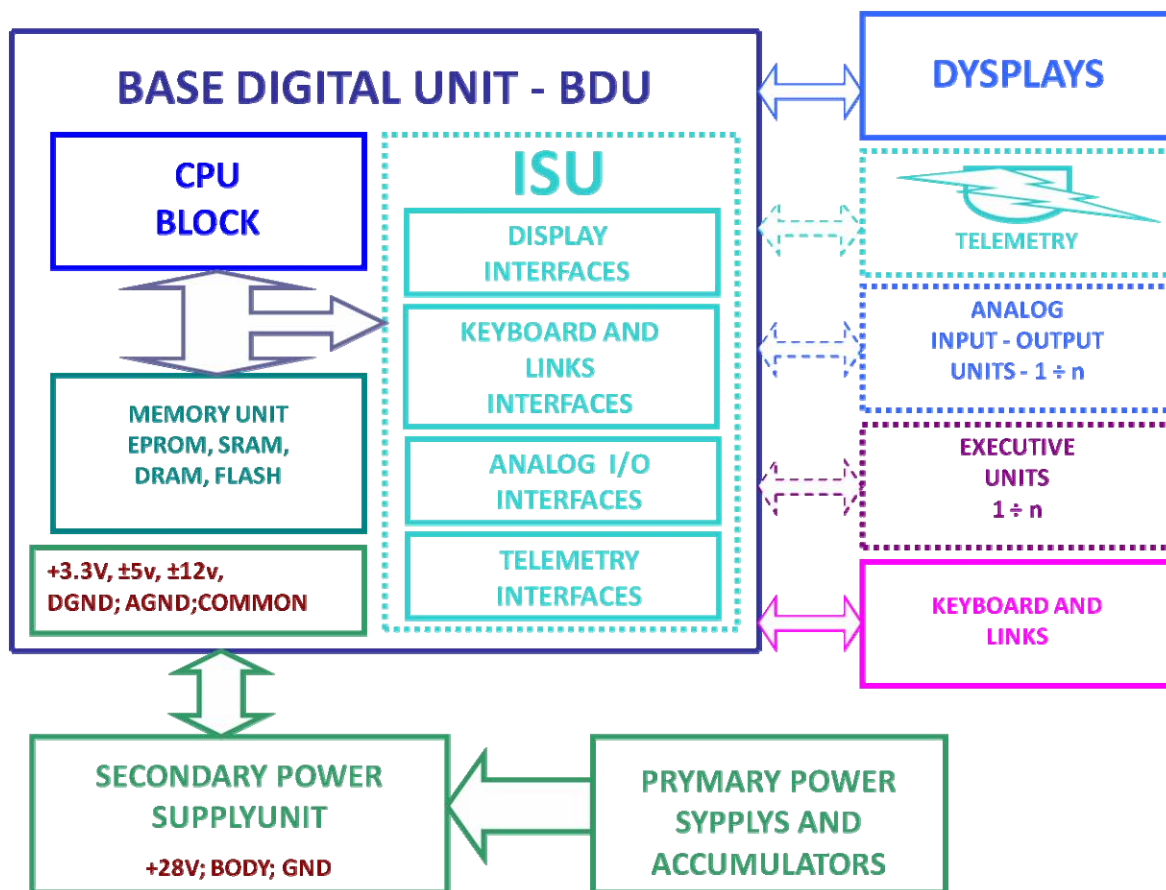
Abstract: The electromagnetic emission of an intelligent onboard space-based system is investigated for the later optimization of the developed unit. Leading measurement is performed in different work conditions of the system. Analysis of the system's applicability in space conditions in conformity with international standards of electromagnetic interference, radio-frequency interference and electromagnetic compatibility onboard large space structures is made. Graphs of the measured amplitudes of electromagnetic disturbances and their differences in several work regimes are shown.

Въведение

Обектът на изследване в настоящата работа са електромагнитното излъчване (EMI), електромагнитната съвместимост (EMC) и радиочестотните смущения (RFI) на интелигентни бордови системи с космическо базиране. Измерванията на (EMC) и (RFI) могат да се извършат според методите и стандартите [1÷4]. Теорията, методиките и инструментите чрез които се решават проблеми на електромагнитната съвместимост са изложени в [5]. Оптимизацията при проектиране на топологията на електронни модули е подробно разгледана в [6,7]. Особеностите на електронни инструменти с аерокосмическо приложение и техните EMC и EMI при имитация на реален бордови комплекс са описани в [8]. Една работа с практическа насоченост, обсъждаща в комплексен аспект проблемите при дизайна на сложни интелигентни аналого-цифрови системи е [9]. Натрупаният опит в реализация на космически прибори [10] показва, че изследването на EMC, EMI и RFI е препоръчително да се започне на по-ранен етап - лабораторен или технологичен образец.

Методи на изследването

Блоквата схема на интелигентна система с космическо базиране е показана на фиг.1, където използваните съкращения са - „Base Digital Unit” - BDU, „Interface System Unit” – ISU. Показаната обща структура е максимално близка до реалните интелигентни системи, с цел постигане на максимално коректни измервания и изследвания на (EMC) и (RFI). Изследвано е излъчването на съединени и захранени BDU и ISU. Към тях бяха присъединени дисплеи, интерфейсите на аналоговите входно-изходни устройства, интерфейсите на изпълнителни механизми и устройства, а също така и интерфейсите на печатащи устройства клавиатури.



Фиг.1 Блок-схема на изследваната система.

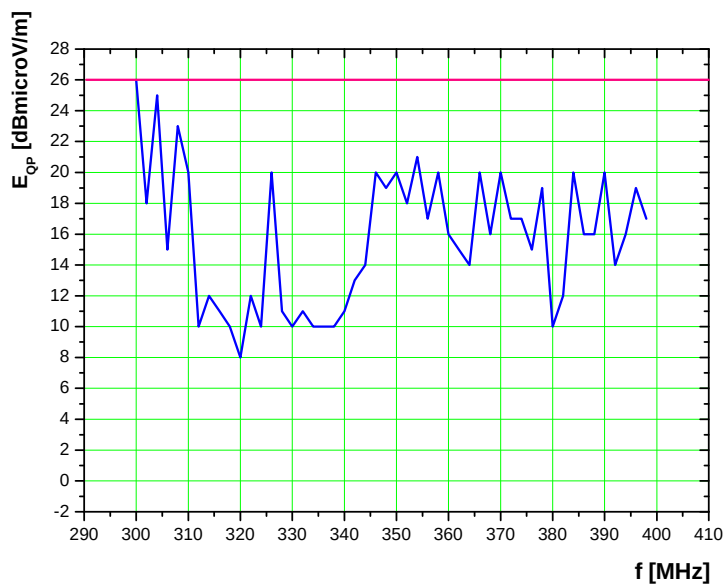
Индукцираните токове в използваните за екраниране материали и структури могат да бъдат разглеждани като източници на електромагнитни вълни. Взаимодействието им води както до подобряване, така и до влошаване на EMC и EMI в зависимост от реализираната конфигурация.

Експерименталните условия, теорията и методиките, на които е основано настоящото изследване са сходни с тези от серията публикации в конференцията SENS. Подробно описание на постановката на експеримента може да бъде намерена в [11].

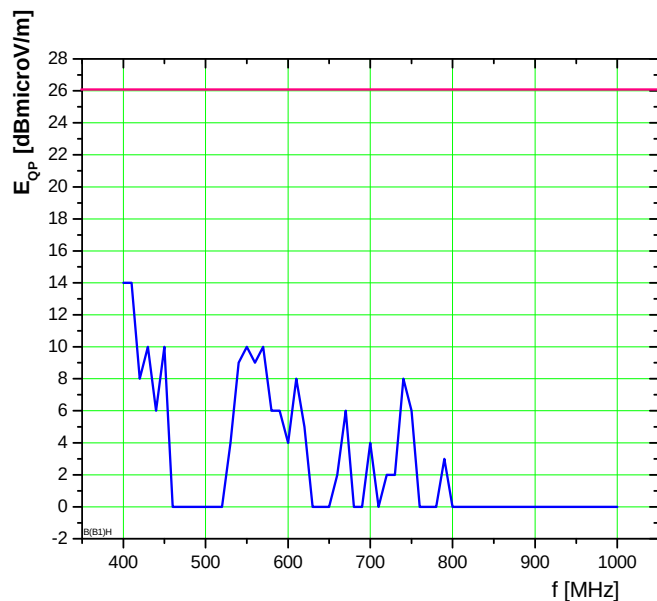
Експериментални резултати

Проведените измервания са направени в съответствие с процедурите описани в [2], [3], [8]. На фиг. 2 е представен резултатът от измерването на спектъра на излъчените радиощумове E_{QP1} на отворени неекранирани базови блокове BDU и ISU от 300 до 400 MHz, където E_{QP} са измерените стойности за амплитудите на напрегатостта на електрическото поле за конкретни честоти в [dBmicroV/m].

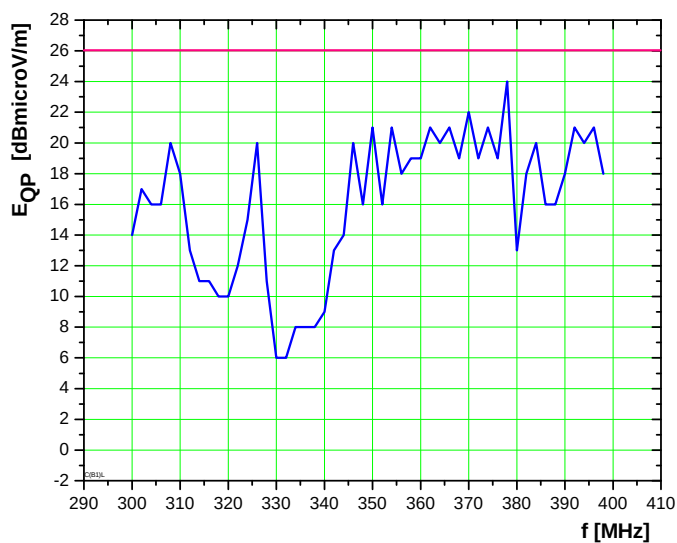
Както се вижда на фиг. 2, най-високи амплитуди на шумовете се наблюдават на честоти от 300÷310 MHz, 325 MHz и в диапазона 345÷395 MHz. Профилът на амплитудите на E_{QP2} от фиг.3 в диапазона 400 MHz до 1000 MHz показва сравнително по-ниски амплитуди спрямо E_{QP1} - фиг. 2. На честоти по-високи от 800 MHz, излъчените шумове са пренебрежимо малки -



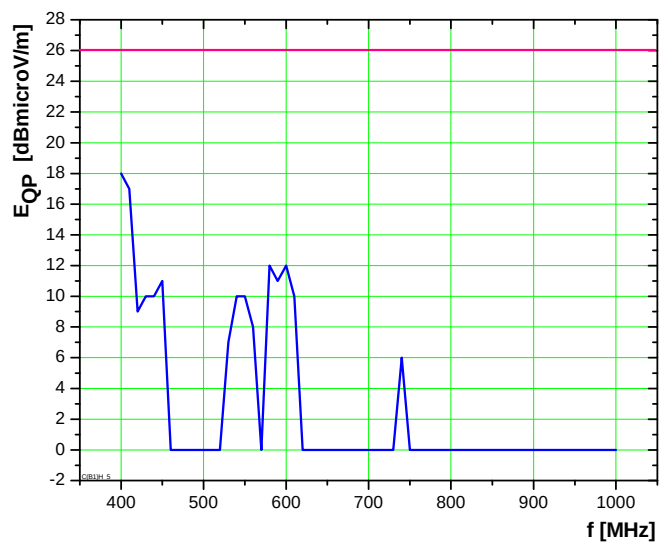
Фиг. 2. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радишумове E_{QP1} на отворени неекранирани BDU и ISU от 300 до 400 MHz.



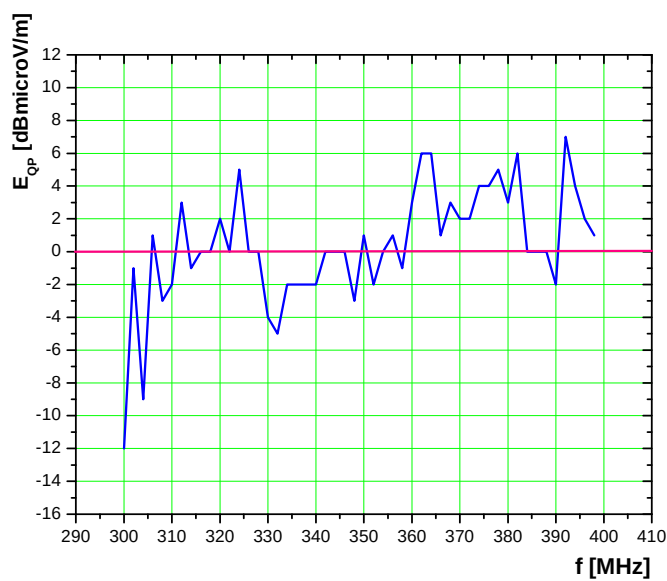
Фиг. 3. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радишумове E_{QP2} на отворени неекранирани BDU и ISU от 400 MHz до 1000 MHz



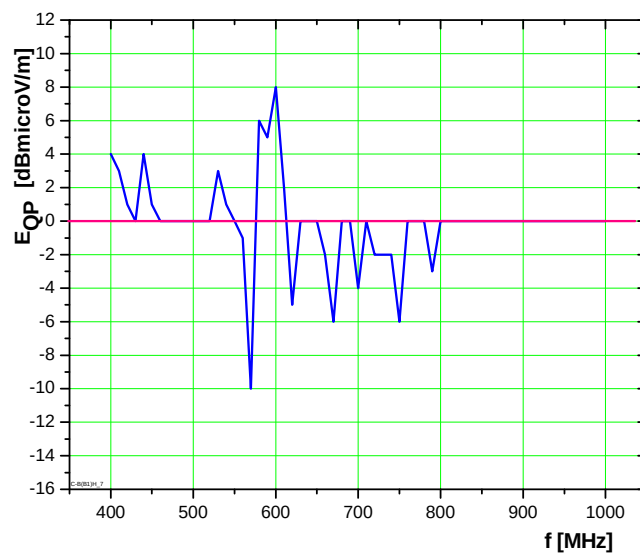
Фиг. 4. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радишумове E_{QP3} на BDU и ISU и заземен екран на BDU от 300 до 400 MHz.



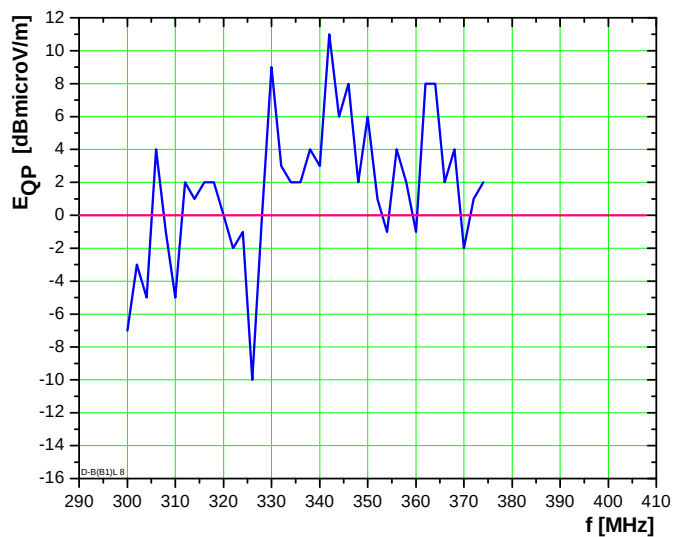
Фиг. 5. Напрегнатост на електрическото поле на излъчените радишумове E_{QP4} на BDU и ISU и заземен екран на BDU от 400 до 1000 MHz.



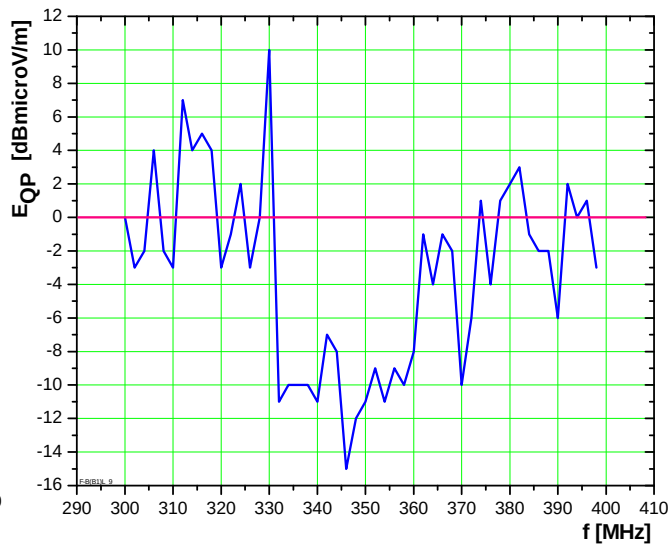
Фиг. 6. Разлика в напрегнатостта на електрическото поле на радишумовете ΔE_{QP1} на BDU и ISU и заземен екран на BDU от 300 до 400 MHz.



Фиг. 7. Разлика в напрегнатостта на електрическото поле на радишумовете ΔE_{QP2} на BDU и ISU и заземен екран на BDU от 400 до 1000 MHz.



Фиг. 8. Разлика в напрегнатостта на електрическото поле на радишумовете ΔE_{QP3} на BDU и ISU и заземени екрани на BDU и ISU от 300 до 400 MHz.



Фиг. 9. Разлика в напрегнатостта на електрическото поле на радишумовете ΔE_{QP4} на BDU и ISU и незаземени екрани на BDU и ISU от 300 до 400 MHz.

– съизмерими със собствените шумове на използвания измервателен уред. Измерените стойности на E_{QP1} и E_{QP2} на неекранираните цифрови модули BDU и ISU са използвани като базови за нуждите на проведеното изследване.

Приложени бяха различни средства за подтискане на EMC и RFI, като еднослойни многослойни магнитни и немагнитни екрани с различни геометрични форми и структури. Изследвано бе влиянието на разстоянието между екрана и платката, видът и мястото на заземяването на екрана. По-долу са обсъдени три експеримента с плоски локални, немагнитни екрани, съизмерими с размерите на базовите блокове BDU и ISU.

Първият експеримент бе проведен при монтиран заземен екран на BDU и резултатите от него са представени на фиг.4÷7. Амплитудите на E_{QP3} са показани на фиг. 4 в диапазона от 300÷400 MHz, а на E_{QP4} - фиг. 5 от 400÷1000 MHz. На фиг. 6 е представена разликата в напрегнатостта на електрическото поле на излъчените радиошумове ΔE_{QP1} на BDU и ISU и заземен екран на BDU от 300÷400 MHz, където :

$$(1) \quad \Delta E_{QP1} = E_{QP2} - E_{QP1} \quad [\text{dBmicroV/m}]$$

Анализът на фиг.4 и фиг.6 показва влошаване на параметрите на RFI в честотния диапазон от 310÷330 MHz и от 360÷400 MHz. Голям положителен ефект е понижението на ΔE_{QP1} (фиг. 6) в обхвата 300÷310 MHz, а относително по-малък е този в диапазона 330÷340MHz. В условията на първият експеримент (фиг.3, фиг. 5) в честотния диапазон 400÷1000MHz се наблюдава изчезването на няколко спектрални съставлящи на честота 560 MHz и в диапазоните 620÷730 MHz, което подобрява общата картина на RFI и EMI.

На фиг. 7 е показана разликата в напрегнатостта на електрическото поле на излъчените радиошумове ΔE_{QP2} на BDU и ISU при заземен екран на BDU от 400 до 1000 MHz, където :

$$(2) \quad \Delta E_{QP2} = E_{QP4} - E_{QP1} \quad [\text{dBmicroV/m}]$$

На фиг.7 в диапазона от 400÷600 MHz се забелязва повишаване на амплитудата на 5 хармонични честоти, а в обхвата 560÷800 MHz понижаване в 6 отделни честоти.

Вторият експеримент е проведен при монтирани два заземени екрана на BDU и ISU. Резултатите за ΔE_{QP3} са представени на фиг.8. Сравняването на кривите, показани на фиг.6 и фиг.8 води до извода, че вторият експеримент е по-неуспешен в сравнение с първия.

Третият експеримент е проведен при монтирани два незаземени екрана на BDU и ISU. Резултатите за ΔE_{QP4} са представени на фиг.9. Анализът на кривите от фиг.6, фиг.8 и фиг.9 извежда като най-успешен третия експеримент, защото в относително широк диапазон 330÷380MHz е постигнато най-добро подтискане на излъчените радиошумове. За отделни честоти е получено сравнително високо понижаване в границите от -10 [dBmicroV/m] до -15 [dBmicroV/m].

Заземяването на екрани като единствен фактор и разлика между втори и трети експеримент показва съществени промени в измерената напрегнатост на електрическото поле на радиошумовете. Противно на очакванията, незаземените екрани дадоха по-добри резултати.

Заклучение

Регистрирани са съществени изменения в наблюдавания спектър на измерените електромагнитни смущения E_{QP} при добавяне на екрани в изследваната интелигентна микропроцесорна система за различни работни състояния. Свързването и големината на екраните на съответните модули, както и тяхното разположение води до противоречиви резултати - фиг. 6, 7, 8, 9. Приложените методи и средства в проведеното изследване повишават до +11 [dBmicroV/m]. - фиг. 8 или понижават до -15dB [dBmicroV/m]. - фиг. 9 нивото на излъчените радиошумове, за различни състояния на системата. Необходимо е допълнително изследване и оптимизация на EMC и RFI на системата при работа в комплекса от научна апаратура на борда на космическия обект. Анализът на нивото и характера на EMC и RFI, показва приложимостта на конкретната система за целите на космическото приборостроене.

Литература:

1. Space systems - Electromagnetic compatibility requirements. Draft International Standard ISO/DIS 14302, International Organization for Standardization, 2001.
2. International Space Station Program. NASA/RSA Joint Specifications/Standards Document for the ISS Russian Segment, SSP 50094, Revision A, NASA, Johnson Space Center Houston, Texas, March 10, 2000. 551pgs.

3. Исходные технические требования к аппаратуре и оборудованию - ИТТ2. Комплекс целевых нагрузок. ИТТ КЦН РС МКС П 34240-515, Ракетно–космическая корпорация “Энергия” имени С. П. Королева, сентябрь 2000г. 111стр.
4. V. S m i t h. Comparison of Commercial Electromagnetic Interference Test Techniques to NASA Electromagnetic Interference Test Techniques. NASA/CR—2000–210400. NASA Marshall Space Flight Center, November 2000.
5. Archambeault B., Ramahi O., Brench C., EMI/EMC Computational Modeling Handbook (2nd Edition), Springer; 2001, 336 p.
6. K i n g, M i c h a e l W., EMCT: High Speed Design Tutorial (ISBN 0-7381-3340-X), Module 3, Sections A and B, Published by Elliott Laboratories, Sunnyvale California, August, 2002
7. E v e r e t t I I I, W. W o o d r o w et. all, "Experimental Evaluation of Microprocessor Susceptibility in the 300 MHz to 1.0 GHz Range," 1984 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Vol. 1, Tokyo, Japan, Oct. 16-18, 1984, pp. 216-221.
8. S k e t o e J. G. Integrated circuit electromagnetic immunity handbook, Tech. Rep. NASA/CR-2000 -210017, Boing Information, Space and Defense Systems, Seattle, WA, 2000
9. B r o e d e r s J a n – H e i n, M a r k M e y w e s, and B o n n i e B a k e r. "Noise and Interference," Burr-Brown Design Seminar, (www.conformity.com/2261).
10. Television observations of Phobos G. A. A v a n e s o v,P. G r a m a t i k o v,....et all. Nature V.341, 1989, 585-587p
11. G r a m a t i k o v P., R. S h k e v o v. Electromagnetic interference optimization of the digital units for space applications. Proceedings of the Second Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, NANOTECHNOLOGY, SAFETY, 27–29 June 2007, Varna, Bulgaria, 126-131pp.

Session 3

***Remote Sensing
and
Geoinformation Systems***

Chairman: Sen. Res. Eugenia Roumenina
Secretary: Tsveta Srebrova

PLANIMETRIC ACCURACY OF ORTHORECTIFIED QUICKBIRD IMAGERY USING NON-PARAMETRIC SENSOR MODELS

Ahmed Ramzi, Nikola Georgiev, Roumen Nedkov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ahmedasi@hotmail.com

Keywords: Orthoimages, non-parametric sensor models, VHR satellite images

Abstract: Now the resolution of VHR satellite images, such as QuickBird images is sufficient to generate digital orthoimages. Orthorectification is the process of geometrically correcting imagery for significant geometric inaccuracies which can be caused by topography, camera geometry, and sensor related errors. The output of orthorectification is a planimetrically true image. There are two approaches for orientation of images: physical model and non-parametric models. Physical models describe the physical acquisition geometry and are based on collinearity equations and coplanarity equations. Non-parametric sensor models describe the relationship between the image and the ground coordinates based on the RPC (Rational Polynomial Coefficients), digital elevation model (DEM) and three-dimension ground control points (3D-GCPs). The orthorectification methods applied in this study are the following: (1) using the RPC supplied with data only; (2) using the RPC supplied with data + 2GCPs; and (3) using built RPC from 3D GCPs.

The test field is a flat area covered with single QuickBird, 0.599m resolution, panchromatic standard ortho-ready Level-2A date 2005-09-06. Mean Off Nadir Viewing Angle = 8.6; and Cloud Cover = 0.029. The required height information, ground control points (GCPs) and check points (CPs) used in this study are obtained from digital surface model (DSM) and ground survey.

The objective of this research is to study non-parametric sensor models for orthorectification of QuickBird imagery to produce orthoimages for the selected study area. In the framework of the investigation, accuracy evaluation of the planimetric position of the obtained satellite orthoimages is made.

Aims:

1. Using remote sensing data and digital image processing techniques to produce orthoimages with suitable scale.
2. The results of this study could be useful for future production of orthoimages in similar study area.

Introduction

Orthorectification is the process of geometrically correcting imagery for significant geometric inaccuracies which can be caused by topography, camera geometry, and sensor related errors. The output of orthorectification is a planimetrically true image. The goals of orthorectification images require very high positional accuracy or uniform scale throughout the image. For example, after orthorectification it becomes appropriate to measure or precisely locate features in the image, to collect information for a GIS, or to combine the image with other accurately rectified images for sophisticated analysis.

In the case of this paper, the input images are very high-resolution satellite images QuickBird provided with RPC (Rational Polynomial Coefficients) sensor models. Original RPCs provided with very high-resolution satellite image products are known to contain significant biases, which can be corrected if GCP data of the image area is available (Grodecki and Dial, 2001; Fraser et al., 2006).

Objectives of the Research Work:

1. To study produced orthoimages from QuickBird 0.599 m resolution, panchromatic standard ortho-ready Level-2A.
2. To assess the quantitative assessment of produced orthoimages, through calculation of statistics of the check points.

Data Sets and Test Site:

The test area is located in Egypt. The test area is covered by QuickBird, 0.599m resolution, panchromatic standard ortho-ready Level-2A date 2005-09-06. The mean off nadir viewing angle = 8.6 degree, and % cloud cover = 2.9%. The total area=33 km². The Characteristics of QuickBird images are :

Sensor Name: QuickBird
Focal Length (mm) = 8836.2
Image Pixel Size x,y (mm) (0.013745, 0.013745)
Mean In Track View Angle = -8.6
Mean Cross Track View Angle = -1.0
DEM Correction = "Base Elevation"; terrain Hae = 21.08;
Image Descriptor = "ORStandard2A";
bandId = "P";
Product Level = "LV2A";
Product Type = "Standard";
bits Per Pixel = 16;
scanDirection = "Forward";
Cat Id = "1010010004807F00";
First Line Time = 2005-09-06T08:55:51.056546Z;
Mean Sun Az = 147.4;
Mean Sun El = 62.1;
Mean Sat Az = 194.6;
Mean Sat El = 80.5;
Mean Off Nadir View Angle = 8.6;
Cloud Cover = 0.029;
Earliest Acq Time = 2005-09-06T08:56:10.888743Z;
Latest Acq Time = 2005-09-06T08:56:10.888743Z;

Ground Control Points GCPs and Check Points CPs

Ground Control Points (GCPs) and Check Points (CPs) are necessary to orthorectify the satellite images and to control the orthoimages accuracy, 12 GCPs were collected by using GPS and the coordinates of 26 CPs extracted from large scale maps 1/2500. A well distributed points over the territory of Kafr Az-zyat were done.

Digital Surface Model DSM

One input for orthorectification of QuickBird images is the elevation model. The traditional way to correct image geometry is by using a bare ground model (DTM: digital terrain model). The result of this kind of rectification is acceptable for small scale application; however, large scale images suffer from the fact that 3D objects have a lean. 3D objects are not represented geometrically correct because their height is not taken into account. In case of buildings, displacement of footprints and roofs is extremely unpleasant when e.g. merging such image data with other geographically correct information.

A 3D digital surface model DSM were generated from map scale 1/2500 produced from stereo aerial photos covered the study area by generated the contour lines of these maps with contour interval 1m and interpolation with a grid-cell of 0.80 meters.

The generated model used consists of both bare land or digital terrain model (DTM) and digital building (DBM).

Used Map Projection And Datum

Projection: map Projection Name = "UTM"; map Zone = 36 ;Reference Ellipsoid:WGS-84; semi Major Axis = 6378137.0000; inverse Flattening = 298.257223563;

1 Projection: ETM Datum: Halmart 1906

Map converted from UTM Datum WGS-84 reference system to ETM Datum: Halmart 1906, by using Envi software and the seven transformation parameters.

Methodology

As mentioned before, according to the technical features of QuickBird products, the best choice when dealing with an accurate orthorectification is to start from the Basic or Standard OrthoReady products. In this study three different approaches can be used to orthorectify the QuickBird images.

Inputs for generation orthoimages include satellite images, GCPs and/or map and DEM. The generation of orthoimages is accomplished in three steps, viz. generation of digital elevation model (DEM) using GCPs, geometric correction and grid generation in a given map projection using ground to image mapping, and re-sampling to generate a gray-level image in a required output (map) resolution. The RPC (Rational Polynomial Coefficients or rapid positioning coordinates) sensor model can now be used to orthorectify data from QuickBird sensors within ENVI 4.0. The RPC orthorectification process combines several sets of input data to place each pixel in the correct ground location. In addition to the image to be rectified, the RPC coefficients and some sort of elevation information are required. Furthermore, the offset between mean sea level and the gravitational equipotential surface known as the *geoid* is required so the elevation can be correctly interpreted. Finally, if the source image does not have approximate geo-location information available, the rough location of the image on the earth's surface must be computed to provide a location base needed for the RPC transformation.

Methods of orthorectification which applied in this study were.

(1) using the RPC supplied with the data only.

(2) using the RPC supplied with the data + 2GCPs

In this case, the RPCs supplied with the data was used followed by transformation using 2 GCPs.

(3) using build RPCs from 3d GCPs only.

In this case, another option was used to build RPCs for any generic pushbroom sensor, scanned aerial photograph, or digital aerial photograph. Build RPCs function can be done from ground 3d-control points (GCPs) or from known exterior orientation parameters (XS, YS, ZS, Omega, Phi, and Kappa). Then, use the Generic RPC to orthorectify the image. In our case we build RPCs function based 3d ground control points (GCPs) using ENVI software. ENVI software implements a build up Rational Function Model for orthorectification QuickBird images.

In the present research the accuracy test includes calculations of the discrepancies of X, Y coordinates for a total group of (26) test points check points CPs located on the orthorectified image covering the whole test area. These point's X, Y coordinates are compared with the corresponding ones derived from the existing map 1/2500 which are considered as a reference in this research. In all the tests the same number of CPs was used for each of the four studied orthorectification approaches.

The Digital elevation model used was accurate. This means that the transformation from image pixels to projected coordinates was obtained based on accurate GCPs in x, y and z.

In any case, when applying the transformation to the whole image, the position of each pixel in the final rectified imagery is dependent on the accuracy of elevation data.

Results and Analysis

The first result is related to the first method: using the rational polynomial functions RPCs supplied with the data (no additional GCPs) and the DTM to generate orthorectified panchromatic image.

The results in terms of RMSE, maximum and minimum residuals errors in x and y direction on 26 CPs have been summarized in table 1. When applying RPCs supplied with the data (no additional GCPs), The RMS error and in check points CPs X and Y directions are 1.178m and 0.524m. The total RMSt is 1.392m. The max. and min. residuals in x direction are 9.227m and 4.378m, in y direction are 4.712m and 2.384m

Table 1. RMS error maximum and minimum residuals in check points CPs X and Y directions and the total RMSt using the RPCs supplied with the data

No. of GCPs	No of CPs	Dx (m)	Dy (m)	RMS (m)	RMSt (m)
0	26	Max 5.227 Min 2.378	Max. 4.712 Min. 2.384	x 3.956 y 3.956	4.875

The second sets of results Table 2 are related to the application of the rational polynomial functions provided with the image data followed by transformation using only two GCPs and the DTM to generate orthorectified panchromatic image.

When applying RPCs supplied with the data +2 GCPs, the RMS error and in check points CPs X and Y directions are 0.959m and 0.742m .The total RMSt is 1.499m. The max. and min. residuals in x direction are 3.657m and -0.432m, in y direction are 2.337m and -1.411m

Table 2. RMS error maximum and minimum residuals in check points CPs X and Y directions and the total RMSt using RPCs supplied with the data+ 2 GCPs.

No. of GCPs	No of CPs	Dx (m)	Dy (m)	RMS (m)	RMSt (m)
2	26	Max. 3.657 Min. -0.432	Max. 2.337 Min. -1.411	x 0.959 y 1.152	1.499

The Third sets of results Tables 3 are related to the application of build rational polynomial functions from user 3d GCPs to generate orthorectified image.

When collecting around 12 GCPs and working with a first order build RPCs from user 3d GCPs only. The RMS error and in check points CPs X and Y directions are 1.161m and 1.663m. The total RMSt is 2.028m. The max. and min. residuals in x direction are 2.271m and -2.731m, in y direction are 5.435m and -2.341m

Table 3. RMS error maximum and minimum residuals in check points CPs X and Y directions and the total RMSt using Build RPCs for any generic pushbroom sensor

No. of GCPs	No of CPs	Dx (m)	Dy (m)	RMS (m)	RMSt (m)
12	26	Max. 2.271 Min. -2.731	Max. 5.435 Min. -2.341	X 1.161 Y 1.663	2.028

Conclusions

Regarding the assessment of obtained results, the following conclusions can be outlined for flat terrains area:

1. Generation of orthoimages with high accuracy can be done effectively from Ortho Ready Standard panchromatic product using non-parametric models that does not require the data of imaging sensor and orbit elements. The user can also order smaller Ortho Ready Standard panchromatic scenes which are cheaper instead of full scenes.
2. The RPC (Rational Polynomial Coefficients) non-parametric model are used for orthorectifying QuickBird imagery of flat terrain with accuracies 4,875m, 1.499m and 2.028m according to the three methods of orthorectification. These accuracies of the orthorectification meet theoretically the requirements for orthoimages scale 1:10000, 1:3000 and 1:5000 or smaller.

Recommendations:

1. Re-calculating the results for images that covers hilly terrain.
2. Re-calculating the results using physical model (the rigorous).

References:

1. Cheng P., T. Toutin, 2002. QuickBird – A Milestone for High-Resolution Mapping – Earth Observation Magazine, 11(4)
2. Clive S., Fraser, (2005) "Prospects For Mapping From High-Resolution Satellite Imagery", Department of Geomatics University of Melbourne Melbourne VIC 3010 Australia
3. F. YAŞA1, (2005) "Geometric Accuracy Of High-Resolution Data For Urban Planning", İstanbul Technical University, Faculty of Civil Engineering, Geomatic Engineering Graduate Program, 34469, Maslak, İstanbul, Turkey
4. Fraser C. S., H. Hanley B. and T. Yamakawa, (2002), "Three-dimensional geopositioning accuracy of IKONOS imagery", Photogrammetric Record, 17, 465-479
5. Jacobsen K. (2006), "Understanding Geo-Information from High Resolution Optical Satellites", GIS Development, 10(3), 24-28.

6. J a c o b s e n K. 2002: Generation of Orthophotos with CARTERRA Geo Images without Orientation Information, ASPRS annual convention, Washington 2002
7. J a c o b s e n K., R. P a s s i n i, 2003: Comparison of QuickBird and Ikonos images for the generation of Ortho-images, ASPRS Annual Convention, Anchorage, 2003, on CD
8. J a c o b s e n (2003), "Orthoimages And DEMs by QuickBird and IKONOS", K. Jacobsen. University of Hannover, Germany. EARSeL Ghent,
9. T o u t i n T., 2004, Geometric processing of remote sensing images: models, algorithms and methods, International Journal of Remote Sensing, published 2003
10. Wenzhong Shi and Ahmed Shaker, (2002), "Approximate approaches for geometric corrections of High Resolution Satellite Imagery", Advanced Research Center for Spatial Information Technology Department of Land Surveying and Geo-Informatics The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong
11. W o l n i e w i c z W., (2007), "Finding True Position of Buildings in Orthophotos" , Institute of Photogrammetry and Cartography, Faculty of Geodesy and Cartography, Warsaw University of Technology, Pl. Politechniki 1, Warsaw, Poland, 00-661
12. X u t o n g N i u, (2007), "geometric modelling and photogrammetric processing of highresolution Satellite imagery" Mapping and GIS Laboratory, CEEGS, The Ohio State University

QUALITATIVE ANALYSIS OF THE VISUAL INTERPRETATION OF SINGLE QUICKBIRD IMAGERY

Ahmed Ramzi, Roumen Nedkov

*Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: ahmedasi@hotmail.com*

Keywords: Visual interpretation, Data extraction, VHR satellite images, Large Scale Mapping

Abstract: *There are many available sources of geographic data, such as areal photography, field surveys and paper maps. For most applications, satellite images are often the best practical way to acquire usable geographic information due to its characteristics. The key factor for information extraction is the very high resolution which makes QuickBird panchromatic or pan-sharpened images a very powerful instrument especially over urban areas where small details can be sensed by the satellite. The information extraction process can be carried out in an automatic or semi-automatic way by using more or less sophisticated algorithms that take into account the spectral, geometric, contextual and hierarchical features or simply by visual interpretation. The information to be extracted depends on the objectives of the analysis. In many cases, the focus is on man-made features such as roads, buildings and infrastructure. The level of detail of QuickBird data enables the detection of many features, not only buildings and roads, but also single trees, parking areas, sports facilities, etc.*

In this work, we study and evaluate in details the visual interpretation approach which is always the best way for information extraction for mapping. The result of this research shows that not all objects can be identified with sufficient accuracy and clearness. There is limitation imposed by the resolution of the satellite image. So, when the objects are not clear and cannot be identified properly, other sources of information must be used.

Aims:

1. Evaluating the detectability levels of different classes of features from two dimensional panchromatic QuickBird image using visual interpretation.
2. Providing image interpreters with image interpretation key which help them in their visual analysis task.

1. Background

Very high resolution space imagery such as IKONOS, QuickBird and EROS is essential for a large scale mapping; QuickBird is the satellite that offers the most powerful solution for information extraction and mapping in a wide range of applications. The QuickBird sensor is one of those. It offers images with a spatial resolution of 0.61 m (panchromatic) and 2.44 m (four multispectral bands). Feature recognition is very important to GIS users. It is determination of different objects on the images and classified. These objects are then used to build GIS topology useful for map making and modeling. Much useful information can be obtained by visual examination of individual image bands. Here our visual abilities to rapidly assess the shape and size of ground features and their spatial patterns (texture) play important roles in interpretation. One of the most important characteristics of an image band is its distribution of brightness levels, which is most commonly represented as a *histogram*. Increase the interpretability of grayscale images by using the Contrast Enhancement procedure. Automatic classification techniques of satellite images is allocating every image pixel we want to classify, to a certain type of land cover. Several approaches were tested, taking the spectrally heterogeneous nature of urban areas into account. We emphasize that the approach presented in this paper is completely dependent on Visual interpretation of object we want to recognize.

2. Objectives of the Research Work:

Three main objectives related the understanding of Visual interpretation of single QuickBird:

1-To study the visual interpretation from QuickBird 0.599 m resolution, panchromatic standard ortho-ready Level-2A.

- 2-To asses the qualitative analysis of information extracted for large scale mapping.
- 3- To evaluate the level of dectability of different features classes from two dimensional panchromatic QuikBird image using visual interpretation.

3. Test Site and Data Sets:

The test area is Kafr Az-zayat region, Egypt. It is a largely urban area that contains buildings, a network of main roads as will as minor roads and green areas. The terrain varies from 4 m up to 10 m above M.S.L (mean sea level) through the area. The test area is covered by QuickBird, 0.599m resolution, panchromatic standard ortho-ready Level-2A date 2005-09-06. The total area=33 km². Also, the study area covered with maps scale 1/2500 produced from aerial photos. A well distributed ground control points (GCPs) and Check Points (CPs) over the territory of Kafr Az-zyat, were measured.

4. Methodology

The methodology of producing large scale maps from very high resolution satellite images involves many steps to get the final GIS reedy base map according to the specifications. These steps are:

- Data collection
- Pre-processing of satellite images
- Enhancement
- Developing interpretation key
- Vectorization and Editing of Satellite Image Features:
- Data revision process
- Adding height information.
- Quality control, Field revision and verification Accuracy assessment
- Evaluating the produced map

In this study we will evaluate the level of dectability of different classes of data available in hand two dimensional panchromatic QuickBird image. And this evaluating will be done based on an developing interpretation key. The developing interpretation key will be for QuickBird images and can help on interpretation of similar study area. The devolved key will used mainly to coordinate the work of the interpreter, to obtain homogeneous results and to minimize the field work.

Pre-processing of satellite images

The QuickBird image was geometrically corrected with a second order polynomial function, using the 12 GCPs from GPS measurements . The total RMS error on GCPs and CPs meet map scale 1:2500.

Enhancement

Image enhancement techniques improve the quality of an image as perceived by a human. There exists a wide variety of techniques for improving image quality. The contrast stretch, density slicing, edge enhancement, and spatial filtering are the more commonly used techniques. In our case the corrected image was clear and no need to make enhancement.

Interpretation Key

The success of an interpretation of remotely sensed images strongly depends on the knowledge of the interpreters and how this knowledge is used within the interpretation process. The development of an interpretation key is a prerequisite for a reproducible interpretation of all kind of remotely sensed images. An interpretation key can be defined as a legend that describes the object categories and their characteristic features on the images.

First the visual interpretation of geometrically corrected QuickBird images will be done based only on novice interpreters and experienced interpreters. At the end a comparative study will be done between the produced maps and the existing maps. Then the developing interpretation key will be done based mainly on the existing map, field check and will be supported with snapshots for all types of f classes and subclasses.

Vectorization and information extraction

Vectorization was done manually on screen based on the developed interpretation key. According to the required map scale (small, medium and large), the geographic database requirement for GIS application differ. In this research we study producing large scale base maps for the selected study area, QuickBird single panchromatic image urban data has been used for generating 1:2500 scale base maps. The requirement information for large scale mapping for GIS applications are "built-up areas", "roads", "railways", "water", tanks, green areas and trees, poles, bridges and "un-built areas",

The level of detail of QuickBird data enables the detection of almost features that can be used for large scale mapping. But not all features can be identified and recognized easy there are levels of detectability, identification and reorganization. So, we will measure these levels of detectability for the selected study area.

Data revision process

Revision of map vector data Integration of vector and raster data Image processing Topology editing

Digital contour editing

In our case no need to draw contour lines because it was cultivated area but only needs some spot heights

Quality control Field revision and verification Accuracy assessment

Field revision_including road names, landmark types and names.. Spot heights must be measure in case absent of another sources of information.

5. Results

In summary, the results show that:

1. built-up areas

All buildings private and government with their categories, residential, educational industrial hospital, schools, mosque , church and cemetery.

- Residential areas can be identified by the pattern that they make in conjunction with the roads. Individual houses and other buildings can also be identified as dark and light tones.

2. Roads

All roads with their categories and width dual carriage road, main paved road, secondary paved road, unpaved road, alley, track, and river-bank)

- All oads are visible due to their shape (straight in many cases) and their generally bright tone contrasting against the other darker features. Roads with width from 1 t0 4 m not esiy to identify.
- track is quite easy to identify because of its characteristic shape.

3. Rail lines

All Rail lines with their categories railway single track, railway double track

- In general all railways lines are difficult to identify because it is dark tone contrasting against the other darker features.

4. Water

All water bodies and All streams (perennial/ephemeral)

- the river is also easy to identify due to its contrasting tone with the surrounding land and also due to its shape.

5. Tanks

- verhead tanks, surface tanks, wells, etc.

6. Green areas and trees

tress and vegetation cover with categories green areas, grass, swamp trees (palm trees , orchard tree , other types of trees), bush

7. Poles

Poles of Electric power line and Radio transmission antenna, Telecommunication network

- all poles are difficult to identify

8. Bridge

- Bridges are identifiable based on their shape, tone, and association with the river - they cross it.

9. un-built areas (Terrain elevation)

- It is impossible to identify the terrain elevation by a single scene (without a stereo-pair).

The results shows that the possibility of Recognition of man-made features of several classes of objects with dectabiliy classification rates higher than 80%. This means that we have in this case study 20% defect of the produced mps cut must be covered from another sources of information.

6. Solutions:

To product complete map from mono QuickBird images according to the Egyptian specifications we must used alternative methods or solutions to complete the rest of requirements which in our case represent 20%. The sources of information which can be used.

· Data from the cadastral information (old maps)..

· Field survey

Observations of confused objects and to add contours lines and spot heights by traditional survey techniques..

· Field checks to get all the interoperated items and names of targets.

7. Conclusions:

The following conclusions can be outlined:

- From single QuickBird panchromatic satellite imagery. The dectabiliy rates higher than 80% of man-made features.
- Using additional data from different sources and from field surveying is essential to complete all elements of the produced maps.
- The developed interpretation key is only valid for a geographic region with similar land cover units and for similar images within this area. The key has to be adapted for other regions and other types of images.

References:

1. Hofmann P. & Reinhardt W., (2000). The extraction of GIS features from high resolution imagery using advanced methods based on additional contextual information – first experiences.
2. In: ISPRS, Vol. XXXIII, Amsterdam.
3. Meinel G.; Neubert M. & Reder J., (2001). The potential use of very high resolution satellite data for urban areas: First experiences with IKONOS data, their classification and application in urban planning and environmental monitoring. In: 2nd International Symposium on Remote Sensing of Urban Areas. Proceedings. Regensburg, Germany: Institut für Geographyan der Universität Regensburg, 196-205.
4. Volpe F. (2003) – Mapping information from space with QuickBird satellite data – Third International Symposium on Digital Earth, Brno 2003
5. Rossi L., F. Volpe (2003) – QuickBird high-resolution satellite data for urban applications – II GRSS /ISPRS Joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, Berlin 2003, pp.1-3
6. Chungan Lin, Ramakant Nevatia, (1998), Building detection and description from a single intensity image, Computer Vision and Image Understanding, v.72 n.2, p.101-121, Nov. 1998 [doi>10.1006/cviu.1998.0724]
7. Gundon B., (2000), "A framework for the development and assessment of object recognition modules from high-resolution satellite images," *Canadian Journal of Remote Sensing*, vol. 26, no. 4, pp. 334-348, 2000.
8. Benediktsson J. A., M. Pesaresi, and K. Arnason, (2003), "Classification and feature extraction for remote sensing images from urban areas based on morphological transformations," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. 41, no. 9, pp. 1940-1949, 2003.
9. Sohn G. and Doman I. J., (2000), "Extraction of buildings from high-resolution satellite data," in *Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (III)*, pp. 345-355, Swets & Zeitlinger B.V., Lisse, The Netherlands, 2001.
10. Lee D.S., J. Shyan, and J. S. Bethel, (2003), "Class-guided building extraction from Ikonos imagery," *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 69, no. 2, pp. 143-150, 2003.

ESTABLISHMENT OF A SCIENTIFIC-INFORMATION COMPLEX FOR AEROSPACE TEST SITES ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BULGARIA

Eugenia Roumenina¹, Alexanter Gikov¹, Hristo Lukarski¹, Vanya Naydenova¹, Georgi Sotirov¹,
Georgi Jeleu¹, Lachezar Filchev¹, Lubomira Kraveva¹, Svetlin Fotev¹, Margarita Chervenyashka¹,
Peter Dimitrov¹, Valentin Kazandzhiev², Nedialko Valkov²

¹ Space Research Institute –Bulgarian Academy of Sciences

² National Institute of Meteorology and Hydrology - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: roumenina@space.bas.bg

Keywords: aerospace test sites, thematically distributed data base, subsatellite experiments, airplane and satellite data

Abstract: The report presents a concept model for establishment of a scientific-information complex with thematically distributed satellite and subsatellite data base for the aerospace test sites on the territory of the republic of Bulgaria. The subject matter of the scientific-information complex will be: establishment, development, training, collection of thematically oriented data and transfer of techniques, instrumentation and technologies for remote sensing and monitoring of the environment, unfavourable and hazardous natural and anthropogenic processes and phenomena. The scientific-information complex will be used as a system, providing easy access to the data, their quick visualization, processing and analysis. It will support the scientific-research activity of the scientists from the BAS institutes working in the field of earth sciences and the Centre for Aerospace Monitoring at the Ministry of Emergency Situations. The complex will be also used to improve the training provided to Master and Post-Graduate Students in the field of Remote Sensing of the Earth.

Introduction

In the beginning of the 70-ies, under the *Intercosmos* Programme, a network of aerospace test sites was established for conductance of international quasi-synchronous sub-satellite experiments. Seven test sites were fixed for Bulgaria: *Pleven, Shoumen, Rila, Plovdiv, East Rhodopes, Pchelina* and *Novi Iskur*. The conductance of the experiments on the Bulgarian side was assigned to the SRI-BAS. As a result of more than 80 conducted experiments, a great stock of aerial photos and satellite images was accumulated. To make them adequate for use by modern geoinformation technology means, they should be entered in a thematically distributed data base. This database will be supplemented with the agrometeorological information available on the NIMH-BAS network as well as with new satellite photos.

The development of civilization is accompanied by the increasingly topical problem of forecasting the scale of expected changes of the environment and the changes of man-inhabited environment related with them. Satellite information has become a major source in studying and observation of the Earth's surface. It is preferred in the composition of topical spatial data bases, servicing a given geographic-information system (GIS). In this context, satellite images are a major information source for a number of branch and complex studies.

One of the priority lines of the 7th EU Framework Programme is the establishment of GMES (*Global Monitoring for the Environment and Security*). The adequate participation of Bulgarian scientists in it requires updating the information about the test sites on the territory of the Republic of Bulgaria, bringing it in compliance with the modern substantially new development stage of remote sensing of the earth technologies. For the purpose, a scientific-information complex should be established, with thematically distributed satellite and subsatellite data base for the aerospace test sites on the territory of the Republic of Bulgaria.

The subject matter of the scientific-information complex will be: establishment, development, training, collection of thematically oriented data and transfer of techniques, instrumentation and technologies for remote sensing and monitoring of the environment, unfavourable and hazardous natural and anthropogenic processes and phenomena.

Establishment of scientific-information complex

Such scientific-information complexes are not produced; they are unique in their essence, since they characterize particular physical and geographical conditions, which are specific for the various regions of the world.

Aerospace test sites (ASTSs) are specially selected territories, which are well-studied and equipped for the conductance of synchronous and quasi-synchronous observations and measurements, followed by data analysis and transfer to the scientific-information complex. The need of such centres became apparent and their establishment started in the middle of the 60s of the 20th century, when receiving of remotely sensed data started on a regular basis.

Subsatellite experiments are carried out on the territory of these test sites, which develop along three basic lines:

- Calibration of the characteristics of on-board (air-borne and satellite) equipment and elaboration of a formation model for the spectral characteristics of the individual types of land cover and their condition.
- Verification of the results from the interpretation of the obtained space information. The ASTSs play the role of "deciphering references" in studying the environment.
- Providing an information source for the solution of self-contained scientific and application problems, related with environment monitoring.

In the beginning of the 70s of the 20th, on the territory of the member-states of the *Intercosmos* Programme, a network of aerospace test sites was established, where multiple international quasi-synchronous subsatellite experiments were carried out (Koursk, Gobi-Hangay, Caribe, Telegeo, Tyan-Shan and more). In 1973, at an engineering consultation between the representatives of the geodetic agencies of Russia and Bulgaria under the *Intercosmos* Programme, 5 test sites were fixed (Fig.1): *Pleven, Shoumen, Rila, Plovdiv, and East Rhodopes* [1, 2]. On the Bulgarian side, their organization was assigned to the Central Laboratory for Space Research, now named Space Research Institute, at the Bulgarian Academy of Sciences (BAS). Later, they were supplemented by two more – *Pchelina Dam* and *Novi Iskur*.

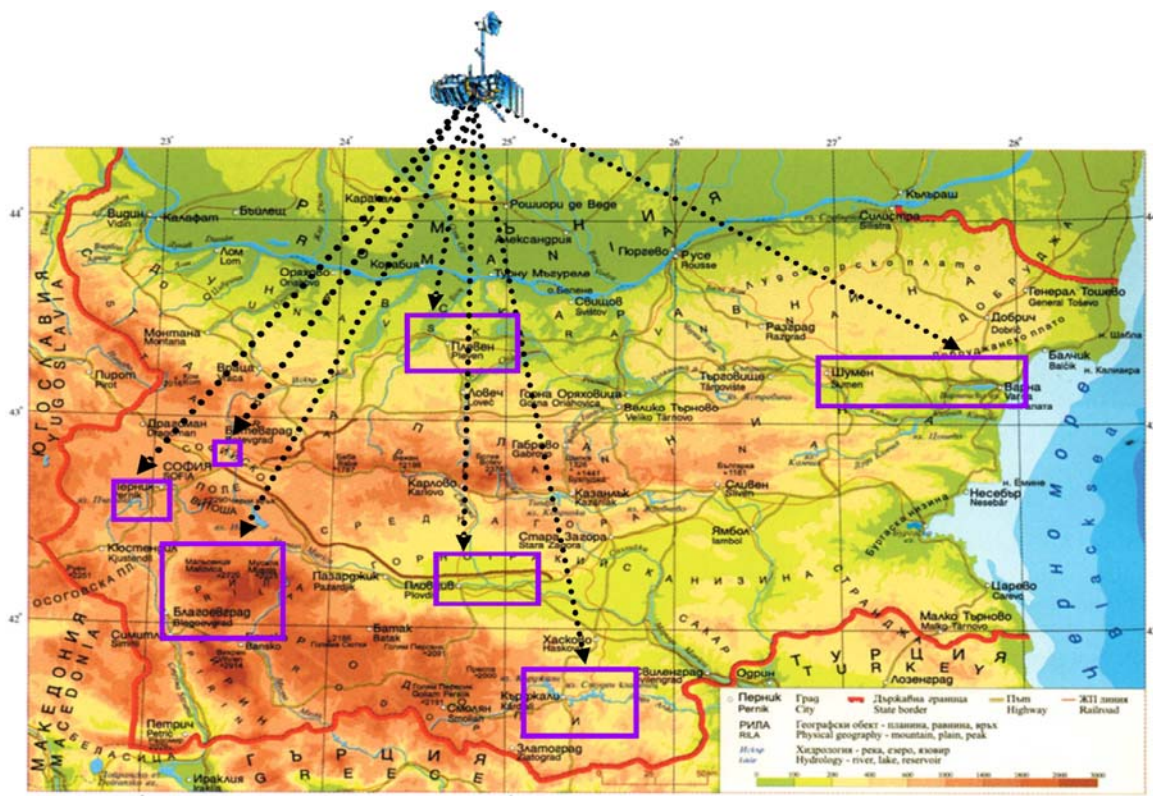


Fig. 1. Map of the aerospace polygons on the territory of Bulgaria

The test sites in North Bulgaria are intended for remote sensing, mainly in the field of agriculture, prospecting of ores and minerals, such as oil-gas depositions and monitoring the anthropogenic changes of the environment. The test sites in South Bulgaria are targeted at the development of ore prospecting methods, study of seismo-tectonic phenomena, exploration of a number of neotectonic morphostructures and faults.

On the Plovdiv test site, a number of methodical issues were clarified, related with recognition and mapping of various soil types and soil salination, mapping of land cover dynamics using aerial photos and satellite images. The *Pchelina Dam* test site was introduced in 1987 in relation with the implementation of the *Home Water Catchments* Project under the *Intercosmos* Programme. The *Novi Iskur* test site is a new one, established in 2005 with the financial support of the *Scientific Research Fund* at the Ministry of Education and Science (Contract No.1507). On its territory, studies aiming to improve the methods of landscape-ecological planning using remote sensing are carried out. About 80 experiments [3] were conducted, in which, apart from the specialists of the Remote Sensing of the Earth Department (CLSR, SRI) there participated as well specialists from the *N. Poushkarov* Institute of Soil Studies and Yield Forecasting (ISSYF), the National Institute of Meteorology and Hydrology (NIMH), the Institute of Botany with Botanical Garden (IBBG), the Institute of Geography (IG) and the Institute of Ecology (IE) at the BAS, the Ministry of Environment and Water (MEW), the Chief Administration in Geodesy, Cartography and Cadastre (CAGCC), Military Topographic Service (MTS) and more. During these experiments, a large stock of images, spectrometric, radiometric and ground-based data was collected. The greater part of the performed studies and measurements were of identical nature, which makes it possible to compare and juxtapose the collected information. A great part of them are negatives, photos and magnetic tapes. To make them adequate for use by modern geoinformation technology means, they should be subject to additional processing (digitizing or transfer to CD/DVD medium) and entered in a thematically distributed data base.

The thematically distributed database will be supplemented with parallel information for terrestrial objects to provide for more precise interpretation of remote sensing data measurements.

The solution of a great number of tasks requires before all processing of a large amount of experimental meteorological and agrometeorological observation material. Some of the greater district centres have taken into account the observations of two or three climatic or agroclimatic stations. Thus, the test site territory is covered by 24 stations of the payroll and voluntary и доброволна climatic and agroclimatic network of the NIHM-BAS. The stations' location is chosen in such a way as to comply as much as possible to the test sites subject to satellite or subsatellite experiments.

The distance between the observation points ensures correctness and representativeness of the measured elements' field, related with the meteorological and phenological elements and their derived features.

The technological diagram for the information's organization in catalogues and archives during the composition of the thematically distributed satellite and subsatellite data base is shown in *Fig. 2*.

The major purpose of the database is to create an electronic catalogue of the aerial and satellite image archive available at the SRI-BAS, with the accompanying agrometeorological information, available on the network of the NIMH-BAS for the respective data for which images of the test sites were taken. It will systematize and facilitate the search and use of this archive.

A major requirement for the data base is to store in the long run a great amount of satellite and aerial images, agroclimatic data massifs, as well as the results from their joint processing. It will be open for functional extension and supplementing with new data.

According to the set up task, the most appropriate model for the data base is the relational model. This model features a table structure, the rows (objects) are records of some object information, and the columns are the object characteristics (attributes). The data indexing will substantially reduce data search and data request times.

Digital images in various file formats will be input in the data base. In order to be input in the data base, the aerial and satellite photos and negatives will have to undergo additional processing – digitizing and transfer to CD/DVD/external storage device. For the purpose, the analogue space images have been digitized by scanning.

Construction of a data base

In the first stage, the database type and structure were chosen, and in the next stage, the clients' programs were coded. On analyzing the various types of data bases, the "PostgreSQL" was chosen.

Several types of fields are used (*Fig. 3, 4*).

1. Fields describing the image source – to be used in clients' search programs:

- Satellite or aerial images;
- Type of satellite, sensor and aero-photo camera

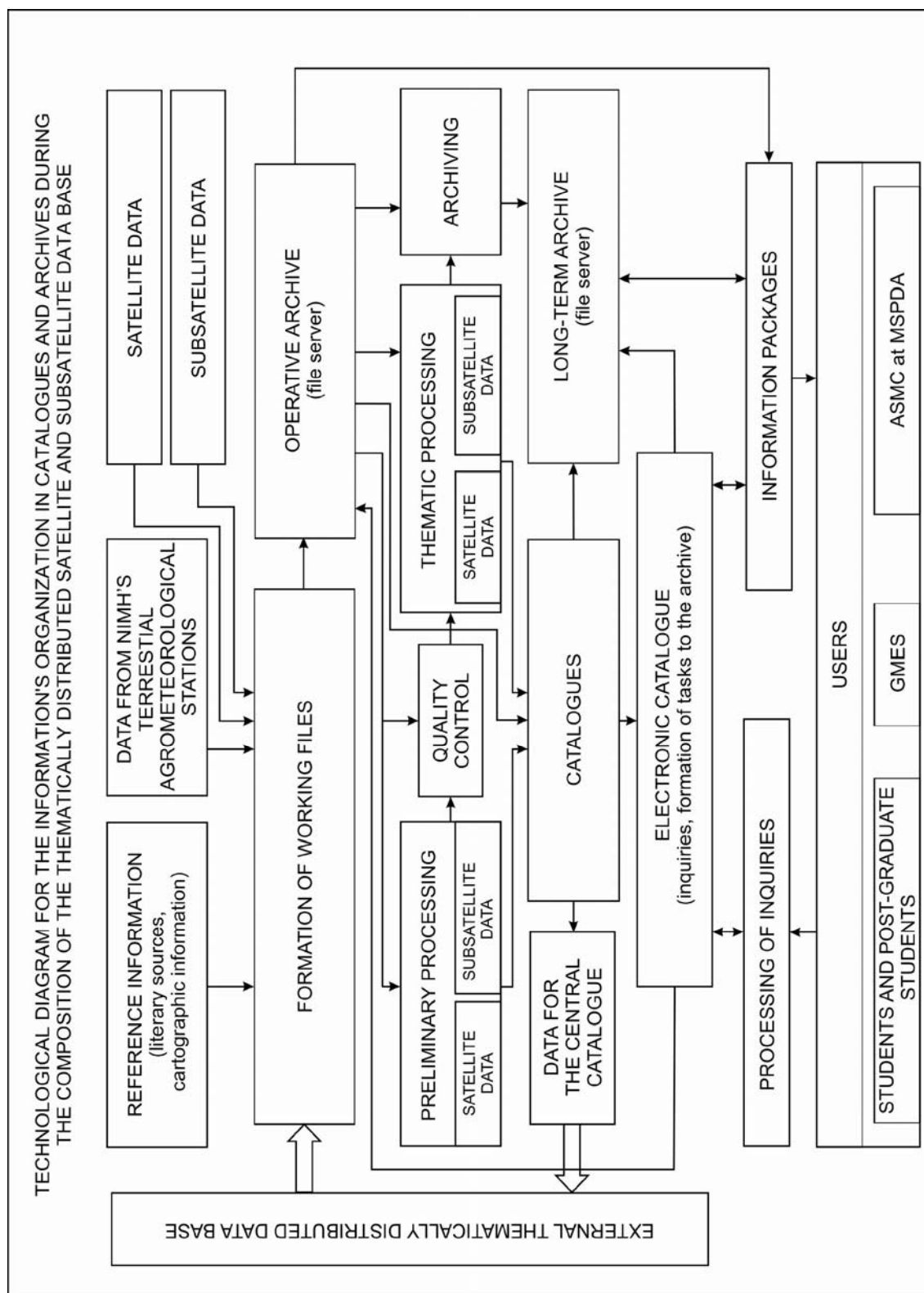


Fig.2 Technological Diagram for the Information's Organization in Catalogues and Archives during the Composition of the Thematically Distributed Satellite and Subsatellite Data Base

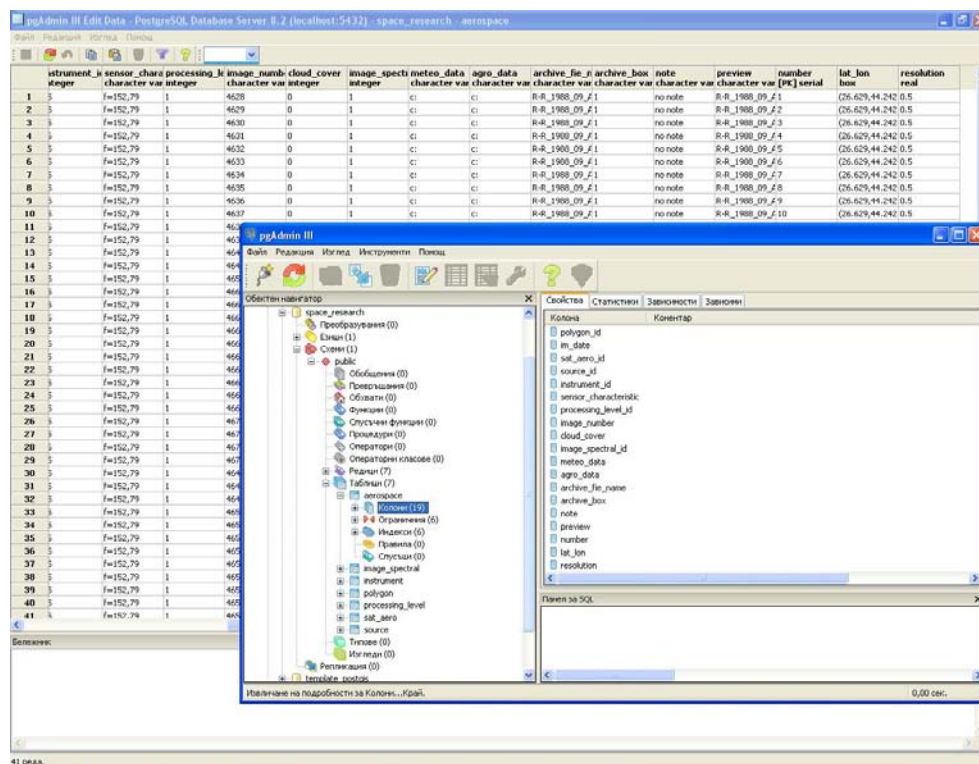


Fig.3. Types of fields used in constructing the data base

- o LANDSAT,
- o SPOT,
- o TERRA,
- o AQUA,
- o IKONOS,
- o MKF-6,
- o Wild RC10;
- Spectral information.

2. Fields describing the image parameters – to be used depending on the set up task:

- Test site;
- Coordinates;
- Acquisition date;
- Source
 - o scanner,
 - o image,
 - o vector data,
 - o GPS points,
 - o raster maps;
- Spatial resolution;
- Processing level;
- Image number;
- Quality in %.

3. Description and location of archive – to find the image and the accompanying meteorological and agroclimatic data: meteo data, agroclimatic data, phonological information, file archive name, reduced image for quick visualization (preview) to serve the clients' programs (Fig. 5).

4. Notes and comments on type and quality – to facilitate the archive's review: sensor characteristics.

pgAdmin III Edit Data - PostgreSQL Database Server 8.2 (localhost:5432) - space_research - aerospace																			
	polygon_id integer	im_date date	sat_aero_id integer	source_id integer	instrument_id integer	sensor_chare character vai	processing_k integer	image_numb character vai	image_qualit integer	image_spect integer	meteo_data character vai	agro_data character vai	archive_fie character vai	archive_box character vai	note	preview character vai	number [PK] serial	lat_lon box	resolution real
1	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4628	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f1	2	(26.629,44,242.0.8	
2	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4629	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f2	2	(26.629,44,242.0.8	
3	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4630	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f3	3	(26.629,44,242.0.8	
4	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4631	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f4	4	(26.629,44,242.0.8	
5	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4632	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f5	5	(26.629,44,242.0.8	
6	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4633	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f6	6	(26.629,44,242.0.8	
7	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4634	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f7	7	(26.629,44,242.0.8	
8	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4635	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f8	8	(26.629,44,242.0.8	
9	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4636	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f9	9	(26.629,44,242.0.8	
10	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4637	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f10	10	(26.629,44,242.0.8	
11	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4638	99	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	s porred	R-R_1988_09_f11	11	(26.629,44,242.0.8	
12	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4639	99	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	s porred	R-R_1988_09_f12	12	(26.629,44,242.0.8	
13	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4640	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f13	13	(26.629,44,242.0.8	
14	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4641	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f14	14	(26.629,44,242.0.8	
15	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4659	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f15	15	(26.629,44,242.0.8	
16	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4660	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f16	16	(26.629,44,242.0.8	
17	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4661	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f17	17	(26.629,44,242.0.8	
18	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4662	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f18	18	(26.629,44,242.0.8	
19	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4663	99	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	s porred	R-R_1988_09_f19	19	(26.629,44,242.0.8	
20	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4664	99	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	s porred	R-R_1988_09_f20	20	(26.629,44,242.0.8	
21	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4665	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f21	21	(26.629,44,242.0.8	
22	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4666	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f22	22	(26.629,44,242.0.8	
23	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4667	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f23	23	(26.629,44,242.0.8	
24	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4668	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f24	24	(26.629,44,242.0.8	
25	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4669	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f25	25	(26.629,44,242.0.8	
26	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4670	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f26	26	(26.629,44,242.0.8	
27	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4671	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f27	27	(26.629,44,242.0.8	
28	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4672	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f28	28	(26.629,44,242.0.8	
29	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4673	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f29	29	(26.629,44,242.0.8	
30	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4674	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f30	30	(26.629,44,242.0.8	
31	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4648	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f31	31	(26.629,44,242.0.8	
32	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4649	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f32	32	(26.629,44,242.0.8	
33	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4650	99	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	s porred	R-R_1988_09_f33	33	(26.629,44,242.0.8	
34	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4651	99	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	s porred	R-R_1988_09_f34	34	(26.629,44,242.0.8	
35	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4652	99	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	s porred	R-R_1988_09_f35	35	(26.629,44,242.0.8	
36	1	1988-09-06	2	2	15	f=152,79	1	4653	100	1	C	C	R-R_1988_09_f1	C	no note	R-R_1988_09_f36	36	(26.629,44,242.0.8	

Fig.4 Attributive Table.

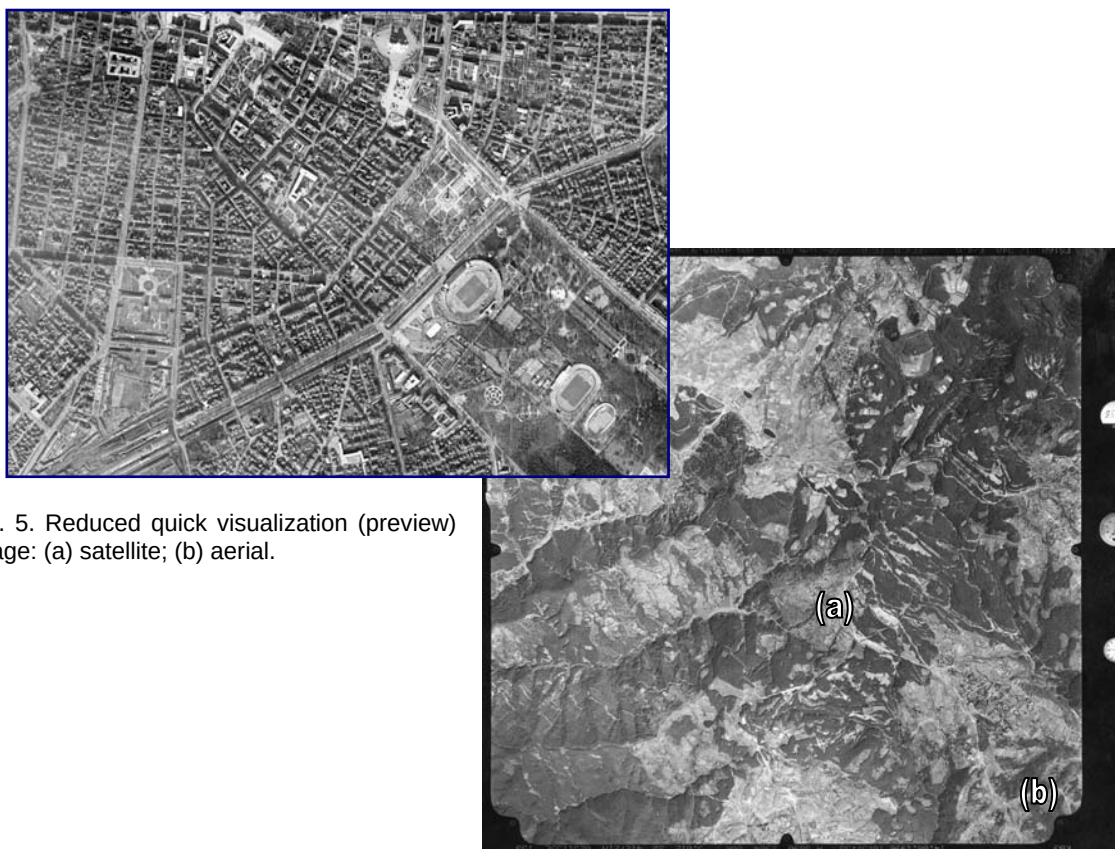


Fig. 5. Reduced quick visualization (preview) image: (a) satellite; (b) aerial.

To speed up the access to some database fields, 6 primary codes are used.

Conclusions

The research-information complex will operate as:

- Information-reference system providing easy access to the data stored in the data base and their quick visualization;
- Information-reference system providing both reference functions, as well as data processing and analyzing options to produce essentially new information on environmental state and change;
- Information-modelling system for evaluation of the impact of natural and anthropogenic factors on man-inhabited environment;
- Information system assisting the scientific-research activity in the institutes of the BAS working in the field of earth sciences and Aerospace Monitoring Centre at the Ministry of Emergency Situations. The Complex will be used as well to improve the training given to Master and Post-Graduate Students.

Acknowledgements

Res. Fell. Vanya Naydenova, PhD student, Res. Fell. Lachezar Filchev, PhD student, and Res. Fell. Peter Dimitrov, PhD student, are beneficiaries of a project of the Bulgarian Ministry of Education and Science – the OP “Human Resources Development” funded by the ESF, Contract BG051PO001/07/3.3-02/63/170608.

References:

1. M i s h e v D., Remote Sensing of the Earth from Space, Sofia, Publ. House of the BAS, 1981. (in Bulgarian)
2. S p i r i d o n o v H., Space and Natural Resources, Sofia, Nauka i Izkoustvo Publ. House, 1986, p. 60. (in Bulgarian)
3. R o u m e n i n a, E. 2000. Test-Site Sub-Satellite Experiments in Bulgaria – State and Prospects. Proceedings of the International Scientific Session “30 Years of Organized Research in Bulgaria”. Published by SRI-BAS, Sofia. pp. 138-145. (in Bulgarian).

USING AVHRR (AND MODIS) DATA FOR MONITORING OF SNOW COVER AND SNOW MELTING PROCESSES

Antoanetta Frantzova, Magda Bozhkova

*Aerospace Monitoring Center at the Ministry of Emergency Situations
e-mail: afrantzova@abv.bg, magdasvbo@abv.bg*

Key words: remote sensing, snow monitoring

Abstract: Satellite remote sensing has become increasingly important to snow hydrologists because the data provide information on the spatial distribution of parameters of hydrologic importance and the possibility for this data to be incorporated into runoff forecasting and management systems.

There are many remote sensing instruments applicable for snow detection and monitoring - the selection of the appropriate sensor depends on the specific aims and goals, as well as on the compromise between spatial and temporal resolution.

This report presents the results obtained for snow cover monitoring and snow melting processes on the territory of Bulgaria for the winter season 2007-2008, using AVHRR and MODIS data. Satellite images and data products, as well as meteorological forecast and ground-based data are used for snow cover depth. An attempt for using these data for flood hazards is done.

Snow AVHRR NDSI indexes for automated snow mapping procedure are created and proposed.

1. Theoretical Background

The main data and underlying information used may be summarized in: optical properties and spectral reflectance of snow; NOAA AVHRR and MODIS images – between 5 and 10 images per twenty-four hours; ground data for snow cover depth and meteorological forecast. Below, in very shortly is presented the theoretical background for remote sensing of snow

1.1. Optical Properties of Ice and Water

Snow is a collection of ice grains and air, and, when at 0 degrees C, it also has a significant fraction of liquid water. Snow also often includes particulate and chemical impurities - dust, soot, pollen and other plant material, and small amounts of the major cations and anions. Thus the optical properties of snow depend on the bulk optical properties and the geometry of the ice grains, the liquid water inclusions, and the solid and soluble impurities. (Dozier,1989)

In the visible and near-infrared wavelengths the optical properties of ice and water are very similar, so the reflectance and transmittance of the snowpack in this region of the electromagnetic spectrum depend on the wavelength variation of the refractive index of ice, the grain size distribution of the snow, the depth and density of the snowpack, and the size and amount of those impurities whose refractive indices are substantially different from those of ice and water. The reflectance of wet snow in the near-infrared is lower than that of dry snow, but mainly because of microstructural changes caused by the water, except in some narrow spectral regions where the optical properties of water are different than those of ice. Similarly, the reflectance and transmittance of clouds depend on the geometric thickness, the number density of the droplets, and their size distribution. (Dozier,1989)

The most important optical property of ice and water, which causes spectral variation in the reflectance of snow and clouds in visible and nearinfrared wavelengths, is that the absorption coefficient (i.e., the imaginary part of the refractive index) varies by 7 orders of magnitude in the wavelengths from 0.4 to 2.5 μm . (Dozier,1989)

Ice is very weakly absorptive in the visible (minimum absorption at 0.46 micrometer) but has strong absorption bands in the near infrared (near IR). The near-IR solar irradiance thus plays an important role in snowmelt and in the energy balance at a snow surface. The near-IR albedo is very sensitive to snow grain size and moderately sensitive to solar zenith angle (Warren et al., 1982). The visible albedo (for pure snow) is not sensitive to these parameters. Grain size normally increases as the snow ages, causing a reduction in albedo. If the grain increases as a function of depth, the albedo

may suffer more reduction in the visible or in the near IR, depending on the rate of grain size increase. The presence of liquid water has little effect per se on snow optical properties in the solar spectrum, in contrast to its enormous effect on microwave emissivity. Snow albedo increases at all wavelengths as the solar zenith angle (fig.1 and 2).

Cloud cover affects snow albedo both by converting direct radiation into diffuse radiation and also by altering the spectral distribution of the radiation. (Warren et al., 1982)

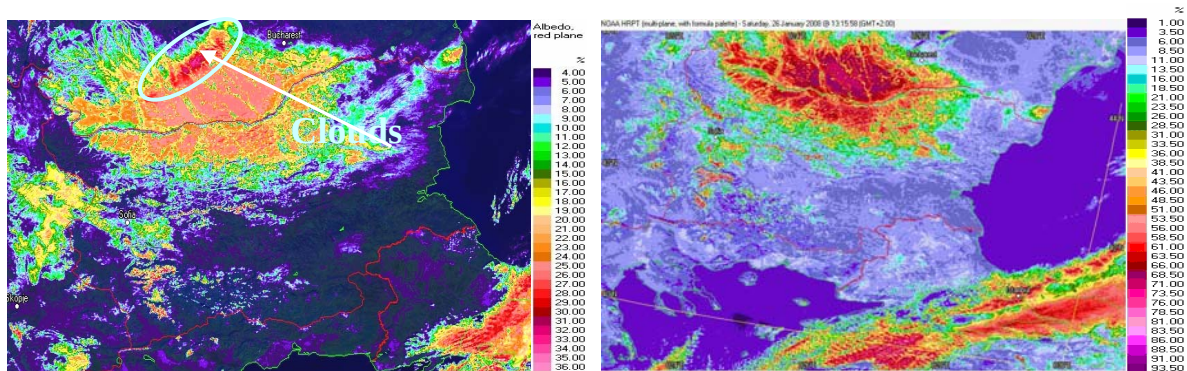


Fig. 1. Left - albedo dependence of the sun zenith angle and snow depth (channel 1, NOAA, 26.01.2008, 10:42 h)
Fig. 2. Right - albedo dependence of the sun zenith angle and snow depth (channel 1, NOAA, 26.01.2008, 13:15 h)

1.2. Spectral Reflectance of Snow

In the visible wavelengths ice is highly transparent, so the albedo of snow is sensitive to small amounts of absorbing impurities. In the near-infrared wavelengths ice is more absorptive, so the albedo depends primarily on grain size (Dozier, 1989)

Because snow/ice is so transparent in the visible wavelengths, increasing the grain size does not appreciably affect the reflectance. The probability that a photon will be absorbed, once it enters an ice grain, is small, and that probability is not increased very much if the ice grain is larger. (Dozier, 1989) In the near-infrared, however, ice is moderately absorptive. Therefore, the reflectance is sensitive to grain size, and the sensitivity is greatest at wavelengths from 1.0 to 1.3 μm . Because the ice grains are strongly forward-scattering in the near-infrared, reflectance increases with illumination angle, especially for larger grains (Dozier, 1989).

Because the complex indices of refraction of ice and water are similar, liquid water *per se* has little effect on the reflectance of snow. Except where meltwater ponds in depressions when melting snow overlies an impermeable substrate, or when rain falls on fine-grained snow. The decreases in reflectance that occur as snow melts result from the effective size-increase caused by the grain clusters that form in wet, unsaturated snow. These apparently behave optically as single grains. (Dozier, 1989)

Although the reflectance in the visible wavelengths is insensitive to grain size, it is affected by two variables, finite depth and the presence of absorbing impurities (fig1, 2 and 3).

In the 8–14 μm region of the spectrum snow emissivity decreases with both increasing particle size and increasing density due to packing or grain welding; while snow emissivity increases due to the presence of meltwater (Salisbury, et al., 1994). It is obvious that snow has lower temperature in infrared part of electromagnetic spectrum in comparison with surroundings (fig.10 and 11).

Water, ice, and snow generally have a high emissivity in 0.86 to 0.99 μm , across the thermal infrared region. Snow emissivity is in the range 0.9- 1.00 for all grain sizes and viewing angles. However, there is a conflict between the published theories of the emissivity of snow. Moreover, accompanying measurements show a decrease in emissivity in the presence of liquid water (Dozier and Painter, 2004).

Snow is unusual in that it has a high reflectance in the visible region (where most of the downwelling energy is during the day) very high in NIR and very low emissivity in region around 3-5 μm . (fig.6). The near-IR albedo is sensitive to grain size and zenith angle; the visible albedo is sensitive to snow depth and impurities observed 30% differences in between clean and dusty snow. (Dozier and Painter, 2004; Hall et al., 1995). In addition, albedo in VIS is much higher than albedo in NIR at the same solar zenith angle (fig. 3 and 4). The albedo is dependent on snow cleanliness and presence of different impurities and increase with increasing the depth and purity of snow. (fig.3,4).

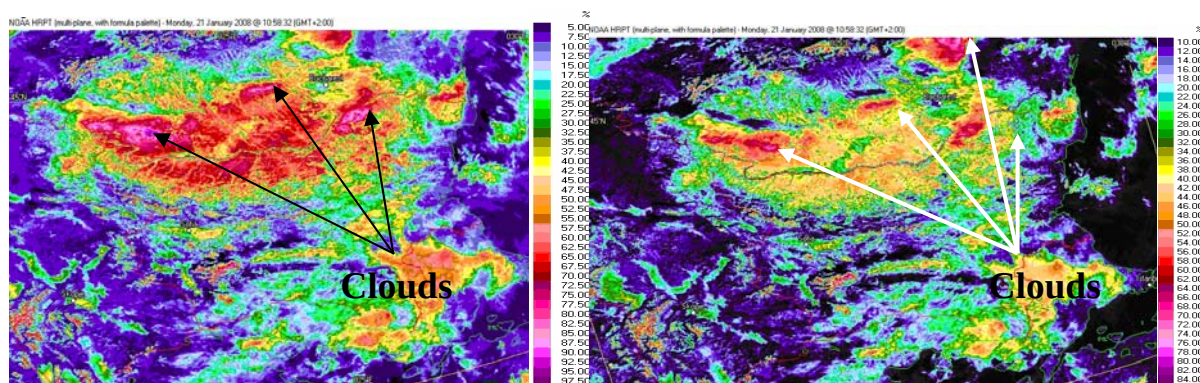


Fig. 3. Left -NOAA channel 1 albedo product; 21.01.2008, 10:58 h 0.58 - 0.68 μm

Fig. 4. Right - NOAA channel 2 albedo product ; 21.01.2008, 10:58 h 0.725 - 1.10 μm

Albedo in channel 1 (VIS) is much higher then albedo in channel 2 (NIR)

2. Primary results from monitoring of snow cover and snow melting processes using NOAA AVHRR (and MODIS) data

2.1. Distinguish between snow and cloud cover

In visible satellite images, clouds can usually be distinguished from snow by texture, but there is a many cases when distinguish between snow and clouds may be difficult and inaccurately. In the thermal wavelengths clouds may be either warmer or colder than the snow surface, but in most cases the snow and clouds have the same spectral characteristic. (fig. 9 and 10)

As is stated above, the snow has very low albedo (emissivity), (around 0-6 %) in region around 3-4 μm , as the albedo decrease with increasing of snow depth (fig.6,8). The differences in albedo values between snow and cloud can be reached over 40 – 50 % (fig.6) In this region of electromagnetic spectrum, snow and clouds have different spectral signatures and consequently this wavelengths can be used for of snow and cloud cover distinguish.

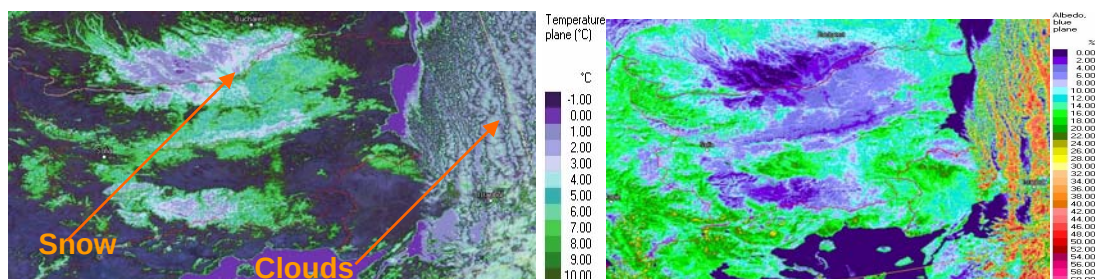


Fig. 5. Left - NOAA channel 3 temperature product, 30.01.2008, 10:50 h

Fig. 6. Right - NOAA image channel 3 albedo product, 30.01.2008, 10:50 h

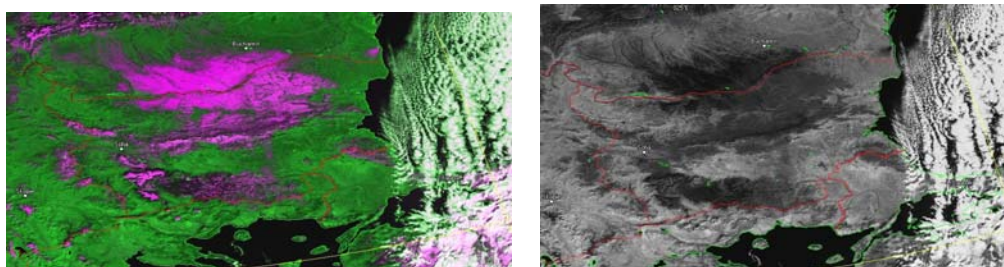


Fig. 7. Left - NOAA image, channel 1 and 3, 30.01.2008,10:50 h

Fig. 8. Right - NOAA image, channel 3, 30.01.2008,10:50 h

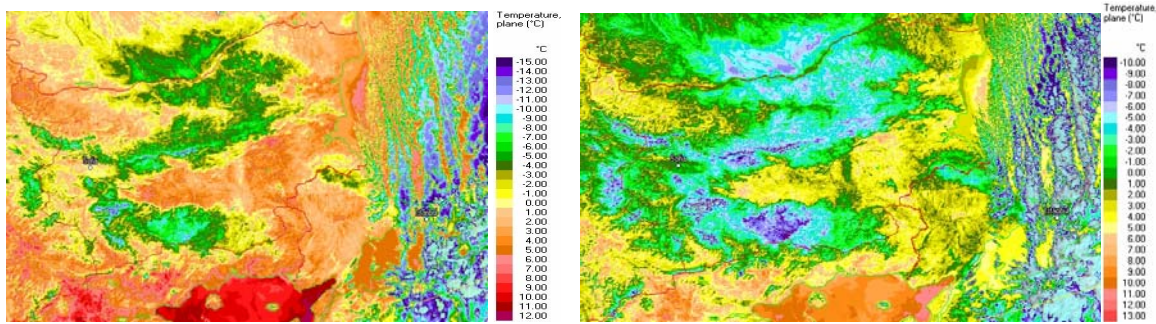


Fig. 9. Left - NOAA channel 4 temperature product, 30.01.2008, 10:50 h

Fig. 10. Right - NOAA channel 5, temperature pproduct, 30.01.2008, 10:50 h

2.2. Monitoring of snow cover and snow melting processes using remote sensing data and Normalized Difference Snow Index (NDSI)

Satellite image from NOAA AVHRR and MODIS are used for monitoring of snow cover and snow melting processes. Snow and clouds distinguish is done taking into consideration physical and spectral characteristics of ice (snow) and clouds.

For our purpose image products such as albedo, brightness temperature, density slice, NDSI ect. from NOAA AVHRR data are created.

Density slicing is a digital data interpretation method (image enhancement procedure), based on combining digital data (DNs) of different values within a specified range or interval into a single value. The density slice (also called "level slice") method works best on single band images (fig.13). The objective of density slicing is to deduce the number of grey scales in an image be redistributing the levels into given number of specified slices to facilitate visualization of features in the image (Cracknell *et al*, 1993).

A suite of normalized band differences for mapping snow (with Landsat TM band) are presented in Dozier (1989). The current scheme in NASA's Earth Observing System (EOS) applies this method to the MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectrometer) instrument for its standard snow map product (Hall *et al*. 1995, 2002). The NDSI helps distinguish snow from similarly bright soil, rock and cloud (Dozier, 1989). This has been shown to be an effective index for mapping snow cover in rugged terrain (Hall *et al*, 1995).

A normalized difference snow index (NDSI) is calculated from reflectance in bands at wavelengths where snow is bright (AVHRR band 1) and where it is dark (AVHRR band 3):

$$(1) \quad \text{NDSI} = \text{AVHRR band1} - \text{AVHRR band3} / \text{AVHRR band1} + \text{AVHRR band3}$$

For our purpose, the other NDSI products are proposed:

$$(2) \quad \text{NDSI} = \text{AVHRR band2} - \text{AVHRR band3} / \text{AVHRR band2} + \text{AVHRR band3}$$

$$(3) \quad \text{NDSI} = \text{AVHRR band2} + \text{AVHRR band3} / \text{AVHRR band2} - \text{AVHRR band3}$$

$$(4) \quad \text{NDSI} = \text{AVHRR band1} + \text{AVHRR band3} / \text{AVHRR band1} - \text{AVHRR band3}$$

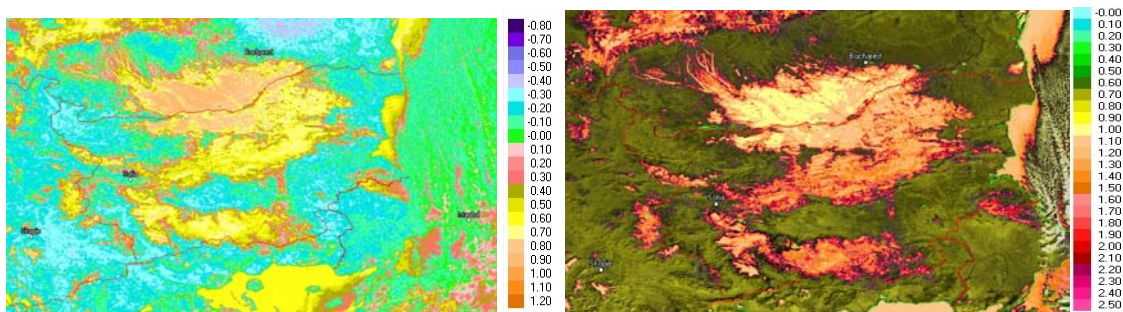


Fig. 11. Left - NOAA HRPT, 30.01.2008, 10:50:25 (GMT + 2:00), NDSI product (Channel 2 and 3)

A pixel is mapped as snowcovered when NSDI>0, formula (2).

Fig. 12. Right - NOAA HRPT, 30.01.2008, 10:50:25 (GMT + 2:00), NDSI product (Channel 1 and 3)

A pixel is mapped as snowcovered when NSDI>0.9, formula (4).

In additional, for satellite images analysis and interpretation are used image processing functions, such as image enhancement with different enhancement profiles. Such products and image processing functions are used for snowpack monitoring and mapping and determination of areas with

snow melting processes and the areas with snow cover that is expected to hold longer. For visualization and better interpretation satellite images and products are integrated and GIS.

Image processing, interpretation and analyses shows that the areas covered with snow that is going to melt first are characterized in low albedo, higher temperature in the thermal region and low density slice. And vice versa, snow cover that is going to hold for a longer period of time is characterized with high albedo, high values of density slice, and lower brightness temperature.

It has to be noted that highest mountain region is not taken into consideration (in analysis), because it is obviously that snow in these areas will melt in late springtime. The snow pack in the high mountain region is characterized with high albedo (in VIS and NIR), high density slice and very low temperature in thermal region (in comparison with surroundings), because of elevation, purity and depth.

The preliminary results obtained from snow cover monitoring and snow melting processes (after image interpretation and analysis) are presented on fig.13. On the image are shown areas with snow that going to melt first and the areas that is going to hold for a longer period of time.

Further down are shown a few chosen images for the period from 26.01.2008 to 25.02.2008. The snow melting process is presented on the figures 13,14,15, and 16.

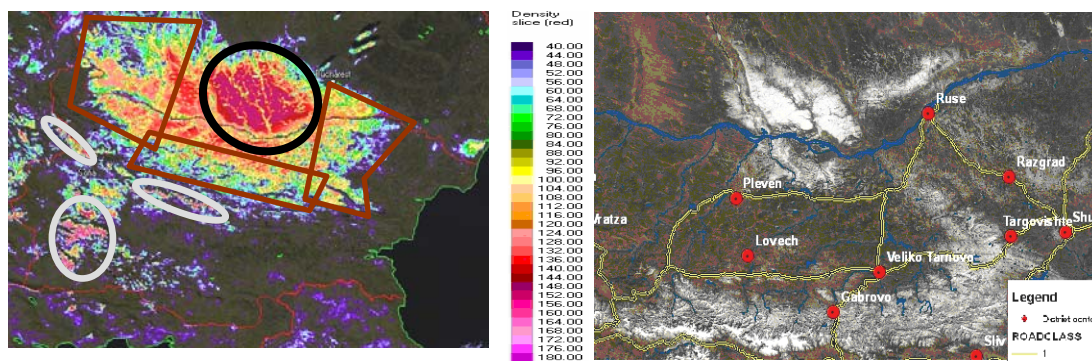


Fig. 13. Left - Channel 2 NOAA density slice product. 26.01.2008 13:15 h. The snow that going to melt first is framed in red rectangular, and the one that is going to hold for a longer period of time is circled in black ellipses. White circle shows the snow in the highest mountain areas

Fig. 14. Right - Snow cover on the territory on the country, 20.02.2008. MODIS image from USDA integrated in GIS. (<http://www.pecad.fas.usda.gov>)

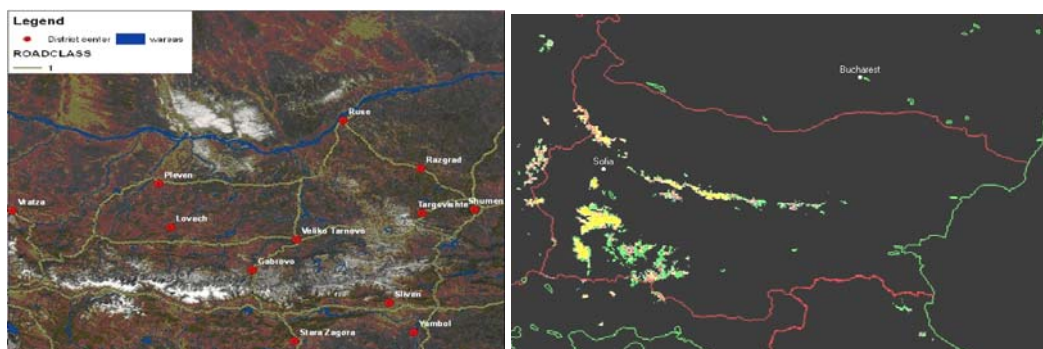


Fig. 15. Snow cover on the territory on the country, 22.02.2008. Image from USDA integrated in GIS (<http://www.pecad.fas.usda.gov>)

Fig. 16. Snow cover, 25.02.2008, NDSI product, NOAA image

2.3. Snow Water Equivalent

Snow Water Equivalent (SWE) is a measurement of the amount of water contained in snow pack. Snow Water Equivalent (SWE) is the product of snow depth and snow density.

$$(5) \text{ SWE (m)} = \text{snow depth (m)} \times \text{snow density (kg/m}^3\text{)} / \text{water density (kg/m}^3\text{)}$$

A satellite and variety of surface-based methods can be used to measure SWE, but because of the small penetration distance of light in the wavelengths where the absorption coefficients of ice

and water differ, any information about liquid water in snow from multispectral data is restricted to the near-surface layer (Shi, 1995).

Because of lack of data about snow density, for our purpose the theoretical is used. It can be seen because of small depth (fig. 17) and low SWE there is no floods hazard caused by snowmelt for existing environmental conditions. (Springtime floods with long duration in Danube river region caused by high flows in Danube catchment is not under consideration)

Attention has to be paid to south and south-western part of Bulgaria - here are located the highest mountain in Bulgaria with snow cover in the highest mountain regions between one and two meters.

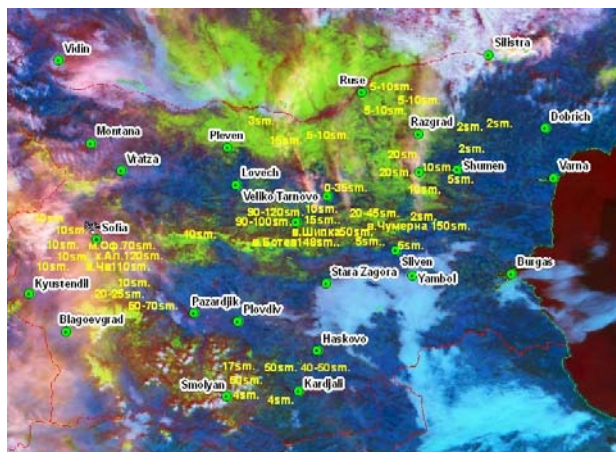


Fig. 17. Snows cover depth on 03/04.02.2008

Conclusion

The results obtained for snow cover monitoring and snow melting processes using AVHRR and MODIS data are presented. Satellite images, data products, meteorological forecast and ground data are used, as well as different techniques for image analysis and interpretation. An attempt for using the results for flood hazards is done. A snow AVHRR NDSI indexes for automated snow mapping procedure are created and proposed. There is a good correlation of primary results obtained and actual environmental condition. The accurate results require satellite data to be combined with weather forecast and hydro-meteorological ground data.

Reference:

1. Salisbury J. W., D. M. D'Aria, A. Wald. (1994). Measurements of thermal infrared spectral reflectance of frost, snow, and ice. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 99, NO. B12, pp. 24,235–24,240
2. Warren S. G. Advances in the Optical Properties of Snow <http://astrogeology.usgs.gov/Projects/>
3. Warren S. G. Optical Properties of Snow, 1982, <http://stinet.dtic.mil/>, The Defense Technical Information Center (DTIC)'s Scientific and Technical Information Network (STINET)
4. Dozier J. 1989, Spectral Signature of Alpine Snow Cover from the Landsat Thematic Mapper *REMOTE SENS. ENVIRON.* 28:9-22
5. Dozier J., T. H. Painter. Multispectral and hyperspectral remote sensing of alpine snow properties, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 2004. 32:465–94
6. NASA Goddard Earth Sciences (GES), Distributed Active Archive Center (DAAC). <http://daac.gsfc.nasa.gov/hydrology/>
7. California Data Exchange Centre, Department of water resource, California Cooperative Snow Surveys, State of California <http://cdec.water.ca.gov/snow/>
8. Hall D. K., G. A. Riggs, V. V. Salomonson. 1995, Development of methods for mapping global snow cover using moderate resolution imaging spectroradiometer data. *Remote Sens. Environ.* 54:127–40
9. Hall D. K., Riggs, Salomonson, DiGirolamo, N., Bayr. 2002. MODIS snow-cover product. *REMOTE SENS. ENVIRON.* 83 (2000) 181-194
10. Shi, J., J. Dozier. 1995, Inferring snow wetness using C-band data from SIR-C's polarimetric synthetic aperture radar. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 33:905–14
11. Cracknell A. P., L. W. B. Hayes. 1993, Introduction to remote Sensing, Taylor and Francis, 293 pp.
12. Campbell J. B. 2002, *Introduction to Remote Sensing*, 3rd edn. Taylor and Francis, London.

ИЗПОЛЗВАНЕ НА КЛАСОВЕТЕ НА ЗЕМНОТО ПОКРИТИЕ ПО CORINE ЗА ОЦЕНКА И КАРТОГРАФИРАНЕ НА СТЕПЕНТА НА АНТРОПОГЕНИЗАЦИЯ НА ЛАНДШАФТИТЕ

Александър Гиков

*Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: gikov@abv.bg*

Ключови думи: съвременни ландшафти, КОРИНЕ земно покритие

Резюме: В публикацията е представен опит да се създаде алгоритъм за трансформиране на широко достъпната информация от CORINE landcover за целите на картографирането на съвременните ландшафти. Създадена е таблица, чрез която класовете земно покритие се преобразуват в степени на антропогенизация на ландшафтите. Мястото на някои класове все още е дискуссионно.

USING CORINE LAND COVER CLASSES TO ESTIMATE AND MAP THE DEGREE OF HUMAN TRANSFORMATION OF LANDSCAPES

Alexander Gikov

*Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: gikov@abv.bg*

Key words: contemporary landscapes, CORINE landcover

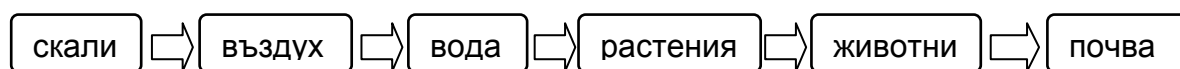
Abstract: An attempt to create an algorithm for transformation of CORINE landcover information for the purposes of contemporary landscape mapping is presented. A table for conversion of the CORINE landcover classes into degree of human impact of natural landscapes is created. The exact spot of some classes is still questionable.

Въведение

Въпросът за антропогенните трансформации в ландшафтите е изследван в редица работи на различни автори, създадени са множество класификации (Мильков, 1973, 1978; Исаченко, 1974; Уклеба, 1983; Якушко и др., 1983). Когато говорим за антропогенизация на ландшафтите трябва да се знае, че различните компоненти на ландшафта притежават различна устойчивост на промени. Според емпирично-генетичния ред на материалните геокомпоненти на професор Н. А. Солнцев (1960) най-устойчивият и най-малко податлив на промени геокомпонент е скалната основа (фиг.1). По-нататък емпирично-генетичния ред продължава по следния начин: въздух, вода, растения и животни. Проф. Петров (1990) добавя на последно място почвената покривка. Въз основа на посочения ред може да се каже, че при взаимодействията в ландшафтната сфера най-слабо влияние изпитва литогенният компонент, а най-силно почвеният. Следователно антропогенните промени може да се очакват главно като изменение в компонентите от дясната част на този ред и по-рядко трансформациите засягат компонентите от лявата част. Тази закономерност може да се използва за изграждане на градационна скала на степента на антропогенни промени.

За да се картографират тези промени е необходимо да има надежден източник на пространствена информация. Какви източници на такава информация съществуват? На първо място това са традиционните топографски карти. На тях са изобразени горските площи, нивите, пасищата, ливадите, селищата и т.н. Тази информация представлява форма на земеползване и може да послужи за оценка на антропогенната трансформация на естествения (потенциален) ландшафт. Често информацията от картите е остаряла и не е актуална.

Самолетните и сателитни снимките отразяват моментното състояние на ландшафтите в дадена територия и по тази причина те се явяват отличен източник на актуална, но сурова информация. За да се отрази тази информация на карта тя трябва първо да бъде извлечена чрез дешифриране. Този процес обикновено е трудоемък и ако територията е с голям обхват е необходимо много време.



Фиг.1. Емпирично-генетичен ред на материалните геокомпоненти на ландшафта.
(по Н.А.Солнцев [1960] и П.Петров [1990])

Една от целите на паневропейския проект CORINE Landcover е осигуряване на актуална информация за земното покритие. По тази причина данните за слоя със земното покритие се обновява редовно. Тези данни са широко достъпни и биха могли да послужат за изготвяне на карти на съвременните ландшафти или на степента на антропогенизация. По принцип слойът със земното покритие не съдържа директно информация за антропогенизацията, но ако се приложи определена схема, такава информация би могла да се извлече от земното покритие.

Цел на доклада е да се представи алгоритъм, с който може да се извлече информация за антропогенните трансформации на ландшафтите от слоевете и картите за земното покритие, използващи номенклатурата на CORINE landcover.

Първоначално ще бъде разгледан опростения случай, при който всички съвременни ландшафти са разположени в един ландшафтен пояс, в който естествената растителност е горска.

Когато се работи в един ландшафтен пояс, чиято естествена растителност е горска схемата за определяне на степента на антропогенизация е по-проста. Изхожда се от факта, че за естествен ландшафт се счита такъв с типичната за зоната горска растителност. Например в буковия пояс ландшафтите с букови гори се приемат за естествени или слабо изменени ландшафти. Тук се включват и издънковите гори, защото за произхода на горите не може да се получи информация от земното покритие, а и обикновено издънковите гори са изградени от зоналния едификатор. Колкото по-големи са измененията спрямо потенциалния ландшафт, толкова антропогенизацията се счита за по-силна.

Към естествените ландшафти трябва да се добавят и голите скали, въпреки че понякога те може да са такива вследствие на антропогенна намеса. За всички останали би трябвало да се счита, че са повлияни в различна степен от човешката дейност.

Оценка на антропогенизацията в Разложката котловина

Схемата за оценка на степента на антропогенизация на ландшафтите чрез използване на слой със земното покритие, съставен по класификацията на CORINE landcover беше приложена за първи път за територията на Разложката котловина във връзка с реализиране на задачите по проект за комплексни изследвания в част от басейна на р.Места, финансиран от фонд НИ (договор МУ НЗ-1202). Територията заема долната част на пояса на умерените хумидни и топли умерени семихумидни ландшафти. Този тип ландшафти в много части на страната може ясно да се поделат на два височинни подтипа. На по-голяма височина са разположени горските мезофитни ландшафти с букови гори, а под тях са по-ксеромезофитните горски ландшафти, представени главно от габърво-горунови гори. В разглежданата територия обаче не може да се прокара ясна граница между двата подтипа. Обикновено буковите гори заемат склоновете със северна компонента на мезорелефните форми, а от другата страна са разположени по-ксерофитните горунови съобщества. На по-ниско йерархично ниво, въз основа на преобладаващият тип релеф, тези ландшафти се поделят на ерозионно-денудационни, акумулационно-ерозионни и ерозионно-акумулационни, а въз основа на различията на почвената покривка може да се направи по-детайлна диференциация, но тя не е обект на настоящия доклад.

Наличието на един тип ландшафт, както беше посечено, улеснява задачата. Естествените зонални гори са широколистни и това дава основание всички площи с клас земно покритие 312 (иглолистни гори) уверено да се считат за изкуствени. Списъкът на класовете земно покритие на трето ниво по CORINE и схемата за трансформацията им към степен на антропогенизация е представена в табл. 1.

Типовете земно покритие са групирани в скала, отразяваща степента на антропогенна трансформация. Трите основни групи са: 1-неизменени и слабо изменени; 2-средно изменени и 3-силно изменени ландшафти. Първата и третата група могат да се диференцират

допълнително на две подгрупи, което позволява и създаване на по-детайлна пет степенна градация.

Табл.1. Групи и подгрупи ландшафти по степен на антропогенна трансформация и съставляващите ги земни покрития

група ландшафти по степен на антропогенизация	код на подгрупата на антропогенизация	код на клас на земно покритие	клас земно покритие
неизменени и слабо изменени природни ландшафти	1	311	широколистни гори
		313	смесени гори
		332	голи скали
	2	231	пасища
		312	иглолистни гори
средно изменени аграрни ландшафти	3	142	съоръжения за спорт и отдих
		211	ненапооявана орна земя
		222	плодни дървета
		512	спокойни води
силно изменени изкуствени ландшафти	4	112	прекъснати градски структури
	5	121	индустриални площи
		131	кариери и открити рудници
		132	сметища и хвостохранилища

Първата група обхваща класовете по CORINE 231,311, 312, 313, 332. Независимо от оказаното им антропогенно въздействие (гората може да е издънкова или изкуствена с нетипичен едификатор) ландшафтите, характеризиращи се с такова земно покритие продължават да се развиват предимно под действието на природните закони. В първата подгрупа са обединени ландшафти с горска растителност или естествени голи скали, а във втората са обедини класовете 231 и 312, т.е. това са ландшафтите, където в резултат на човешка дейност естествената зонална растителност е заменена с друга, несвойствена за зоната, но продължават да се развиват под действието на природните закони. Ако това развитие продължи необезпокоявано, то не след дълго тези ландшафти ще се върнат към зоналния си вариант.

В следващата група попадат следните класове: 142, 211, 222 и 512. Може да се счита, че ландшафтите с такова земно покритие са претърпели по-значителни промени и се характеризират със средна степен на антропогенна трансформация. В тези ландшафти не само естествената растителност е заменена със земеделска култура, но също и повърхностния слой от почвата претърпява различна механична преработка ежегодно, а годишната биопродукция почти изцяло се отстранява. За сметка на това, се извършва внасяне на изкуствени и естествени торове. Независимо от това, при отсъствие за едно по-продължително време на активно антропогенно въздействие, тези ландшафти ще продължат своето естествено развитие, което дава основание те да се считат именно в тази група.

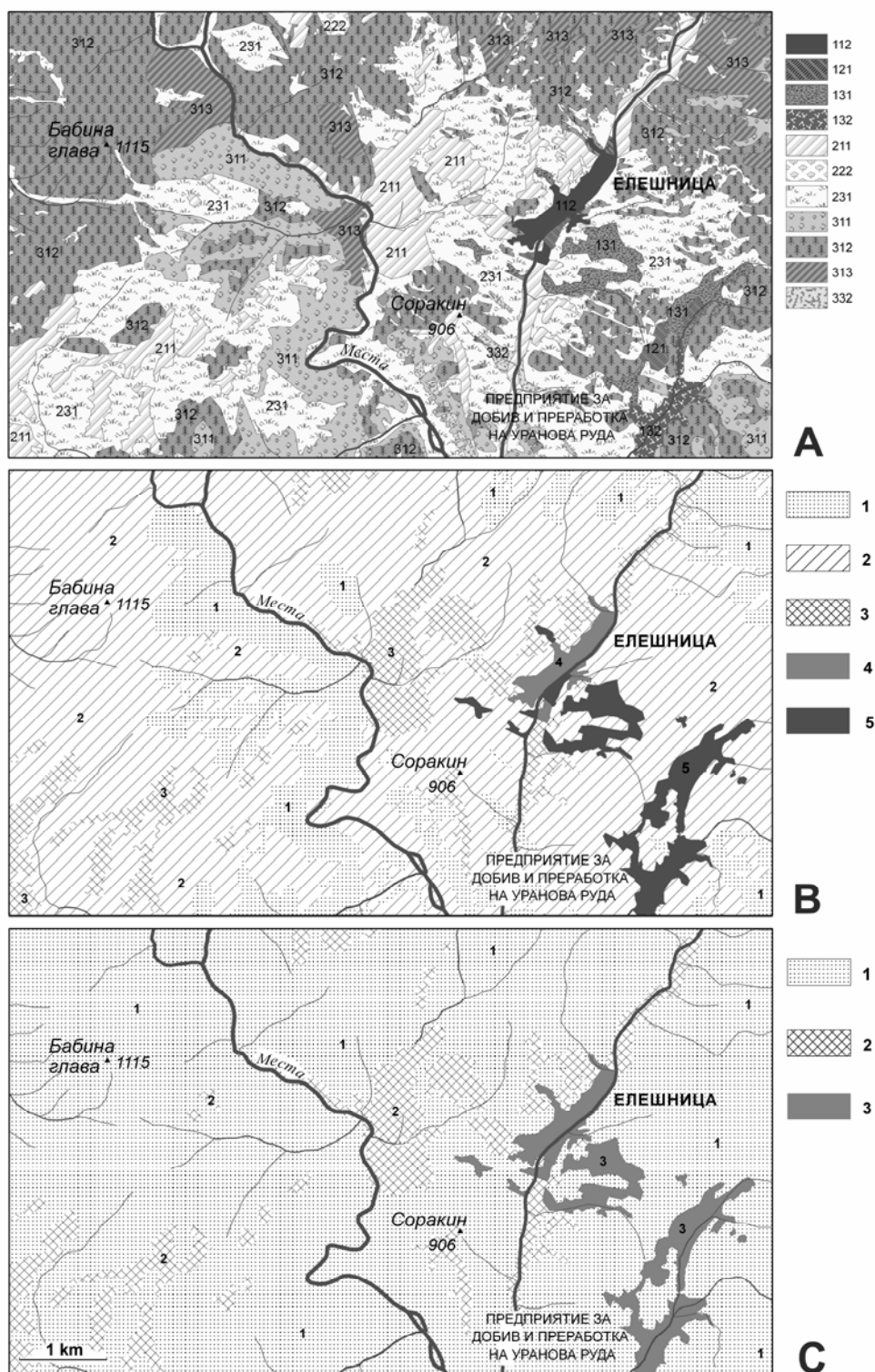
В тази група е поставен и клас 512 – това са изкуствените водоеми, при които промяната е много по-значителна. Те са в тази група само защото новосформираните ландшафти се развиват изключително по природните закони. Въпреки това, точното им място в класификацията на антропогенните ландшафти е дискуссионно и може да бъде променено в бъдеще.

Групата на ландшафтите, претърпели най-значителни промени вследствие на човешката дейност включва класовете 112, 121, 131 и 132 (табл.1). Ландшафтите на чието място са възникнали селища са включени в четвъртата подгрупа клас 112 –прекъснати градски структури. В по-голямата част от селищата сградите са ниски – с по 2-3 етажа, често заобиколени от двор, докато само в централните части на Разлог има по-гъсто строителство и по-голям дял с асфалт и бетон. Това дава основание те да се разграничат в подгрупата с по-малка антропогенна трансформация.

В следващата пета подгрупа са обединени тези ландшафти, в които е настъпила пълна промяна и унищожаване на естествената среда. Тук влизат кариерите, табаните, сметищата, утайниците и хвостохранилищата. В тази група изцяло са включени и участъците с индустриални обекти, въпреки че при по-прецизно разделение биха могли да се отделят

обектите които силно замърсяват околната среда с опасни вещества, от тези които нямат такова въздействие, като завода за телефонни агрегати между Банско и с. Баня.

На фиг. 2 е представен фрагмент от картата на земното покритие в района на с. Елешница и два варианта на карта на степента на антропогенизация на същия участък.



Фиг. 2. Карти на земното покритие и степента на антропогенизация (фрагмент)

А – Карта на земното покритие с класовете по номенклатурата на CORINE: 112 - прекъснати градски структури; 121 - индустриални площи; 131 - кариери и открити рудници; 132 - сметища и хвостохранилища; 211 - ненапоявана орна земя; 222 – овощни градини; 231 – пасища; 311 - широколистни гори; 312 - иглолистни гори; 313 - смесени гори; 332 - голи скали;

В – Карта на степента на антропогенна трансформация на ландшафтите (пет степенна градация); Условно неизменени и слабо изменени естествени ландшафти: 1 – ландшафти със зонална първична и

вторична горска растителност; 2 – ландшафти, в които естествената зонална растителност е заменена с изкуствена иглолистна горска или производна тревна растителност; Средно изменени аграрни ландшафти: 3 – ландшафти, в които естествената растителност е заменена със земеделски култури; Силно изменени изкуствени ландшафти: 4 – ландшафти трансформирани в селища; 5 – ландшафти трансформирани в кариери, мини, табани, депа за отпадъци хвостохранилища и индустриални зони.

С - Карта на степента на антропогенна трансформация на ландшафтите (три степенна градация): 1 – Условно неизменени и слабо изменени естествени ландшафти; 2 – Средно изменени аграрни ландшафти; 3 – Силно изменени изкуствени ландшафти

Картографиране на съвременните ландшафти на територията на Родопите

По-нататъшното развитие на идеята за използване на земното покритие за оценка на антропогенизацията изискваше методиката да се приложи и в територии, обхващащи повече от един ландшафтен пояс. Тя беше разработена и приложена за изготвяне на ландшафтна карта на Родопите, на която са изобразени естествените ландшафтни пояси, заедно със съвременната им антропогенна трансформация. За създаването на обзорна карта за цялата територия на Родопите се изискваше степените на антропогенизация да се редуцират на няколко категории, а същевременно на по-едромащабните карти на отделните общини антропогенизацията да се изобрази по-детайлно.

Масивът на Родопите заема различни хипсометрични пояси и във връзка с това са разпространени разнообразни ландшафтни пояси. Широко разпространение в Западните Родопи има типът на хладните хумидни ландшафти с подтипа на иглолистните гори. В този пояс няма как само чрез земното покритие да се определи произходът на гората. В горната част на съседния буков пояс често се срещат горите от ела. За да се определи дали гората има естествен или изкуствен произход беше използвана информацията от горския кадастър. За съжаление трябва да се отбележи, че в някои горски стопанства тази информация е непълна, а някъде дори е невярна, което беше установено на терен. Въпреки това няма друг достоверен източник за поясите на иглолистните и буковите гори, чрез който да се определи какъв е произходът. За останалите по-ниско разположени пояси наличието на площи с иглолистни гори е достатъчно сигурен признак, че горите са с изкуствен произход.

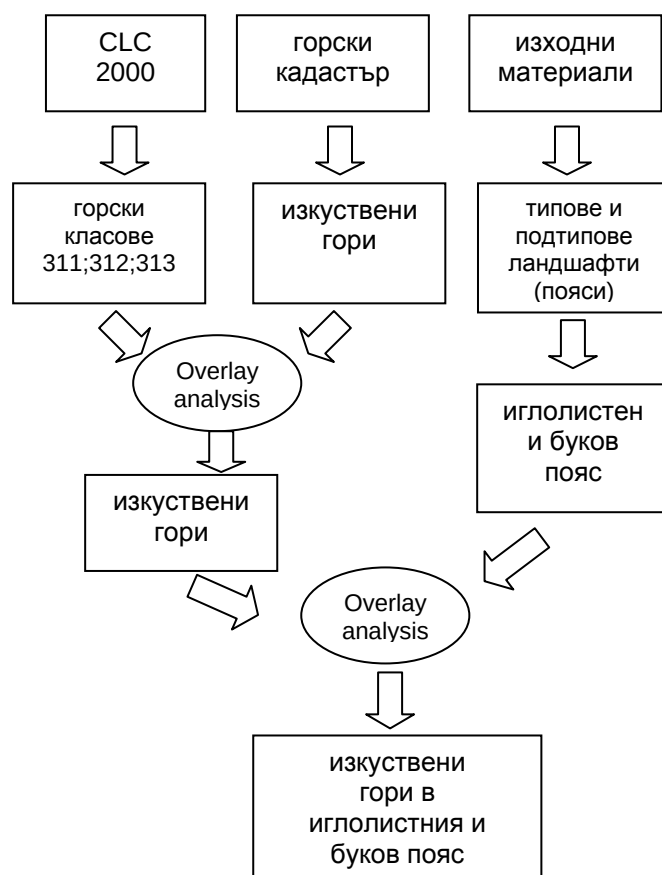
Принципна схема за получаването на полигоните с изкуствени гори в горните два пояса е показана на фиг.3. От горския кадастър се селектират отделите с изкуствен произход и се обединяват. От слоя със земното покритие се отделят трите изцяло горски класа 311, 312 и 313. Причината е, че реалното разпространение на горите е по-точно при земното покритие от CORINE, отколкото това във кадастъра, защото не всички отдели и подотдели са изцяло заети с гора. Следва overlay операция и такива за елиминиране на незначителните полигони в ГИС среда. Едновременно с това на базата на климатични и други показатели се диференцират типовете и подтиповете ландшафти, които се явяват като височинни пояси. Отделят се поясите на хладните хумидни и умерени хумидни ландшафти, чиито подтипове се явяват ландшафтите, развити в иглолистния и буков пояси. Отново се извършва overlay, чрез който се получават точните контури на съвременните ландшафти в тези два пояса, в които горската растителност има антропогенен произход.

Отделянето на съвременните ландшафти с изкуствени гори в по-ниско разположените ландшафти се извършва като се отделят класовете земно покритие 312 и 313, тъй като в тези пояси естествената зонална растителност е изключително широколистна. Приема се че останалите горски ландшафти са с естествена зонална растителност. По този начин обаче може да се пропуснат изкуствените горски насаждения с широколистни видове. Затова към тези класове се добавят и площите, в които има кадастрална информация за изкуствен произход.

Наблюденията на терен показаха, че отделянето на класовете с иглолистна растителност е по-надежден начин за диференциране на ландшафтите с изкуствени гори, отколкото ако за източник на информация се вземе горския кадастър. Широколистните насаждения са много малко в Родопите, а иглолистните гори безпогрешно се идентифицират на мултиспектралните изображения.

При така поставената градационна схема на антропогенизация на ландшафтите естествените гори се явяват първата степен от скалата (табл. 2). Втората степен са ландшафтите с изкуствени, предимно иглолистни гори. Предвид типа земеползване и степента на антропогенна трансформираност останалите извън горски класове земно покритие по CORINE са рекласифицирани по следния начин. Клас 324 – преходна горско храстова растителност се приема за трета степен на трансформация в схемата. В тази категория влизат ландшафтите с полуестествена горско-храстова растителност, характерна за Източните Родопи. По всяка вероятност тя представлява форма на деградация на зоналния тип гори, предизвикана от човешката дейност. Причина гората да не се възстановена е продължаващото човешко въздействие и недостатъчната обезпеченост с влага. Следващата категория са

ландшафтите с вторична тревна растителност – класове 231 и 321. Като произход пасищата са сходни с ландшафтите с горско-храстова растителност, но е невъзможно да се разграничат надеждно пасищата от ливадите (които се косят ежегодно), а в резултат на антропогенна намеса е скъсен значително вер-тикалният ландшафтен профил.



Фиг. 3. Опростена схема за определяне на изкуствените гори в иглолистния и буковия пояс.

Петата степен на антропогенизация е представена от класове със силно смесен тип земно покритие – това са класове 242 и 243 по CORINE. В тези ландшафти се наблюдава често редуване на естествена растителност с аграрни култури на малко разстояние. Тези класове земно покритие също са типични за нископланинските територии на Източните Родопи. В следващата степен на антропогенизация са обединени класовете с постоянни култури – овощни градини (222) и лозя (221). Седмата степен на антропогенизация представляват сеитбооборотните земи – ниви и зеленчукови градини – класове 211 и 213. При тях ежегодно повърхностният слой на почвата се обработва, огромна част от биопродукцията се отстранява и се привнасят химически вещества. На осмата позиция в градацията на антропогенна трансформация са изкуствените водоеми – клас 512. По-горе беше изтъкнат комплексният и сложен характер на промяна на тези обекти. Деветата степен на антропогенизация представлява трансформацията на ландшафтите в селища и индустриални зони – класове 111, 112, 121, 122, 124, 141 и 142. При класовете 131 и 132 по CORINE се наблюдава най-дълбока степен на преобразуваност на естествените ландшафти, която има и значителна дълготрайност. Това са откритите минни разработки, кариерите, табаните, хвостохранилищата. При тях промяната засяга дори и най-устойчивият на промени геокомпонент по емпирично-генетичния ред на Солнцев – скалната основа.

За да може да се изобрази степента на антропогенизация и на по-дребно мащабни карти десетте степени се групират в три генерализирани нива на антропогенна модифицираност.

Табл. 2. Степени на антропогенна трансформация на ландшафтите на територията на Родопите

Три степенна скала	Десет степенна скала
Естествени и слабо изменени ландшафти	1 - ландшафти с естествени гори и голи скали
	2 - ландшафти с изкуствени гори
	3 - ландшафти с вторична горско храстова растителност
Средно изменени ландшафти	4 - ландшафти с вторична тревна растителност
	5 - ландшафти с участъци от есетсвена и аграрна растителност
	6 - ландшафти с аграрна растителност от трайни култури
	7 - ландшафти с аграрни сеитоборотни култури
Силно изменени ландшафти	8 - ландшафти превърнати в изкуствени водоеми
	9 - ландшафти превърнати в селища и индустриални зони
	10 - ландшафти превърнати в мини, кариери и сметища

Заклучение

Предложеният способ дава възможност да се използва широко достъпната информация от CORINE Landcover за създаване на различни тематични карти, отчитащи антропогенните трансформации, настъпили в ландшафтите. Тази информация се явява особено полезна при създаване на карта на съвременните ландшафти. Когато картографираната територия обхваща няколко пояса е необходимо да се вземе предвид типът климаксна за пояса растителност. За да се получат достатъчно надеждни резултати е препоръчително да се ползва и допълнителна информация от горския кадастър.

Цифровата индикация на степента на антропогенна трансформация значително улеснява четенето и разбирането на картите на съвременните ландшафти дори и от неспециалисти в областта на ландшафтната наука. При предложената десет степенна градация на антропогенизацията, колкото по-голям е номерът на даден ландшафтен ареал, толкова по-голяма е степента на настъпилите изменения в него, спрямо типичния естествен за зоната ландшафт. Същото се отнася и за първоначалния пет степенен вариант. Групирането на детайлната скала в опростена три степенна градация показва гъвкавостта на тази схема за оценка на антропогенизацията и може успешно да се прилага при обзорно ландшафтно картографиране в среден мащаб.

Литература:

1. Исаченко, А.Г. О так называемых антропогенных ландшафтах. – Изв.,ВГО, том 6, Л., 1974
2. Мильков, Ф.Н. Человек и ландшафты. М. 1973.
3. Мильков, Ф.Н., Рукотворные ландшафты. М.1978
4. Петров, П. Ландшафтознание. С. 1990.
5. Солнцев, Н.А. О взаимоотношениях „живой” и „мертвой” природы. – Вестн. Москв. ун-та, сер. геогр., 1960.
6. Уклеба, Д.Б. Антропогенные ландшафты Грузии. Тбилиси, 1983
7. Якушко Ф., Г.И.Марцинкевич, П.В. Петров, А.С. Велчев. Антропогенизированные ландшафты Белорусия и Болгарии. С., 1983

LAND USE CHANGE OF THE KUTINA PYRAMIDS NATURAL LANDMARK AREA

Vanya Naydenova

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: vnaydenova@gmail.com

Keywords: land use, natural landmark, remote sensing, aerial photos

Abstract: In relation with the high industrialization rate during the recent decades and the active anthropogenic activity, adequate land use and land use change turns to be a problem of extreme importance concerning the sustainable development of any territory. The report presents a study on land use change in the region of the Kutina drainage basin, a territory where intensive coal-mining took place which had direct impact on the Kutina Pyramids natural landmark located in the area. The registered land use change was obtained based on visual interpretation and deciphering of aerial photos of the Golemiya Dol sub-catchments area, a part of the Kutina drainage basin, where the natural landmark is located for two time periods – prior to the start of the lignite coal mining activity and after its termination and the performance of partial reclamation activities. Significant land use change is observed on the examined territory. Before the start of the mining activity, the territory was occupied mainly by arable land, meadows, and barren (denudated) land – rocks and soils, with a very low percentage of available forests. Nowadays, a great part of the Golemiya Dol sub-catchments area is occupied by (coniferous or deciduous) forests and pastures.

Introduction

As a result of the high industrialization rate in the last decades and the active anthropogenic activity, adequate land use complying with preservation of the environment is becoming an increasingly topical issue. Land use and its changes are an essential input into decision-making for implementing appropriate policy and effective planning of each territory.

The purpose of the study is a large-scale mapping of the land use change on a natural landmark in a stage of degradation on catchments mapping level using GIS and remote sensing methods in addition to existing topographic maps and fieldwork*. Remote sensing methods and GIS technologies make it possible to identify the areas with strongest land use changes and determine their spatial parameters.

The study area, the Kutina catchments area, is located in the northwest part of the Metropolitan Municipality. The major emphasis is placed on land use changes of the Kutina Pyramids natural landmark area, located in the Kutina's sub-catchments called Golemiya Dol (Fig.1). The area of the Golemiya Dol is 1.93 km². The Kutina Pyramids was awarded the status of a natural landmark in 1962. They represent a group of earth pillars in a stage of accelerated destruction, as a result of the anthropogenic activity and lignite coal excavation, carried out in its immediate vicinity (Kanev, G. et al, 2006). The study area is chosen because of the dynamic changes that have taken place in it during the last 60 years, especially the development of the Kutina mining site.

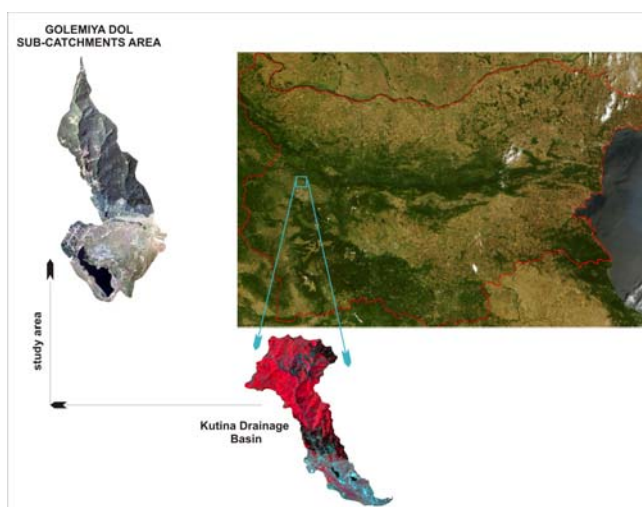


Fig. 1

* The study is implemented within the framework of scientific-research contract NZ – No.1507/05 concluded between SRI-BAS and Scientific Research Fund at the Ministry of Education and Science

Methods

The basic methods used for creating a geodatabase aimed at land use mapping and land use change detection is geoinformation technologies which include GIS and remote sensing techniques. The methods used in the study include 9 major stages (Fig. 2).

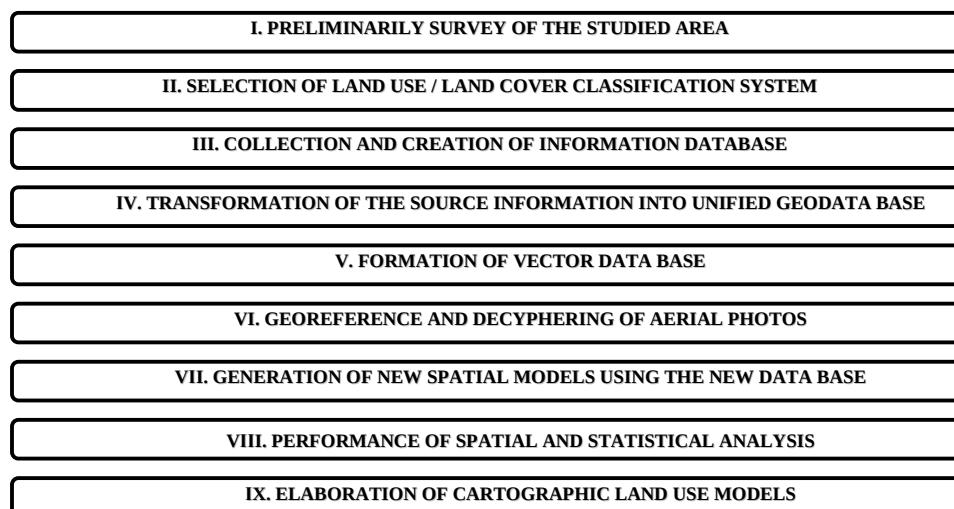


Fig. 2. Working stages

One of the most important steps is the selection of land use/land cover classification system. The presented land cover/land use classification is based on the USGS land cover/land use classification system (Anderson, J. 1972, 1976) and is adapted for the territory of Bulgaria (Table 1).

Table 1. Land cover / land use classification

No	LEVEL I	LEVEL II
1	BUILD-UP LAND	RESIDENTIAL
		SUMMER-HOUSES' AREAS
		INDUSTRIAL
		TRANSPORTATION, INFRASTRUCTURE AND UTILITIES
		AGRICULTURAL BUILD-UP LAND
2	AGRICULTURAL LAND	CROPLAND
		PASTURES
		PERMANENT PLANTS (ORCHARD, VINEYARDS)
		OTHER AGRICULTURAL LAND
3	VEGETATED LAND	MEADOW
		SHRUB
		MIXED VEGETATED LAND
4	FOREST LAND	DECIDUOUS FOREST
		CONIFEROUS FOREST
		MIXED FOREST
5	WATER AREAS	STREAMS / RIVERS
		CANALS
		LAKES
		RESERVOIRS
6	BARREN LAND	BARE SOIL / ROCKS

Database organization

The geodatabase created for the purpose includes archive panchromatic and coloured aerial photographs, large-scale topographic maps, data from terrain studies and GPS measurements, photos, thematic maps and other department databases. Based on the created database and the defined land use/land cover classification system, a number of thematic cartographic models, tables, and graphs were produced. The data are divided into three groups depending on the way they were obtained – input information, derived data and output results (Fig.3). The output results are presented

in the form of assessment maps, graphs and tables. The created personal geodatabase comprises the following geodatabase elements – feature dataset, raster datasets, attribute data (tables) and additional elements, such as graphs and diagrams (Table 2).

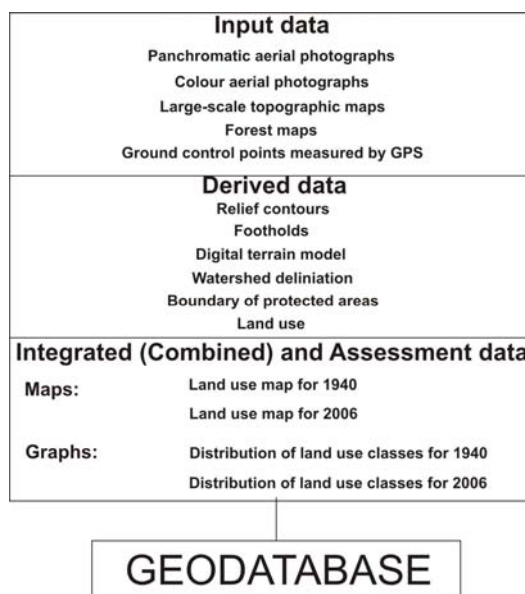


Fig. 3. Data types

Table 2. Geodatabase elements

GEODATABASE ELEMENTS	TYPE OF LAYER
Feature dataset	
Ground control points measured by GPS	Feature - point
Relief contours	Feature - line
Footholds	Feature - point
Boundary of protected areas (based on data from maps of the State Forestry, Sofia - Novi Iskur Forestry)	Feature - polygon
Land use – 1940, 2006	Feature - polygon
Attribute data (tables)	
Ground control points measured by GPS	Feature - point
Relief contours	Feature - line
Footholds	Feature - point
Boundary of protected areas (based on data from maps of the State Forestry, Sofia - Novi Iskur Forestry)	Feature - polygon
Land use – 1940, 2006	Feature - polygon
Raster dataset	
Digital terrain model	Raster
Panchromatic aerial photographs - 1940	Raster
Coloured aerial photographs - 2006	Raster
Large-scale topographic maps	Raster
Forest maps	Raster
Additional elements – graphs and diagrams	
Distribution of land use classes - 1940	Chart
Distribution of land use classes - 2006	Chart

Results

The changes of land use classes during a 65-year period on the territory of the Golemiya Dol's sub-catchments were investigated.

There are two temporal stages:

- before the exploration period – 1940;
- after the exploration period – 2006.

Maps of land use for 1940 and 2006 were created as a result of deciphering and interpretation of aerial photos for the abovementioned years. The land use changes of the studied area during this 65-year period are quite significant.

In the period before mining activity began, the territory of the Golemiya Dol was occupied mainly by cropland and meadows, amounting respectively to 39.9% and 21.9% (Fig. 4a). Vast areas were occupied by barren land – a total of 22.5%. The percentage of forest land for this time period is insignificant – less than 5% (Fig. 4a). According to bibliographic (literary) sources, the Golemiya Dol's catchments were woodless, with many erosion incisions and gullies, and the lower part of the drainage basin was a low land with slight slopes (Bozhinov, Iv., 1954).

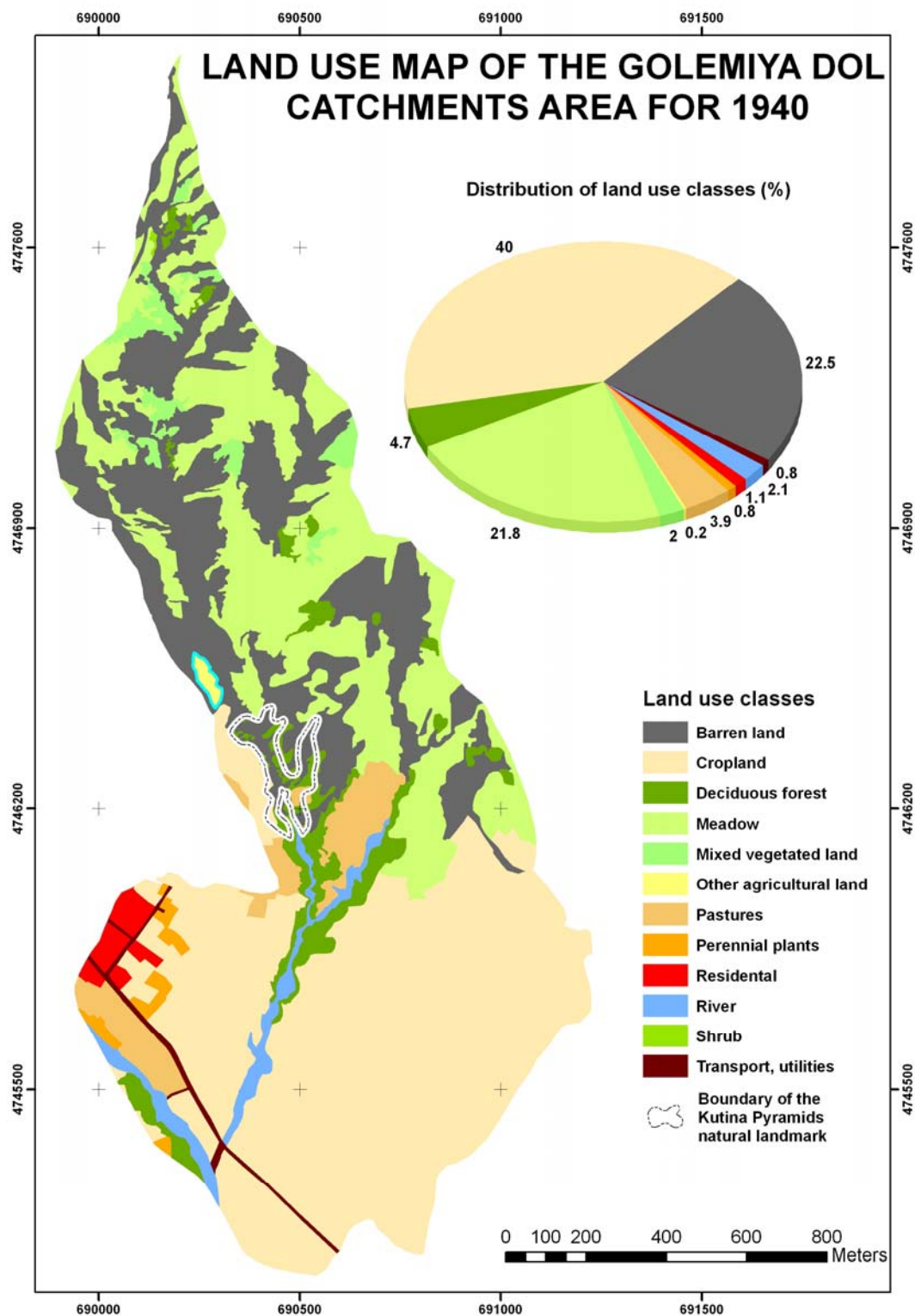


Fig. 4a

During the exploration period the terrain was transformed many times. Mining activity was terminated in 1972, to be followed by a reclamation period.

Nowadays, a great part of the Golemiya Dol's catchments area is occupied by forest land (deciduous and coniferous forests) and pastures. Their percentage distribution is respectively 44.9% for forest land as a whole, with predominance of coniferous forests, and 39.8% for the pastures (Fig. 4b). The percentage of barren land has decreased over the time period to 1.2% as a result of the intensive forestation actions after the 50^{ies} of the previous century. Anthropogenic activity has generated some new land use classes, such as lakes, which occupy abandoned excavations, summer-house' areas and coniferous forests.

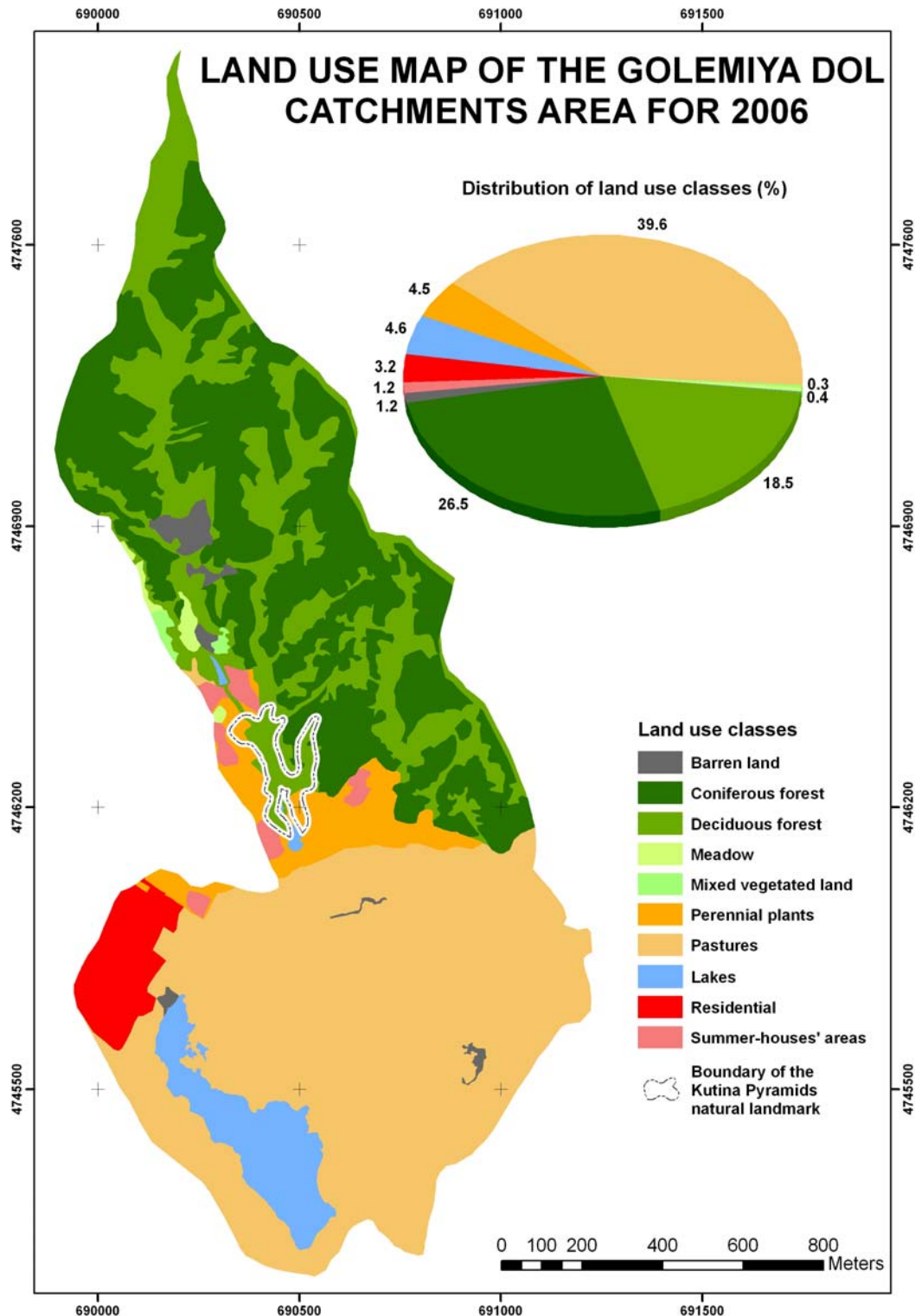


Fig. 4b

The land cover/land use changes undergone by the *Kutina Pyramids* natural landmark are shown in Fig. 5a and 5b. The main land cover/land use class which in 1940 occupied more than 50% of the protected area was barren land. Nowadays, these areas are entirely covered by forest land, where deciduous forest increased to 75 % while 4% of the territory is afforested with coniferous species.

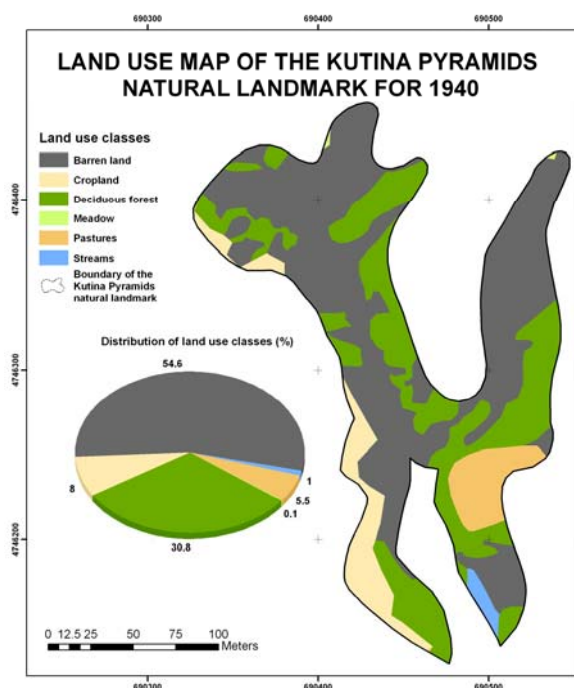


Fig. 5a

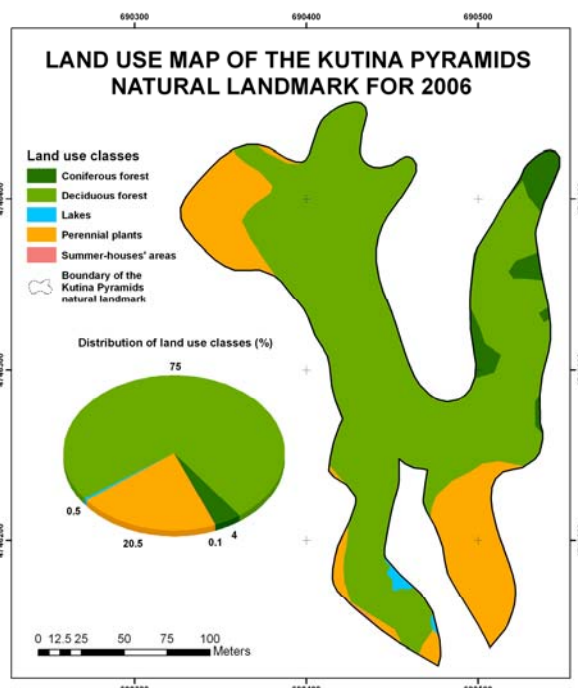


Fig. 5b

The observed land cover/land use changes of the Golemiya Dol's catchments area and especially the protected area of the *Kutina Pyramids* are a result of the anthropogenic activity during the last decades and the intensive development of mining activity, which is the main reason for their accelerated destruction (Kanev, G. et al, 2006).

Conclusion

The created geodatabase is used as an information source to elaborate a series of thematic and assessment maps of land use change and to determine the spatial parameters of land use change. It provides for quick retrieval of unbiased information on land use change whereas land use maps may be used in land use planning, which will help the local self-governing bodies and the natives to make everything possible for the natural landmark's conservation and preservation and the territory's sustainable development.

Acknowledgements

Res. Fell. Vanya Naydenova, PhD student is a beneficiary of a project of Bulgarian Ministry of Education and Science – the OP “Human Resources Development” funded by ESF, Contract BG051PO001/07/3.3-02/63/170608.

References:

1. Anderson, J., Hardy, J. Roach. 1972. A land-use classification system for use with remote-sensor data: U.S. Geol. Survey Circ. 671, 16 p., refs.
2. Anderson, J., Hardy, J. Roach, R. Wimer. 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Geological Survey Professional Paper 964, United States Government Printing Office, Washington.
3. Bozhinov, I. v. Report on the Performed Detailed Investigations of the Sofia Coal Basin - Kutina Area, Village of Kutina, Sofia District, Carried Out in 1949, S., 1954, Geofund (II-290). (in Bulg.).
4. Kanev, G., V. Naydenova, E. Roumenina, R. Nedkov. 2006. Methods for Monitoring the *Kutina Pyramids* Natural Landmark Using Geoinformation Technology. Ecological Engineering and Environment Protection. No.3-4. Published by EEEP, Sofia, pp. 26-34. (in Bulg.).

PREPROCESSING OF SPECTROMETRIC DATA

Valentin Atanasov, Georgi Jelev, Lubomira Kraleva

*Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: vatanassov@space.bas.bg*

Keywords: *imaging spectrometer data preprocessing, methods.*

Abstract: *Preprocessing is an important part of analysis of imaging spectrometry data and is relevant to data quantitative estimation. The basic appropriate methods for elimination of sensor-related effects of spectrometric data, such as dark current correction and spectral and radiometric resampling, are described and highlighted. Some corresponding approaches illustrating the procedures for data preprocessing are presented and the obtained results are shown.*

1. Introduction

Notwithstanding their young age, spectrometric measurements have about 30-year-long history, while Remote Sensing of the Earth from space occupies is of essential importance for the development of modern science and technology. The application area of remotely sensed spectral data is expanding continuously to incorporate new applications, such as ecologic monitoring of endangered areas, monitoring the global changes of natural resources and environment, climate changes etc. The conclusion can be drawn that spectral images make it possible to map biophysical and biochemical changes of the Earth's surface and the state of atmosphere with unprecedented accuracy. The observed tendencies show that we need better observation and understanding of the basic lines for sustainable development of our resources and the preservation of the environment.

During the last decade, the development of modern technologies resulted in vigorous development of remote sensing systems and apparatus (space, airplane or ground-based) [1,2]. However, the expected enhancement of classification accuracy tends to lag behind [3]. The major reasons for this lie in the great complexity of remote sensing measurements and the insufficiently intensive investigation of the sources of indefiniteness in remotely sensed data [4,5]. This calls for development and improvement of the modelling methods, the data processing techniques, and the identification and classification methods for the objects from the observed scene, to improve information quantity and quality, without expensive changes in equipment hardware.

Actually, to score new achievements we should improve the quality of used data by consistent and comprehensive efforts in the field of preliminary processing and improvement of remote sensing systems.

2. Methods

Spectrometric measurements, as a new area in remote sensing, require new approaches towards data acquisition, data preprocessing and deriving information from synthesized spectral images. These approaches constitute an important part of the analysis of spectrometric data and are mandatory for quantitative analysis of these data. In the Remote Sensing area the radiation that has fallen onto the sensor is registered after it has passed from the source to the examined object and back to the sensor [6]. The objective of the measurement is to identify the examined object by its characteristics, such as form, size, composition, temperature, and other parameters of interest to the researchers. The information about the object is contained in the instrument's response. The purpose of the studies is to provide for determination of the functional relation between the radiation reflected by the examined object and the output signal of the device by appropriate preprocessing of the obtained data.

To achieve this purpose, system analysis must be performed from data acquisition to information deriving. This analysis will make it possible to reveal and identify the sources of indefiniteness in the measurements and will demonstrate the need of applying data preprocessing before using data classification algorithms. In the quantitative aspect, this high indefiniteness is

substantiated not only by the type of the used instrument, but also by the sources forming the overall power of the reflected emission registered by the instrument. In a number of practical cases, the unambiguous determination of the characteristics of the examined objects and consequently, their identification, turns to be impossible without accompanying synchronous or “quasi-synchronous” ground-based measurements, providing additional spectral data for the examined scene.

Spectrometric measurements require as well solving a number of multidimensional problems, since the measured value of the emission at the sensor’s input is a function not only of the radiation reflected by the examined object, but of other factors, too, such as polarization and location of the emission arriving at the input aperture, its direction and spectral distribution. The sources of spectrometric measurements errors feature a broad spectrum; therefore, in the cases where such measurement data will be used for subsequent analyses, these errors should be necessarily accounted for, and each of them should be localized, analyzed and characterized. The proper identification of the sources of indefiniteness, occurring during the measurement process, provides not only to determine their quantity, but also to apply preprocessing of such data for the purpose of excluding or at least minimizing their influence on the output results, to enhance these data's comparability and improve the integrity of the derived information [9,10].

The major objective of the preprocessing of spectrometric data is to provide possibility for the most accurate possible determination of the functional relation between the radiation reflected by the investigated object and the output signal of the device through proper preprocessing of the obtained data.

The identified objective may be achieved by investigating and applying the basic stock of methods and resolving the following major tasks:

- conducting system analysis in remote sensing to localize, characterize and minimize the impact of the sources of indefiniteness through preprocessing of the data during the period between their acquisition and deriving of information, which includes the following subtasks:
- investigating the impact of radiation propagation from the examined object and back to the sensor to characterize the parameters' impact on data quality;

For the purpose of the studies, the main measurement equation of a spectrometric system may be used [11]:

$$(1) \quad S = R_{\lambda} [\tau_{u,\lambda} (\rho_{g,\lambda} + \rho_{g,adj,\lambda} w_a) \pi^{-1} \cos \varphi (\tau_{d,\lambda} + \tau'_{d,dif,\lambda} / \cos \varphi) E_{0,\lambda} + L_{atm},] \Delta\lambda \Delta A$$

From equation (1) we express functional (2):

$$(2) \quad S = f[\tau_{d,\lambda}, \tau'_{d,dif,\lambda}, \varphi, \theta, \rho_{g,\lambda}, \tau_{d,adj,\lambda}, \tau'_{d,dif,adj,\lambda}, \rho_{g,adj,\lambda}, w_a, \tau_{u,\lambda}, \tau'_{u,dif,\lambda}, L_{atm}],$$

where: S – output sensor signal, $\tau_{d,\lambda}, \tau'_{d,dif,\lambda}, \tau_{d,adj,\lambda}, \tau'_{d,dif,adj,\lambda}$ – admission coefficients of directly fallen and diffuse radiation, φ – falling angle, θ – observation angle, $\rho_{g,\lambda}, \rho_{g,adj,\lambda}$ – reflection coefficients, w_a – weighing coefficients accounting for the closeness effect, $\tau_{u,\lambda}, \tau'_{u,dif,\lambda}$ – admission coefficients from the studied surface to the sensor, L_{atm} – atmospheric backscattered radiation, R_{λ} – spectral instrument sensitivity characteristics, ΔA – studied surface in the sensor’s input aperture.

The derived functional accounts for the influence of the various complex input signal elements on the sensor’s output signal [12] and provides to make detailed analysis of the noise sources and indefiniteness in remote sensing measurements, including localization, analysis, and characterization of each of them.

- investigating the methods for image restoration in the special and spectral areas;
- A number of spectral image restoration methods exist, the most popular of them being:

Nearest Neighbor Resampling:

The interpolated pixel value is:

$$(3) \quad L_i(x_p, y_p) = L(x_p + \Delta x, y_p + \Delta y),$$

where: L is the original radiance value, and $(\Delta x^2 + \Delta y^2)^{1/2}$ is the minimal distances to the selected position.

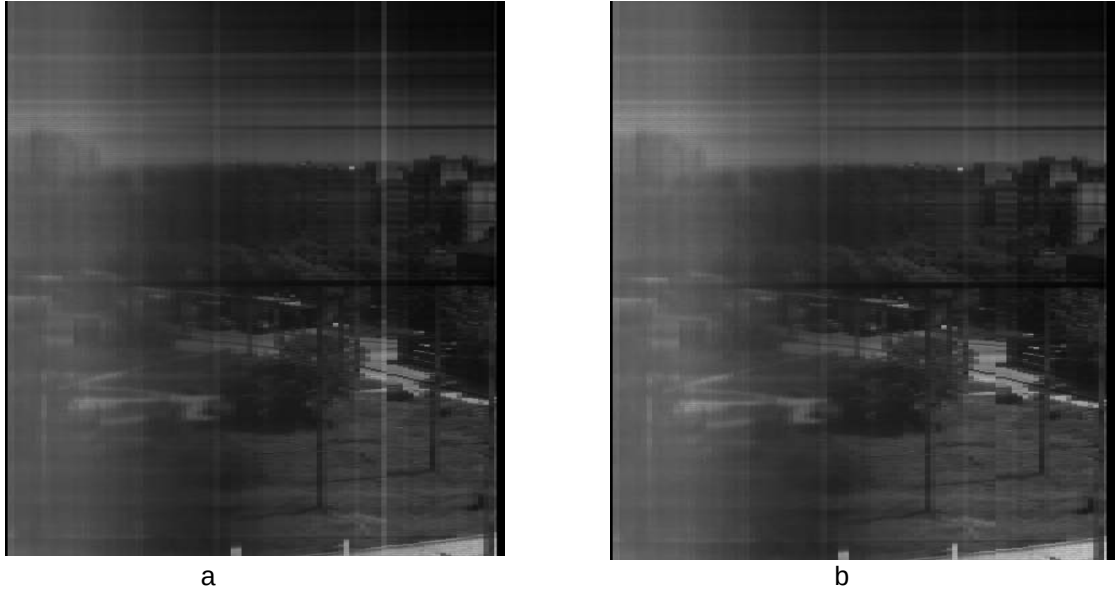


Fig. 1. Spectral image collected in spectral band 550nm, a – original image, b – corrected image.

Linear Interpolation Resampling:

$$(4) \quad L_i(x_p, y_p) = (L_i(x)_{x_p} + L_i(y)_{y_p})/2,$$

where $L_i(x)_{x_p} = (L(x-1)_{x_p} + L(x+1)_{x_p})/2$ and $L_i(y)_{y_p} = (L(y-1)_{y_p} + L(y+1)_{y_p})/2$, $L(x)_{x_p}$ and $L(y)_{y_p}$ are the linearly interpolated continuous functions of radiance in across track and along track directions.

Bilinear Interpolation Resampling:

$$(5) \quad L_i(x_p, y_p) = L_i(x, y)_{\text{triang}} \big|_{x_p, y_p},$$

where: $L_i(x, y)_{\text{triang}} \big|_{x_p, y_p}$ represents a bilinear interpolation.

The selection of an appropriate spectral image restoration method depends on a number of factors: sensor spectral and spatial resolution, synthesized image class, studied cover type, data acquisition conditions etc. The differences of the various interpolation methods used in the data calibration process need to be analyzed further in future work.

3. Conclusions

1. The conduct of a preprocessing, including a detailed and comprehensive analysis of the noise and non-uniformities introduced in the process of data acquisition will provide to minimization, and to a certain extent, prevent the examined objects' classification errors under various measurement conditions. This will also demonstrate the need of preprocessing data before using them in classification algorithms.

2. The conduct of an appropriate preprocessing of remotely sensed spectral data provides to: reduce the effects of non-uniformity in the spectral images by formulation of requirements for the individual blocks of the spectral system and the location platform; verify remotely sensed spectral data acquired by space-based instruments, intercalibrate and compare spectral data and simulate the characteristics and parameters of future hyperspectral sensors.

3. Based on the performed system research in the preprocessing area, the modern tendencies for design and development of remote sensing systems will be confirmed, expanded, and to a certain extent, assisted.

References:

1. K r a m e r H. J. Observation of the Earth and Its Environment. Springer, Berlin. 1996.
2. A t a n a s s o v V., A. K r u m o v, V. V a s i l e v, N. V a s i l e v. Prototype of a Vis-NIR Imaging Spectrometer. 1998 ASPRS-RTI Annual Conference, Tampa, Florida, March 30 - April 4, 1998 Conference Proceedings, pp.1402-1407.
3. S t a e n z K. A Decade of Spectrometry in Canada. - Canadian Journal of Remote Sensing, vol. 18, № 4, 1992. p. 187.
4. A t a n a s s o v V. I., B. B. P e e v, N. N. V a s s i l e v, V. K. V a s s i l e v. Hyperspectral Imaging Spectrometer as a Power Tool for Ecological Monitoring. Journal of Balkan Ecology, vol.4, № 2, 2001. pp. 168 – 170.
5. A t a n a s s o v V., G. J e l e v, L. K r a l e v a. Imaging Spectrometer Data Correction. Scientific Conference "Space, Ecology, Safety – SES'2005" with International Participation, 10-13 June 2005, Varna, Bulgaria. Conference Proceedings, book 1, pp.221 – 226.
6. A t a n a s s o v V., L. K r a l e v a, G. J e l e v. Noise and Uncertainties in Remote Sensing Spectroscopy Measurements. III Scientific Conference "SENS'2007" with International Participation, 27-28 June 2007, Varna, Bulgaria. Conference Proceedings. pp. 170-174. (in Bulg.).
7. A t a n a s s o v V., G. J e l e v, L. K r a l e v a. Measurement Equation in Spectrometric Systems. III Scientific Conference "SENS'2007" with International Participation, 27-28 June 2007, Varna, Bulgaria. Conference Proceedings. pp. 174-179. (in Bulg.).
8. A t a n a s s o v V., G. J e l e v. Algorithm for Dark Current Characterization of Imaging Spectrometer. Aerospace Research in Bulgaria, vol. 19, 2004. pp. 77-83.
9. S c h l ä p f e r D., J. N i e k e and K. I t t e n. Spatial PSF non-uniformity effects in airborne pushbroom imaging spectrometry data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 45(2):458-468. 2007.
10. S c h l ä p f e r D., M. S c h a e p m a n, and P. S t r o b l. Impact of Spatial Resampling Methods on the Radiometric Accuracy of Airborne Imaging Spectrometer Data. 5th Int. Airb. Rem. Sens. Conference and Exhibition, VERIDIAN, San Francisco, pp. 8.

GROUND-BASED OBSERVATIONS OF CLOUD PROPERTIES IN RELATION WITH AEROSOL AND ATMOSPHERIC DYNAMICS

Kalinka Bakalova¹, Dimitar Bakalov²

¹ Solar-Terrestrial Influences Laboratory - Bulgarian Academy of Sciences

² Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy- Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: kbakalov@stil.bas.bg , dbakalov@inrne.bas.bg

Key words: Clouds, Aerosols, Meteorological Parameters, Visible Images

Abstract: Atmospheric processes determining the dynamics of aerosols are related to the radiation budget and the global climate of the Earth. The indirect effect of atmospheric aerosols on the radiation balance of the planet finds expression in their basic role in cloud formation, evolution and precipitation. The two decisive factors for droplet formation are the presence of sufficiently abundant particles and relatively large humidity of the air. Many other factors, such as aerosol size, chemical composition, and meteorological conditions, also influence the complex aerosol-cloud interactions.

The objective of the present paper is to study the capacity of ground-based observations of clouds and their precursors by means of digital visible images of clouds under different meteorological conditions. The reversible transition aerosol-droplet-raindrop is considered with respect to the variability of the available meteorological parameters: relative humidity, horizontal visibility, temperature, pressure, wind speed, etc. The clouds as displayed in the visible images are characterized by their texture, shape, thickness, motion. These morphological features that are related to cloud microphysical properties may be indicative of the aerosol-cloud interactions. Our results show that the response of cloud appearance to the changes of meteorological conditions is practically immediate. We make use of the advances of ground-based observations to establish some relations between the variations of cloud physical properties and atmospheric parameters in very short time intervals. The detailed description of these relations for some types of clouds contributes to the knowledge of aerosol-cloud climatology.

Because of their high resolution in space and time, ground-based series of cloud photographs allow for quantitative and detailed analysis of cloud development in different meteorological regimes. Below in Fig. 1 three consecutive images of the sky in the south hemisphere over the city of Sofia taken within only 15 min are shown. They show clouds that are forming at the expense of the near ground aerosol. Half an hour earlier, the haze worsened the horizontal visibility (V) to 6 km that is below the ordinary value of 10 km. The newly created low clouds move up. The movement is evident from the position of clouds with respect to the sun. They join to the upper level low clouds that rose before, whose radiance slightly goes down, i.e. the upper clouds capture power from the clouds just formed from the surface aerosols and thus getting thicker. This is in accordance with the variations of the meteorological conditions - increasing of the relative humidity (RH) from 55% to 66%, and slight decrease of the pressure at the same time. The slight decreasing of the pressure serves as an impulse for the updraft of the aerosols serving as cloud condensation nuclei (CCN) of the lower clouds. The pumping effect during cloud formation is accompanied by improving visibility from 6 to 8 km. Because of the retaining values of high pressure $P = 1024$ hPa at sea level $> \text{norm}$, the relatively high air humidity ($RH > 60\%$) does not lead to the formation of clouds that give significant precipitation. Only the next day light rain showers occur. The abundance of larger in size surface aerosol below the clouds is not a sufficient condition for the growth of cloud droplets to raindrops at high pressure. A number of reversible interactions aerosol $\leftrightarrow$ cloud keep the dynamical equilibrium that makes these clouds sustainable and long living.

The moist air ($RH > 60\%$) is a precondition for the observed cloud formation. The increasing of the relative humidity from 55% to 66% may be due to the wetter air carried by atmospheric advection (horizontal motion) during the intensification of the wind speed to 18 km/h. Another effect of the blowing wind is the accelerated evaporation of cloud droplets. But the additional water evaporation is probably due to the solar heating of the 3rd highest cloud layer. Actually, the veil around the solar disk through the highest cloud layer enlarges, that is it is getting thinner. The inference may be drawn that the effects of high clouds on low clouds pass through the changes of the atmospheric meteorological

conditions. They prevent the heating of the surface and atmosphere and replenish water vapour supplies beneath. Thus they stipulate the formation of new low clouds. By now, only tentative result is known that low clouds do not exhibit obvious diurnal variations in presence of high clouds. To this point, the suggested mechanism of interactions may be a possible answer to the rhetorical questions found in climatologic studies.

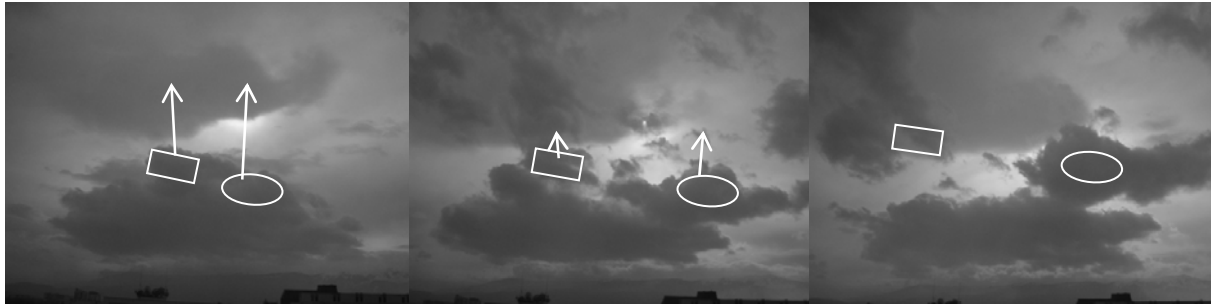


Figure 1. The low clouds rise up approaching (ellipse area) and joining (rectangle area) the upper located cloud. The movement is evident from the position of clouds with respect to the sun. $P > \text{norm}$, slight decreases; humid air $RH > 60\%$; improving of the worsened $V = 6 \rightarrow 8$ km.

The next example refers to the appearance and development of rainy stratus and stratus-cumulus clouds. The 3 images in Figure 2 are acquired at $P < \text{norm} = 1007$ hPa (at sea level), $RH < 60\% = 55\%$ that is not as high as usually needed for further new low cloud formation as is shown in the previous example. The rainy stratus and stratus-cumulus clouds are usually located at the upper area of the frames. They look heavy and their low edges become well outlined and thicker. The cloud gradually is getting thicker at the expense of the surface aerosols - the brightness of the transmitted light decreases by more than 70% in the first two pictures. This is related to pumping effect on aerosols below the cloud manifested with further decreasing of RH and improving V . At that time the temperature T becomes higher because of the intensification of the water condensation that is related to the growth of droplets to raindrops and to the beginning of rain showers. During the rain, cloud rarefies that is the optical thickness diminishes – the 3-rd image. The influence of precipitating clouds on the air below finds expression in replenishment of water supplies and increasing of number concentration and the size of near surface aerosols. Actually, cloud dispersion during the rain is accompanied with worsening of V to 6 km and increasing of RH to 72%. This is a display of the opposite interaction – the influence of clouds on the atmospheric parameters beneath. But after the partial dissipation, the cloud still looks “rainy” in the sense mentioned above. At these meteorological conditions – $P < \text{norm}$, high RH and abundance of large in size aerosols below the cloud, i.e. reduced V – the repeated activation of processes of rainy cloud formation and vice versa is observed during the next day or two.

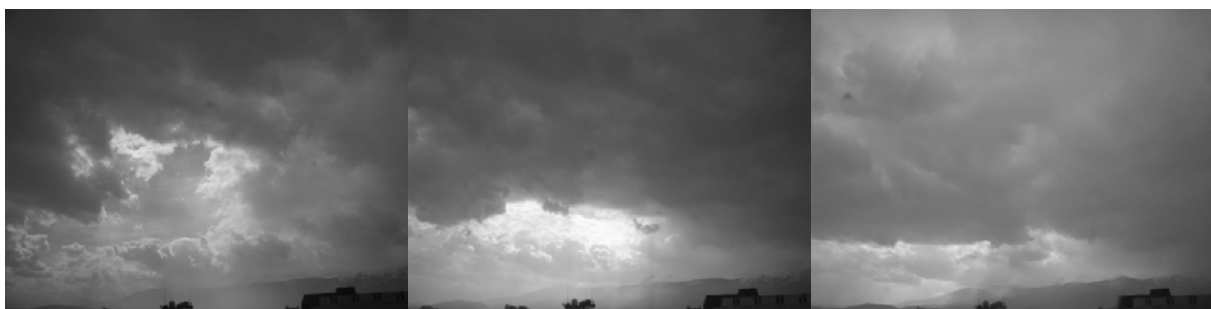


Figure 2. The influence of surface aerosols on the formation of precipitating cloud at $P < \text{norm}$; $RH \leq 60\%$ is displayed as growth and thickening of the latter (first 2 pictures). During the rain, cloud rarefies (3-rd picture).

In the present study, some relations between visible features of clouds and the variations of specific parameters of the atmospheric meteorological conditions have been established. Some macro physical characteristics of clouds such as shape, thickness, motion, etc. closely reflect the variations of meteorological conditions. The remote sensing of the variations of cloud optical properties by means of visible images taken from earth's surface can improve our knowledge of the climatologic importance of atmospheric aerosols and clouds. Also, these methods may be complementary to the satellite imagery.

Acknowledgement: The present paper is supported by the NCSI under contract NZ 1414/04.

Session 4

**Ecology
and
Risk Management**

Chairman: Prof. Garo Mardirossian
Secretary: Res. Fell. Lubomira Kraleva

МОНИТОРИНГ НА АТМОСФЕРНИТЕ ЗАМЪРСЯВАНИЯ В РЕГИОНА ОКОЛО ГРАД СОФИЯ ПРЕЗ ЗИМНИЯ ПЕРИОД НА 2006 И 2007 ГОДИНА

Албена Йорданова, Румен Недков, Мария Димитрова, Ива Иванова, Марияна Захаринова

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: asic@space.bas.bg

Ключови думи: атмосферни замърсявания, мониторинг, дистанционни изследвания, динамика, аерокосмически данни

Резюме: Бързото развитие на промишлеността, енергетиката и транспорта поставиха редица екологични проблеми по отношение замърсяването на въздуха и промяната на неговия качествен състав. От средата на 20-ти век в състава на атмосферата настъпиха съществени промени, явяващи се като резултат на бурното развитие на научно-техническия прогрес и глобализация на общественото производство.

В настоящата работа е показана динамиката на атмосферните замърсявания през периода есен-зима 2006–2007 година в района над и около град София, проследена с помощта на аерокосмически и GPS данни.

С ускоряване темповете на техническия прогрес негативното въздействие на хората върху природата става все по-мощно. В днешно време то вече е съизмеримо с действието на природните фактори. В природата все повече се внедряват нови вещества, много често някои от които са и силно токсични. Атмосферата е най-лабилния компонент на биосферата и поради това нейното замърсяване е най-активно. Тя представлява механична смес от различни газове. Количественото съдържание на по-важните газове в атмосферата изразено в проценти е следното: N - 78.084%, O - 20.946%, Ar - 0.93%, CO₂ - 0.33%. Азотът и аргонът са сравнително инертни газове в радиационно и химично отношение, за разлика от кислорода [1, 2].

Източниците на атмосферни замърсявания са:

- естествени - предизвикани от вулканите, бурите и др. Тяхната дейност е съпроводена с отделянето на значителни количества прах, причиняващи влошаването на прозрачността на атмосферата и водещи до появата на температурни и хидротермични аномалии.
- антропогенни - източници на антропогенното замърсяване на въздуха се явяват енергетиката, промишлеността, нефто- и газодобива, транспорта, селскостопанското производство и др. Всеки от тези източници си има свои специфични особености и отделя различни отпадъци и газове. Най-разпространените промишлени емисии са: прах, сероводород, меркаптани, цинкови окиси, силикати, алдехиди, въглеродороди, смоли, азотни окиси, амоняк, озон, въглероден диоксид, дисперсни частици (золи), хлороводород, радиоактивни излъчвания. От автомобилния транспорт се изхвърлят значителни количества вредни вещества (около 200 вида) - канцерогенни вещества, въглеродороди и тетраетиленови съединения на оловото. Оловните съединения, въглероден диоксид и други вещества, които се изхвърлят от автомобилния транспорт се натрупват в различните компоненти на околната среда. Автомобилният трафик става причина за приблизително 25% от емисиите на въглероден диоксид (CO₂) в света. Авиацията допринася с 12% към замърсяванията причинени от транспорта като цяло (или 2.5% от общите емисии), а пътният транспорт със 77%. Сериозен замърсител на атмосферата са топлоелектрическите централи, металургията – черната и особено цветната металургия. ТЕЦ отделят в атмосферата газове, съдържащи окиси на сярата и азота, золи и метали, а предприятията на металургичната промишленост – прах, различни съединения на сярата и металите.

София е най-големият градски и промишлен център в България, на чиято територия действат над хиляда промишлени предприятия. Не по-малко от 200 от тях изхвърлят значителни количества замърсители на въздуха. Важно е обстоятелството, че над 60 % от предприятията се намират сред жилищните квартали на града или в непосредствена близост до тях. Практически всички индустриални зони на столицата включват и жилищни квартали, с изключение на МК "Кремиковци", който е разположен на около 18 км североизточно от София и е най-големият замърсител на въздуха в Софийското поле.

От промишлеността директно във въздуха се изхвърлят серни, азотни и въглеродни окиси; нетоксична и токсична прах, съдържаща олово, мед, цинк, живак и други метали; канцерогенни вещества (сажди, смоли, асфалт) и др. Бързо нараства броят на моторните превозни средства (МПС), които замърсяват въздуха над София с големи количества азотни и въглеродни окиси, въглеводороди, сажди и др. В периферните нискоетажни квартали на града (без комплексите) се използват неефективни битови отоплители.

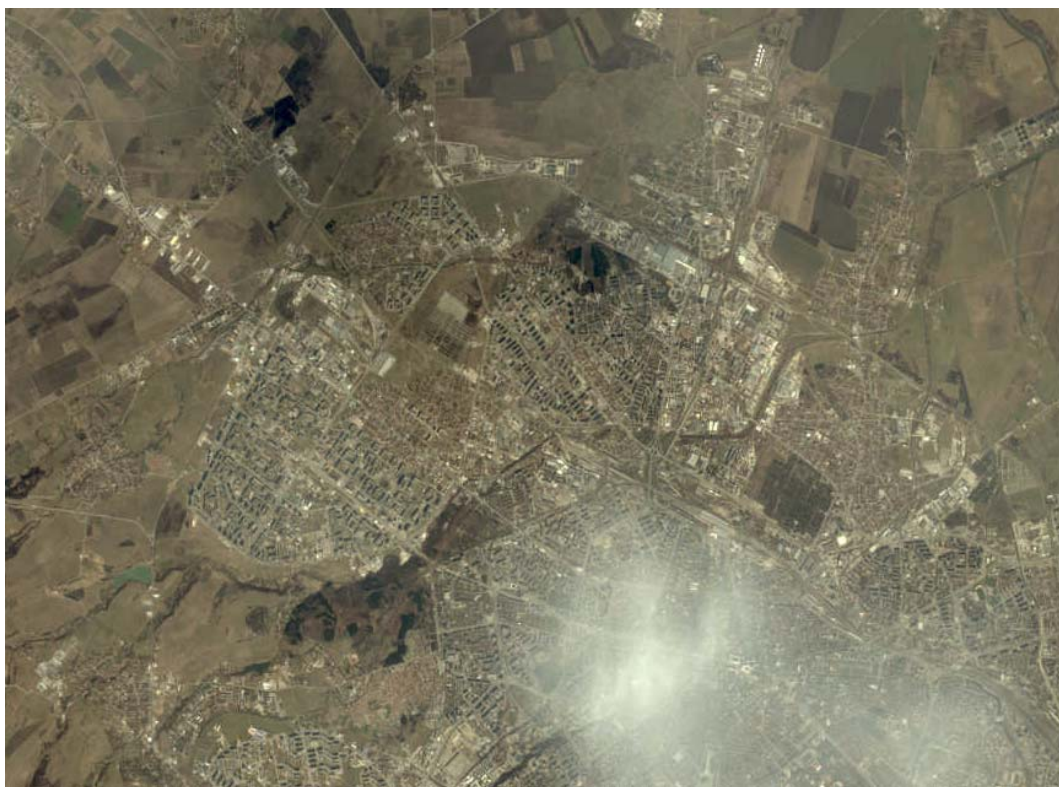
Значителни количества прах замърсяват въздуха и поради лошото състояние и недобрата хигиена на уличните платна, при комунални и ремонтни дейности. Тези разнообразни и многобройни източници, концентрирани на относително малка територия, определят високото ниво на замърсяване на въздуха. При голямата скорост на вятъра проблемите са по-малко, но при неблагоприятни за разсейване метеорологични условия концентрациите на замърсители надвишават хигиенните норми.

Замърсяването на въздуха от автотранспорта ще става все по-сериозен проблем, подобно на всички големи градове в света.

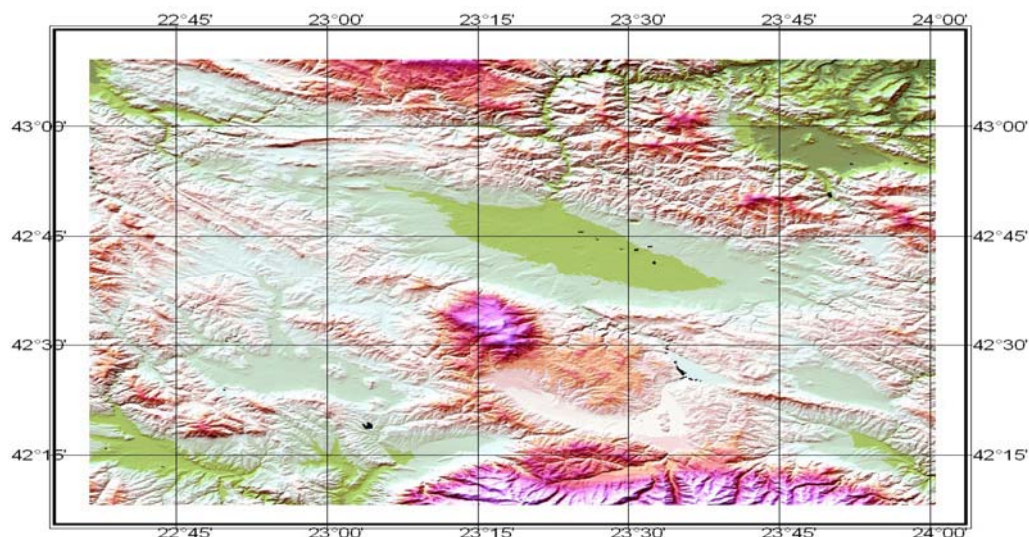
Необходими са изследвания на фотохимичните и други превръщания на веществата в тропосферата, както и на метеорологичните условия, водещи до високи нива на замърсяването. Така ще се получат ясни критерии за поява на рисковите явления „зимен“ и „летен“ смог и ще се разработят мероприятия за преодоляване или поне за ограничаване на вредите от тях.

Микроклиматът на наблюдавания регион (гр. София и околността) е функция от географското му положение и разположените на територията на града и в околностите техногенни източници на замърсяване на атмосферата.

В резултат на котловинния характер на релефа (фиг.1), в който е разположен гр. София и следствие на замърсяването от транспорта, промишлеността и други източници, замърсителите в атмосферата имат способността да се задържат над разглежданата област. На фиг. 2, е показан цифров модел на релефа на избрания за мониторинг район.



Фиг. 1. Спътниково изображение на гр. София с разделителна способност 1 м



Фиг. 2. Цифров модел на релефа на региона на мониторинга

За мониторинговото изследване се използват данните от сателитите Terra, Aqua и Aura от програмата MODIS (EOS – Earth Observation System). Данните от сензорите на Terra и Aqua са хиперспектрални изображения (36 канала), предназначени за наблюдение на земната и водната повърхност. Данните от сензора на Aura са концентрация на конкретни малки газови компоненти, които съществуват в атмосферата. С решетка на сканиране 13x24 км. [3].

- Честотата на повторение на сканиране за всяка платформа е четири пъти за 24 часа . Използвани са изображенията, заснети в интервала от 08:00 UTC до 13:00 UTC.
- Спътниците са в надир над една и съща точка от земната повърхност един път на 16 дни.
- Предимство на избраните сателити е, че данните са с висока честота на повторение и данните, получавани от техните сензори са хиперспектрални.

Основните аргументи за този избор са свързани със задачите които трябва да се решават при мониторинг на атмосферните замърсявания. Характеристиките на сензорите на тези платформи позволяват да се получат спътникови данни с помощта на които могат да се решат следните задачи :

- наблюдение на състоянието на приземния граничен слой в режим на реалното време и близък до реалното време;
- проследяване на разпрострението на атмосферните замърсявания на големи разстояния (размерът на изображението е $2330 \times 2330 \text{ km}$);
- висока спектрална разделителна способност и необходимата пространствена разделителна способност, достатъчна за откриване, идентифициране и разпознаване на атмосферните замърсявания.

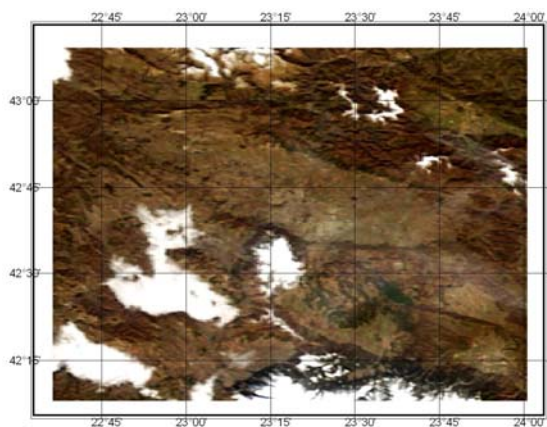
Пространствена разделителна способност на изображенията: – 250 м за 1 и 2 канал; 500 м за канали от 3 до 7 и 1 км за останалите.

Извършен е мониторинг на областта над и около град София за периода от 1 ноември 2006 до 31 март 2007 година.

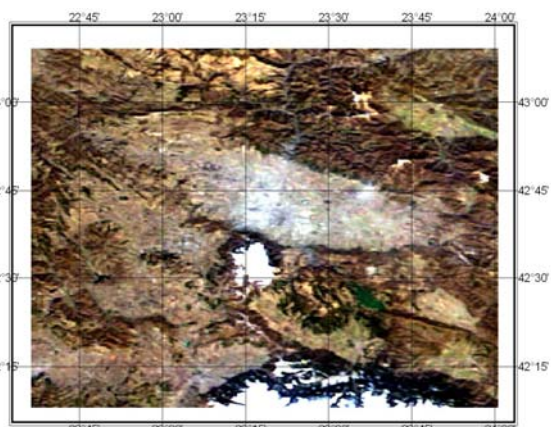
Поради особеностите на сезона и избраната област, в около една трета от дните цялата или голяма част от областта е покрита от облаци. За тези дни едно евентуално замърсяване на атмосферата не може да бъде ясно регистрирано само по сателитни данни.

През петнадесет от ясните дни се наблюдава ясно изразено атмосферно замърсяване.

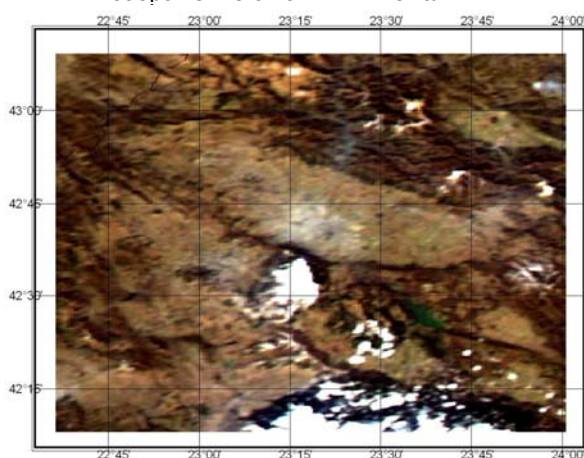
На следващите фигури са показани някои от дните с видимо атмосферно замърсяване:



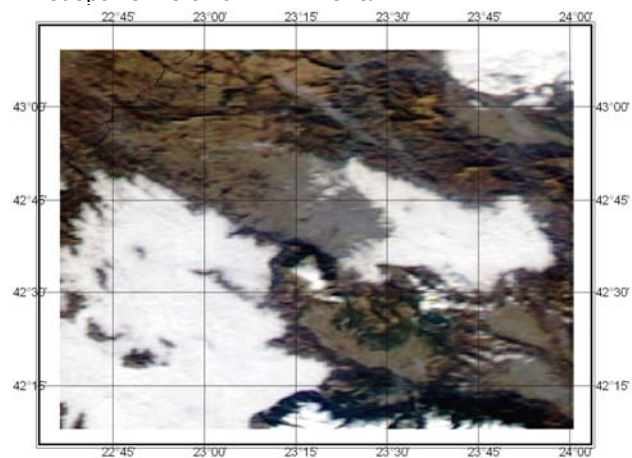
Фиг. 3. Атмосферно замърсяване
08.11.2006 в 11:00 ч.
изображение от спътник Terra



Фиг. 4. Атмосферно замърсяване
16.11.2006 в 9:25 ч.
изображение от спътник Terra



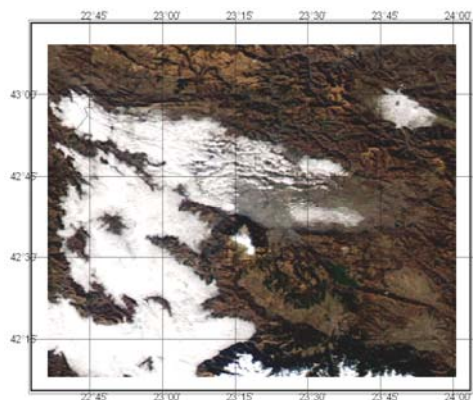
Фиг. 5. Атмосферно замърсяване
16.11.2006 в 11:50 ч.
изображение от спътник Aqua



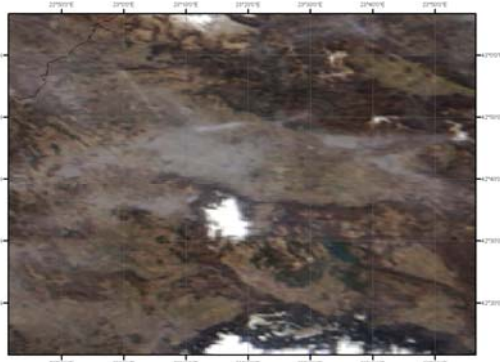
Фиг. 6. Атмосферно замърсяване
26.11.2006 в 12:25 ч.
изображение от спътник Aqua

На фигури 3, 4, 5 и 6 са показани изображения в оптичния диапазон (канали 1, 4 и 3) на избраната за мониторинг област.

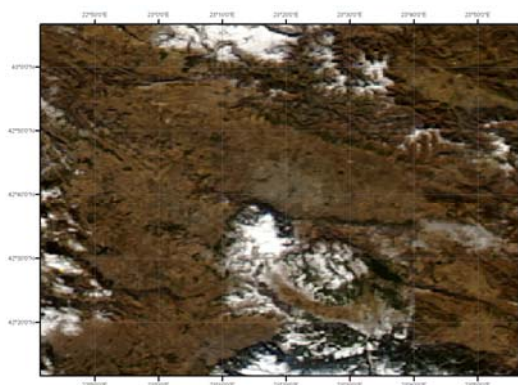
На фиг. 6 е представено атмосферно замърсяване над град София от 26-ти октомври 2006 г. Едновременно с това, облачната покривка над изследвания регион е значителна. От фигурата се вижда, че при пролуки в облаците, атмосферните замърсявания под тях могат ясно да се разграничат. Подобна картина се наблюдава на следващата фигура (фиг. 7) на 2.12.2006 г.



Фиг. 7. Атмосферно замърсяване
02.12.2006 в 13:30 ч.
изображение от спътник Aqua



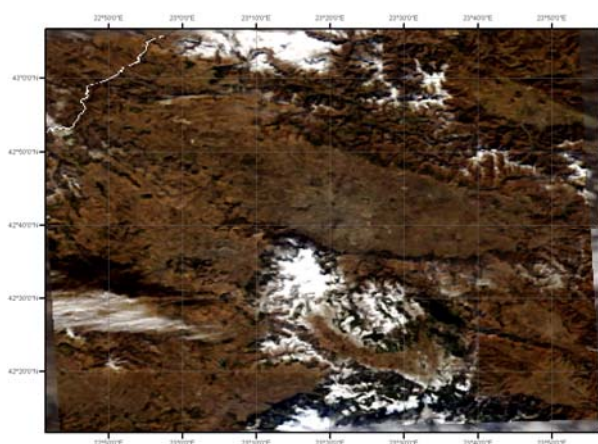
Фиг. 8. Атмосферно замърсяване
06.01.2007 в 10:40 ч.
изображение от спътник Terra



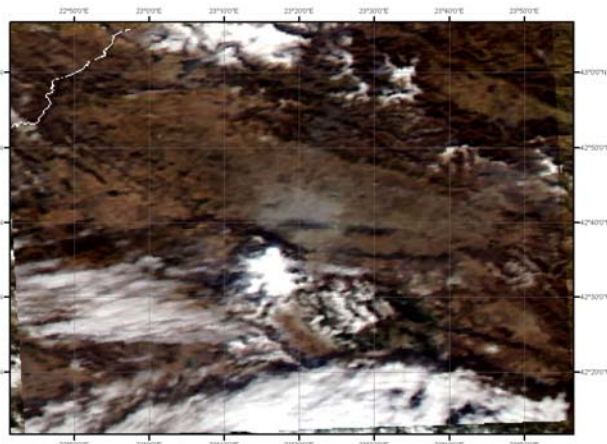
Фиг. 9. Атмосферно замърсяване
08.01.2007 в 10:30 ч.
изображение от спътник Terra



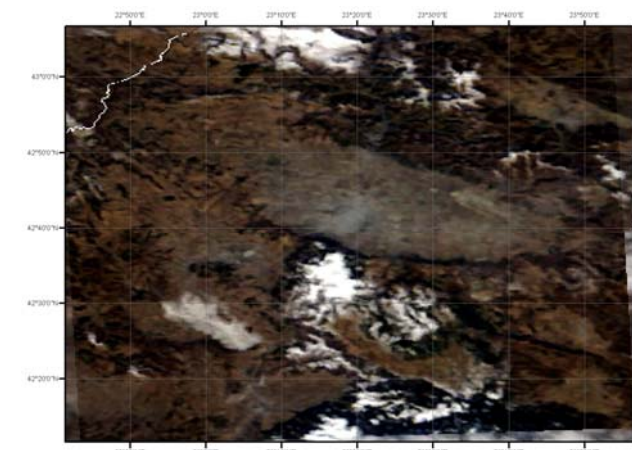
Фиг. 10. Атмосферно замърсяване
08.01.2007 в 13:50 ч.
изображение от спътник Aqua



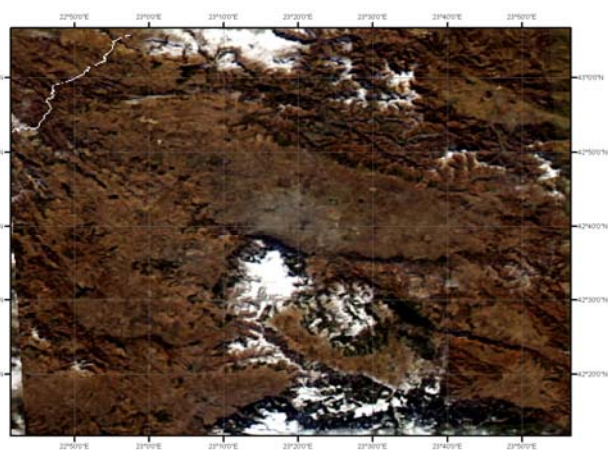
Фиг. 11. Атмосферно замърсяване
09.01.2007 в 11:15 ч.
изображение от спътник Terra



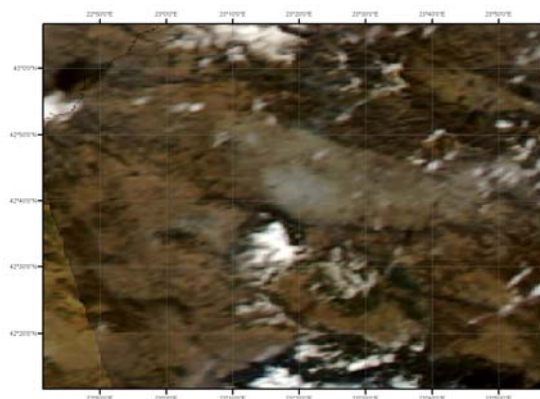
Фиг. 12. Атмосферно замърсяване
09.01.2007 в 12:55 ч.
изображение от спътник Aqua



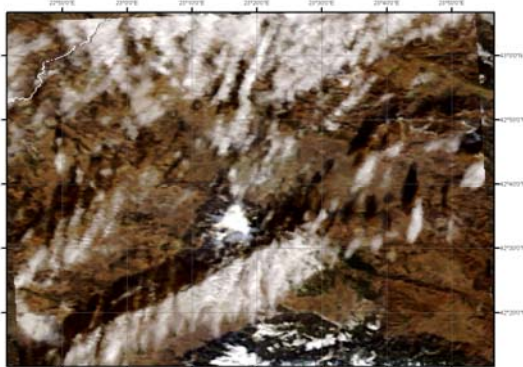
Фиг. 13. Атмосферно замърсяване
10.01.2007 в 11:35 ч.
изображение от спътник Terra



Фиг. 14. Атмосферно замърсяване
10.01.2007 в 13:35 ч.
изображение от спътник Aqua

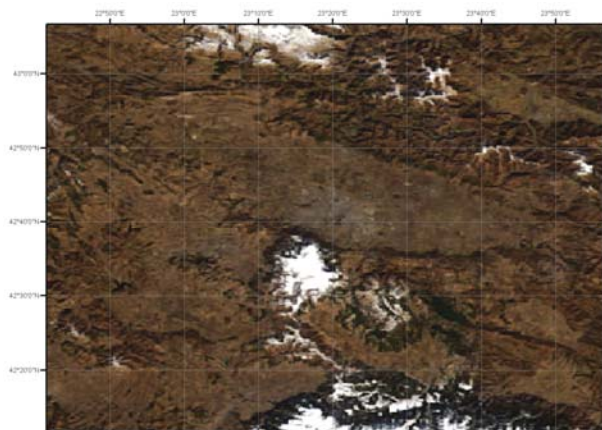


Фиг. 15. Атмосферно замърсяване
11.01.2007 в 11:00 ч.
изображение от спътник Terra

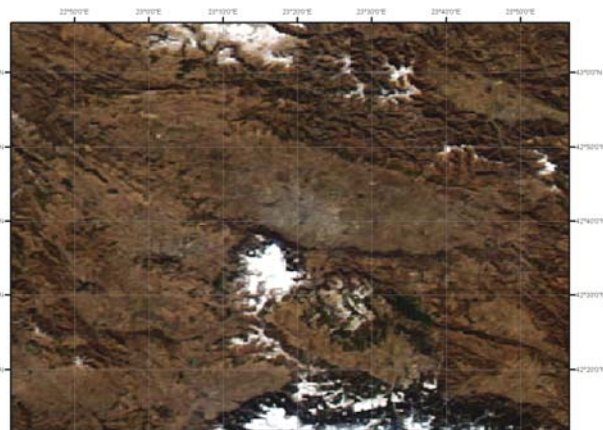


Фиг. 16. Атмосферно замърсяване
11.01.2007 в 11:40 ч.
изображение от спътник Aqua

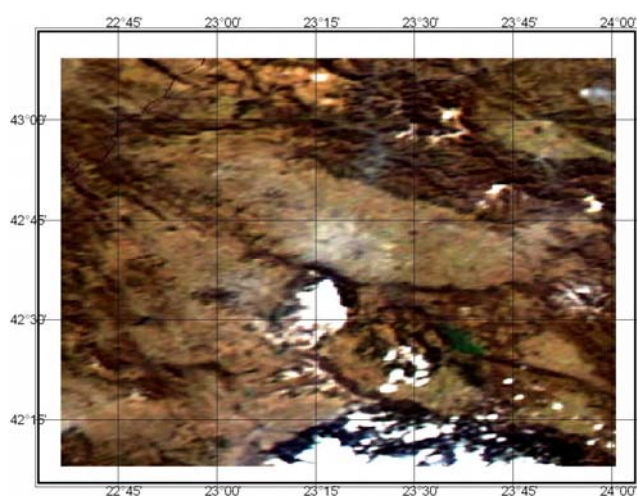
На фигури 11 – 16 е представена динамиката на продължително задържал се смог над град София в периода от 08.01 до 11.01.2007 г. За всеки от четирите дни са представени по две изображения (съответно от платформите (Terra и Aqua). Както се вижда от фигури 9 и 11, през сутрешните часове на деня замърсяването е по-слабо. То се съгъстява в часовете около и след обяд.



Фиг. 17. Атмосферно замърсяване
14.01.2007 в 11:30 ч.
изображение от спътник Terra



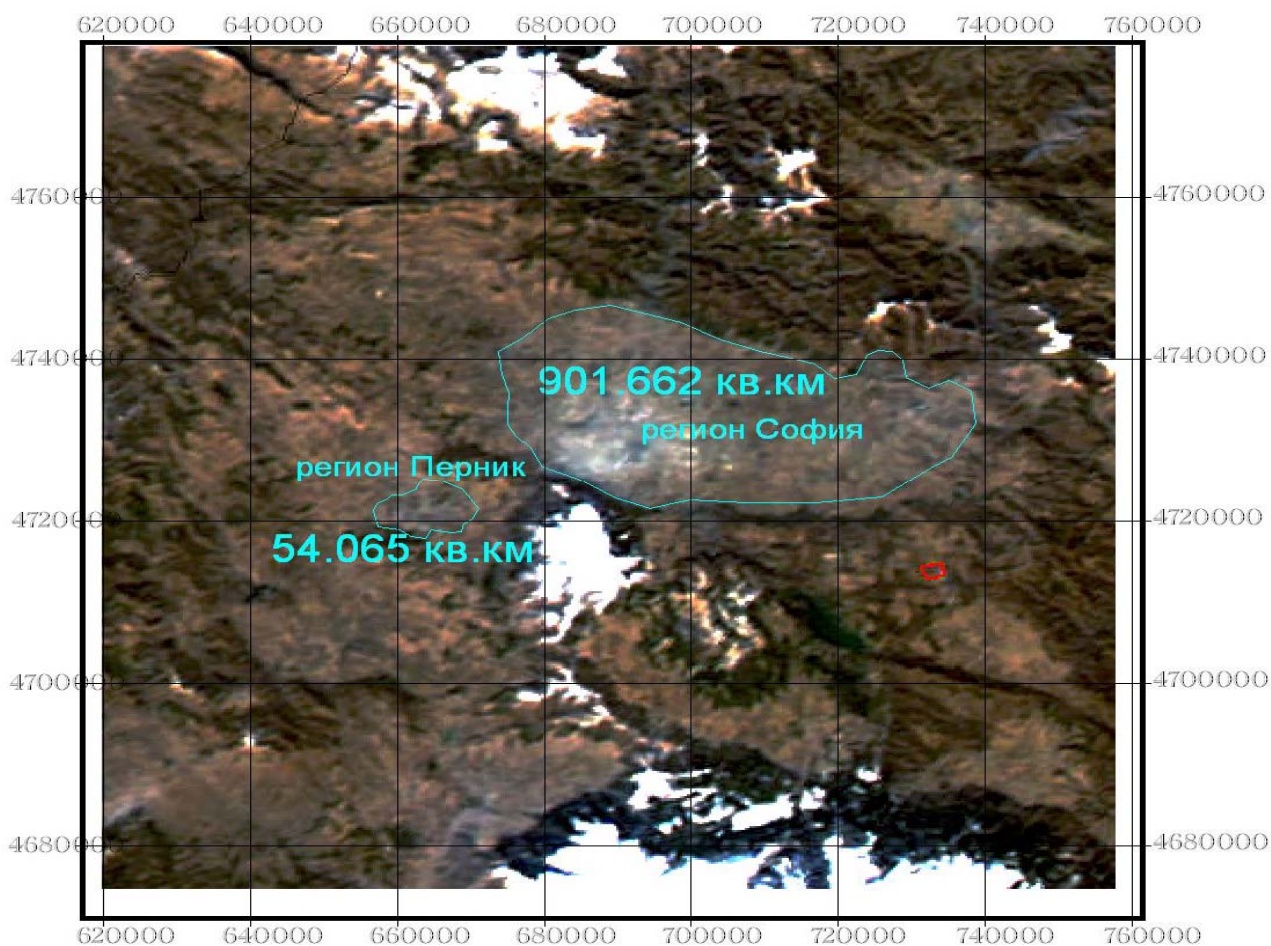
Фиг. 18. Атмосферно замърсяване
14.01.2007 в 13:10 ч.
изображение от спътник Aqua



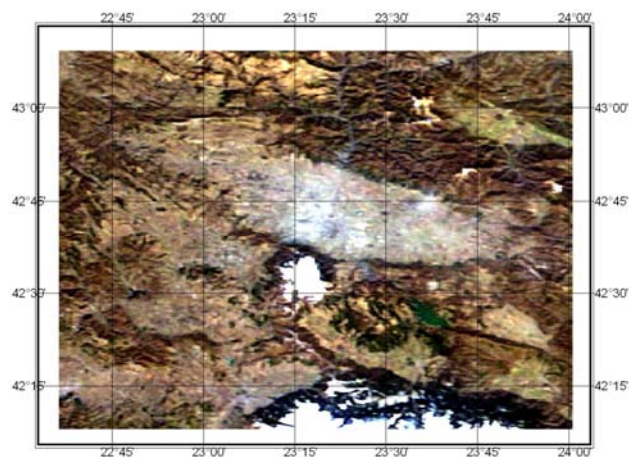
Фиг. 19. Атмосферно замърсяване
16.01.2007 в 13:55 ч.
изображение от спътник Terra



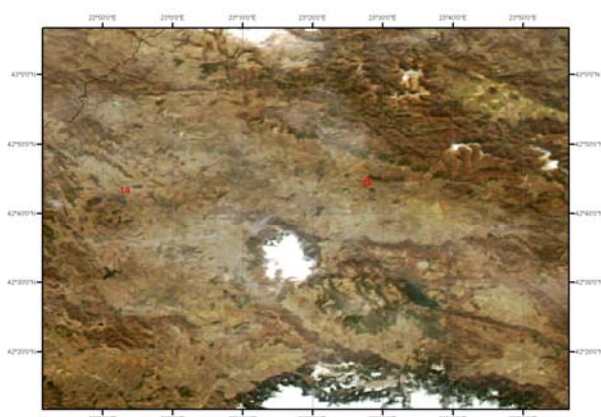
Фиг. 20. Атмосферно замърсяване
16.01.2007 в 15:10 ч.
изображение от спътник Aqua



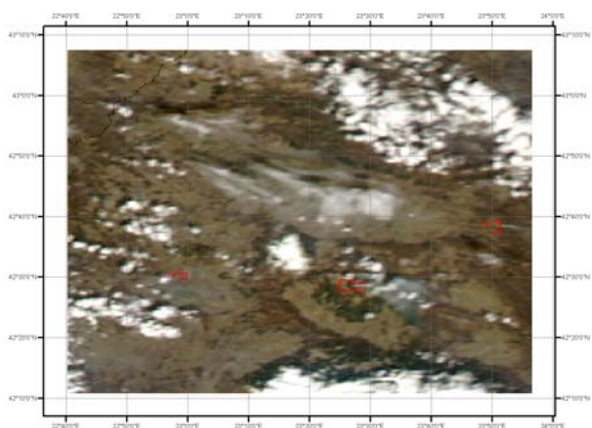
Фиг. 21. Атмосферно замърсяване на 16.01.2007г в 12:10 ч. с нанесен вектор на региона, обхванат от атмосферно замърсяване и площта му в квадратни километри



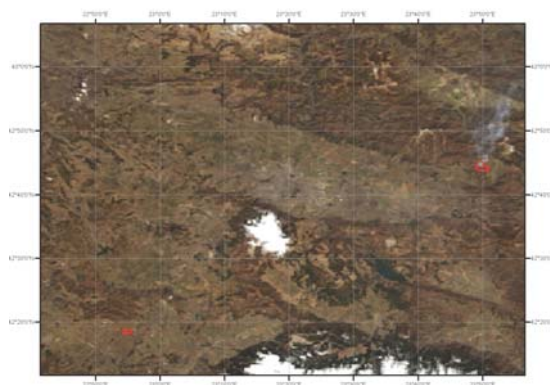
Фиг. 22. Атмосферно замърсяване 21.01.2007 в 13:35 ч. изображение от спътник Aqua



Фиг. 23. Атмосферно замърсяване 06.03.2007 в 14:45 ч. изображение от спътник Aqua



Фиг. 24. Атмосферно замърсяване
18.03.2007 в 12:30 ч.
изображение от спътник Aqua



Фиг. 25. Атмосферно замърсяване
19.03.2007г в 13:10ч.
изображение от спътник Aqua

На фиг. 25 е представено спътниково изображение на изследвания район, на което е регистриран пожар на изток от град София.

Заклучение

Изследвани са 5 месеца през есенно-зимния период на 2006-2007 г. При около една трета от дните се наблюдава плътна облачна покривка над изследвания регион. Поради това не можем да кажем със сигурност има или не замърсяване на по-ниските атмосферни слоеве единствено въз основа на сателитните данни.

В някои от дните през изследвания период се наблюдават ясно различни замърсявания на атмосферния въздух над града, които се виждат и под облачната покривка.

През останалите стотина ясни дни в петнадесет сме наблюдавали добре изразено замърсяване. Това е сравнително малък процент в сравнение с други региони на страната и други големи градове по света.

Това изследване е показателно, че с помощта на сателитни данни атмосферни замърсявания могат да се регистрират и през есенно-зимния сезон, когато имаме повече дни с плътна облачна покривка.

Литература:

1. Nedkov R., M. Dimitrova, M. Zaharova, I. Ivanova. Web monitoring of fires on Balkans based on satellite data during July and August 2007, J., Ekological engineering and environment protection, 2008, p. 13-19
2. Иванов И. 2006 г. Екологично инженерство и опазване на околната среда. НД "ЕИООС", година 5, книжка 3-4, София.
3. Недков Р., Е. Руменина, Л. Филипов, Пл. Христов, М. Димитрова, М. Захаринова, В. Найденова, Г. Желев, Д. Бонева. Web-базиран мониторинг на атмосферните замърсявания в района на община Стара Загора на базата на спътникови данни, SENS 2007, 27-29 –юни 2007, Варна, България

REMOTE SENSING DATA IN RISK MANAGEMENT OF NATURAL HAZARDS IN BULGARIA

Antoanetta Frantzova

*Aerospace Monitoring Center at Ministry of Emergency Situations
e-mail: afrantzova@abv.bg, afrantzovs@mes.government.bg*

Key words: *Aerospace Monitoring Center, Bulgaria, Remote Sensing, Risk Management*

Abstract: *The main responsible agency for risk management of natural hazards in Bulgaria is the Ministry of Emergency Situations. The Aerospace Monitoring Center (ASMC) at the Ministry is the first satellite data receiving center built up in Bulgaria. The Center was opened in July 2007 and its main objectives and tasks are focused on monitoring risk and disaster analysis, as well as damage assessment. The center is equipped with two receiving satellite ground stations (one for NOAA - AVHRR and Feng-Yun - MVISR, and another one for TERRA/Aqua - MODIS) for real-time data receiving and processing. In addition, satellite images from Disaster Monitoring Constellation (DMC) are delivered to ASMC by Internet after being downloaded and processed. The ASMC uses the leading geographic information systems ArcGIS and digital maps of Bulgaria appropriate for the task.*

The paper deals with the primary results obtained from the activity of the ASMC in Bulgaria and the role of the Aerospace Monitoring Center (ASMC) in natural hazard risk management in Bulgaria.

1. Introduction

The Aerospace Monitoring Center (ASMC) at the Ministry of Emergency Situation is the first direct satellite broadcast center built up in Bulgaria and its main objectives and tasks are related to support natural hazard risk management.

The center is equipped with two satellite direct broadcast stations (one for NOAA - AVHRR and Feng-Yun - MVISR, and second for TERRA/Aqua - MODIS) for real-time data receiving and processing. In addition satellite images from Disaster Monitoring Constellation (DMC) are delivered to ASMC by Internet. The different satellites have different application in disaster studies as well as in different stages of risk management process.

ASMC has the ability for real time video monitoring. The system can be based on an Unmanned Aerial Vehicles or other vehicles. The signal transmits via telecommunication satellites Inmarsat. Because of GPS, each captured image contains information about the coordinates in real time.

The center has the leading geographic information systems for modeling, mapping and image possessing (ERDAS and ArcGIS), as well as appropriate for the task digital maps and DEM model of Bulgaria.

The paper deals with the satellite data application in risk management of natural hazards and some preliminary results obtained.

2. Remote sensing data in risk management process

2.1. Biomass fires

The extremely high temperatures in Bulgaria in the end of July 2007 contributed to hundreds of forest fires. The largest fires were near the city of Stara Zagora, where more than 30 000 hectares were affected in this mountain region.

The most severe wildfire in 2008 started in the beginning of September in the mountainous area of the national park "Rila", around 30 km from the city of Blagoevgrad.

According to European Forest Fire Information System (EFFIS) Bulgaria is the 4th country in Europe most severely affected by fires in 2007. The total areas burned in Bulgaria are estimated around 68 160 ha until 31 August 2007 (<http://effis.jrc.it/documents/2007>).

Table 1 presents the distribution of the burned area by land cover type. The normally considered as forest area, i.e. including forest stands and shrubland, was burned in a total of 28 995 ha. The remaining burned area was distributed by agriculture (38 607 ha) and artificial surfaces, i.e. urban, industrial or social areas (558 ha).

Table 1. Distribution of burned area (ha) in Bulgaria by land cover types (until 31 August 2007).
http://effis.jrc.it/documents/2007/EFFIS_Newsletter_2_2007.pdf

Land cover	Area burned (ha)	% of total burned
Forest land	28995	42.5
Agriculture	38607	56.6
Artificial surfaces	558	0.8
Total	68160	100

The wildfires were detected, observed and localized in ASMC by NOAA and Feng-Yun satellites. The satellite data, coupled with meteorological data, DMC data and GIS have been used about the emergency and disaster analysis, as well as damage assessment. In addition, satellite data, NDVI index obtained from satellite data and data from EFFIS and FAS-USDA was used for determination of the areas with higher probability of biomass fires.

Analyses show that very high fire danger was due to extreme temperatures, lack of precipitations, very low soil moisture and dry vegetation. The affected areas are located in flat country and low-mountain areas with mixed forest (coniferous and deciduous trees) and low-growing vegetation. The bigger part of the fires was placed in border between low-laying and low-mountains land and most of the fires were located near the settlements. (fig. 1,2,3).

The wildfires were probably caused by unprecedented heat waves and mainly by human neglect. The fact that the most of burnt areas is not highly populated and the distant villages were not easily reached by the fire brigades and the high speed of the wind helped the fires to spread very quickly. Because of the lack of resources, Bulgaria requested international assistance to cope with the disaster.

On the figures 2 and 3 are presented satellite images during and after the disaster. The results of damage assessment are shown on fig. 3. The presented images show the most affected areas on the territory on the country. For this purpose DMC images have been used.

The remote sensing data used about detection and assessment of the forest fires show good correlation with the surface observations.

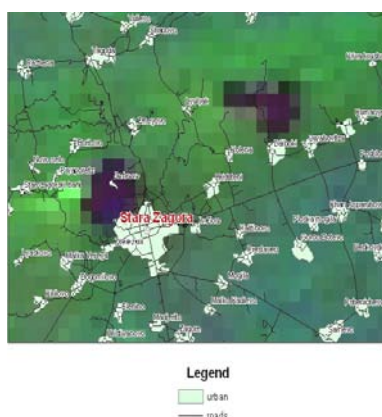


Fig. 1. Left - During disaster (Feng-Yun CHRPT, 20 July 2007, 18:52:17,)



Fig. 2. After disaster – Affected regions are enclosed in red.



Fig. 3. Right - Topographic map of the region

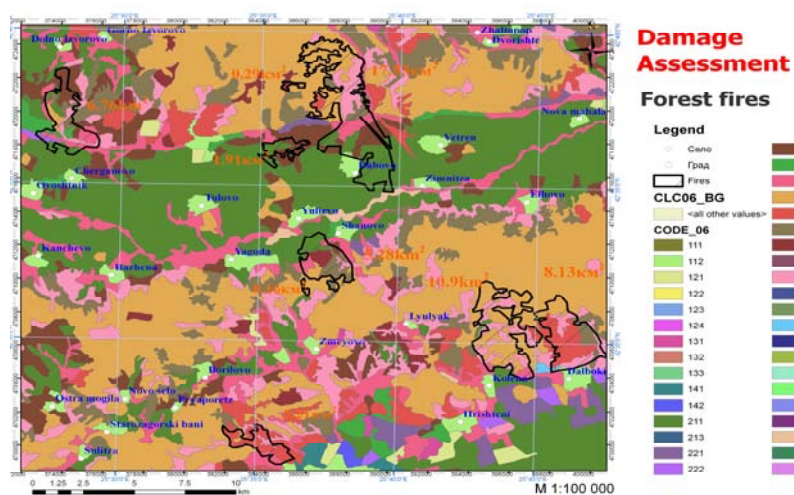


Fig. 4. Damage assessment of forest fires (Corine LandCover 2006)



Fig. 5. Before, during and after disaster (Dubavo, Stara Zagora Municipality; DMC images)

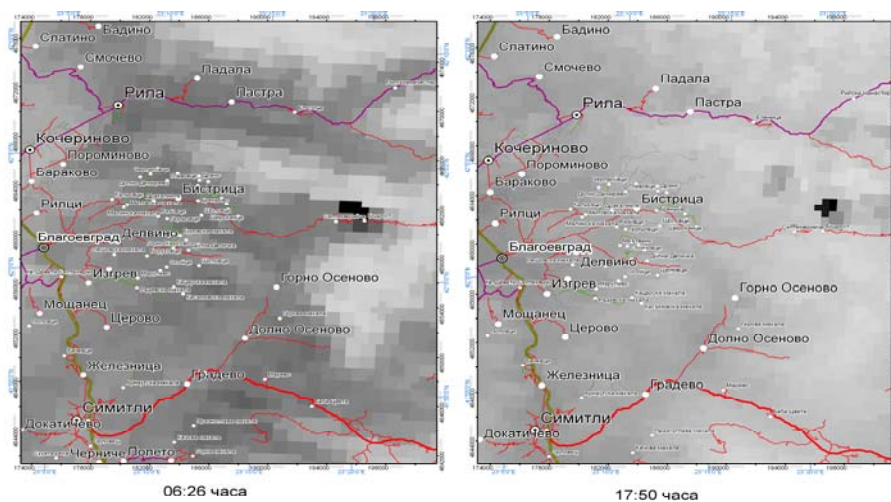


Fig. 6. Monitoring of forest fires on the territory on the country - .Rila National Park, September 2008. Fire spread direction (from south to north and west) is clear visible

2.2. Winter storm

During the wintertime the different parts of the country usually are subjected by severe winter storms – the temperatures fall to around minus 15 degrees Celsius, the snow cover reach over one meter in some parts of the country, dozens of villages remain without electricity and water supply.

The satellite images, coupled with meteorological information and ground data are used for risk analysis and disaster preparedness. The results of the risk analysis and monitoring of snow cover helps to determine places with higher probability of storms. In addition, the monitoring of snow cover, meteorological forecasts, together with remote sensing data serves for determination of snowmelt rates, one of the most important factors contributing to springtime flood danger. For these purposes are used satellite image from NOAA AVHRR and MODIS and image product such as albedo, temperature, density slice, NDSI etc. Taking into consideration physical and spectral characteristics of ice (snow) it was possible to determinate snowmelt rates, areas with the highest probability of severe winter storms and areas that may be subjected by floods in spring time.

The NDSI helps in distinguishing snow from similarly bright soil, rock and cloud (Dozier,1989). This has been shown to be an effective index for mapping snow cover in rugged terrain (Hall at all, 1995). A normalized difference snow index (NDSI) is calculated from reflectance in bands at wavelengths where snow is bright (AVHRR band 1) and where it is dark (AVHRR band 3):

$$\text{NDSI} = \text{AVHRR band1} - \text{AVHRR band3} / \text{AVHRR band1} + \text{AVHRR band3}$$

$$\text{NDSI} = \text{AVHRR band2} - \text{AVHRR band3} / \text{AVHRR band2} + \text{AVHRR band3}$$

$$\text{NDSI} = \text{AVHRR band2} + \text{AVHRR band3} / \text{AVHRR band2} - \text{AVHRR band3}$$

$$\text{NDSI} = \text{AVHRR band1} + \text{AVHRR band3} / \text{AVHRR band1} - \text{AVHRR band3}$$

The results show good correlation with ground observation.

Some of the results are presented on fig. 5, 6,7 and 8.

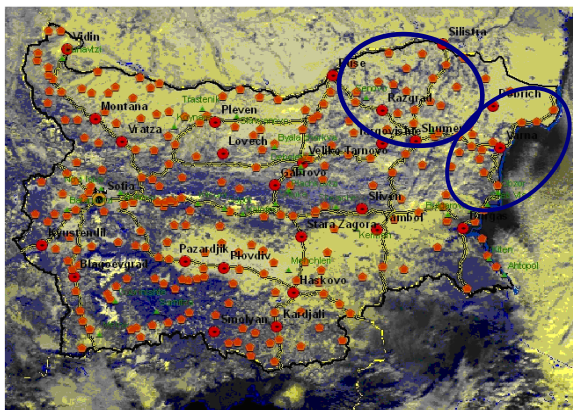


Fig. 7. Snow cover on the territory on the country. Blue circles indicates the areas with the highest probability of severe winter storms.(NOAA HRPT, 04.11.2008, 10.51.53 h,

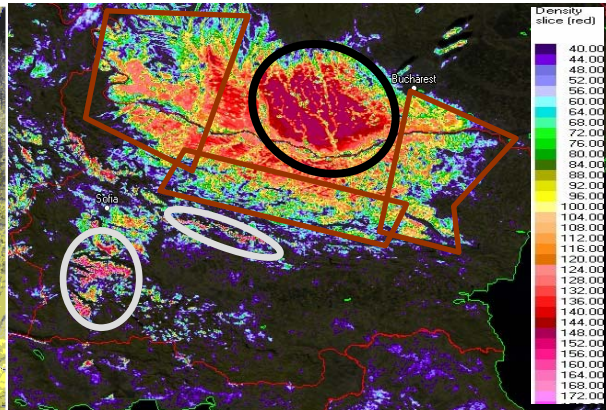


Fig. 8. Channel 2 NOAA density slice product. 26.01.2008 13:15 h The snow that going to melt first if framed in red figures, and the one that is going to hold for a longer period of time is circled in black ellipses. White circle shows the highest mountain areas

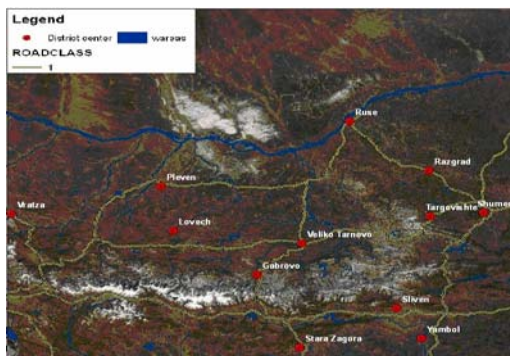


Fig. 9. Snow cover on the territory on the country, 22.02.2008. Image from USDA/PECAD integrated in GIS (<http://www.pecad.fas.usda.gov>)

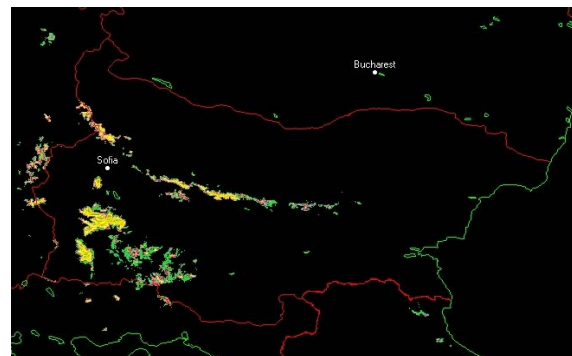


Fig. 10. Snow cover , 25.02.2008, NDSI product, NOAA image

3. Anthropogenic hazards

On the figure 11 are presented the results obtained during the explosions from a military storage facility on 3 July 2008, located in the northeast Sofia, quarter Chelopechene.

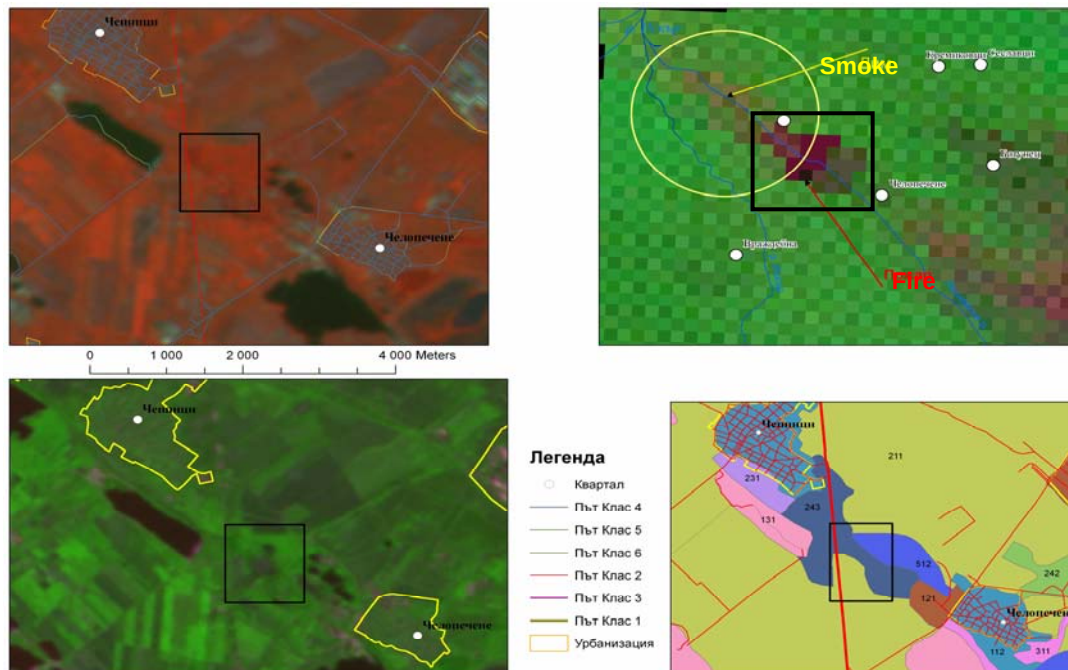


Fig. 11. Explosions from a military storage facility located in the northeast Sofia, quarter Chelopechene, 03.07.2008.

Upper left –northeast Sofia, quarter Chelopechene before accident ; Upper right – during accident. Explosion, location as well as smoke spread direction are clear visible and are enclosed in black square and yellow circle.
Bottom left – affect area is visible in the black square;
Bottom right – affect areas and land cover (Corine Land cover codes: 112. Discontinuous urban fabric, 121. Industrial or commercial units, 131. Mineral extraction sites, 211. Non-irrigated arable land, 231. Pastures, 242. Complex cultivation patterns, 243. Land principally occupied by agriculture with significant areas of natural vegetation, 311. Broad-leaved forest, 512. Water bodies)

4. Applicability of ASMC data in risk management process

The potential of the remote sensing for the monitoring of the Earth environment, risk application and their key role in risk management process are well known and largely used. Unfortunately, most of the remote sensing data are used in general by a few people - mostly specialists of the observation and monitoring systems. Some of space units have combined applications, but, it's clear that for some natural hazards the remote techniques are high effective, for others not so, for the rest - not at all.

The effectiveness of the remote sensing and technologies depends on several parameters - complexity, simultaneous use of the earth data and remote sensing data, frequency band, sensitivity, high/low resolution, sampling frequency of the measurements, reliability of the communication and data transfer, software tools and velocity of the data processing, etc.

The different effectiveness of the registrations, monitoring and warning systems depends strongly on the technologies and sensors used. The main parameters according to the classifications are the bands, sensitivity, resolution, physical principles and methods used, etc. The accuracy of the data collected depends on the resolution, purposes of the measurements, practical applications they have to be used.

Below two tables are presented. In tab.2 some technical characteristics of remote sensing units and technologies is shown. The table includes only satellite and equipment on board from which SMC receive data, although each satellite carries on board a several apertures for earth observation. For each type satellite some orbital parameters, instruments carried on board, frequency band, spatial resolution and instrument swath are shown. Most of those sensors have applications in disaster mitigation practice, though depending of the physical properties of the objects on Earth and the nature of the disaster itself.

Table 3 is created on the basis of table 2. In the table the different instruments and their usefulness and applicability in risk management process of natural hazards/disaster are described. The tables show that different instruments, depending on their type, band and resolution are applicable for different hazards at the different stage of the hazards observations and the risk management process.

Three levels of applicability (low, medium and high) and 15 hazards had been selected including global phenomenon as climate change, El Nino and La Nina. The classifications are based on the philosophy "before", "during" and "after" the disaster occurrence. "Before" means - preparatory stages, early warnings, vulnerability and risk assessment; "During" means - disaster monitoring in real or near-real time when it is possible; "After" means - damage assessment, modelling the negative effects of the past of future events.

Tabl. 2 Typology and description of the satellites and sensors

Satellite	Orbit	Repeat cycle	Instrument / Sensor	Frequency/band	Spatial Resolution	Swath (km)
AQUA (EOS-NASA) (A-Train)	Sun-Synchronous Near polar, Altitude: 705 km, Inclination: 98 ⁰ , Period: 99 min	16 day	MODIS	36 band (21 within 0.4-3.0 µm; 15 within 3-14.5 µm.)	250 m, 500 m 1000 m	2330
TERRA (USA, Canada, Japan)	Sun-Synchronous Near polar Altitude: 705 km, Inclination: 98,2 Period: 99 min	14 day	MODIS	36 band (21 within 0.4-3.0 µm; 15 within 3-14.5 µm.)	250, 500 1 km	2330
DMC	Sun-synchronous Altitude - 686 km, Inclination - 98 ⁰ Period - 98 min	4 day	ESIS	3 band/6 channel 0,52-0,9 µm	32 m	600
NOAA/ POES series (NOAA, NASA, CSA, CNES, UK, EumetSat)	Sun-Synchronous near-polar, Alt. 804-854 km Inclination - 98.7 ⁰ Period -102 min	12 hr	AVHRR/3	0.58 - 0.68 µm 0.725 - 1.00 µm 1.58 - 1.64 µm 3.55 - 3.93 µm 10.30 - 11.30 µm 11.50 - 12.50 µm	1,1 km	2900

Tabl.3. Typology and applicability of the different satellites to the stages of the natural hazards

Satellite	Instrument	Before	During	After
DMC	ESIS	1,(2),(3),8,9,(11)	1,8,9,(12),14	1,3,8,9,10,11
AQUA	MODIS	1,((2)),(4),((6)),(7),(8),((10)),(11))	1,6,8,9,(12),14,(13),15	1,8,9,(10),(11)
TERRA	MODIS	1,((2)),(4),((6)),(7),(8),((10)),(11))	1,6,8,9,(12),14,(13),15	1,8,9,(10),(11)
NOAA	AVHRR/3	1,((7)),(8),(9), 10, (11)	1,8,6,(9),10,12,(14),((13)),15	(1),(8)

Legend: 1 - Volcano activity; 2 - Earthquakes; 3 - Tsunamis; 4 - Climate change, research and modelling; 5 - Ozone hole; 6 - El Nino, La Nina (ENSO) - SST; 7 - Landslides; 8 - Forest fires; 9 - Droughts; 10 - Storms, hurricanes (incl. high rain rates, flash floods, strong winds); 11 - Floods (river), flash floods (incl. snow melt); 12 - Winter storms; 13 - Polar ice sheet; 14 - Global land coverage (incl. deforestation and desertification); 15 - Snow cover; (()) - low applicability; () - medium applicability; without bracket - high applicability

5. Conclusion

The climate change is probably bringing Bulgaria even closer to the Mediterranean climate, so strongly characterized with frequent forest fires in summertime and devastating flash floods. The remote sensing data could be of a great importance in risk management of natural hazards. As is stated above, for one type of disaster the ASMS data are applicable and useful (such as winter storms, fires) for other not so. The case studies and first results obtained in Aero Space Monitoring Centre show the applicability and usefulness of satellite data and GIS for monitoring of natural and man-made hazards, risk and disaster analysis, as well as for damage assessment.

ВЛИЯНИЕ НА ЛУНАТА ВЪРХУ ПОЯВАТА НА ЗЕМЕТРЕСЕНИЯ

Ралица Берберова, Рангел Гюров

New Bulgarian University
e-mail: rberberova@nbu.bg; rgjurov@nbu.bg

Ключови думи: земетресения, фази и орбитална позиция на Луната

Резюме: Целта на настоящия доклад е представяне на резултати от статистическо изследване на влиянието на Луната върху появата на земетресения. Обработени са данни за 10 годишен период, от 1997 до 2007 г., за земетресения с $M > 4.5$. Доказва се съществуването на ясни корелационни зависимости: „брой земетресения–фаза на Луната“ и „брой земетресения–орбитална позиция на Луната“. Това показва, че Луната е мощен фактор за появата на земетресения.

Една от основните предполагаеми причини за земетресенията е влиянието на Луната върху Земята, което видимо най-лесно се наблюдава по време на приливи и отливи.

1. Енергетична оценка на влиянието на Луната

Силата, с която се привличат Земята и Луната, може да бъде пресметната чрез формулата:

$$(1) \quad F = -G \frac{M \cdot m}{r^2} = -G \frac{\frac{4}{3} \rho \cdot \pi \cdot r^3 \cdot m}{r^2} = -k \cdot r, \text{ където:}$$

M е масата на Земята;

m – маса на тяло на повърхността на Земята;

G – гравитационна константа;

r – разстояние между масовите центрове на Земята и тялото;

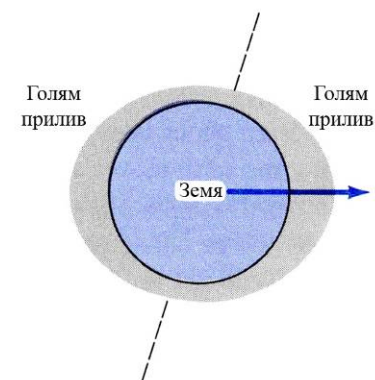
$$k = \frac{4}{3} G \cdot \rho \cdot \pi \cdot m;$$

ρ – плътност.

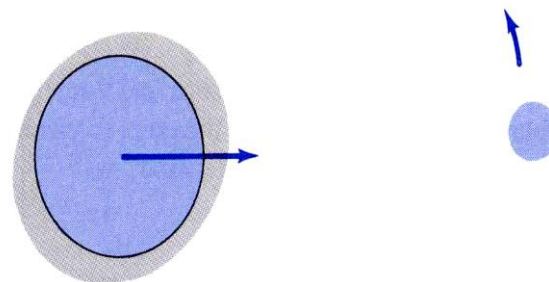
Във формула (1) може да се заместят M , m и r съответно с масите на Земята и Луната и разстоянието между тях и ще се получи силата на привличане между двете небесни тела (2) :

$$(2) \quad F = -G \frac{M \cdot m}{r^2}.$$

При въртенето си Луната предизвиква приливи и отливи в океаните на Земята. Приливите и отливите изпреварват появата на Луната (фиг. 1 и 2).



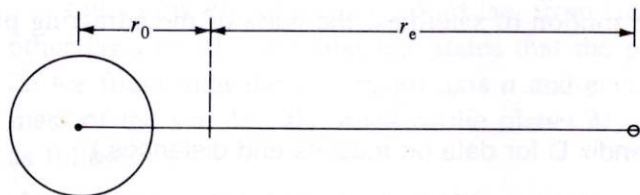
Фиг. 1. Приливи, предизвикани от Луната



Фиг. 2. Отместване на максимума на приливите по посока на ротацията на Земята спрямо правата линия «Луна-Земя»

2. Локализиране на общия масов център на системата „Земя-Луна”

Земята и Луната могат да бъдат разглеждани като една система с общ масов център.



Фиг. 3. Системата «Земя-Луна»

Тогава от уравнението за сума моменти ($\sum M = 0$) може да се намери (по абсолютни стойности) мястото на общия масов център (1):

(1) $|M \cdot g \cdot r_0| = |m \cdot g \cdot r_e|$, откъдето за разстоянието r_0 се получава уравнението (2):

(2) $r_0 = \frac{m}{M} \cdot r_e$, където:

M – масата на Земята;

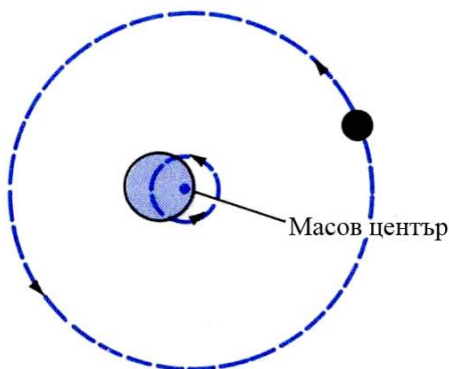
m – масата на Луната;

r_0 – разстоянието от масовия център на Земята до общия масов център;

r_e – разстоянието от масовия център на Луната до общия масов център;

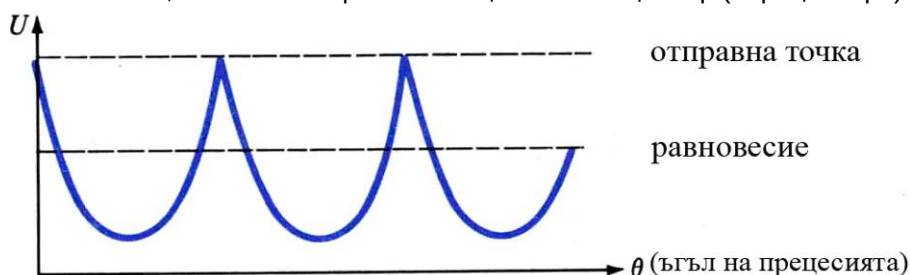
g – земното ускорение.

Движението на Земята около общия масов център „Земя-Луна” е ту равноускорително, ту равнозакъснително (фиг. 4). Плоскостта на елиптичната орбита на Земята към плоскостта на еклиптиката е ъгъл от 5° . Това показва, че Луната ще оказва различно влияние в различните географски ширини на Земята.



Фиг. 4. Движение на системата «Земя-Луна» около общия масов център

Това влияние на Луната може да бъде изразено както при нутацията (фиг. 5), така и при преразпределението на масите, тъй като се променя общият масов център (барицентъра).



Фиг. 5. Крива на потенциалната енергия на жирокоп с нутация

Наличието на променящ се по позиция общ масов център и наличието на нутация, компенсираща равновесното положение при ротациите на Луната и Земята води до две възможни, но противоположни заключения:

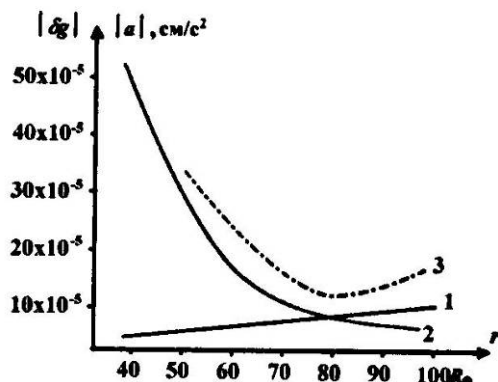
1. наличие на твърдо ядро, потопено във флуид с възможности за промяна на позицията на твърдото ядро;

2. наличие на кухо ядро, заобиколено от много плътен флуид, въртящ се с различна скорост: най-висока до кухината и намаляваща по посока на земната кора.

Все още няма убедителни доказателства за доминиране на едно от двете твърдения. Последните лабораторни и моделни изследвания на преходния слой между земното ядро и долната мантия показват коренно противоположни свойства на слоя от приетите досега - хоризонталната съставка на сеизмичните вълни е по-голяма от вертикалната. Това твърдение корелира с предположението за кухина в центъра на Земята.

Луната оказва въздействие върху Земята. Същите сили, които предизвикват приливите и отливите в океана, са причина и за „приливите и отливите“ в земната кора. Диапазонът на приливите и отливите в земната кора е малък – едва няколко сантиметра, докато този на океаните е от порядъка на метри. Тъй като като живеем върху земната кора, ние не можем да усетим евентуалните отклонения от това, което се предполага, че трябва да е нормалното ѝ състояние, така че ефектът от лунната гравитация е слаб, но съществува. Освен това като цяло се забелязва повишена сеизмична активност в Северното полукълбо, когато Луната е на север от Екватора и на свой ред – такава в Южното полукълбо, когато Луната е на юг от Екватора.

Гравитацията на Луната, Слънцето и планетите повлиява върху сеизмичната активност на Земята. Най-много земетресения би имало по време на сизигията (положението на Луната е по права линия със Земята и Слънцето) или свързани с нея фактори. Сизигията между Слънцето, Земята и Луната настъпва два пъти в месеца – в моментите на пълнолуние и новолуние. В тези моменти, и по-специално в онези от тях, когато небесните тела са най-близо, гравитационните сили достигат своя максимум. Земята и Луната са най-близо (перигей) веднъж месечно, а Земята и Слънцето са най-близо (перихелий) веднъж в годината. Перихелият обикновено настъпва в началото на януари. Гравитацията е най-силна, когато сизигията и перигеят настъпват в един и същи ден с перихелия.



Фиг. 6. Приливно-отливни влияния на Луната и Слънцето върху Земята:

1-изменение на модула на отклонението α на Слънцето на орбиталното движение на Земята около общия масов център Земя –Луна при изменение на разстоянието r "Земя-Луна"; 2.Изменение на приливното въздействие δg на Луната при изменение на разстоянието r "Земя-Луна"; 3.Сумарна крива на криви 1 и 2 като функция на изменение на разстоянието между Земята и Луната в радиуса на Земята R_0

Сеизмометрите, оставени на Луната от астронавтите на американската станция “Аполо” показват, че лунните земетресения са най-чести по време на перигей. Следователно е ясно, че лунните земетресения се предизвикват от земната гравитация, което означава, че и обратното е вярно [3]. Противниците на тази хипотеза смятат и твърдят, че Луната е прекалено малка, за да предизвика земетресения на Земята.

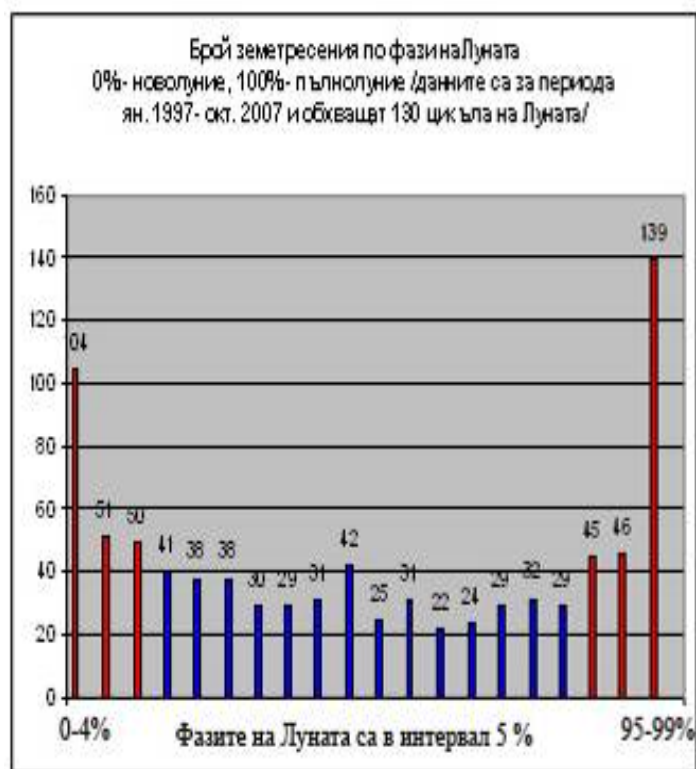
3. Статистическо изследване на влиянието на Луната върху появата на земетресенията

Изследвани са земетресения, проявили се по цялото земно кълбо с магнитуд по-голям от 4,5 за 10 годишен период, от 1997 до 2007 г. Данните за земетресенията са взети от интернет адреса на Американската геоложка служба (USGS) [4]. Данните за фазите на Луната са изчислени с помощта на специално изработено за изследването софтуерно приложение, при което след нанасяне на времеви данни (дата и час/мин./сек.) на земетресението се дава информация за фазата на Луната в дадения момент на конкретното място. Данните за часовете, в които са станали земетресенията и данните, които се въвеждат в програмата, са приравнени към координираното универсално време (UTC). Въз основа на резултатите от табл. 2 и 2а са проследени следните зависимости:

- брой земетресения като функция на фазата на Луната;
- брой земетресения като функция на орбиталната позиция на Луната по месеци;
- брой земетресения като функция на географската ширина.

Фазите на Луната са дадени в проценти в интервал 5 %.

Резултатите от изчисленията за функцията брой земетресения според фазата на Луната са използвани за построяване на графиката на фиг. 7.

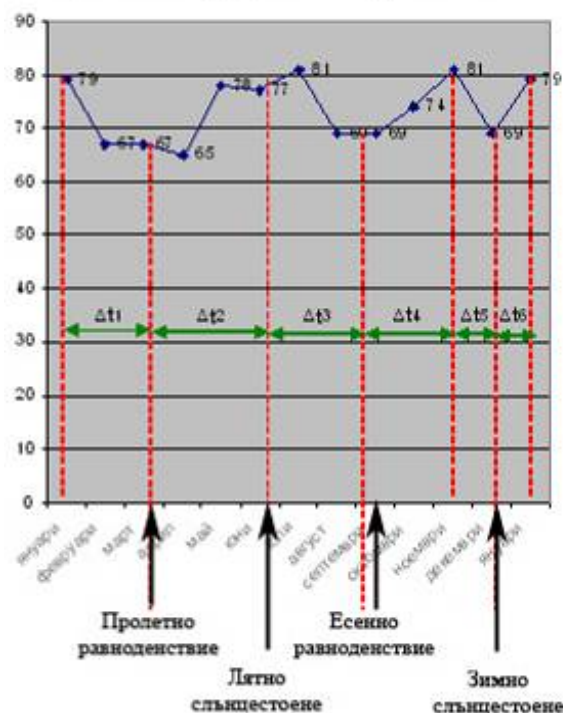


Фиг. 7. Брой станали земетресения по фази на Луната:
0% - новолуние; 100% - пълнолуние; данните са за период ян. 1997-окт.2007 г.; обхващат 130 цикъла на Луната

От графиката се вижда, че най-голям брой земетресения се случват по време на сизигията. Слабо повишение на броя се отчита и при фаза 50% на Луната. Независимо, че изследваният период е 10 години, получената стойност би могла да бъде случайна величина или съвпадения на позицията на Луната с глобално тектонско нарушение.

4. Статистическо изследване на влиянието на Луната върху земетресенията по отношение на орбиталната си позиция

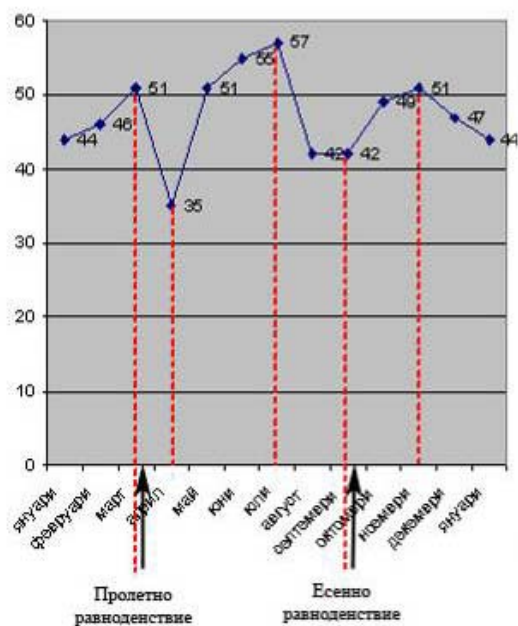
Резултатите от статистическото изследване на брой земетресения по отношение на орбиталната позиция на Луната по месеци са представени на фиг. 8.



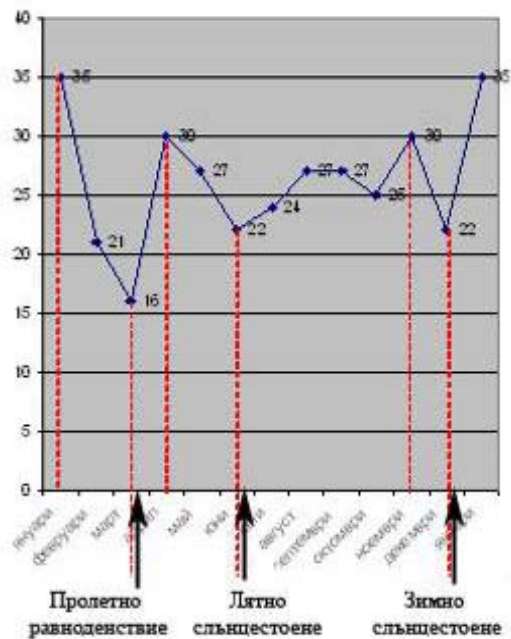
Фиг. 8. Брой земетресения по месеци в годината

На графиката (фиг. 8) се отчитат няколко инфлексни точки, които показват, че най-много земетресения стават по време на перихелия и перигея.

Резултатите от статическата обработка за влиянието на Луната като функция на географската ширина са представени на фиг. 9 и фиг. 10.



Фиг. 9. Брой земетресения в Сев. полукълбо по месеци в годината



Фиг. 10. Брой земетресения в Юж. полукълбо по месеци в годината

От инфлексните точки на графиките (фиг. 9 и 10) могат да се направят следните заключения:

- броят на земетресенията през лятото нараства в Северното полукълбо;
- през зимата нараства броят им в Южното полукълбо;
- големият брой земетресения корелира с промяна на орбитата на Луната, преминаването ѝ в двете полукълба и с инфлексните точки по време на перигея и апогея;
- най-голям брой земетресения има по време на сизигията и когато Луната и Слънцето “увиснат над” глобалните нарушени зони;
- вероятността за появата на силно земетресение е възможна при съвпадението сизигия-перигей-апогей-перихелий и район с нарушена глобална тектонска зона;
- най-силно влияние на Луната и евентуална поява на силно земетресение е съвпадението сизигия-перигей/апогей/перихелий – когато са над район с нарушена глобална тектонска зона;
- съществува ясна корелационна зависимост „брой земетресения–позиция на Луната”, т.е. Луната е мощен фактор за появата на земетресения.

Литература:

1. G u r o v R., B. R a n g u e l o v. The corkscrew theory – a new mechanism of the solid Earth geodynamics, Rotational processes in geology and physics, Geological Faculty of Lomonosov Moscow State University, Institute of Volcanology and Seismology, Far East Division Russian Academy of Science, Moscow, KomKniga, 2007, 411- 431
2. O l e n i c k R., T. A p o s t o l, D. G o o d s t a i n. The mechanical universe – Introduction to mechanics and heat, Cambridge, 1989
3. R o a c h J. National Geographic News, 2005
<www.news.nationalgeographic.com/news/2005/05/0523_050523_moonquake.htm>
4. Significant Earthquakes of the World
<<http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqarchives/significant/>>

THE EU SCHEMA PROJECT – BULGARIAN PARTICIPATION

Boyko Ranguelov¹, Garo Mardirossian², Dragomil Gospodinov¹, Edelvays Spasov³

¹*Geophysical Institute – Bulgarian Academy of Sciences*

²*Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences*

³*Kinemetrix, Pasadena, USA*

e-mail: branguelov@gmail.com; mardirossian@space.bas.bg

Key words: *tsunami, Black Sea, SCHEMA Project,*

Abstract: *This presentation aims to familiarize the broad audience with the participation of the Bulgarian scientific institutions in the EU SCHEMA Project. SCHEMA is the acronym of Scenarios for Hazard-Induced Emergencies Management - Contract No: 030963 with the EU under the FP6 Priorities (Space). The Project comprises 2 general working packages, its duration is 36 months and it has 12 partner organizations from France, Portugal, England, Italy, Greece, Morocco, Turkey and Bulgaria.*

Recently, two very important new and unexpected evidences about the tsunami impact on the Bulgarian Black Sea coast have been obtained and investigated – the 7th May 2007 event and the discovery of the Cybele Temple in Balchik same year. The future activities, information dissemination and end-user requirements will be incorporated in the near future actions and investigations according to the Project's time schedule.

1. Bulgarian experience on Tsunami investigations in the Black Sea

The continuous research of the Black Sea tsunamis started in Bulgaria at the early 80-ies of the XX century creates interest and curiosity in the scientific community abroad. The first publications indicated that the Black Sea tsunamis are possible phenomena [1] have been followed by the participation of the Bulgarian specialists in the GITEC Project of EU (1992–1995) [2]. During the execution of this project many new and unknown facts about the observed and supposed tsunamis in the Black Sea and have been discovered the tsunami research in Bulgaria has been developed in different directions:

- New data and homogeneous catalogue (as part of the standardized GITEC catalogue) has been compiled [3];
- Tsunamigenic sources and natural vulnerable areas have been outlined [4,5];
- Ray refraction analysis and tsunami energy dissipation/concentration have been performed for the whole Black Sea area;
- Special vulnerability analysis has been performed for some areas and test site areas [6,7];
- Fractal properties of the tsunami in the Black Sea according the bottom and coastal geometry [8];
- First attempts of the tsunami zoning for the whole Black sea at large scales and in case of not completed information have been executed and rough schemes created, assessing the expected average run-ups and attack velocities of the tsunami to the shore, based on the average repeated recurrence time established by the real data [9,10,11,12,13,14];
- Original equipment about the tsunami laboratory generation and physical modelling investigations has been patented [15,16];
- Paleotsunami deposits have been discovered for the first time on the Black Sea coast [17,18].

2. SCHEMA Project

SCHEMA is the acronym of the Scenarios for Hazard-Induced Emergencies Management Contract No: 030963 with EC of the PF6 Priorities (Space). Duration – 36 months, 12 partner organizations from France, Portugal, England, Italy, Greece, Morocco, Turkey and Bulgaria.

The presentation of this Paper is supported by SCHEMA Project

The Project is constructed by several working packages (WP's):

- the first one is related to the Lessons learnt by the previous experience and modeling possibilities and vulnerability analysis
- Other WP's include several (5 test site areas – **Morocco**: Rabat region; **Bulgaria**: Varna region on Black sea; **France**: Mandelieu, Cote D'Azur; **Portugal**: Setubal; **Italy**: Catania, Sicily), where different methodologies about tsunami modeling and vulnerability assessment will be performed. The main tasks of the Project is to satisfy the end-users requirements about the possible prevention and protection actions to the population of the threaten test sites.
- The last WP's are related to the management of the Project and the dissemination of the results obtained - Large knowledge exchange and massive people information is intended to the final stage of the project (Workshops, educational materials to the decision makers and the public, mass media involvements, etc.)

The WP 1 considers several topics important for the next works performance:

- State of the art of the partners' knowledge about tsunami;
- Lessons learned from December 2004 tsunamis and more recent events;
- Users' needs analysis;
- Collection of feed back on modelled effects in Indian Ocean. New modelling in some selected sites in Indian Ocean area;
- "Benchmark" of models compared to real damages. What the models do and what they do not do?;
- Generic factors to classify coast configurations and morphology (from the beaches and shores inland).

3. Bulgarian participation

The Bulgarian participation in the SCHEMA is represented by the Space Research Institute (SRI) which is a partner to the Project. Specialists with different abilities from different (outside SRI) organizations: GFI (Geophysical Institute at the Bulgarian Academy of Sciences, SWU (South-western University – Blagoevgrad), PLD (Plovdiv Geophysical Observatory, CDA (Civil Defence Administration), etc. playing important role in the Project. The initial items definition (test-site area, data and catalogues (earthquakes, surface and underwater landslides as possible triggers of tsunami), data bases, space images, etc.), end-users requirements and research activities intended are parts of the Project.

4. Working packages tasks and deliverables

The main focus at the initial phases of the project is related with the state of the art of the knowledge, lessons learnt and the assessment of the vulnerability criteria for future applications. The compilations of the seismic catalogues, landslides with different sizes and origin, their transformation in useful and homogenous data bases have been performed. The scenario definition, the data and imaginary collection and the tsunami hazard assessment are the targets of primary importance. Due to the former and recent analysis the main tsunami events are described as case studies and assessed by the recent terms of tsunami intensity (for the first time in the Bulgarian tsunami practice):

5. Case studies

1-st (III-rd?) century BC case – IX-X tsunami intensity (Papadopoulos-Imamura (P-I) scale)

"Ancient town Bisone (Greek colony) sank in the sea waters" (Strabo). Major earthquake (M ~ 8), accompanied by huge slides and large inundation (probably tsunamis). "The whole" ancient city (most probable – the port and the facilities) went under water. The rest part of the town was moved on the top hills. Paleotsunami findings.

543AD case – VII tsunami intensity (P-I scale)

Earthquake (M ~ 7.5), probable local tsunami, activated landslides, destroyed and buried the Cibebe temple. Possible paleotsunami findings.

31st March 1901 earthquake and tsunami – V tsunami intensity (P-I scale)

Earthquake of magnitude M = 7.1 occurred in the sea. Large destruction in the epicentral area (more than 5 villages and small towns have been affected; more than 830 houses damaged.). Aftershock sequence lasted more than 7 years. Land subsidence and landslides (probably submarine as well) occurred. Rockfalls were reported. A witness reported a sea level rise of about 3 meters at the port of Balchik, recognized as tsunami.

The case of 7th May, 2007 – V tsunami intensity (P-I scale)

Northeast Bulgarian coast – nonseismic origin (possible underwater turbidities). Data about withdrawal and inundation – frequency of the phenomena (up 3–5 to 6–8 minutes) are collected. Data about the water peculiarities consequences – observed turbulences, currents and water boiling supports the used models. Data about the consequences – moved boats, tetrapodes and other items also have been assessed [19].

The systematic data of the parameters of these events are presented in [20].

The intended scenario earthquake has the following parameters:

Epicenter location: 43,2E; 28,6N; Depth-15; Epicentral intensity – X EMS; Magnitude: 7.2; Vertical displacement: 2–3 meters; Strike: E-W (1st variant) and NE-SW (2nd variant). This scenario is based on the event of 1901 as best studied earthquake and its consequences.

The formulation of the vulnerability criteria following the IADB methodology is the next important task of the test-site activity and assessment.

During the last years some new developed methodologies have been tested for the North Bulgarian Black Sea coast. The IADB methodology needs a special scheme about the factors and indicators recognition. After our research and investigations we developed and accommodated the indicators tables, which contains data and information about the main indicators and factors for vulnerability assessment [21, 22].

New evidences in 2007: The 7th May tsunami and Cibebe temple discovery in Balchik

Unexpectedly, two new cases, extremely interesting and very important evidences about the tsunami influence occurred during 2007:

Tsunami observed on the North Bulgarian Black Sea coast on May, 7th 2007

About a three meters water level changes of nonseismic origin occurred on 7th May, 2007 on the North Bulgarian Black Sea coast with maximum effects around 12 LT. The starting time of the event was announced around 9-10 AM. The water oscillations have been observed several times, with long lasting fluctuations (between 10 and 15 cycles with decreasing intensity). The oscillation period was estimated about 3-4 minutes. In most cases water first withdrew and then the sea level rose in many areas on the North Bulgarian Black Sea coast. Observations have been made mostly in the two biggest towns of the coast – Balchik and Kavarna (about 13000 inhabitants each). The port authorities informed about similar effects to the North – near Kaliakra cape and village Shabla. According to the seismic network centre in Bulgaria, no significant earthquakes were recorded in the same day. Further, the weather conditions were normal and the sea was calm.

Fortunately, only slight negative effects occurred on the affected areas. The board of a tourist boat of 50-60 tons was damaged near the anchor holes and in some other parts as well as on the rule of the boat. This boat was rotated violently according to his captain. Many fishermen small boats sat on the sand. Debris was deposited on the coast. Three - four big tetrapodes (1.2 tons each) have been slightly moved from their previous positions near the port breakwater wall of the Kavarna town. Fortunately a lot of visual information has been collected – pictures, video clips, etc.

Probably the event was triggered by the underwater sliding of deposited masses. The fact that the water first receded from the usual shoreline is also in support of the slide origin. The observed turbulences registered on photo pictures and the muddy waters in the bay support that hypothesis further on. There is a possibility of the performance of the high resolution bottom deposits investigations.

The Cibebe temple discovery – a evidence of multihazard destructive event

The discovered temple of the ancient goddess – Cibebe – near Balchik in 2007, provoked the investigations about the possible reconstruction of the end of active life of the ancient temple. The temple is dedicated to one of the most popular cults during the ancient times and the possible reasons of those final moments of the temple activity.

After the ruins have been digged several possible explanations about the end times of this temple were suggested:

- possible destruction by unknown conquerors
- possible destruction by natural hazards
- Possible destruction by both factors.

Our research on the ruins and discovered artifacts leads at most to the second hypothesis – the destruction by a combination of several disastrous events acting during the ancient times. The

main role in this natural acting forces destroyed the ancient temple is a tsunami influence [23]. this fact is supported by the most of the discovered evidences preserved since the ancient times.

The most logic chain of destructive events destroyed the ancient temple looks like that.

- Burning phase. Possible fire of the roof could be trigger by the burning rituals, earthquake which cold trigger fire from the hall of the temple to the roof, etc. It seems clear that the roof (probably build up of wood) burned and collapsed on the floor. This hypothesis is supported by the black layer and the red bricks found on the floor. The time of the fire is not possible to be identified.

- Very soon after the fire, the floor had been flooded by sea water bringing the sand and shells. The sand comes from the sea and has typical sea origin. The grains, composition of the sand and the well preserved parts of the shells of mollusks support this hypothesis.

- It is very probable that this local tsunami had been generated by an earthquake. The list of known earthquakes leads to that one in 543 AD [20]. The effects of this earthquake could be the cracks visible on the walls on East and South segments. The fallen and broken marble plate with the written description is fully reconstructed – no missing parts, which means that this plate fall down and have been broken at once, and then immediately buried.

- Than the whole temple had been buried under the layer of deposits, also brought at once, because the whole lower part of the temple with the artifacts and the walls are preserved totally. The most probable explanation is that this burial process is due to the landslide or some not very fast, but also not very slow process (like erosion depositions for example). That's why these parts (from the walls and the marble and) have not been used for some kind of further structures construction around the temple (as the ancient practice is). The buried process had been enough fast to preserve the walls and artifacts, and not enough slow to the same reason. The only natural process with such physical characteristics could be the landslide, which also added its force for the mixture of the artifacts inside the space of the temple. The area is famous with active landslides with Pleistocene age and the materials inside the temple are absolutely similar to the surrounding materials sliding down permanently.

This hypothesis is still under development and verification. The archeological diggings process is in prolongation. The new discoveries are expected in the near future.

Horizontal links

During the execution of the SCHEMA project, other tsunami EU projects started (like TRANSFER, Sea HELARC etc.). The horizontal links between all these projects have been established by participation of some partners in the other projects. For example: the team from Bologna University and National Observatory of Athens participated in all mentioned projects, the JRC team and B. Rangelov from Bulgarian Academy of Sciences – in TRANSFER and SCHEMA, etc. The new developed methodologies by different teams for tsunami modeling and tsunami hazard assessment have been performed on different test site areas (for example – to the North Bulgarian Black Sea coast). The fruitful cooperation started between the teams. The mobility and free exchange of specialists' ideas, data and information have been performed between the partners in the European Research Area (ERA). New links and future cooperation is intended in the frame of SCHEMA, TRANSFER and other projects. Workshops, meetings, research exchange is planed for the next months related to the execution of SCHEMA. All actions are targeted to the requirements satisfaction of the end users and for the benefits of the research and investigations to the societies, local administrations and Civil Defense activities.

Conclusions

The main purposes of the SCHEMA project are outlined and described in the frame of the Bulgarian tsunami investigations experience.

The main achievements of this experience are summarized and systematically incorporated during the initial phase of the project.

Two very important new and unexpected evidences about the tsunami influence to the Bulgarian Black Sea coast happened and have been investigated recently.

The future activities, information dissemination and end-users requirements will be incorporated in the near future actions and investigations according the Project time schedule.

References:

1. Христоков Л., И. Тъпкова – Заимова. Възможна цунамигенност на наши земетръсни огнища в Черно море. Бълг. геофиз. сп., V, 1979, № 4, с. 63 – 64.
2. Мардиросян Г. Природни бедствия и екологични катастрофи – изучаване, превенция, защита. Акад. издат. „Проф. Марин Дринов“, 2007, 374 с.
3. R a n g u e l o v B., D. G o s p o d i n o v. Tsunami Vulnerability Modeling for the Bulgarian Black Sea Coast., Wat. Sci. Tech, v. 32, No 7, 1995, pp. 47-53.
4. R a n g u e l o v B. Tsunami Hazard Research in the Black Sea., Proc. 2nd Int. Conf. SEE-2, 15-17 May 1995, Tehran, v. 1, pp. 241-244.
5. Р а н г е л о в Б., Д. Г о с п о д и н о в. Сеизмична активност след земетресението от 31.03.1901 г. в района Шабла - Калиакра., Бълг. Геоф. сп., т. XX, No 2, 1994, с. 44-49.
6. R a n g u e l o v B. Tsunami Vulnerability in the Black Sea., Proc. I-st Int. Conf. SESURB'96., 12-16 Feb. 1996, Petropavlovsk - Kamchatsk., pp. 39-45.
7. R a n g u e l o v B. 2005, Tsunami hazard in the Black Sea., Proc. Intl. Symp., Natural Hazards-New Challenges for Eng. Geology and Civil Protection., Sofia, 5-8th Sept., 5pp. (on CD)
8. R a n g u e l o v B., D. G o s p o d i n o v. Tsunami Energy Distribution According to the Black Sea Geometry., Proc. XXIV Gen. Ass. ESC., 19-24 Sept. 1994, Athens, v. III, pp. 1808-1813.
9. R a n g u e l o v B. New Investigations of the Tsunami Danger in the Black Sea., Proc. XXIV Gen. Ass. ESC., 19-24 Sept., 1994, Athens, v. III, pp. 1806-1807.
10. R a n g u e l o v B. Seismicity and Tsunamis in the Black Sea., in Seismology in Europe. Papers presented in the XXV Gen. Ass. ESC, 9-14 Sept. 1996, Reykjavik, p.667-673.
11. R a n g u e l o v B. Tsunami investigations for the Black Sea – empirical relationships and practical applications regarding the tsunami zoning., Proc. IW Tsunami Risk Assessment., June 14-16, Moscow, 2001, pp.44-48.
12. R a n g u e l o v B. Possible tsunami deposits discovered on the Bulgarian Black Sea coast and some implications., in Submarine Landslides and Tsunamis., (Eds. A.Yalciner, E.Pelinovsky, E.Okal, C. Synolakis), Kluwer Acad.Publ., 2003, pp. 237-242.
13. Р а н г е л о в Б. Опасност от цунами в Черно море. Сб. Докл. Първа нац. н-практ. конф. по “Управление в извънредни ситуации и защита на населението”, София, 2006, с. 164-169.
14. S p a s s o v E., B. R a n g u e l o v. Tsunami Danger in the Black Sea - Summary., Proc. Intl. Symp. Tsunami, 18-19 Aug. 1987. Vancouver, CANADA, Seattle. Washington, p.64-70.
15. Мардиросян Г., Б. Р а н г е л о в. Устройство за моделиране на релефа при бързи геодинамични процеси. Патент за изобретение № 60729/1996, Патентно ведомство на Република България, София, 1997.
16. Р а н г е л о в Б., Г. М а р д и р о с я н. Возможности моделирования рельефа и быстрое его изменение при физическом цунамимоделировании. Бълг. Геоф. сп., т. XVI, No 2, 1990, с. 75-79.
17. R a n g u e l o v B. Fractal dimensions and tsunami run-ups in the Black Sea., Compt. Rend. de l'Acad. Sci., vol.50, No 6, 1997, p.47-50.
18. R a n g u e l o v B. Tsunami repeatability for the Black Sea., Proc. Intl. Conf. “Port - Coast - Environment” (PCE'97), 30.06 - 4.07.1997, Varna, vol.2, p. 293-297.
19. R a n g u e l o v B. Comparative analysis between earthquakes, tsunamis and other natural hazards., Abstract book 1st IEES, Geneva 3-8 Sept. 2006, 138p.
20. R a n g u e l o v B., G. M a r d i r o s s i a n, P. G e t s o v. Tsunami investigations in the Black Sea (Bulgarian experience to the EU SCHEMA Project. International Conference Fundamental Space Research *Suinny Beach, Bulgaria*, 21-28 sept. 2008, pp.11-14.
21. R a n g u e l o v B. Tsunamis in the Black Sea – tectonic origin and zonation. 6th ISEMG, Amman 2-5 April 2007. 201 p.
22. R a n g u e l o v B., S. T i n t i, G. P a g n o n i, R. T o n i n i, F. Z a n i b o n i. Preliminary study about the possible nonseismic tsunami in the Black Sea on May, 7th 2007. Intl. Conference Ital. Geolog., Rimini, 14-17 Sept. 2007.
23. R a n g u e l o v B. 2007. Multirisk assessment-Earthquakes, Tsunamis, Landslides on the west coast of the Black Sea., 6th ISEMG, Amman 2-5 April. 205 p.
24. R a n g u e l o v B, A. B l i z n a k o v, E. S p a s s o v. Time dependent scenario of a powerful multirisk event on the Bulgarian Black Sea coast., Proc. Nat.Conf. Geosciences'07, 2007, pp. 117-118.
25. R a n g u e l o v B., A. F r a n t z o v a, G. M a r d i r o s s i a n. Multirisk assessment and mapping for the North East Bulgarian Black Sea coast., Papers 16th International. Symposium on Geodesy, 9-10 Nov. 2006, Sofia, pp. 432-441.

COSMIC STOJAN-NET AND ITS UTILIZATION

Stojan Velkoski

"Institute for Geobiology, Archaeology, Ground Water and Ecology"
e-mail: contact@igape.edu.mk; www.igape.edu.mk

Key words: *s-net, nanotechnology, telecommunication*

Abstract: *Besides the two already known nets, I recently discovered this new one, known as Stoyan's (net). At first, the active knots of this net were identified as very dangerous for the living creatures, including the human race. Therefore, around 15,000 people and 8,000 heads of cattle were analyzed.*

Under the research, around 120 seedlings were also analyzed, on which there was an active S-knot and it was concluded that most atmospheric electricity charges were discharged exactly on these seedlings. This means that the active knots, through the stem and the root of the seedling, create good earthing through which most atmospheric discharges take place.

Based on this, I have envisaged the construction of a separate nanotechnology which will be able to use the active knots of the cosmic S-net for telecommunication and other processes on our planet (as shown in Fig.).

The cosmic S-net, combined with the new transmitters, is a new discovery and a technological solution, which allows for permanent and safe communication around the world with immensely lower financial costs, as well as in view of safe living environment.

Thanks to the possibility of higher conductivity level, the cosmic S-net can also be used to direct, discharge or exploit atmospheric electricity discharges.

According to the classification, it belongs to A1.

Introduction

As a consequence of the damage done to the ozone cover, there are so called cosmic (ozone) holes, which cover large amount of space on the Earth. The ultraviolet rays can easily come through them. If people are exposed to those ultraviolet syn rays, there are more chances to get skin burns and skin cancer. Besides these cosmic or ozone holes, there are other sources of electromagnetic sort, known as emissions, which come from the cosmic nets.

The planetary system with its existence does certain inner reflections, thus creating nets above the Earth's ozone cover. The cosmic nets are different from one another because of the distance between the lines and the parallels, from which they are made of, and their width. With the intersection, of the lines and parallels, the so-called knots with which are forming the nets. The knots that don't get through the ozone cover represent passive knots.

The cosmic sources for emission (knots), which manage to get through the ozone cover represent active knots. They can be identified on the earth and they represent serious danger to the living world. The diameter of the knot depends on the width of the lines that form the cosmic net, and with that the diameter of the effect made by the cosmic emissions over the earth. Only three cosmic nets are detected so far, which are harmful for the living world.

The three nets carry their authors names:

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| a. The net of Ph.D. Manfred Curry | 300 cm x 300 cm x 50 cm; |
| b. The net of Ph.D. Ernst Hartmann | 250 cm x 200 cm x 25 cm; |
| c. The net of Ph.D. Stojan Velkoski | 100 cm x 90 cm x 10 cm. |

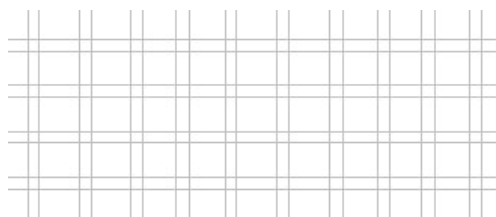


Fig. 1

Material and Methods

The cosmic knots can be moved for more than 1 m in case of tectonic activities (earthquakes) or sun storms.

I have noticed these occurrences based of the years spent on studying the nets, and experiments. After the appearance of the sun storms which happened in December 2003, an occurrence is detected with new active cosmic emissions especially from the third cosmic S-net. The frequency of the cosmic knots over the Earth, among other things, depends also from the damage of the ozone cover, and the harm which they cause to the living world is enormous.

Also, in the solitaires, there are certain places where the cosmic knot doesn't match rectilinearly on all of the floors. This occurrence is due to the certain reflection, or the redirection. The reflection or redirection of the knot can be caused by a string in the bed or an armature from a concrete panel, but this is not always the case. If there is a knot on some bed or on the armature in the concrete panel, on some of the higher floors, there can be a match in the distance and the size of the spirals or the armature with the resonance of the knot, in that case the same is easily redirected to the lower floors and changes the direction of movement. The reflection can also happen from some synthetic and other materials.

I have elaborated and investigated it in details, from technical aspect and concerning the effect it has on the live world including the human (a part of the researches can be seen on www.soncevzrak.com).

There are more scientific studies, which include more than 10000 people and around 8000 large livestock. The results have shown that people, whose work place or bed is exposed to these active knots, get sick from malign diseases in the average of 9 years. The experiments with the large livestock have shown that the livestock which has been continually exposed gets sick from malign diseases for about 3 months.

There is a chance for solving this problem, and that is with the neutralizer-transformer BIO-SPH, which has a feature to decrease the intensity of the electromagnetic fields to 300 MHz, and with this it can secure a safe living environment.

From the three nets that we know so far, there is a real opportunity that the third net can be used for telecommunication and other services.

So far the telecommunication solutions involve the relay, mobile and the satellite telecommunication. All these ways of communication are conditioned by time, space and service with a very high price.

The technical solution which is meant for utilizing the cosmic S-net is a new invention which can be used in combination with a transmitter with a receiver emitter and a locator.

The locator has a purpose to precisely locate the active S-knot, which will be used for further transfer. The transmitter has a purpose to module the knot of the cosmic net, so that it can be used for emission of additional low frequencies through which the translation will be done. The emitter has a purpose to broadcast waves into the space, through which they can be in contact with the user of the services, or the transmitter.

The invention will have the opportunity to be used statically or mobile. The static solution will have the opportunity to be located directly on the cosmic S-knot with which it will have a direct link, and the services will be performed by emitting to the users.

The mobile technical solution will have the opportunity to emit certain frequencies in the space through which it will create a contact with the active S-knots and with the help of the transmitter it will enable receiving and giving telecommunication or other services.

There is no given rule by which we could know the number of active S-knots in a certain space. For example, in 1000 m² there can be 5 knots, and in another case with a space of the same size there can be 50 active cosmic S-knots. The frequency of the active cosmic S-knots enables the mobile communicational method to emit frequencies in a limited and relatively small space in the radius of a couple of meters and the communication will go on uninterrupted. In this case the scope of the mobile device will always be in contact with the S-net. This way we can spare the environment from all kinds of emitters with a great destructive power.

Results

This invention represents a new era in the development of the telecommunications.

According to my analysis through out the years I have noticed that the S-knots attract the electro atmospheric discharges. In most of the cases the electro atmospheric discharges happened in places where there are active S-knots. The cosmic S-knot was next to or on some distance of the place where there is good grounding. This natural occurrence represents a good indicator that the active S-knots represent some sort of conductors. Because the same comes from the cosmic S-net

which is spread over the ozone cover, the net represents a juncture between all of the knots of the net. In this case separate knots achieve to break through the ozone cover and reach the Earth.

The active knots can be identified on the Earth and they can be used for: scientific, military and industrial purposes.

The utilization of the active S-knots can be done in several ways, among which are the following three:

1. Specially constructed transmitters can be placed on a previously identified two or more active knots, which are located on two different continents. They will be able to use the electromagnetic component from the cosmic knots for transferring information etc (Fig. 2).

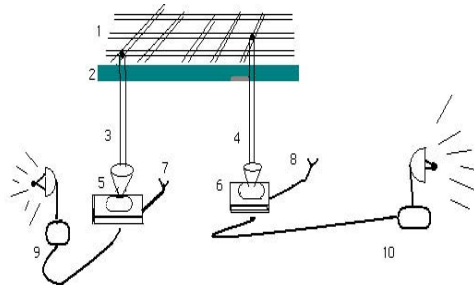


Fig. 2

2. In this model a micro mobile locator can be used on the cosmic S-knots and right away, through the same, a telecommunication link can be engaged without the need of any additional emitters. In this case there is a need of a sophisticated mobile device with a locator, transmitter and receiver emitter. With the locating of the cosmic S-knot, the device is brought to that point and we are in contact with the cosmic S-net (Fig. 3). Also, the contact between the mobile device and the active cosmic knots can be done by waves (Fig. 4).

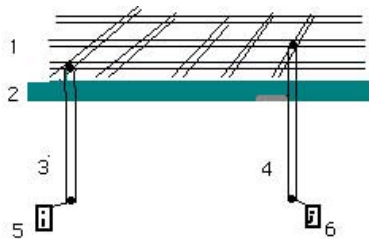


Fig. 3

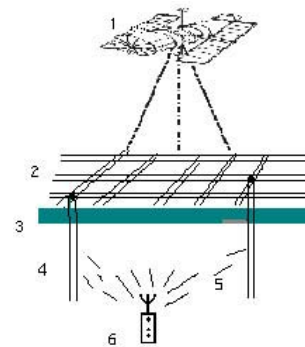


Fig. 4

This model is more acceptable because the user does not depend on the locating of the cosmic S-knots or any other central emitter which is recharged by electrical energy. In this case the user owns a mobile device without a locator, which is equipped with a transmitter and a receiver emitter with a short range. In that way the user will be able even in motion to reach the S-knots (one or more of them) and establish the contact through them.

3. Because of the fact that the active cosmic S-knots represent some sort of a conductor for the electromagnetic discharges, they can be used for controlled discharge into open or urban space and their utilization.

With the use of the new technical solution, there is a line of positive effects which the people can benefit from. For example:

- * Reduced energetic expenses, as for the device, so as for its maintenance;
- * Better telecommunication reach over the whole planet;
- * Preserving the living environment;
- * Possibility for utilization of the technical solution for better communication with the crew in the spacecrafts;
- * Reducing the consequences of the electro atmospheric discharges, with a possibility to use them further on;
- * Cheap telecommunications and other services.

Discussion

Fig. 1

Fig. 1 shows the spreading of the three cosmic nets and their dimensions.

a. The Kerju net is discovered and elaborated by D-r. Manfred Kerju, whose knots on the Earth are 50 x 50 cm, while the distance between the lines which form the net, depending on the geographic position is around 300 x 300 cm;

b. The second net, which was known by the older generations, is called after the name of Dr. Ernst Hartmann, who elaborated and announced it in the second half of the previous century. The dimensions of the cosmic knots are 25 x 25 cm, while the distance between the lines is north-south 250 cm x east-west around 200 cm. Depending on the geographic width on which the net is located, it can go through certain changes;

c. I have discovered, elaborated and followed the third net for a longer period of time. The width of the lines is around 10 cm, and with it the spread of its knots is around 10 x 10 cm, while the distance between the lines is north-south around 90 cm, and east-west around 100 cm. Depending on the geographic width on which the net is located, it can go through certain changes. This net was not known till recently, because of the small spread of the knots.

Fig. 2

Fig. 2 shows the following elements:

Point 1 shows the spread of Stojans', or the S-net with two active knots;

Point 2 shows the ozone earth shield which is penetrated by two S-knots;

Point 3 and 4 represent two active cosmic S-knots;

Point 5 and 6 represent specially constructed transmitters whose purpose is to receive and transform the active S-knots and perform the receiving and emitting of the communicational and other services;

Point 7 and 8 represent the energizing of the transmitters who are placed on two different places on the earth with electrical energy;

Point 9 and 10 represent local receivers emitters which help the mobile devices to get the necessary activities.

Fig. 3

Fig. 3 shows the opportunity for utilizing the s-net through the active S-knots, without central emitters with transmitters and locators which is presented with the following things:

1 – the cosmic S-net over the Earths' ozone layer;

2 – the ozone cover;

3 and 4 – active S-knots;

5 and 6 – mobile receivers/emitters with locators and transmitters which work in direct contact with a cosmic S-knot.

Fig. 4

Fig. 4 shows the opportunity for utilizing the active S-knots with the help of frequencies emitted by the mobile devices. The device equipped with transmitters and receivers emitters will be able to obtain active S-knots in their surrounding area, which will enable the further development of the processes. The energizing of the mobile devices can be combined with the help of the solar technique or with batteries.

The solar utilization for energizing the devices for communication can be of great benefit to the expeditions on the Earth and in the Space.

The process of utilization is shown through the next points:

1. Point 1 shows the cosmic S-net;

2. Point 2 shows the ozone layer;

3. Point 3 and 4 show the two active cosmic S-knots, which are in function with the help of a mobile device and on a certain distance;

5. Point 5 shows the mobile device which in motion reaches active cosmic S-knots and functions normally;

6. Point 6 shows the system and methodology with the technical resources for grounding and utilizing the electro atmospheric charges, as described in the given points.

Fig. 5

Fig. 5 shows that the opportunities given by the cosmic S-net are very big.

One of those opportunities is to utilize the conductivity of the active cosmic S-knots for controlling and using the electro atmospheric discharges.

In this case the damages caused by the electro atmospheric discharges (lightning) can be reduced to a minimum. If they can be redirected through the active S-knots, for their grounding or utilization, then the living environment can be protected, and also an additional energy can be gained from the nature, as shown in the following points:

1. The cosmic S-net with its active knots;
2. The ozone cover;
- 3 and 4 are the polarized clouds with polarity (+) and (-);
5. Discharging of the electricity (lightning);
6. Active S-knot which has good grounding;
7. Active S-knot which hasn't got good grounding;
8. System for grounding.

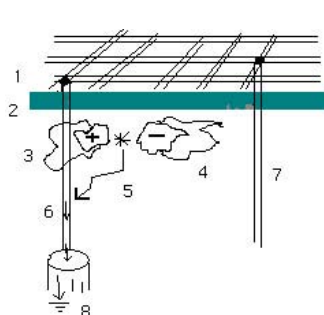


Fig. 5

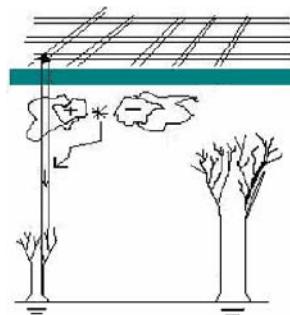


Fig. 6

References:

1. Velkoski S., G. Mardirossian. Neutralizator-transformator na vredni elektromagnetni vlni i prvi rezultati od prilo`enieto mu, Sofia, 1999.
2. Velkoski S., G. Zlateva, I. Stoilova. Isledvanie stepenta na vrednostna elektromagqnetno pole i vzmno`nosti za zařtita, Sofia, 1999.
3. Velkoski S., G. Mardirossian. Optimalni aero-kosmi-ki opiti za ekologijata i okolnata sreda, Nov Bugariski Univerzitet, 1999.
4. Mardirossian G., A. Bliznakov, J. Krumova, S. Velkoski. Aerokosmi-ki metodi za ocenka na vzdeistveieto na prirodni riskovi procesi i javlenija, Sofia, 2002.
5. Mardirossian G., S. Velkoski, A. Bliznakov. Improvements and inovations in registering the geomagnetic field parameters, Sofia, 2003.
6. Jivkov J., G. Mardirossian, S. Stojanov, P. Panova, S. Velkoski. Nonliner receiver reaction irradiation with complex spectral composition, Sozopol, 2003.
7. Getsov P., J. Jekov, G. Mardirossian, S. Stojanov, M. Narbanov, S. Velkoski. Total content of atmospheric ozone measurement apparatuses, created in the Space Research Institute at the Bulgarian academy of Sciences, Ohrid, 2003.
8. Velkoski S. Nadzemen izmeritelen kompleks vo sostav na sinhronen aero-kosmicheski eksperiment za distancionni istrachuvawa vo ekologijata, Ohrid, 2003.
9. Kotevski G., S. Velkoski. Odnosot pomeju seizmika, geotermija i hidrogeologija, Sofia, 2004.
10. Velkoski S.. Distanciona aerokosmi-ka i nadzemna istra`ivawa dejstva elektromagnetnog zra`ewa na `ivotnu sredinu, Tivat, 2004.
11. Jekov J., P. Getsov, S. Velkoski. Optical methods and ground-based spectral devices for measuring of the total composition of the atmospheric ozone, Tivat, 2004.
12. Velkoski S., G. Kotevski, G. Z. Velkoska, G. Mardirosian: Effect of the electromagnetic radiation on the cell function and protection with BIO-SPH, Varna 2005.
13. Velkoski S. Methods and technical devices for solving problems in risky hydro-geological areas.
14. Velkoski S. Danger from Possible Terrorist Attacks on Urban Water Supply and How to Prevent Them, NATO Workshop, Tel Aviv, 2005.
15. Velkoski S. Connection of the Archeology with Geobiology, Underground Waters and Ecology in Practice, Varna, 2006.
16. Velkoski S. Discovering and Working on the Harmfulness Cosmic Knots of the New Discovered S-net, Varna 2006

**ДИАПАЗОННИ ОЦЕНКИ НА СЪДЪРЖАНИЕТО НА БИОЕЛЕМЕНТИ В
ЧЕРВЕНАТА ЛИСИЦА (*VULPES VULPES*) - ЗООМОНИТОР НА
АНТРОПОГЕННО ЗАМЪРСЯВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА В БЪЛГАРИЯ**

Милена Господинова, Георги Марков

*Институт по зоология - Българска Академия на науките
e-mail: mgospodinova@zoology.bas.bg, zoogeomar@zoology.bas.bg*

**RANGE ASSESSMENT OF BIOELEMENTS CONTENT IN THE RED FOX
(*VULPES VULPES*) - ZOOMONITOR OF ENVIRONMENTAL POLLUTION IN
BULGARIA**

Milena Gospodinova, Georgi Markov

*Institute of Zoology - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: mgospodinova@zoology.bas.bg, zoogeomar@zoology.bas.bg*

Key words: Red fox, *Vulpes vulpes*, zoomonitor, bioelements, normative groups.

Abstract: *The concentrations of the bio elements (K, Na, Ca, Mg and Fe) have been established in the liver and kidneys of foxes from mountain region with high quality of nature environment in Bulgaria. Seven assessment range groups have been defined for each analyzed element in the studied organs. These groups set the limits, which could be used for comparison of the impact characteristics of a new examined specimen, reflecting the tangible ecological conditions of its habitat. The established analytical concentrations of these elements can be regarded as a starting point for making bioindicative characteristics of fox in view of its use as bioindicative type for appraisal of the ecological state of its living ambience.*

Негативните промени в качеството на природната среда, в следствие на ежедневната антропогенна дейност, са непрекъснат и необратим процес. Различните химически вещества с антропогенен произход, попадат във въздуха, почвата или водата, преминават по хранителните вериги и в крайна сметка преминават в организмите на животинските видове и човека.

В тази ситуация е необходима информация за състоянието на екосистемите с цел осигуряване на тяхното устойчиво развитие.

Биологичният мониторинг е пътят по който чрез оценката на състоянието и реакциите на живите организми на измененията в околната среда, е възможно да се правят изводи относно измененията в биосферата, протичащи под въздействието на антропогенните фактори. Един от основните негови подходи се основава на оценката на наличието на остатъчни количество от приоритетни природни замърсители - тежки метали във вътрешните органи – “мишени” на най-чувствителните биологични организми – зоомонитори (Национална програма за биомониторинг на България, 1990).

Освен оценката на остатъчните количества от ксенобиотиците, важно от биологична гледна точка е и определянето и на количеството на макро-биогенните елементи като K, Na, Ca, Mg и Fe, които са с повишена биологична активност. От тяхното съдържание в различните тъкани и органи на дивите животни, се влияе устойчивостта на организмите спрямо заболявания, повишаването на продуктивността и оптимизиране на телото им, както и качеството на добиваните от тях продукти. От оптималното количествено съдържание на биогенните елементи в организмите зависи тяхното здравословното състояние и развитието на новородените и подрастващите животни.

Оценявайки изключително важното значение на количественото присъствие на тези елементи в организмите на животинските видове – зооиндикатори на състоянието на природната среда, целта на изследването е: (i) изява на съдържанието (средни стойности и абсолютната им изменчивост) на изследваните биогенни елементи K, Na, Ca, Mg и Fe, в черния дроб и бъбреците на зоомонитора лисица (*Vulpes vulpes*), обитаваща планински паркови територии в България, за които се приема, че са слабо антропогенно повлияни; (ii) на тяхна основа да се разработят оценъчни нормативни групи за съдържанието на проучваните биоелементи в “органите мишени” - черен дроб и бъбреци на този биоиндикатор, с което да се създаде възможност за сравнително класифициране на индивидуалните параметри на съдържание на тези елементи на всеки конкретен индивид на вида, обитаващ територии с различно антропогенно повлияване в страната и на европейския континент.

Материал и методи

Количественото съдържание на макро-биогенните елементи K, Na, Ca, Mg и Fe в черния дроб и в бъбреците на лисицата в България е оценено на основата на проучването на животни от паркови територии на Национален парк «Рила», и Природен парк «Витоша», които са били използвани за зоомониторна оценка на съдържанието на приоритетни замърсители на околната среда – тежки метали със зависим от дозата им токсичен ефект (Mn, Fe, Cu, Zn) и с доказан силен токсичен ефект (Марков, Господинова, 2006а, б; Господинова, Марков, 2006).

За статистическа обработка на аналитичните резултати са използвани стандартни математико-статистически методи (Sneath, Sokal, 1973), използвани в биологичните изследвания.

За определяне на границите на оценъчните групи на съдържание на всеки от проучваните биогенни елементи във двете проучвани тест системи - черния дроб и бъбреците на лисицата е приложен “Метода на Мартин”- алгоритъм за определяне на нормативни характеристики, при които се определят границите на 7 нормативни групи, спрямо емпирично определената средна групова стойност:

- 1-^{ba} гр. - Елементът присъства в силно изразено ниско съдържание
- 2-^{pa} гр. - Елементът присъства в средно изразено ниско съдържание
- 3-^{ta} гр. - Елементът присъства в слабо изразено ниско съдържание
- 4-^{ta} гр. - Елементът присъства в нормално съдържание
- 5-^{ta} гр. - Елементът присъства в слабо изразено високо съдържание
- 6-^{ta} гр. - Елементът присъства в средно изразено високо съдържание
- 7-^{ma} гр. - Елементът присъства в силно изразено високо съдържание.

Резултати и обсъждане

Определени са средните стойности и стандартните отклонения на съдържанието на всеки от петте анализирани биоелементи в черния дроб (табл. 1) и в бъбреците (табл. 2) на лисицата от България.

На тяхна основа, за всеки от проучваните елементи са установени 7^{те} оценъчни диапазонни групи, спрямо които е възможно да се извърши сравнителна оценка на индивидуалното съдържание на тези елементи във органите мишени на всеки ново изследван индивид, реализирано при конкретните екологични условия на неговото местообитание (табл. 1 и табл. 2). Така е създадена възможност, в зависимост от установените индивидуални концентрации на изследваните елементи, съдържанието им във всеки индивид да бъде оценено и причислено към някоя от категориите: “под нормата”, “в нормата” или “над нормата” по отношение на тяхната референтна стойност в зооиндикатора, обитавал планински паркови територии в България.

Изработените средни популационни стойности и оценъчните диапазони за съдържанието на биоелементи в двата органа–“мишени” – черен дроб и бъбреци на лисицата, разширяват познанията за вида *Vulpes vulpes* в качеството му на зоомонитор за състоянието на околната среда. Те дават възможност за по-разширена индивидуална характеристика и оценка физиологичното състояние на индивидите на този зоомонитор в конкретното им местообитание, повлиявано в резултат на засилваща се урбанизация или специфично промишлено антропогенно въздействие.

Таблица 1. Средни стойности (X ср.) на аналитичните концентрации (mg/kg въздушно суха тъкан), стандартното им отклонение (SD) и нормативни групи за съдържанието на биоелементи в черния дроб на лисицата в България

проц на живицата в България

биоелемент	Нормативни групи		биоелемент	Нормативни групи	
K (mg / 100 g)	Mean 9811.0729	SD 158.4070	Na (mg / 100 g)	Mean 433.6100	SD 149.9661
	под 9494.2590 от 9494.2590 до 9652.6660 от 9652.6660 до 9731.8690 от 9731.8690 до 9890.2760 от 9890.2760 до 9969.4800 от 9969.4800 до 10127.8900 над 10127.8900			под 133.6778 от 133.6778 до 283.6439 от 283.6439 до 358.6270 от 358.6270 до 508.5931 от 508.5931 до 583.5761 от 583.5761 до 733.5422 над 733.5422	
биоелемент	Нормативни групи		биоелемент	Нормативни групи	
Ca (mg / 100 g)	Mean 105.9370	SD 60.1398	Mg (mg / 100 g)	Mean 77.2956	SD 10.3734
	под - 14.3426 от - 14.3426 до 45.7972 от 45.7972 до 75.8671 от 75.8671 до 136.0069 от 136.0069 до 166.0768 от 166.0768 до 226.2166 над 226.2166			под 56.5488 от 56.5488 до 66.9222 от 66.9222 до 72.1089 от 72.1089 до 82.4823 от 82.4823 до 87.6690 от 87.6690 до 98.0424 над 98.0424	
		биоелемент	Нормативни групи		
		Fe (mg / 100 g)	Mean 91.0786	SD 39.3211	
			под 12.4364 от 12.4364 до 51.7575 от 51.7575 до 71.4181 от 71.4181 до 110.7392 от 110.7392 до 130.3997 от 130.3997 до 169.7208 над 169.7208		

Таблица 2. Средни стойности (X ср.) на аналитичните концентрации (mg/kg въздушно суха тъкан), стандартното им отклонение (SD) и нормативни групи за съдържанието на биоелементи в бъбреците на лисицата в България

таблица в България

биоелемент	Нормативни групи		биоелемент	Нормативни групи	
K (mg / 100 g)	Mean 1003.3880	SD 257.5795	Na (mg / 100 g)	Mean 619.6640	SD 203.6995
	под 488.2290 от 488.2290 до 745.8085 от 745.8085 до 874.5983 от 874.5983 до 1132.1780 от 1132.1780 до 1260.9680 от 1260.9680 до 1518.5470 над 1518.5470			под 212.2650 от 212.2650 до 415.9645 от 415.9645 до 517.8143 от 517.8143 до 721.5138 от 721.5138 до 823.3635 от 823.3635 до 1027.0630 над 1027.0630	
биоелемент	Нормативни групи		биоелемент	Нормативни групи	
Ca (mg / 100 g)	Mean 123.6550	SD 112.9643	Mg (mg / 100 g)	Mean 66.1420	SD 21.8939
	под – 102.2736 от – 102.2736 до 10.6907 от 10.6907 до 67.1729 от 67.1729 до 180.1372 от 180.1372 до 236.6193 от 236.6193 до 349.5836 над 349.5836			под 22.3542 от 22.3542 до 44.2481 от 44.2481 до 55.1951 от 55.1951 до 77.0890 от 77.0890 до 88.0359 от 88.0359 до 109.9298 над 109.9298	
		биоелемент	Нормативни групи		
		Fe (mg / 100 g)	Mean 31.5780	SD 12.8269	
			под 5.9242 от 5.9242 до 18.7511 от 18.7511 до 25.1646 от 25.1646 до 37.9915 от 37.9915 до 44.4049 от 44.4049 до 57.2318 над 57.2318		

Благодарност. Настоящото изследване е подпомогнато от Фонд “Научни изследвания” към МОН, финансирал проект Б-1506/05.

Литература:

1. Г о с п о д и н о в а М., Г. М а р к о в, 2006, Биоаккумуляция на тежки метали в лисицата (*Vulpes vulpes* L.) - зоомониторен вид за оценка състоянието на природната среда в ПП “Витоша”. Екологично инженерство и опазване на околната среда 1: 31-36. ISSN: 1311-8668.
2. М а р к о в Г., М. Г о с п о д и н о в а, 2006 а, Червената лисица (*Vulpes vulpes*) - кумулативен биоиндикатор на тежки метали в НП “Рила” В: Сборник научни трудове Природни науки, Биология, Университетско издателство “Епископ Константин Преславски”. Шумен, vol. XVI B4, с. 185-192. ISSN: 1311-834X.
3. М а р к о в Г., М. Г о с п о д и н о в а, 2006 б, Червената лисица (*Vulpes vulpes* Linnaeus, 1758) – биоиндикатор за екологичното състояние на агроecosистеми. Във: Втора научна конференция с международно участие “Космос, екология, сигурност”, 14-16 юни, Варна 2006.
4. Национална програма за биомониторинг на България, 1990, [Ред. Д. Пеев, Св. Герасимов], “Гея Либрис”, София, с. 240.
5. S n e a t h P., R. S o k a l, 1973, Numerical taxonomy. H. Freeman and Co. San Francisco.

Session 5

***Space Material Science
and
Nanotechnology***

Chairman: Prof. Stavri Stavrev
Secretary: Res. Fell. Zdravka Karagyozyova

PRODUCTION OF COMPACT NANOSTRUCTURED IRON+C₆₀ MATERIAL BY MEANS OF HIGH PRESSURE AND TEMPERATURE

Vladimir Blank, Rustem Bagramov, Viacheslav Prokhorov, Genadij Pivovarov

*Technological Institute for Superhard and Novel Carbon Materials
Centralnaya 7a, Troitsk, Moscow region, 142190 Russia
e-mail bagramov@mail.ru*

Keywords: Iron-fullerite; iron-fullerene; mechanical properties; nano particles.

Abstract: New nanocomposite material with advanced mechanical properties was created by high energy (ball milling) pre-treatment of iron+3 wt.% fullerene C₆₀ powder followed by high-pressure/high-temperature treatment. The highest values achieved for a series of samples are the following: 210 GPa for bulk modulus; 100 GPa for shear modulus; 260 GPa for Young's modulus, which are ~20% higher than the values of cast iron of the same composition.

The samples were investigated using the following techniques: metallography, acoustic spectroscopy, scanning probe microscopy and microhardness.

1. Introduction

A new branch of nanomaterials is under development today. There is an idea to use different forms of nanocarbon or nanocarbon compounds to produce nanostructured composites [1]. Iron and carbon nanocomposites are of particular interest.

Solid metal-carbon matrix of metallofullerenes and method of forming the same was patented [2]. The method is based on heating of high carbon component (fullerene reach) with low carbon component up to melting point (of carbon reach component).

Optical microscopy, X-Ray diffraction (XRD) analysis and magnetic properties measurements were carried out to characterize Fe-85 vol.% Fe₃C [3] prepared by mechanosynthesis of elemental Fe and graphite powder. It was found that mechanical properties (i.e. hardness) correlate well with fine grain size.

Dry sliding wear tests were carried out on nanophase Fe-Fe₃C white iron produced by mechanosynthesis and hipping [4] which was obtained by Fe and graphite milling and cold isostatic pressing at 300 MPa.

Raman spectroscopy, microhardness and wear resistance measurements were used to study the transformation of fullerites C₆₀+C₇₀ in a mixture with iron powder upon changing temperature (800-1200°C) and pressure (1-5 GPa) of compacting treatment [5], the treatment providing the fullerite transformation to particles (up to 700 µm in diameter). The formation of superhard amorphous carbon phase from fullerenes in carbon matrix was found and investigated.

Martensitic steel dispersed with nanometre-scale carbonitride particles was produced using conventional processing techniques [6]. Time-to-rapture at 923 K was increased to record value.

In the work presented we report on high mechanical properties found for iron+fullerene C₆₀ composite. High-energy ball milling of iron-fullerene mixture was followed by treatment under high pressure (7.7 GPa) and different temperatures. A series of samples was produced. Ultrasonic technique was applied to study elastic properties and their bulk irregularities of the samples. Optical microscopy, scanning probe microscopy and microhardness investigations was fulfilled.

2. Samples preparation

Fe+3 wt.% fullerite C₆₀ composition was chosen taking into account the following. It seemed very probable that iron and carbon would form carbides, most probably Fe₃C. There are 6.7 wt.% of carbon in Fe₃C. For the composition Fe+3 wt.% C₆₀ we are supposed to have free iron in any case and amount of carbides is supposed to be considerable.

Iron powder of high purity was mixed with C_{60} powder and then ball-milled with steel balls in stainless-steel container in protective environment. It was found that 6 hours milling reduced the average size of the iron grains from 50 μm to less than 1 μm . Glove box precautions were applied to reduce contamination. High-pressure/high-temperature treatment of the composition was made with profiled anvils (toroid-type) apparatus. Pressure calibration of the apparatus was made using bismuth polymorph transitions as pressure marks. Chromel-alumel thermocouple was used to measure temperature. A series of experiments was made at 7.7 GPa pressure and 60 second exposure to different temperatures (400, 600, 800, 1000, 1200 and 1350 $^{\circ}C$). The dimensions of the samples were about 5 mm diameter and 3 mm height.

Density of the samples was measured with weight-in-liquid method. Results of the measurements are presented in Table 1.

For further studies the front and back faces of specimens were polished and treated for metallographic study. The height of the samples with plane-parallel surfaces was 2.3 mm.

Ultrasonic pulse (microacoustic) technique at frequency 25 MHz was applied to study elastic properties of composite samples. Ultrashort probing ultrasonic 30-40 ns pulses were used for measurements. Experimental procedure was described in details previously [7]. Elastic module were calculated on the basis of the measured sound velocities and densities of the samples. The data on sound velocities V_L and V_T were obtained with an accuracy of $\sim 3\%$.

Vickers hardness measurements were done with diamond 136° pyramidal indenter, 1 N load and 30 second dwell time.

Optical microscopy investigations were fulfilled to track out visual peculiarities of surface.

Probe microscopy investigations of polished surfaces were made to map profile and to measure microhardness of the surface. Peculiarities of the measurement techniques with scanning probe microscope NanoScan which were used in this work were described previously [8].

3. Results and discussion

3.1. Investigation of structure

Optical microscopy investigations add to scanning acoustic microscopy and scanning probe microscopy of the surface of the samples and revealed the following. Samples treated below 800 $^{\circ}C$ consist of different size (~ 5 –40 μm) grains with irregular shape (figure 1a). But these grains are not “true” ones. Closely packed small iron particles covered with fullerene originated carbon make bigger aggregates or grains. 800 $^{\circ}C$ temperature of high-pressure treatment is the temperature when the structure of the samples changes considerably. At this temperature the “optical structure”, “scanning probe microscopy structure” and “scanning acoustic microscopy structure” consists of small grains about 1 μm in size or smaller (figure 1b). Above this temperature the grains “start to grow slightly” and achieve ~ 3 μm size at 1350 $^{\circ}C$ (figure 1c).

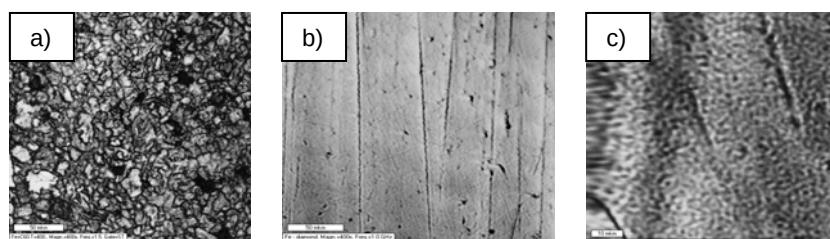


Figure 1. Structure of the high-pressure treated samples. Acoustic microscopy images. a) 300x300 μm , $T=400$ $^{\circ}C$; b) 300x300 μm , $T=1000$ $^{\circ}C$; c) 100x100 μm , $T=1350$ $^{\circ}C$.

3.2. XRD investigations

X-ray investigations revealed that temperature region about 800 $^{\circ}C$ is the region of considerable structural changes. X-ray patterns for the samples below 800 $^{\circ}C$ contain broad Fe lines only. Since 800 $^{\circ}C$ lines of Fe_3C start to develop and at $\sim 1000^{\circ}C$ Fe_3C lines are “very strong” though “small” Fe lines are also present. X-ray patterns above 1000 $^{\circ}C$ consist of Fe_3C and Fe lines.

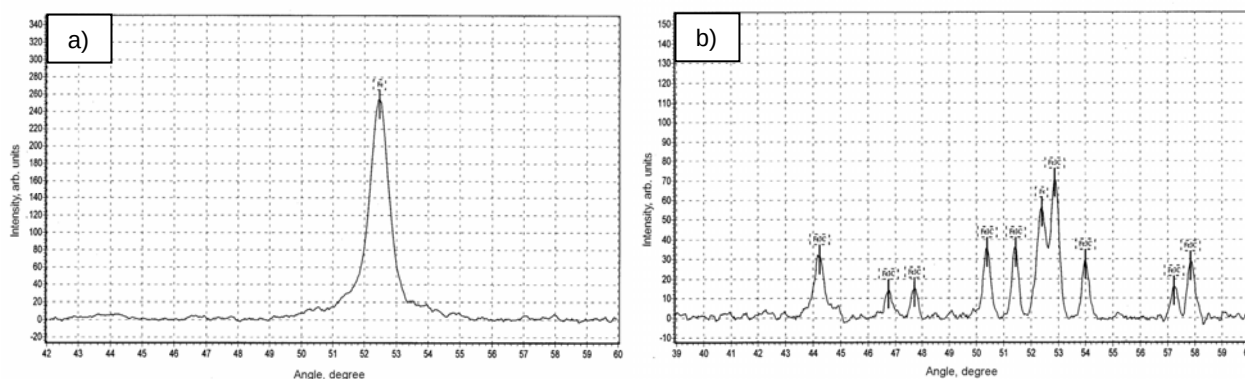


Figure 2. X-ray investigation results for the samples treated under high pressure at a) 600°C; b) 1000°C.

3.3. Elastic moduli and hardness

Mean values of ultrasonic velocities and corresponding values of elastic constants and hardness for all obtained samples are presented in Table 1. It should be noted that shear modulus and Young's modulus grow steadily with the synthesis temperature increase. There is quite good correlation between elastic modulus K and microhardness. Bulk modulus as well as microhardness reach maximum values for the samples synthesized at 800 and 1000°C. It should be said that attempts to make microhardness measurements device were also made with NanoScan. The NanoScan microhardness temperature dependence is similar, but the values are 20-30% higher.

Table 1. Fe+3 wt.%C₆₀ synthesized at P=7.7 GPa. Average values of density ρ , longitudinal V_L and shear V_T ultrasonic wave velocities, bulk modulus K , shear modulus G , Young's modulus E Poisson's ratio σ and microhardness H_μ as a function of synthesis temperature T .

T °C	ρ g/cm ³	V_L Km/s	V_T km/s	K , GPa	E , GPa	G , GPa	σ	H_μ GPa
400	7.52	6.03	3.25	170	200	80	0.30	9.13
600	7.65	6.10	3.10	187	195	74	0.33	9.45
800	7.63	6.30	3.17	200	205	77	0.33	13.35
1000	7.67	6.50	3.30	210	220	85	0.33	12.40
1200	7.61	6.17	3.39	170	225	90	0.29	9.35
1350	7.56	6.37	3.72	160	260	100	0.23	7.80
Steel	7.60	6.20	3.24	185	280	80	0.31	~3

High values of elastic module of the samples treated above 800°C under high pressure may be discussed from two adjacent points of view. The first of the points considers structure. The second considers the properties of the sample constituents. Grain refinement after high-energy treatment, dispersion strengthening with sub-micron fullerite originated carbon or carbonaceous particles, zero porosity are general reasons for high hardness and elastic properties values from structural point of view. The structure of all the samples in general consists of small Fe particles, about 1 μ m in size or smaller and some carbon reach constituent gluing the particles.

As it can be read from x-ray data "carbon reach" constituent of the samples treated with high pressure above 800°C is Fe₃C mostly. But there are some doubts that the Fe₃C is the only carbon-originated constituent. Bulk modulus K value for Fe₃C is about 174 GPa [9]. There are evidences that C₆₀ subjected to high-pressure/high-temperature transforms into state with extremely high moduli [10], bulk modulus K may have value above 450 GPa, Young's modulus E above 600 GPa, shear modulus G above 300 GPa. It is known [11] that fullerene C₆₀ treated under high-pressure/high-temperature transforms into very hard and extremely hard phases, most of the phases being disordered or long range lattice disordered, X-ray patterns for the phases contain broad and few lines.

Conclusion

High energy mechanical pretreatment (ball milling) followed by high-pressure/high-temperature treatment was found to be "good technological chain" to produce materials with excellent properties.

New nanomaterial with advanced mechanical properties was created with high energy (ball milling) pre-treatment of iron+3 wt.% fullerite C₆₀ followed by high-pressure/high-temperature treatment. The highest values achieved for a series of samples are the following, 210 GPa for bulk modulus; 100 GPa for shear modulus; 260 GPa for Young's modulus, which are ~15-25% higher than the values of the cast iron of the same composition. Grain size reduction after high-energy treatment (down to 1 µm), dispersion strengthening with nanoparticles, zero porosity are the reasons for high elastic properties and hardness values from structural point of view. Mechanical properties of the structure constituents are very high.

Temperatures above 800°C during high pressure treatment at 7.7 GPa make radical structural changes accompanied with sharp increase of mechanical properties.

References:

1. Umemoto M., K. Maoyama, and K. Raviprasad. Mechanical alloying of fullerene with metals. *Materials Science Forum*. Vols. 235-238 (1997) pp.47-52.
2. Robert C. Solid metal-carbon matrix of metallofullerene and method of forming the same. US Patent 5,288,342. February 22, 1994.
3. Goodwim T. J., S. H. Yoo, P. Matteazzi, and J. R. Groza. Cementite-iron nanocomposite. *NanoStructured Materials*, Vol.8, No.5, pp.559-566, (1997).
4. Porcarelli V., L. Ceschini, and P. Matteazzi. Wear properties of Fe-Fe₃C nanophase with iron obtained by mechanosynthesis and hot isostatic pressing. *Materials Science and Technology*. May 1998, Vol.14, pp. 445-451.
5. Chernogorova O. P., O. A. Bannykh, V. M. Blinov, E. I. Drozdova, A. A. Dityat'ev, N. N. Malnik. Superhard carbon particles forming from fullerite in a mixture with iron powder. *Material Science and Engineering A299* (2001) 136-140.
6. Taneike M., F. Abe, and K. Sawada. Creep-strengthening of steel at high temperatures using nano-sized carbonitride dispersions. *Nature* 424, 294–296 (2003).
7. Prokhorov V. M., V. D. Blank, G. A. Dubitsky, S. Berezina and V. M. Levin. Elastic and microstructural properties of C₆₀- and C₇₀-based polymerized fullerenes exposed to high pressure (15 GPa) and elevated temperatures. *J. Phys.: Condens. Matter* 14 (2002)11305-11310.
8. Gogolinsky K., Z. Kosakovskaya, V. Reshetov, A. Chaban. Elastic and mechanical properties of films formed by dense layers of carbon nanotubes. *Acoustical Physics*, Vol. 48, N 6 (2002), pp. 760-765.
9. Li J., H. K. Mao, Y. Fei, E. Gregoryanz, M. Erements, C. S. Zha. Compression of Fe₃C at 30 GPa at room temperature. *Phys.Chem.Minerals* (2002), 29, pp.166-169.
10. Blank V. D., V. M. Prokhorov, S. G. Buga, G. A. Dubitsky, V. M. Levin. Elastic properties of cross-linked structures synthesized from C₆₀ powder at 8-11 GPa; 500-1650 K. *Physica B* 265 (1999) 230-233.
11. Blank V. D., S. G. Buga, G. A. Dubitsky, N. R. Serebryanay, M. Yu. Popov, and B. Sundqvist. High-pressure polymerized phases of C₆₀. *Carbon*. Vol. 36, No 4, pp. 319-343.

MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF BULK CUBIC Si_3N_4 PREPARED FROM SHOCK SYNTHESIZED NANOPARTICLES

Viacheslav Prokhorov¹, Rustam Bagramov¹, Vladimir Blank¹, Andrey Deribas², Natalia Lvova¹,
Boris Kulnitskiy¹

¹ Technological Institute for Superhard and Novel Carbon Materials, Centralnaya st., Troitsk, Moscow Region,
142190 Russia

² Lavrentyev Institute of Hydrodynamics SB RAS, Lavrentyev Av., 15, Novosibirsk, 630090 Russia
e-mail: pvm@ntcstm.troitsk.ru

Keywords: Nitrides; High pressure high temperature (HTHP); Mechanical properties; Thermal properties

Abstract: The cubic $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ phase was synthesized by the shock technique from the hexagonal $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ phase. The thermal stability of the $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ was investigated during heating in vacuum up to 1773 K. An exothermal heat effect was found at 1690 K, structural investigations revealed complete transformation of $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ to $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$. The corresponding heat effect value was estimated as 51.3 ± 7.7 KJ/mol. The high-pressure-high-temperature treatment ($P=13$ GPa, $T=1300\div 2300$ K) was applied to $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ to make bulk polycrystalline non-porous samples. It was found that temperatures below 1623 K do not change the content of the cubic $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$, temperatures above 2273 K decrease it substantially. Mechanical properties of these bulk samples were measured by acoustic wave and nanoindentation techniques. The maximum values belong to cubic $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$: hardness 39–44 GPa, Young's modulus 475 GPa, bulk modulus 263 GPa. Equilibrium $\gamma\text{-}\beta$ line position in P - T phase diagram was estimated using data obtained in this work. The equilibrium pressure at $T=300$ K was estimated as $P_{300}=7.0 \pm 2.0$ GPa.

1. Introduction

In 1999 a cubic spinel-type silicon nitride $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ phase was for the first time synthesized in diamond anvil apparatus at 15 GPa and 2000 K, bulk modulus 300 GPa and shear modulus 340 GPa of the cubic $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ were calculated [1]. Later the same authors measured hardness values 30–43 GPa for the $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ [2].

First shock synthesis from powder $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ yielded more than 80% of cubic $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ [3,4]. The isentropic curve was calculated from the Hugoniot data applied to the Birch-Murnaghan equation of state of the $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$. The bulk modulus 300 GPa and its first pressure derivative 3.0 ± 0.1 were estimated [3,4].

Available data show that $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ is promising very hard substance with low compressibility [5]. There is general difficulty to obtain sufficiently large single phase cubic $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ sample. For example, diamond anvil or shock syntheses yield quite small pieces or very fine powder of the cubic $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$. That is general reason why different properties of the $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ still need precise measurements. The aim of the presented work was to create bulk samples from the cubic $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ and investigate mechanical properties of these samples, as well as stability of the $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ in pressure and temperature terms.

2. Experimental details

The cubic $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ powder was shock synthesized as described in [6, 7] from the $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ and copper mixture. To remove copper it was rinsed in nitric acid, cleansed in distilled water and dried. The shock conditions were estimated as 53 GPa and 5370 K.

The investigations of the thermal stability of the shock-synthesized samples were carried out with the thermal analyzer TAG-24 up to 1773 K.

A series of experiments was made to establish $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ stability under 13 GPa pressure and 1300–2300 K temperature and to create bulk material.

The sound wave velocities and the elastic moduli of the high-pressure-high-temperature-treated samples were measured with an acoustic microscopy technique. Details of the technique are described elsewhere [8]. The surface mechanical properties were investigated with the scanning

probe microscope (SPM) and Nanohardness tester “NanoScan” [9], the sclerometry technique was used for the hardness measurements, the «approach curve» [10] technique was used for the Young's modulus measurements. A contact area was $\sim 0.01 \mu\text{m}^2$.

The HR-transmission electron microscopy (JEM-2010 with EDS analysis) and the X-ray technique (powder diffractometer ARL X'TRA, $\text{CuK}\alpha$) were used for structural investigations.

3. Experimental results

The cubic $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ was synthesized from the hexagonal $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ [6]. A powder with composition 50% $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ +50% Cu was pre-pressed up to 70% density then shock loaded. The shock conditions were estimated as 53 GPa and 5370 K [6].

Typical TEM picture of the sample after shock synthesis is presented in Fig. 1. Electron transmission microscopy diffraction analysis revealed that this sample contains three different phases of Si_3N_4 : hexagonal α and β , as well as cubic γ .

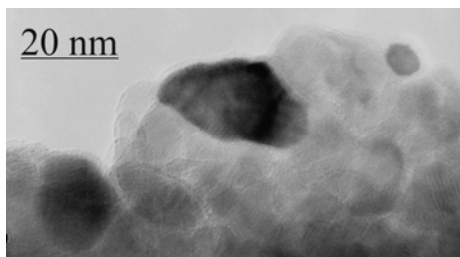


Fig.1. TEM image of the sample after shock synthesis.

X-ray diffraction analysis showed that sample after shock synthesis contains about 80 % of the cubic $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$, about 20% of the hexagonal $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ and traces of the $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$ (specimen No. 1 in Fig. 2).

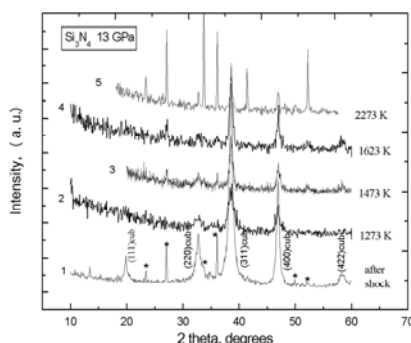


Fig. 2. X-Ray data of the Si_3N_4 samples. Figures in brackets designate reflection indexes of the cubic γ - phase, * - not transformed hexagonal β - phase.

A series of experiments was made to establish $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ behavior under 13 GPa pressure and 1272 K, 1473 K, 1623 K and 2273 K temperatures. Diffractograms of the shock synthesized sample and the samples after high-pressure-high-temperature treatment are presented in Fig. 2. All the diffractograms contain peaks of β - and γ - phases (traces of the α -phase are found only in the initial sample No. 1). TEM observation revealed α -phase particles in high-pressure-high-temperature treated samples (see Fig. 3).

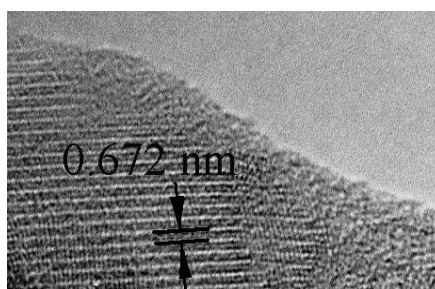


Fig. 3. TEM image of a non-perfect $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$ particle of the sample No. 2 (Table 1) after 13 GPa and 1273 K treatment.

Relative percentage of the phases, calculated X-ray density and specific weight of the samples measured with the hydrostatic weighing technique are presented in Table 1. The sample numbers in Table 1 are the same as the curve numbers in Fig. 2. The phase composition of the samples was estimated from relative intensities of the strongest lines. X-ray density of the hexagonal Si_3N_4 is 3.20 g/sm^3 [1], X-ray density of the $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ is 4.001 g/sm^3 (it was calculated from the cubic parameter $a=7.75\pm0.01\text{\AA}$). Best coincidence of the X-ray density and the specific weight measured with the hydrostatic weighing technique was found for the samples No. 4 and No. 5. This fact says for absence of pores in these samples.

Table 1. Results of the structural investigations of the Si_3N_4 samples after 13 GPa pressure and different temperatures treatment

Sample No.	Treatment temperature (K)	% of hexagonal phase	% of cubic phase	Specific weight (X-ray) (g/sm^3)	Specific weight (hydrostatic weighing) (g/sm^3)
1	Material after shock-wave synthesis	22	78	3.83	
2	1273	24	76	3.80	3.64
3	1473	27	73	3.78	3.73
4	1623	21	78	3.79	3.83
5	2273	73	27	3.42	3.44

The experiments showed that 13 GPa and temperatures up to 1673 K do not increase content of the cubic phase. Considerable decrease of the cubic phase content takes place at 2273 K temperature due to reverse $\gamma \rightarrow \beta$ transition.

The sound velocities measurement with an acoustic microscopy technique and results of calculations of the elastic module for the samples after high-pressure-high-temperature treatment are represented in Table 2. The data are bulk averaged. The sample numbers are the same in Tables 1 and 2. Maximum values were observed for the sample No. 4 (synthesis temperature $T=1623 \text{ K}$), that is, probably, connected with the most dense structure of this sample (see Table 2).

Table 2. Results of the sound velocities measurements and the elastic moduli calculations for the samples after high-pressure-high-temperature treatment

Mechanical values	Sample No. 2	Sample No. 3	Sample No. 4
Longitudinal sound velocity (km/s)	8.58	7.31	11.70
Transversal sound velocity (km/s)	5.32	4.45	7.18
Elastic longitudinal constant (GPa)	266.2	199.1	524.0
Shear modulus (GPa)	102.9	73.9	197.5
Bulk modulus (GPa)	121.3	100.4	261.0
Young's modulus (GPa)	240.4	177.8	473.0
Poisson's ratio	0.169	0.204	0.198

The surface mechanical properties (hardness and Young's modulus) of the high-pressure-high-temperature treated samples were investigated with the SPM-Nanohardness tester "NanoScan" and are presented in Table 3. The sample numbers are the same in Tables 1, 2 and 3.

Table 3. Mechanical properties of the Si_3N_4 samples after high pressure-high temperature treatment measured with SPM-Nanohardness tester "NanoScan"

Sample No.	Nano-hardness (GPa)	Young's modulus (GPa)
2	38 ± 4	470 ± 60
3	39 ± 4	470 ± 60
4	44 ± 4	480 ± 60

The pictures obtained during nanosclerometry measurements of the samples No. 2 and No. 4 are shown in Fig. 4. Pores formed during high-pressure-high-temperature treatment are well visible on the surface of the sample No. 2. At the same time surface of the sample No. 4 is more homogeneous and non-porous.

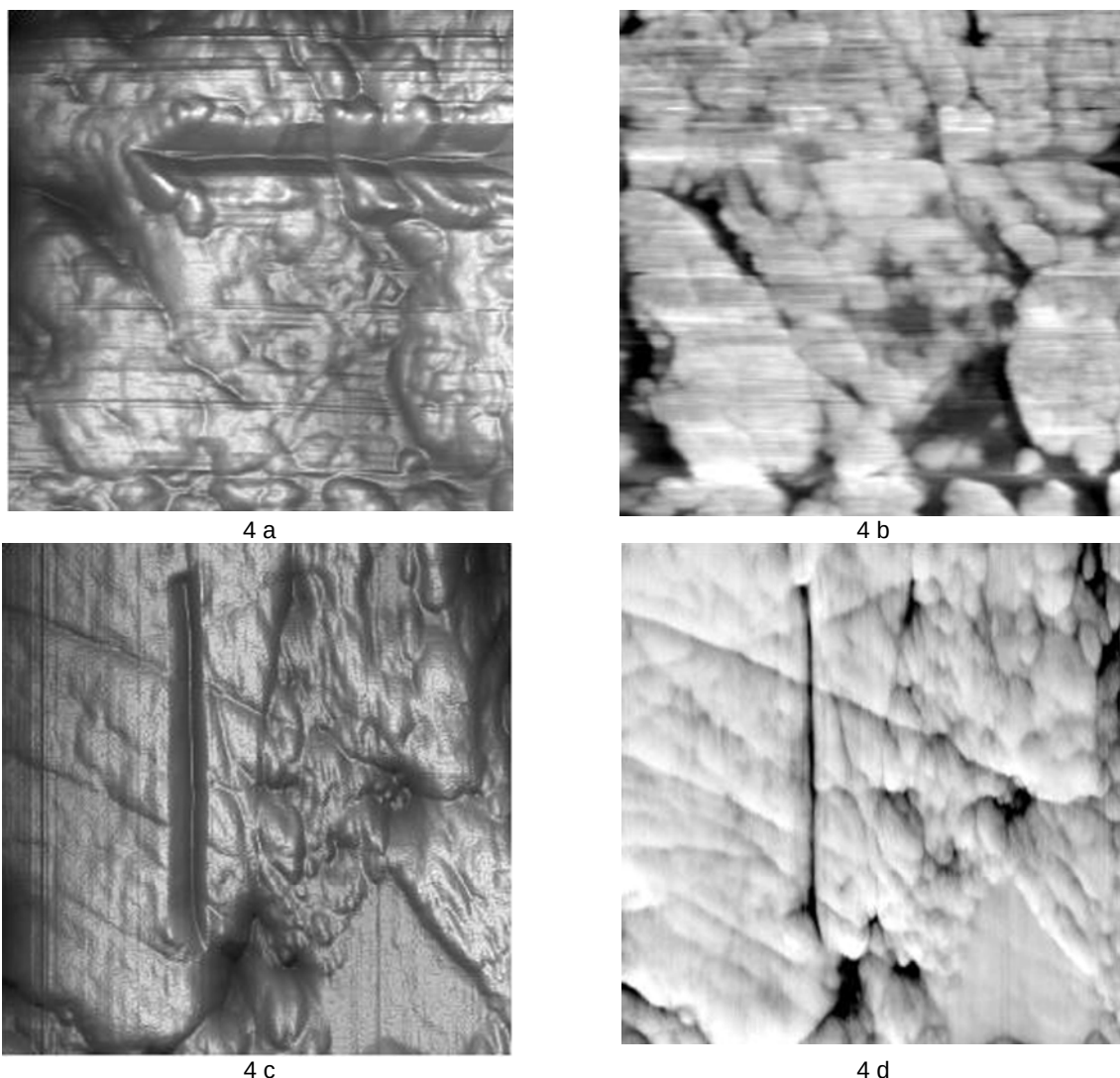


Fig. 4. Surface SPM-images of No. 2 (a,b) and No. 4 (c,d) samples; (a,c) – surface relief with scratch imprint (dimension of the images - $5.0 \times 5.0 \times 0.3 \mu\text{m}$); (b,d) – corresponding elastic modulus map.

Measurements of the Young's modulus with the approaching curve technique are dependent on the surface quality and homogeneity. The hardness and the Young's modulus values of different phases are different. Only maximum measured values are presented in Table 3. We believe that these values belong to cubic phase. In this case the hardness values are in good accord with the data of work [2].

SPM-Nanohardness tester "NanoScan" measurements are local, while sound wave technique measurements are bulk (and dependent on porosity of a sample). That is why the best coincidence of the Young's modulus values obtained with the SPM-Nanohardness tester "NanoScan" and with the sound wave technique was observed for the sample No. 4 that was found non-porous.

Investigation of the thermal stability of the sample after shock wave synthesis was carried out with the thermal analyzer TAG-24 up to 1773 K.

First experiment was made up to 1473 K in helium protective environment. The heating rate was 15 K/min. An endothermal peak was found at 1360 K. Corresponding heat effect value was not estimated. X-ray diffraction studies did not reveal a difference in this sample before and after 1473 K heating. The heat effect might be assigned to a constituent that can not be revealed by X-rays (due to its low concentration or highly defective structure) or to annealing of some defects.

In second experiment the manganese was used as the reference substance. The sample and the reference were placed into small platinum crucibles, than heated in helium up to 1273 K, than vacuum pumped and dwelled at 1273 K for an hour. The following heating was in vacuum also. The heating rate was 15 K/min, maximum temperature – 1773 K. The difference thermocouple signal between the reference and the sample was recorded and is presented in Fig. 5. An exothermal effect peak in Si_3N_4 was found at 1690K. It extended from 1640 K to 1750 K. Measured heat effect value was 51.3 KJ/mol.

It should be mentioned that some additional sharp heat effect appear at 1540 K if γ - Si_3N_4 is placed not into platinum but into aluminum oxide crucible.

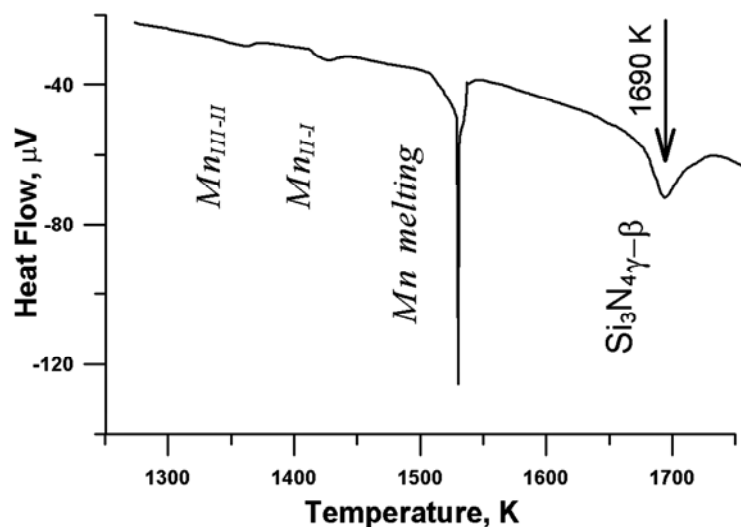


Fig. 5. Heating curve for the Si_3N_4 sample (1273÷1773 K temperature interval, vacuum).

It should also be noted that manganese evaporates quickly at temperatures higher than 1633 K due to high saturation-vapor pressure but we believe this does not notably effects accuracy of the heat effect measurement that is about 15 %.

X-ray diffraction investigations revealed that after 1773 K vacuum heating Si_3N_4 sample contained α and β phases and traces of pure silicon (see Fig. 6). Amount of the β phase was about 80 %.

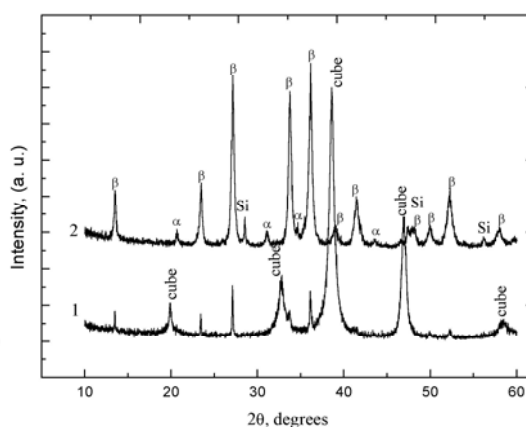


Fig. 6. Comparison of the X-ray diffractograms of the Si_3N_4 sample (1) before and (2) after 1773K vacuum heating.

The result obtained confirms very high thermal stability of the cubic γ - Si_3N_4 phase that was observed previously [11]. Our results are in good agreement with [12] where small but very broad peak was observed at 1350K and another peak at 1600÷1750K.

Transmission electron microscopy investigations revealed the following. The Si_3N_4 average particle size increased considerably from 30 to 150 nm (Fig. 7) during heating in vacuum up to 1773 K. Phase composition changed considerably also. Only particles with hexagonal lattice were present after heating while particles with cubic lattice were not found. High resolution TEM of a β - Si_3N_4 particle and corresponding diffraction pattern are presented in Fig. 8. Zone axis [01-1]. High resolution TEM image of a fragment of an α - Si_3N_4 particle is presented in Fig. 9. Zone axis [11-3]. Inter-planar 0.216 nm and 0.672 nm spacing correspond to (211) and (100). The image analysis of the sample after 1773 K vacuum heating revealed much less irregularities or lattice defects than in the sample before heating.

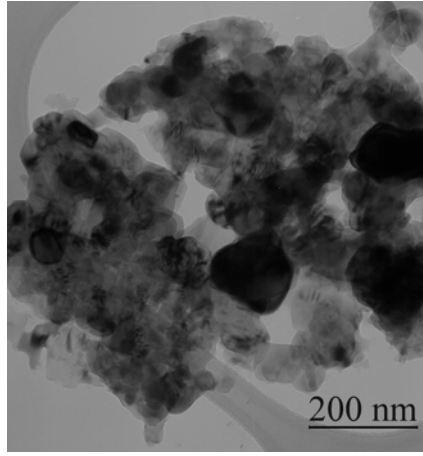
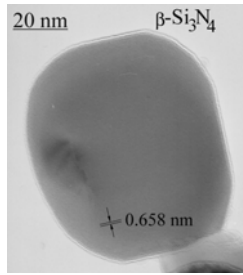
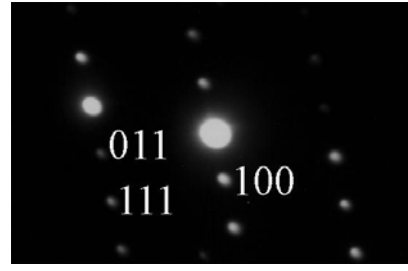


Fig. 7. TEM image of the Si_3N_4 material after 1773 K vacuum heating.



8 a



8b

Fig. 8. (a) TEM image of a fragment of a $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ particle of the sample after 1773 K vacuum heating; (b) corresponding diffraction pattern.

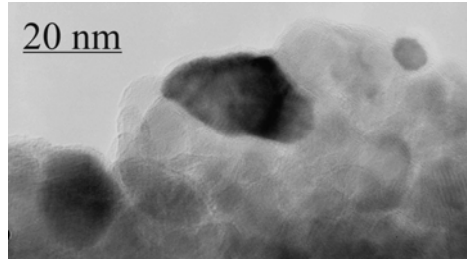


Fig. 9. High resolution TEM image of a fragment of an $\alpha\text{-Si}_3\text{N}_4$ particle of the sample after 1773 K vacuum heating.

4. Discussion

A question of the equilibrium Si_3N_4 pressure-temperature phase diagram is still open. Based on available data and on the results obtained during this work we made an estimation of the equilibrium conditions for β - and γ - phases using an approach proposed in [13]. First of all we assumed that the point ($P_Z=14\pm 1$ GPa, $T_Z=2100\pm 100$ K) belongs to β - γ equilibrium line. This assumption is based on [1] and on our high-pressure phase annealing data. So the slope of the β - γ line can be calculated using values of the heat effect of the $\gamma \rightarrow \beta$ transition at $T=1690$ K and the volume change during this transition:

$$P_o = \frac{P_Z T_o \Delta V^{\gamma \rightarrow \beta}}{T_Z \Delta V^{\gamma \rightarrow \beta}} + \frac{\Delta H^{\gamma \rightarrow \beta} (T_Z - T_o)}{T_Z \Delta V^{\gamma \rightarrow \beta}}$$

where T_o – temperature of the transition from high-pressure γ -phase to low-pressure β -phase at $P=0$; P_o – equilibrium pressure at T_o ; (P_Z , T_Z) – the point that was chosen belonging to β - γ equilibrium line; $\Delta V^{\gamma \rightarrow \beta}$ – volume effect of the transition; $\Delta H^{\gamma \rightarrow \beta}$ - heat effect of the transition.

Taking into account our results and [1] data:

$$\Delta V^{\gamma \rightarrow \beta} \cong 9 \cdot 10^{-6} (\text{m}^3/\text{mol})$$

$$\Delta H^{\gamma \rightarrow \beta} = 51,3(\text{KJ/mol})$$

$$T_0 = 1690(\text{K})$$

$$T_z = 2100(\text{K})$$

$$P_z = 14(\text{GPa})$$

Hence:

$$P_0 = P_z \frac{T_0}{T_z} + \frac{\Delta H^{\gamma \rightarrow \beta}}{\Delta V^{\gamma \rightarrow \beta}} \frac{T_z - T_0}{T_z} \cong 12,4(\text{GPa}).$$

So at $T=300\text{ K}$ the equilibrium pressure $P_{300\text{ K}}=7.0\pm 2.0\text{ GPa}$.

It should be noted that the slope of the equilibrium curve is positive $dP/dT>0$, and the high volume effect makes major contribution, i.e. contribution of the stored elastic energy and the correction due to different compressibility may be neglected.

5. Conclusion

The cubic $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ phase that was investigated in this work was synthesized with the shock technique from the hexagonal $\beta\text{-Si}_3\text{N}_4$ phase [6, 7].

The thermal stability of the $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ was investigated during heating up to 1773 K. A $51.3\pm 7.7\text{ KJ/mol}$ heat effects was found at 1690 K. Structural investigations of the heated sample revealed complete reverse $\gamma\rightarrow\beta$ transition. The $\gamma\text{-}\beta$ equilibrium line position in P-T phase transition diagram was evaluated. Equilibrium pressure at $T=300\text{ K}$ was estimated as $P_{300}=7.0\pm 2.0\text{ GPa}$.

High-pressure-high-temperature quasi-hydrostatic treatment ($P=13\text{ GPa}$, $T=1300\div 2300\text{ K}$) was successfully applied to make bulk polycrystalline non-porous $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ samples. It was found that 13 GPa pressure treatment does not change cubic $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ content if temperature is below 1623 K. Temperatures above 2273 K decrease content of the $\gamma\text{-Si}_3\text{N}_4$ substantially. Mechanical properties of the bulk high-pressure-high-temperature treated samples were investigated. Maximum measured values were as follows: $39\div 44\text{ GPa}$ hardness, up to 475 GPa Young's modulus, up to 263 GPa bulk modulus, 0.204 Poisson's ratio.

Acknowledgments

Authors thank N.R.Serebryanaya, G.A. Dubitsky, V.F.Kulibaba and V.V.Aksenkov. This work fulfilled under support of the Grant 05-03-32353 of Russian Academy of Science (RAS) and the RAS 9.4 Program.

References:

1. Zerr A., G. Miehe, G. Serghiou, M. Schwarz, E. Kroke, R. Riedel, H. Fuess, P. Kroll, R. Boehler, Nature 400 (1999) 340.
2. Zerr A., M. Schwarz, R. Schmechel, R. Kolb, H. Von Seggern, R. Riedel, Acta Cryst. A58 (Supplement) (2002) C47.
3. Sekine T., Hongliang He, T. Kobayashi, Ming Zhang, Fangfan Xu, Appl. Phys. Lett. 76 (2000) 3706.
4. Hongliang He, T. Sekine, T. Kobayashi, H. Hirotsaki, Phys. Rev. 62 (2000) 11412.
5. Kroke E., M. Schwarz, Coordination Chemistry Reviews 248 (2004) 493.
6. Yunoshev A. S., Fizika Goreniya i Vzryva, 3, (2004), 132.
7. Yunoshev A. S., V. V. Silvestrov, A. A. Kalinin, and Yu. N. Pal'yanov, in: AIP Conf. Proc. 845, (2006), 1173.
8. Prokhorov V. M., V. D. Blank, S. G. Buga, V. M. Levin, Synthetic Metals 103 (1999) 2439.
9. Blank V., M. Popov, N. Lvova, K. Gogolinsky, V. Reshetov, J. Mater. Res. 12 (1997) 3109.
10. Useinov A. S. Instruments and Experimental Techniques 47 (2004) 119.
11. Jiang J. Z., F. Krag, D. J. Frost, K. Stahl and H. Lindelov, J. Phys.: Condense Matter. 13 (2001) 515.
12. Sekine T., T. Mitsuhashi, Appl. Phys. Lett. 79 (2001) 2719.
13. Blank V. D., Yu. S. Konyayev, B. M. Mogutnov, E. I. Estrin, The Physics of Metals and Metallography (USSR) 53 (1982) 402.

SURFACE STRUCTURAL GROUPS IN DETONATION DIAMOND POWDERS AND PROPERTIES AS DETERMINED BY FTIR

Dimitar Mitev¹, Rayna Dimitrova², Svetla Popova², Stavry Stavrev¹

¹Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences

²Institute of Organic Chemistry - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: dpmitev@yahoo.com

Keywords: Nanodiamond, Purification, Surface peculiarities, Detonation synthesis

Abstract: The presented work shows the influence of several methods for final acid purification and post-purification procedures (deep freezing, microwave and furnace drying, milling) on the surface peculiarities of detonation synthesized nanodiamond. Methods of FTIR-spectroscopy and pH-measurement were applied to compare the surface functional groups.

Ultradisperse diamond powder (UDD) with nanoscale dimensions are produced by detonation of carbon-containing explosives under conditions of negative oxygen balance [1]. UDD exhibit unique properties because of their particle size, which is considerably smaller than the size of most other types of synthesized diamond, and the specific conditions of its formation. Its surface and interior structure is still a matter of debate. The information regarding the UDD microstructural properties and its component molecules is important to the overall understanding of UDD interactions and the development of novel strategies for its application. There is a variety of methods, which can be used or adapted for determining the UDD properties. These range from relatively simple and inexpensive methods to rather complicated laser light and X-ray scattering techniques. The latter provide important information but are not suitable as express methods for everyday work. Infrared spectroscopy is the study of transitions within the energy levels of a molecule, due to the absorption of infrared radiation of the electromagnetic spectrum. The frequencies at which a molecule absorbs infrared radiation are a characteristic property of its structure. In the paper, we studied UDD samples that differ by the final acidic purification, ball-milling, microwave or thermal treating.

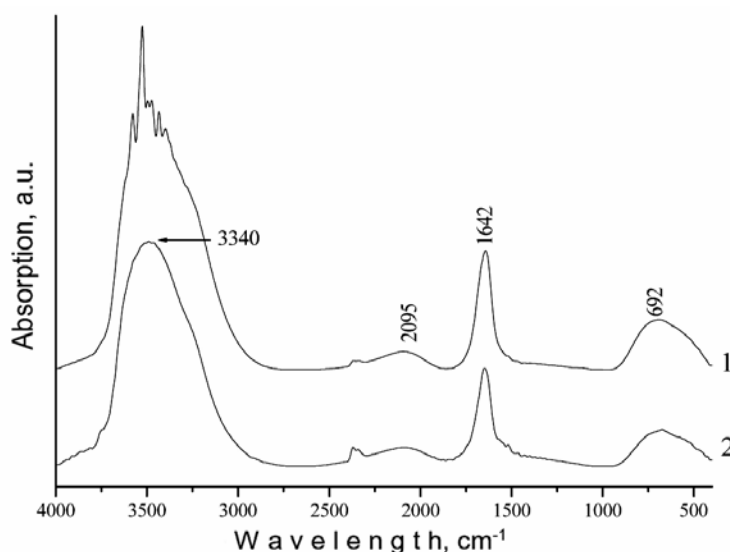


Figure 1. Nanodiamond suspensions, finally purified with HCl/HNO₃
1- not frozen, not sonified (pH 3.80)
2- frozen, sonified (pH 3.60)

Samples structural-mechanic relationships were characterized through experiments, including N₂ sorption, pH measurements and FTIR spectra. Applying these simple methods, the surface chemistry of the UDD samples was shown to retain a memory of the purification conditions [2]. Generally, diamonds with more amorphous sp³ bonded carbon and nitrogen-oxygen complexes on its surface are produced by the use of microwaves, HCl/HNO₃ acid and when TNT is the only carbon material used for detonation.

1. (Figure1): The process of the alternative three-fold freezing and sonification of the suspensions provides the necessary conditions for production of diamond powders with high quality. In the untreated suspension (line1), the diamond particle carries electric charges because of the absorption of ionization ions (strong sharp peaks in the region at 3200-3700 cm⁻¹).

During treatment, preferential substitutions of the ions and formation of functional groups occur (line 2). The very strong absorption peak around 3440 cm⁻¹ is induced by the stretching O-H or /and N-H vibration. The absorption peak centered at 1642 cm⁻¹ is also due to the combinational action of C=O, N-H/or C-N, or C-N=O functional groups. The method of freezing/sonification shows positive influence on the nanodiamond quality, and can be recommended as additive treatment.

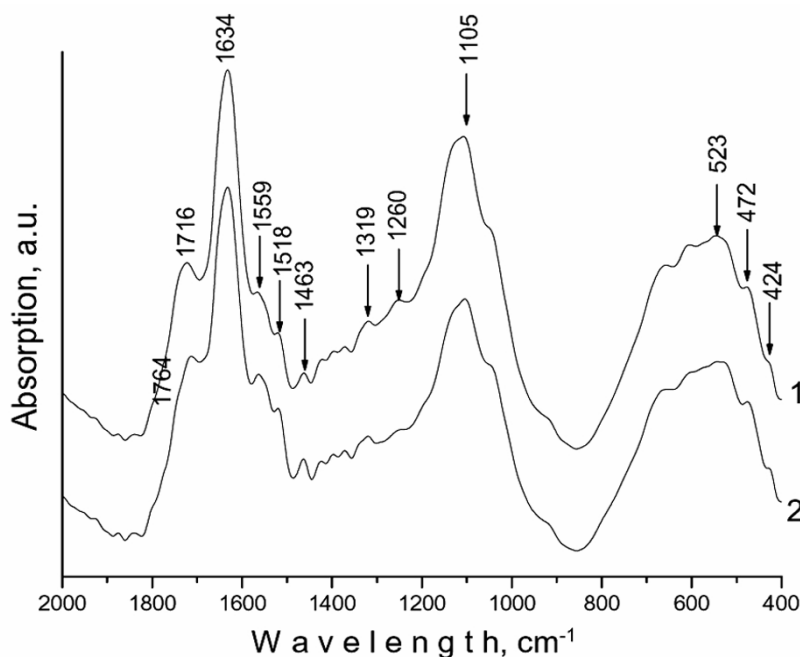


Figure 2. Nanodiamond powders (flakes)
1- purified finally with HCl/HNO₃ (pH 3.83)
2- purified finally with HCl (pH 4.12)

2. (Figure2): We adopted two agents for final removing of the metal impurities from the diamond particles: nitric-hydrochloric acids mixture and hydrochloric acid. The most characteristic features of the diamond particles finally purified by the different oxidizing agents are displayed in the absorbance around 1716 cm⁻¹ that is the carbonyl groups. The amount of the latter is higher for sample treated with HCl/HNO₃ (line 1). The absorption peak at 1764 cm⁻¹ may be connected with distinctive absorption of carbonyl for carboxyl group (line 2). So the final oxidative acid treatment is irreplaceable for removal of some metal impurities (as Cu), but changes the surface to some extent in chemical aspect.

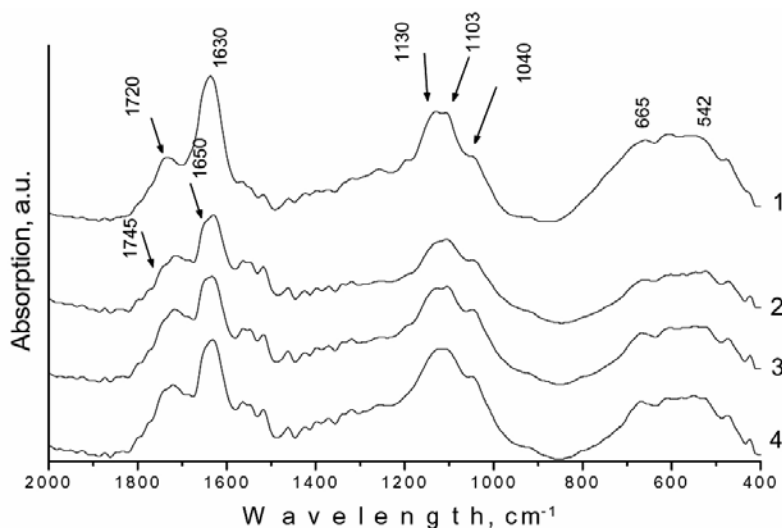


Figure 3. Nanodiamond powders, finally purified with HCl/HNO₃

1- milled

2- milled, microwave heated (pH 4.09)

3- milled, furnace heated at 200 (400)°C (pH 3.80)

4- powder obtained from frozen and sonified suspension via furnace drying at 200 (400)°C (pH 4.47)

3. (Figure 3): - broad band at 400-700 cm⁻¹ region is correlated with the existence of N, CN, CO, CH bonds and impurities of non-carbon nature (Fe, Ni). They exist in greater extent in sample (line 1).

- the unresolved bands in the region ca 1250-1400 cm⁻¹ in the spectra of all diamond materials are due to C–C vibrations of the sp³-hybridized diamond lattice interacting with impurities or structural defects [3].

- during the microwave treatment, a diamond surface modification occur, that results in a formation of surface acidic functional groups (the peaks in the region 1400-1800 cm⁻¹ (line 2), most probably because of diamonds particle fragmentation. Based on the comparison of the intensity among the peaks can be concluded, that there are less –NH₂ groups and more –COOH groups on the nanodiamond surface (pH 4.09).

The diamond particles obtained from frozen and sonified suspension via furnace drying at 200 (400)°C have less surface groups. So the “diamond character” of their surface is more distinctive (pH 4.47).

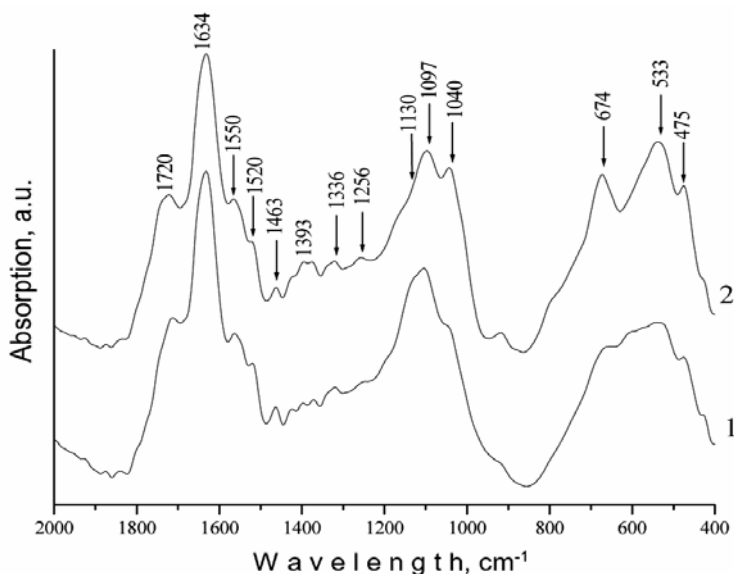


Figure 4. Nanodiamond powders (flakes), finally purified with HCl

1- obtained from TNT/RDX – same as “2” on Fig.2 (pH 4.12).

2- obtained from TNT (pH 6.20).

4. (Figure 4): As seen from the IR spectra, there is an increase in the relative content of graphitic carbon in the case of TNT-produced sample ($400\text{--}700\text{ cm}^{-1}$ and region around 1000 cm^{-1} related to C-N vibration of amines on the nanodiamond surface). The decrease of surface oxygen species and the increase of CH species imply the enhancement of the hydrophobic property of the diamond surface. Therefore, the amounts of adsorbed water are less in the sample prepared by TNT (pH 6.20).

Acknowledgement:

The financial support of the Bulgarian National Scientific Fund for project NT 3-01/2004 and NT 3-02/2004 is gratefully acknowledged.

References:

1. Dolmatov V. Yu., M. V. Veretennikova, V. A. Marchukov, and V. G. Sushchev. Currently Available Methods of Industrial Nanodiamond Synthesis. *Physics of the Solid State* **46**, 4, 2004, pp.611–615
2. Mitev D., R. Dimitrova, M. Spassova, Chr. Minchev, S. Stavrev: Surface Peculiarities of Detonation Diamonds in Dependence of the Purification Methods, *Diamond and Related Materials* **16**, 2007, pp.776-780
3. Dandekar A., R. T. K. Baker, M. A. Vannice. Characterization of activated carbon, graphitized carbon fibers and synthetic diamond powder using TPD and drifts, *Carbon* **36**, 1998, pp.1821-1831

ВЛИЯНИЕ НА ДОБАВКА ОТ НАНОДИАМАНТ ВЪРХУ СВОЙСТВАТА НА НИКЕЛОВО ПОКРИТИЕ

Здравка Карагьозова, Анна Петрова, Силвия Васева, Ставри Ставрев

*Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
 e-mail: karazuzi@yahoo.com*

Ключови думи: диамант, метализация, покритие, абразиви, NanoScan

Резюме: Изследвано е влиянието на наноразмерен уякчаващ материал (нанодиамант) върху някои свойства на безтоково никелово покритие.

Проведени са сравнителни тестове на композиционни никелови покрития, включващи микроразмерни усилващи частици (cBN).

Получените резултати за физико-механичните и експлоатационни характеристики за покритие никел-нанодиамант потвърждават уникалността на свойствата характерни за наноразмерните частици, използвани като подсилващ елемент: висока износо- и корозо-устойчивост, повишена твърдост, нисък коефициент на триене, подобрена адхезия.

Проведените експерименти са етап от тестови изследвания във връзка с работа по Проекта X-Gear по VI РП в секция «КМ и НТ» при ИКИ-БАН.

Химическо никелово покритие

Химическите методи за отлагане на никелови покрития са предпочитани за получаване на композиционни покрития (КП) от гледна точка на опазване на околната среда [1].

Изследвани са три вида покрития, два от които са композиционни с уякчаващи частици – нанодиамант [2] и cBN, отложени върху подложка от стомана 17CrNiMo6. Направени са сравнителни тестове както върху закалена така и върху незакалена стомана:

- Покритие от химически никел [3]
- Композиционно покритие никел+нанодиамант [4]
- Композиционно покритие никел+нанодиамант+ cBN

Всички покрития са термообработени за подобряване на адхезията.

Изследвания

Металографско изследване

- Микротвърдост – Таблица 1.

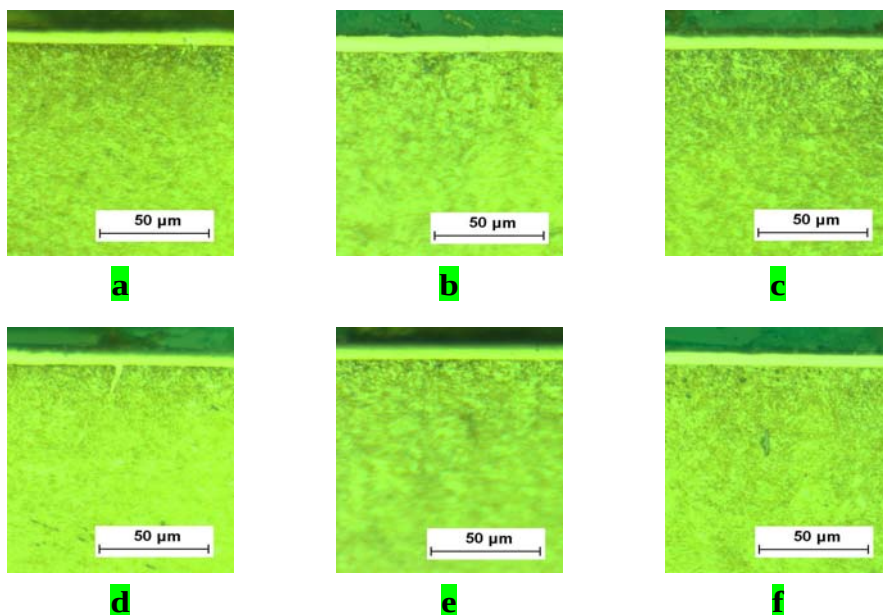
Присъствието на нанодиамант и cBN в разтвора за никелиране води до отлагане на покрития с по-висока твърдост. Термообработката допълнително води до повишаване на твърдостта.

Таблица 1

N	Steel	Type of coating		HK 0,02
		With out TP	TP	
1	Not hardened	Ni+D		712
2	Not hardened	Ni		494
3	Hardened	Ni+D		712
4	Hardened	Ni		908
5	Not hardened		Ni+D	1112
6	Not hardened		Ni	1452
7	Hardened		Ni+D	1608
8	Hardened		Ni	1452
9	Hardened	Ni+cBN		950

10	Hardened		Ni+cBN	712
11	Not hardened	Ni+cBN		716 ÷ 950
12	Not hardened		Ni+cBN	1264

- Микроструктура



Фигура 1а-ф: Микроструктура на Ni (a, d); Ni+ND (b,e), и Ni+ND+cBN (c, f) покрития: a, b, c –без TP; d, e, f – с TP (290о C, 6h)

Покритията се виждат като бяла лента. В покритията на някои образци се наблюдават малки включвания. Те са с неравномерна форма. Наблюдават се попълвания на микро пукнатините (Фиг. 2д). Грапавостта е около 1-2 μm. Степента на грапавост зависи от повърхностната грапавост на образците (от степента на полиране).

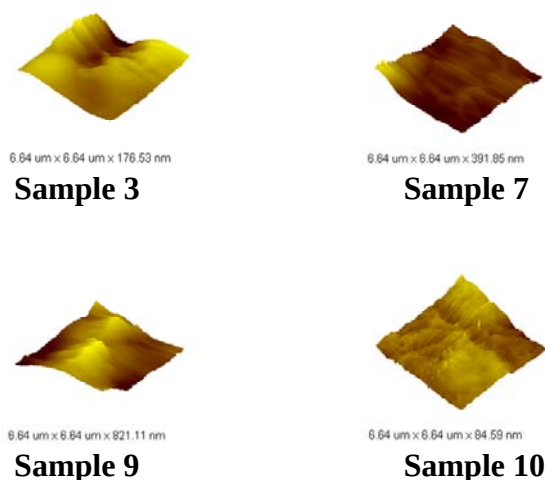
Резултатите за дебелина на покритието **δ** са: Дебелината на Ni и Ni+D покрития за всички образци е от 7,3 до 9,3 μm.

Дебелината на Ni+cBN покрития е по-малка, т.е. около 5 μm.

Наноскан анализ (Фигура 2)

Покрития са плътни, равномерно отложени по повърхността на подложката.

Топографията им зависи от тази на обработваните образци.



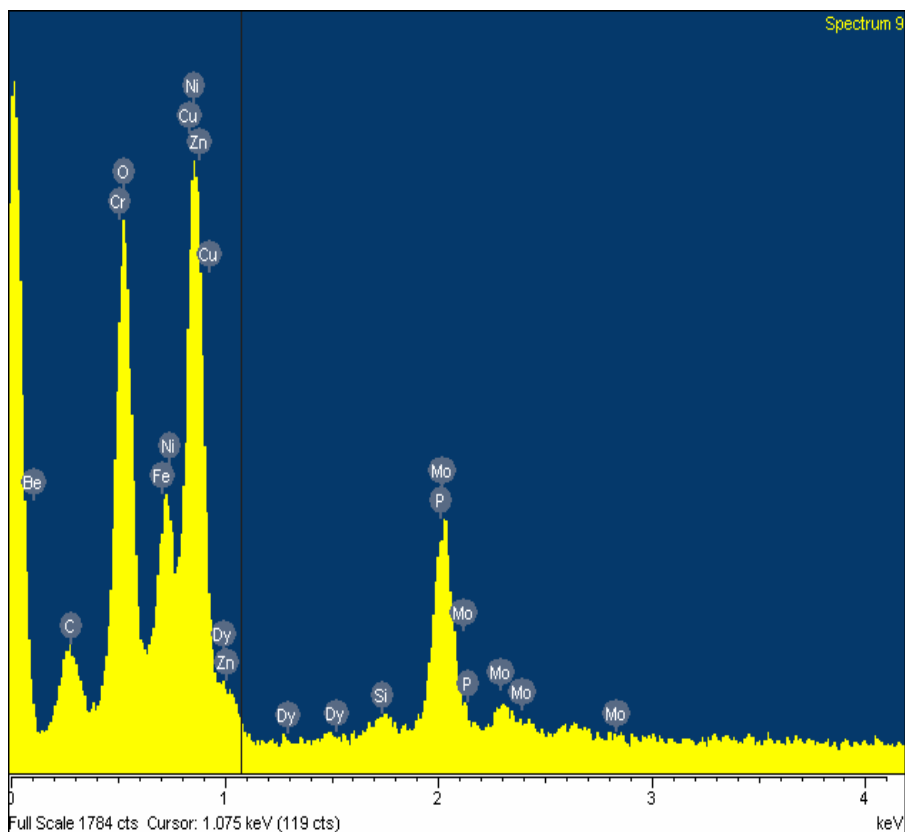
Фигура 2

SEM анализ (Фигура 3)

SEM анализът на тестваните

покрития показва:

- Не се наблюдава съществено влияние на степента на полираност на образците върху морфологията на покритията.
- Не се наблюдава дифузия на покритието в подложката
- Регистрираният въглерод в покритието би могло да е нанодианд, включен в никеловия слой.



Фигура 3

Изводи

- Микротвърдостта на получените покрития е от 498 – 1608 по Кноор, те са износоустойчиви и с добра адхезия.
- Дебелината на покритията е $6 \div 8 \mu\text{m}$
- Методът се явява окончателен при обработката на повърхността на образците
- Покритията са плътни, равномерно отложени, повтарящи повърхностната гладкост на основата, попълващи микропори и цепнатини.
- Отсъствието на пори по повърхността на покритите образци осигурява добра корозионна устойчивост.
- Наблюдава се намаление на коефициента на триене до 68%.
- Методът дава възможност за автоматизация на работния процес.
- Методът е енергоспестяващ и екологичен.

Литература:

1. Michael D. Feldstein. Surface Technology, Inc. Trenton, N J, <http://www.pfonline.com/articles/080203.html>
2. Stavrev S. et al., US Patent No. 5353708 (1994).
3. Gavrilov G. Electroless nickel, Sofia, Bulgaria, (1976)
4. Karaguiyozova Z. K., S. J. Stavrev and A. P. Petrova. 5th Workshop NANOSCIENCE & NANOTECHNOLOGY, Sofia, Bulgaria, (2003)

Session 6

Warfare and Space

Chairman: Prof. Zhivko Zhekov
Secretary: Res. Fell. Palmira Panova

RECENT ATTACKS AGAINST SUMMATION, SHRINKING AND SELF-SHRINKING STREAM CIPHERS - SHORT SURVEY

Borislav Stoyanov

University of Shoumen
 Faculty of Computer Informatics
 e-mail: bpstoyanov@yahoo.com

Keywords: Cryptography, Stream Ciphers, Cryptography Attacks

Abstract: This paper discusses recent attacks against summation, shrinking and self-shrinking stream ciphers. Some attacks against shrinking stream cipher are applicable also against self-shrinking stream cipher.

Introduction

Research of resistance against cryptography attacks is one of the most important requirements to the stream ciphers. The attacks and statistical researches form complete picture of stream ciphers properties.

This paper shortly notates the most recent attacks against summation [27], shrinking [6] and self-shrinking [24] stream ciphers.

Basics of the summation, shrinking and self-shrinking stream ciphers

The summation combiner is a stream cipher in which two maximal periods' binary Linear Feedback Shift Register (LFSR) [25] sequences of periods $2^l - 1$ and $2^s - 1$, are combined using addition-with-carry, but the carry is saved and added in at the next stage.

In the shrinking generator, a control LFSR R_0 is used to select a portion of the output sequence of a second LFSR R_1 . The produced keystream is a shrunk, irregularly decimated subsequence of the output sequence of R_1 , as depicted in Fig. 1.

The algorithm of shrinking stream cipher consists of the following steps:

1. Registers R_0 and R_1 are clocked.
2. If the output of R_0 is 1, the output bit of R_1 forms a part of the keystream.
3. If the output of R_0 is 0, the output bit of R_1 is discarded.

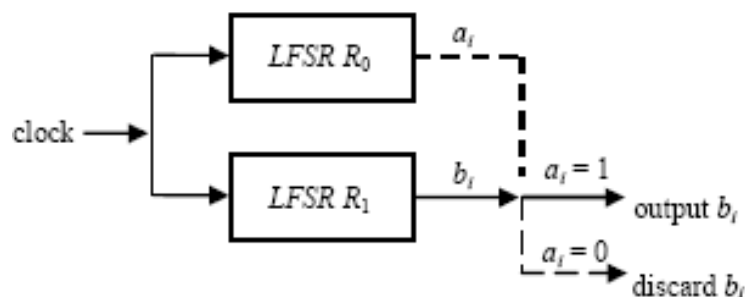


Fig. 1. Shrinking stream cipher

Suppose that the connection polynomials of R_0 and R_1 are chosen uniformly at random from the set of all primitive polynomials of degrees L_0 and L_1 over $\mathbb{Z}_2$. Then the distribution of patterns in output sequence is almost uniform.

The self-shrinking generator is based on the shrinking principle. It requires only one maximal length LFSR. The self-shrinking cipher requires a tuple (a_{2i}, a_{2i+1}) as input and outputs a_{2i+1} if and only if $a_{2i} = 1$.

The 2-adic summation-shrinking bitstream generator is proposed in [29] with the period and linear complexity.

In [30] the N-adic summation-shrinking generator is proposed, Fig.2.

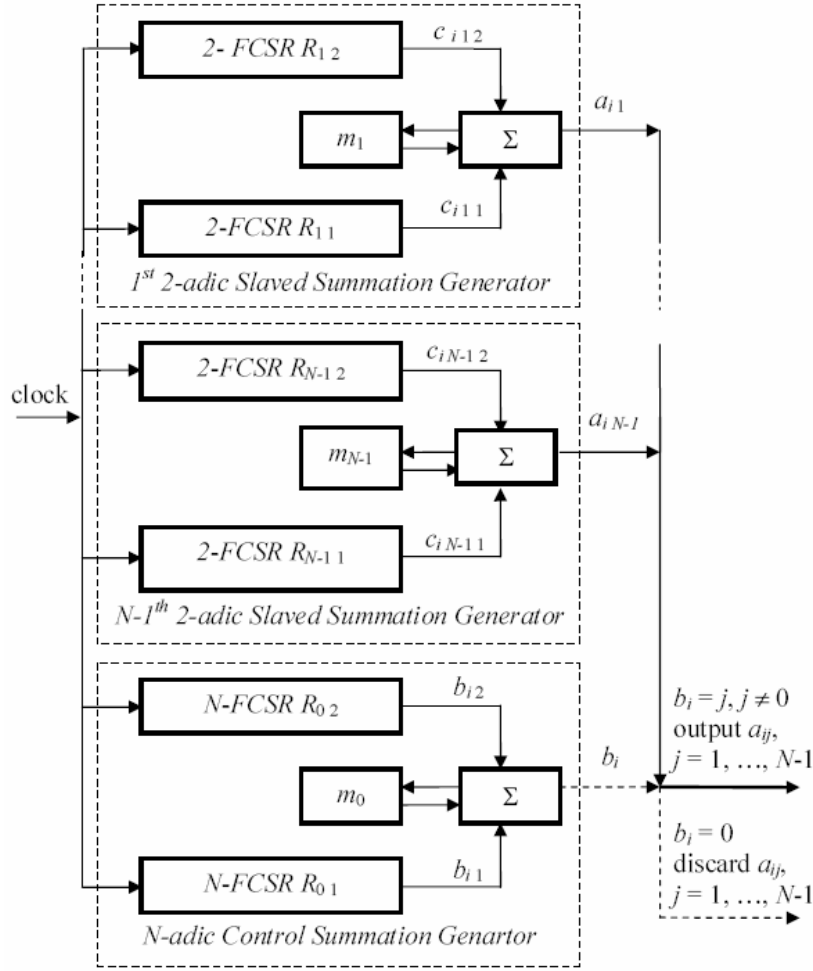


Fig.2 N-adic Summation-Shrinking Generator

The results from statistical analysis show that the sequence generated by the cipher is uniform, scalable, uncompressible, with large period; consistent and unpredictable.

Recent attacks against summation, shrinking and self-shrinking stream ciphers

Regardless of big period and high linear complexity the summation stream cipher is vulnerable to correlation attacks of Meier [14], Meier and Staffelbach [22], [23], Dawson [9] and to the attacks of 2-adic complexity of Klapper and Goresky [21]. These attacks are feasible if the summation stream cipher is constructed from low degree polynomials LFSRs.

There are few attacks against shrinking stream cipher. The main attack is divide-and-conquer, which performs exhaustive search among all of possible initial states and minimal polynomials of controlling LFSR [6].

Courtois and Meier propose algebraic attack against LFSR-oriented stream ciphers with filter as a nonlinear part [8]. The adapting of this attack to the LFSR-oriented stream ciphers with memory is made from Armknecht and Krause [1].

Gollic and O'Connor propose in [17] correlation attack, which is experimentally analyzed in [28]. Studies [15], [17] and [19] propose correlation attacks with reduced complexity on the base of searching for the specific subsequences in the output keystream of the cipher.

A breakthrough in attacking shrinking stream cipher is achieved by Biryukov and Shamir with the compromised attack "time-memory-data" [2], generalized by Hong and Sarkar in [18]. The parameters to attack are the time T for the real phase, the memory M – hard discs and the enemy owned data size D . Is used the formula $TM^2D^2 = S^2$, where S is the searching space size.

Some modifications of the shrinking stream cipher attacks exist in the studies [3], [4], [5], [7], [10], [11], [12], [13], [16], [20], [87], [31], [33] and [34].

Attacks against shrinking stream cipher are also applicable against self-shrinking stream cipher if it is LFSRs constructed. There are attacks directly oriented against self-shrinking stream cipher [24], [26], [32], [35], but not sufficiently effective.

There are no other published attack methods against 2-adic summation-shrinking and N-adic summation-shrinking stream ciphers.

Conclusion

This is a short survey on recent attack methods against summation, shrinking and self-shrinking stream ciphers. It can be useful as a starting point for further cryptanalytic research.

Acknowledgement

This work is supported by Shumen University, section "Scientific research" under the grant № / 2008.

References:

1. Armknecht F., M. Krause. Algebraic Attacks on Combiners with Memory, CRYPTO 2003, LNCS Vol. 2729, pp. 162-175.
2. Biryukov A., A. Shamir. Cryptanalytic Time/Memory/Data Tradeoffs for Stream Ciphers, ASIACRYPT 2000, LNCS Vol. 1976, Springer-Verlag, 2000, pp.1-13.
3. de Canniere C., J. Lano, B. Peneel. Comments on the Rediscovery of Time Memory Data Tradeoffs, p. 5, <http://ecrypt.eu.org/stream/papers/040.pdf>.
4. Canteaut A., M. Traubia. Improved Fast Correlation Attacks Using Parity-Check Equations of Weight 4 and 5, Advances in Cryptology, EUROCRYPT 2000, LNCS Vol. 1807, Springer-Verlag, 2000, pp. 573-588.
5. Chambers W., D. Gollmann. Lock-in Effect in Cascades of Clock-controlled Shift-registers, Advances in Cryptology, EUROCRYPT '88, LNCS Vol. 330, 1988, pp. 331-343.
6. Coppersmith D., H. Krawczyk, Y. Mansour. The Shrinking Generator, Proceedings of Crypto '93, Springer-Verlag, 1994, pp. 22-39.
7. Courtois N. Fast Algebraic Attacks on Stream Ciphers with Linear Feedback, CRYPTO 2003, LNCS Vol. 2729, pp. 176-194.
8. Courtois N., W. Meier. Algebraic Attacks on Stream Ciphers with Linear Feedback, EUROCRYPT 2003, LNCS Vol. 2656, pp. 345-359.
9. Dawson E. Cryptanalysis of Summation Generator, Advances in Cryptology, AUSCRYPT '92, LNCS Vol. 718, 1993, pp. 209-215.
10. Edaahl P., W. Meier, T. Johansson. Predicting the Shrinking Generator with Fixed Connections, EUROCRYPT 2003, LNCS Vol. 2656, pp. 330-344.
11. Golic J. Computation of Low-Weight Parity-Check Polynomials, Electronic Letters, Vol. 32, No. 21, October 1996.
12. Golic J. Correlation Analysis of the Shrinking Generator, CRYPTO 2001, LNCS Vol. 2139, pp. 440-457.
13. Golic J. Cryptanalysis of Alleged A5 Stream Cipher, In W. Fumy, editor, Advances in Cryptology, EUROCRYPT '97, LNCS Vol. 1233, Springer-Verlag, Berlin, 1997, pp. 239-255.
14. Golic J. Edit distances and probabilities for correlation attacks on clock-controlled combiner with memory, IEEE Transactions on Information Theory, Vol.47, No. 3, 2001, pp. 1032 – 1041.
15. Golic J. Linear Models for Keystream Generators, IEEE Transactions on Computers, Vol. 45, No. 1, January 1996, pp. 41-49.
16. Golic J. Towards Fast Correlation Attacks on Irregularly Clocked Shift Registers, Advances in Cryptology, EUROCRYPT '95, LNCS Vol. 921, Springer-Verlag, 1995, pp. 248-262.
17. Golic J., L. O'Connor. Embedding and Probabilistic Correlation Attacks on Clock-Controlled Shift Registers, Advances in Cryptology, EUROCRYPT '94, LNCS Vol. 950, Springer-Verlag, 1995, pp. 230-243.
18. Hong J., P. Sarkar. Rediscovery of Time Memory Tradeoffs, Cryptology ePrint Archive, Report 2005/090, 2005, p. 25, <http://eprint.iacr.org/2005/090>.
19. Johansson T. Reduced Complexity Correlation Attacks on Two Clock-Controlled Generators, Advances in Cryptology, ASIACRYPT '98, LNCS Vol. 1541, Springer-Verlag, 1998, pp. 342-357.
20. Johansson T., F. Jonsen. Fast Correlation Attacks Through Reconstruction of Linear Polynomials, Advances in Cryptology, CRYPTO 2000, LNCS Vol. 1880, Springer-Verlag, pp. 300-315.
21. Kapper A., M. Goresky. Cryptanalysis Based on 2-adic Rational Approximation, Advances in Cryptology, CRYPTO '95, LNCS Vol. 963, Springer-Verlag, N. Y., 1995, pp. 262-273.
22. Meier W., O. Staffelbach. Correlation Properties of Combiners with Memory in Stream Ciphers, Advances in Cryptology, EUROCRYPT '90, LNCS Vol. 473, 1991, pp. 204-213.
23. Meier W., O. Staffelbach. Correlation Properties of Combiners with Memory in Stream Ciphers, Journal of Cryptology, Vol. 5, 1992, pp. 67-86.
24. Meier W., O. Staffelbach. The Self-Shrinking Generator, Advances in Cryptology, EUROCRYPT '94, LNCS Vol. 950, 1995, pp. 205-214.
25. Menezes A., P. van Oorschot, S. Vanstone. Handbook of Applied Cryptography, CRC Press, 1997, p. 780, <http://www.cacr.math.uwaterloo.ca/hac>.

26. M i h a l j e v i c M. A Faster Cryptanalysis of the Self-Shrinking Generator, In J. Pieprzyk and J. Seberry, editors, *Advances in Cryptology, ACISP '96*, LNCS Vol. 1172, Springer-Verlag, Berlin, 1996, pp. 182-189.
27. R u e p p e l R. Correlation Immunity and the Summation Generator, *Advances in Cryptology, CRYPTO '85*, LNCS Vol. 218, 1986, pp. 260-272.
28. S i m p s o n L., J. G o l i c, E. D a w s o n. A Probabilistic Correlation Attack on the Shrinking Generator, *Information Security and Privacy '98*, Brisbane, LNCS Vol. 1438, Springer-Verlag, 1998, pp. 147-158.
29. S t o y a n o v B. 2-adic Summation-Shrinking Generator, *Western European Workshop on Research in Cryptology, WEWORC 2005*, Leuven, Belgium, 5-7 July, 2005, pp. 103-104.
30. T a s h e v a Zh., B. B e d z h e v, B. S t o y a n o v. N-adic Summation-Shrinking Generator. Basic properties and empirical evidence, <http://eprint.iacr.org/2005/06>.
31. W a g n e r D. A Generalized Birthday Problem, *Advances in Cryptology, CRYPTO 2002*, LNCS Vol. 2442, Springer-Verlag, 2002, pp. 288-303.
32. Y a n g L., K. C h e n, X. W a n g. Cryptanalysis of Self-Shrinking Generator, *Electronics Letters*, Vol. 39, Issue 22, 30 October, 2003, pp. 1586-1590.
33. Z e n g K., C. Y a n g, T. R a o. On the Linear Consistency Test (LCT) in Cryptanalysis with Applications, *Advances in Cryptology, CRYPTO '89*, LNCS Vol. 435, Springer Verlag, 1990, pp. 164-174.
34. Z e n n e r E. On Cryptographic Properties of LFSR-based Pseudorandom Generators, PhD Thesis, University of Mannheim, Germany, 2004, p. 114.
35. Z e n n e r E., M. K r a u s e, S. L u c k s. Improved Cryptanalysis of the Self-Shrinking Generator, *Advances in Cryptology, ACIPS 2001*, LNCS Vol. 2119, 2001, pp. 21-35.

OPTIMAL COORDINATOR OF CONTROL SYSTEM FOR UNMANNED COMBAT AIR VEHICLE

Valentina Tsekova

Rakovski Defence and Staff College, Defence Advanced Research Institute
e-mail: valsof20@hotmail.com

Key words: *unmanned combat air vehicle, coordinator, statistic characteristics*

Abstract: *The unmanned combat air vehicle (UCAV) is used to attack stationary and mobile objects on the ground, in the sea and in the air. Optimal coordinator for the attacked targets is synthesised in the paper. Some statistic characteristics and signals of the objects are used.*

ОПТИМАЛЕН ИЗМЕРВАТЕЛ НА КООРДИНАТИ ЗА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА БЕЗПИЛОТЕН ЛЕТАТЕЛЕН АПАРАТ ОТ УДАРЕН ТИП

Валентина Цекова

ВА „Г. С. Раковски” - Институт за перспективни изследвания за отбраната
e-mail: valsof20@hotmail.com

Ключови думи: *безпилотен летателен апарат от ударен тип, координатор, статистически характеристики*

Резюме: *Безпилотните летателни апарати (БЛА) от ударен тип се използват за поразяване на стационарни и мобилни наземни, морски и въздушни цели. В представения доклад е синтезиран оптимален измервател на координатите (координатор) на атакуваните цели. За това са използвани някои от статистическите им характеристики и тези на отразените от тях сигнали.*

Въведение

През последните години се проявява голям интерес към разработването на безпилотни летателни апарати (БЛА) от ударен тип. Те могат да изпълняват както самостоятелно, така и във взаимодействие с ВВС задачи, свързани с поразяване на различни цели на противника като: командни пунктове, радиолокационни станции, свързочни възли, щабове, артилерията на огневи позиции, плавателни съдове, бронетанкова техника, летища и други важни стационарни и мобилни цели в интерес на сухопътните войски (СВ), ВВС и ВМС [6].

Ударните БЛА поразяват определена цел чрез използване на управляеми или неуправляеми ракети или чрез пряко свое попадение в нея. Ефективността на всеки боен БЛА зависи изключително много от точността на насочването му към атакуваната цел. Точността от своя страна се определя от системата му за управление (СУ), която реализира полета на БЛА по траектория в зависимост от избрания метод за насочване. Основен елемент на СУ е измервателят на координати (координатор). Той измерва координатите на атакуваната цел в координатна система, чието начало съвпада с центъра на масата на БЛА. Следователно ефективността на бойния БЛА ще зависи и от качествата на измервателя на координати.

При използване на преките методи за насочване, които имат най-проста схемна реализация и техническо изпълнение [4], координаторът е неподвижен и неговата надлъжна ос съвпада с надлъжната ос на безпилотния самолет. По този начин през цялото време на полета надлъжната ос на БЛА е насочена към целта. Системата за управление на бойния БЛА може да се разглежда като система, състояща се от координатор, който измерва ъгловото положение на целта спрямо надлъжната ос на БЛА и от безпилотен самолет, който с изпълнителните си органи и кинематичното звено отработва (отстранява) този ъгъл на разсъгласуване, стремейки

се да го сведе до нула. Поради това е необходимо координаторът да определя координатите на целта с минимално възможна грешка т.е. да бъде оптимален.

При съществуващите методи за синтез и проектиране на координатори обикновено се задават характеристиките: на целите, които ще бъдат атакувани; на информационните сигнали, които ще бъдат измервани от координатора и на предполагаемите смущения. По тези данни се определя неговата структура.

В практиката никога не се разполага с всички необходими данни, а само с налични статистически характеристики. Те обаче могат да се различават съществено от използваните в разчета, тъй като зависят от много фактори – турбулентност на средата, маневри и автоколебания на целта и БЛА, метеорологични условия, смущения от противника и др. [5]. Поради това параметрите на координатора не трябва да зависят силно от условията, при които се използва. Те трябва да се изменят автоматично, тъй като скоростта, с която трябва да се оценява приетата информация и да се взема решение, е доста по-висока от възможната за човека скорост.

Оптимален измервател на координати

Определянето на структурата и параметрите на оптималния координатор, измерващ координатите на атакуваната цел, може да бъде осъществено чрез използване на един от статистическите методи, чийто критерий за оптималност е максимумът на апостериорната вероятност [1, 5].

При този метод значението на измервания ъгъл (координати на атакуваната цел) се оценява по избрани значения на входните реализации на приетия информационен сигнал. Следователно за оценка на неизвестния параметър (измервания ъгъл) λ се приема това значение $\lambda_{\text{изх}}$, при което апостериорната вероятност има максимум.

Ако априорната вероятност на измервания ъгъл $\lambda(t)$ се означава с $P_{\text{pr}}(\lambda)$ и функцията на правдоподобие с $P[y/\lambda]$, то апостериорната вероятност ще бъде [2, 7]:

$$(1) \quad P_{\text{ps}}(\lambda) = K P_{\text{pr}}(\lambda) P[y/\lambda],$$

където

$$(2) \quad K = \frac{1}{\int P_{\text{pr}}(\lambda) P[y/\lambda] d\lambda} = \text{const}.$$

От формула (1) се вижда, че за да се определи апостериорната вероятност, е необходимо да са известни априорното разпределение на измервания параметър и функцията на правдоподобие [3]. При определяне на априорното разпределение на измервания ъгъл трябва да се излиза от следното. Измерваният ъгъл на целта е стохастичен процес, тъй като зависи от множество случайни фактори като: курса на целта и на БЛА, маневрите на целта и БЛА, техните автоколебания, точността на прицелване на БЛА в момента на атаката, турбулентността на средата и др. Въздействието на голям брой случайни явления върху стохастичен процес довежда до неговото нормално разпределение. За това може да се приеме, че измерваният ъгъл е разпределен нормално и неговата априорна вероятност ще бъде [1]:

$$(3) \quad P_{\text{pr}}(\lambda) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \det \mathbf{R}}} \exp \left\{ -\frac{(\lambda_{\text{изх}} - \lambda_{\text{ср}})^2}{2\mathbf{R}} \right\},$$

където $\mathbf{R} = |R(t_i, t_j)|$ - корелационна матрица; $\lambda_{\text{ср}} = \lambda_{\text{ср1}} \dots \dots \lambda_{\text{срп}}$ - вектор стълб на средното значение на измервания ъгъл; $\lambda_{\text{изх}} = \lambda_{\text{изх1}} \dots \dots \lambda_{\text{изхп}}$ - вектор стълб на измереното значение на ъгъла.

Функцията на правдоподобие ще има вида [1]:

$$(4) \quad P[y/\lambda] = K' \exp \left\{ \frac{1}{\mathbf{N}_0} \left[\int_0^T \mathbf{u}(t, \lambda) \mathbf{u}(t, \lambda_0) dt + \int_0^T \mathbf{u}(t, \lambda) \mathbf{n}(t) dt \right] \right\},$$

и

$$(5) \quad K' = K \exp \left\{ -\frac{1}{2\mathbf{N}_0} \int_0^T [\mathbf{y}^2(t) + \mathbf{u}^2(t, \lambda)] dt \right\},$$

където K – константа, независеща от y и λ ; $y(t) = u(t) + n(t)$ – вектор ред на приеманата реализация; $\lambda_0 = \lambda_{01} \dots \lambda_{0n}$ – вектор стълб на истинското значение на измервания ъгъл; $u(t, \lambda)$ – полезен сигнал; $n(t)$ – бял шум с единична спектрална плътност; N_0 – спектрална плътност на шума; $[0, T]$ – временен интервал, през който се извършва наблюдението.

Първият член под знака на експонентата във формула (4) представлява автокорелационна функция на приемания сигнал по измервания ъгъл, а вторият – взаимнокорелационната функция на сигнала и шума.

Строго погледнато формула (4), отнасяща се за функцията на правдоподобие, е вярна само ако измерваният ъгъл е постоянен. В практиката обикновено $\lambda(t)$ е променлив, но скоростта, с която се изменя, е много по-малка от скоростта, с която се изменят всички останали случайни променливи в приетата реализация, неподлежащи на измерване. Поради това по тях може да се извърши осредняване.

Ако интервалът от време $[0, T]$, през който се извършва наблюдението, се избере да бъде значително по-голям от времето на корелация на най-бавните случайни променливи във входната реализация $y(t)$ и същевременно – значително по-малък от интервала, в който измерваният ъгъл $\lambda(t)$ се изменя, то функцията на правдоподобие може да се разглежда като функция от “замразен” в този интервал от време ъгъл. При това нейният логаритъм може да бъде апроксимиран със своето квадратично разложение относно всяка точка, която със сигурност е близка до стойността на измервания ъгъл. Такава точка може да съответства например на средното значение на измервания ъгъл $\lambda(t)$. Следователно апроксимацията на функцията на правдоподобие може да бъде записана по следния начин:

$$(6) \quad \begin{aligned} P[y(t), \lambda_{cp}] &= \exp \{ \ln P[y(t), \lambda_{cp}] + \\ &+ \frac{\partial}{\partial \lambda_{изх i}} \ln P[y(t), \lambda_{cp}] (\lambda_{изх} - \lambda_{cp}) + \\ &+ \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial \lambda_{изх i} \partial \lambda_{изх j}} \ln P[y(t), \lambda_{cp}] (\lambda_{изх} - \lambda_{cp})^2 \}. \end{aligned}$$

При тази апроксимация са взети само три члена, тъй като измерването може да се счита за достатъчно точно и следователно върхът на функцията на правдоподобие е достатъчно тесен. Ако приемем обозначенията:

$$(7) \quad Z = \frac{\partial \ln P[y(t), \lambda_{cp}]}{\partial \lambda_{изх i}} = Z_i - \text{вектор стълб}$$

и

$$(8) \quad A = - \frac{\partial^2 \ln P[y(t), \lambda_{cp}]}{\partial \lambda_{изх i} \partial \lambda_{изх j}} = A_{ij} - \text{квадратна матрица,}$$

то след заместването им в (6) се получава, че функцията на правдоподобие е равна на:

$$(9) \quad P[y(t), \lambda_{cp}] = \exp \left\{ \ln P[y(t), \lambda_{cp}] + Z(\lambda_{изх} - \lambda_{cp}) - \frac{1}{2} A(\lambda_{изх} - \lambda_{cp})^2 \right\}.$$

За апостериорната вероятност на измервания ъгъл се получава следното равенство след заместване на (3) и (9) във формула (1):

$$(10) \quad \begin{aligned} P_{ps}(\lambda_{изх}) &= \frac{P[y(t), \lambda_{cp}]}{\sqrt{2\pi \det R}} \times \\ &\times \exp \left\{ Z(\lambda_{изх} - \lambda_{cp}) - \frac{1}{2} A(\lambda_{изх} - \lambda_{cp})^2 - \frac{(\lambda_{изх} - \lambda_{cp})^2}{2R} \right\}. \end{aligned}$$

Тъй като логаритъмът е функция, която нараства монотонно от своя аргумент, то максимумът на апостериорната вероятност съвпада с максимума на логаритъма ѝ. Поради това ще се търси максимумът на следната функция:

$$(11) \quad \ln P_{ps}(\lambda_{изх}) = \ln \frac{P[y(t), \lambda_{cp}]}{\sqrt{2\pi \det \mathbf{R}}} + \mathbf{Z}(\lambda_{изх} - \lambda_{cp}) - \frac{1}{2} \left(\mathbf{A} + \frac{1}{\mathbf{R}} \right) (\lambda_{изх} - \lambda_{cp})^2.$$

При достатъчно големи отношения на сигнала към шума апостериорната вероятност има максимум, който с голяма вероятност съвпада с истинското значение на измервания параметър. Отношението на сигнала към шума трябва да бъде достатъчно голямо, но не много голямо, тъй като в такъв случай отпада задачата за оптимизация. Поради това като оптимална оценка на измервания ъгъл може да бъде взет коренът на следното диференциално уравнение:

$$(12) \quad \frac{\partial \ln P_{ps}(\lambda_{изх})}{\partial \lambda_{изхi}} = 0.$$

След полагане на (11) в (12) се получава диференциалното уравнение:

$$(13) \quad \frac{\partial \ln P_{ps}(\lambda_{изх})}{\partial \lambda_{изхi}} = \mathbf{Z} - \mathbf{C}(\lambda_{изх} - \lambda_{cp}) = 0,$$

където $\mathbf{C} = \mathbf{A} + \mathbf{1}/\mathbf{R}$ - квадратна матрица, а $\mathbf{1}$ – единична матрица.

От полученото равенство (13) се вижда, че измерваният ъгъл е равен на

$$(14) \quad \lambda_{изх} = \mathbf{C}^{-1} \mathbf{Z} + \lambda_{cp},$$

където $\mathbf{C}^{-1}$ се определя от следното уравнение:

$$(15) \quad \mathbf{C}^{-1}(\mathbf{A}\mathbf{R} + \mathbf{1}) = \mathbf{R}.$$

За облекчаване на работата се преминава от матричен запис към запис в разгърнатата форма на уравненията (14) и (15):

$$(16) \quad \lambda_{изхn} = \sum_{k=1}^n C_{nk}^{-1} Z_k + \lambda_{cpn}$$

и

$$(17) \quad C_{nk}^{-1} + \sum_{i=1}^n C_{ni}^{-1} \sum_{j=1}^n A_{ij} R_{ik} = R_{nk}.$$

Равенството (17) може да бъде опростено силно при условие, че измерваният параметър $\lambda(t)$ се изменя бавно. Тогава матрицата $\mathbf{A}$ е диагонална, като първото диференциране на логаритъма на функцията на правдоподобие по $\lambda_{изхi}$ се извършва само на подинтервала около t_i , а второто - по $\lambda_{изхj}$, образуващо матрицата на подинтервала около t_j . Трябва да се отбележи, че матрицата е различна от нула само при съвпадащи времена т.е. при $t_i = t_j$. Тогава вместо (17) може да се запише:

$$(18) \quad C_{nk}^{-1} + \sum_{i=1}^n C_{ni}^{-1} A_i R_{ik} = R_{nk}.$$

За синтезиране на структурната схема на оптималния координатор е необходимо да се получат непрекъснати аналози на съотношенията (16) и (18). За целта може да се извърши определен преход, считайки че стъпката на дискретността се стреми към нула, т.е. $\Delta t_i = t_i - t_{i-1} \rightarrow 0$, а броят на стъпките се стреми към безкрайност, т.е. $m \rightarrow \infty$. За извършване на прехода е необходимо да се определи как матриците $\mathbf{A}$, $\mathbf{C}^{-1}$ и $\mathbf{R}$ се стремят към граница. За члена, намиращ се в n – тия ред и k – я стълб в корелационната матрица $\mathbf{R}$, може да бъде записано $R_{nk} = R(t_n, t_k)$.

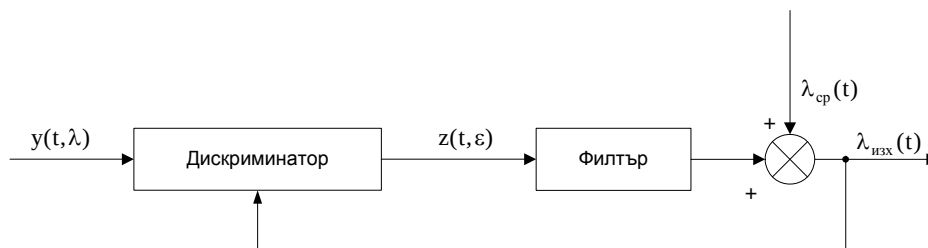
Ако се обозначи $t_n = t$ и $t_k = \tau$, то $R_{nk} = R(t, \tau)$. Тъй като и трите матрици имат еднакъв характер, то $C_{nk}^{-1} = C^{-1}(t_n, t_k) = C^{-1}(t, \tau)$ и $A_{nk} = A(t_n, t_k) = A(t, \tau)$. По такъв начин за измервания ъгъл се получава:

$$(19) \quad \lambda_{\text{изх}}(t) = \lim_{\substack{\Delta t \rightarrow 0, \\ m \rightarrow \infty}} \sum_{k=1}^m C_{nk}^{-1} Z_k \Delta t_i + \lambda_{\text{ср}}(t) = \int_{t_0}^t C^{-1}(t, \tau) Z(\tau) d\tau + \lambda_{\text{ср}}(t).$$

В този случай за филтъра се получава

$$(20) \quad C^{-1}(t, \tau) + \int_{t_0}^t C^{-1}(s, \tau) A(s) R(s, \tau) ds = R(t, \tau).$$

На базата на полученото интегрално уравнение (19) може да бъде построена следната блокова схема на оптималния измервател на координати, показана на фиг. 1.



Фиг. 1. Оптимален измервател на координати

Оптималният координатор се състои от дискриминатор и филтър. На входа на координатора постъпва информационният сигнал $y(t, \lambda)$, който преминава през дискриминатора, измерващ разсъгласуването. Изходният сигнал на дискриминатора е пропорционален на величината на разсъгласуването. Той постъпва на входа на филтъра (изглаждащи вериги). Към сигнала на изхода на филтъра се прибавя средното значение на измервания ъгъл $\lambda_{\text{ср}}(t)$. Така се получава оптималната оценка на измерваната ъглова координата на целта $\lambda_{\text{изх}}(t)$, към която е насочен ударния БЛА.

Заклучение

Използваният в доклада принцип на максимума на апостериорната вероятност позволява да бъде синтезиран оптимален измервател на координати за ударен БЛА. Този подход за определяне на параметрите на координатора може да се прилага при проектиране на нови ударни БЛА, когато не са известни в достатъчна степен характеристиките на целите и на безпилотния самолет и условията на тяхното бойно използване, а се разполага само с някои техни статистически характеристики.

Получените формули за параметрите на оптималния координатор показват, че той трябва да притежава параметри, които да не зависят силно от ситуациите и условията, при които се използва ударния БЛА. При това измененията на параметрите на координатора трябва да стават без участието на човек, тъй като скоростта, с която трябва да се оценява приетата информация и да се взема решение, е значително по-висока от възможната за човека скорост.

Литература:

1. Б а к у т П. А., И. А. Большаков и др. Вопросы статистической теории радиолокации, М.: Советское радио, 1964.
2. В е н т ц е л ь Е. С. Теория вероятностей, М.: Наука, 1964.
3. И в ч е н к о Г. И., Ю. И. Медведев. Математическая статистика, М.: Высшая школа, 1984.
4. П о п о в Х. С., Е. Г. Цеков. Оптимален оптически координатор на самонасочващи се ракети. Доклад, Сборник трудове на ВА "Г.С.Раковски", 1975.
5. П о т р я г и н Л. С. Математическая теория оптимальных процессов, М.: Фитматгиз, 1961.
6. Ц е к о в а В. Т. Безпилотни летателни апарати – настояще и бъдеще. Доклад, Сборник доклади от юбилейна научна конференция на ВА "Г.С.Раковски", стр.226-234, 2007.
7. Ц е к о в а В. Т., Е. Г. Цеков. Оптимален следящ координатор за система за управление на самонасочващ се БЛА. Доклад, Сборник доклади от научна конференция с международно участие на ВТУ "Т. Каблешков", стр.493 – 496, 2003.

SATELLITE METHOD FOR RESEARCH OF THE OZONE CONTENT BY MEANS OF ABSORPTION OZONEMETER

Garo Mardirossian, Stiliyan Stoyanov, Angel Manev

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

Key words: ozone content, absorption ozonemeter

Abstract: The possibility for research of the total ozone content is studied by means of the satellite spectral limb method.

The methodological diagram of the satellite limb experiment, as well as the geometry of the experiment is researched.

A block diagram of the absorption ozonemeter and its characteristics are presented and the experiments are to be carried out in the near ultraviolet part of the ozone specter, in the absorption bands of the ozone of Hartley-Huggins and the specter of the aerosole diffraction in the atmosphere is taken into consideration.

The scientific program of the Second Bulgarian-Soviet Space flight includes large scientific tasks and experiments in the area of space physics [1...5]

The aim of this research is to offer a method and apparatus for investigation the atmospheric transparency and aerosol content by a satellite spectral limb method.

A method for determination of the gas components of the atmosphere by the method of star occultation is determined. A methodological scheme of the satellite limb experiment is presented on fig. 1.

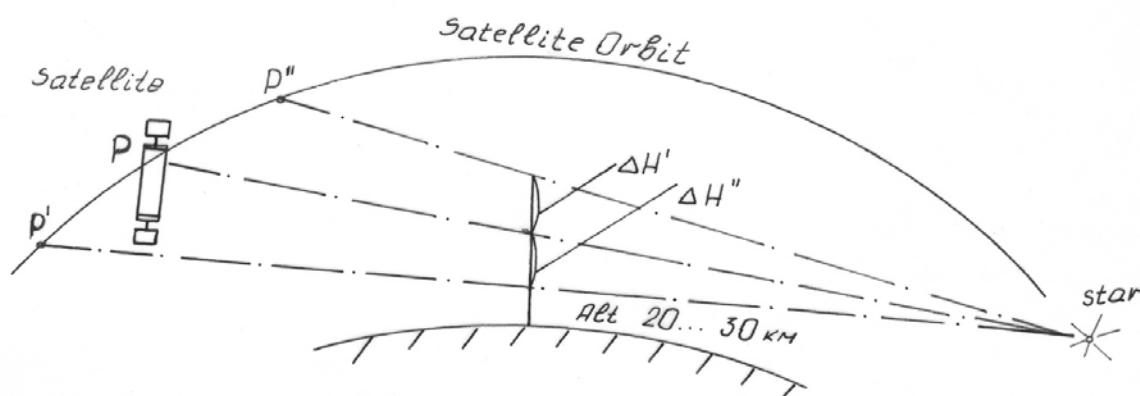


Fig. 1. Star occultation measurement geometry

Fig. 1 shows the viewing geometry for measuring in the limb viewing mode. Simulated measurements in four channels ($\lambda = 3914 \text{ \AA}$, $4278 \text{ \AA}$, $5200 \text{ \AA}$ and $5577 \text{ \AA}$) were used to retrieve vertical profiles of the following quantities:

- aerosol size distribution;
- aerosol density, particles;
- real part of aerosol reflective index;
- molecular density;
- ozone density.

Theoretical calculations of the twilight aureole brightness showed that they are governed by the atmosphere's dust content at different heights. It is, therefore, possible to determine the spatial distribution of dust from aureole spectra data recorder at different points of the Earth.

An occultation experiment is a promising method for retrieving aerosol vertical profile in the stratosphere. In this case, radiation attenuated by the long atmospheric paths is registered from space at starset.

An equation for radiation transfer for occultation geometry is rather simple:

$$(1) \quad I_{\lambda}(h) = I_{\lambda}^*(h)$$

Here $I_{\lambda}(h)$ is the radiation registered along the viewing line with its pedigree altitude, h ; I_{λ}^* is the intensity of the extra atmospheric solar radiation. The atmospheric optical thickness $\tau_{\lambda}(h)$ along the viewing line is calculated by the formula:

$$(2) \quad \tau_{\lambda}(h) = \exp \left\{ -2 \int_h^{\infty} (\beta_{\lambda}(h') dx(h, h')) \right\},$$

where $(\beta_{\lambda}(h))$ is an unknown distribution of the attenuation coefficient with an altitude h ; $x(h, h')$ in the variable of the geometrical part along the viewing line between the points at altitudes h and h' .

It is seen from the above two equations that the solution of the inverse problem is reduced to solution for $\beta(h')$ in the Volterra's equation of the first kind:

$$(3) \quad g_{\lambda}(h) = \ln \{ 1 / \tau_{\lambda}(h) \} = 2 \int_h^{\infty} \beta(h') dx(h, h'),$$

The star occultation geometry (fig. 1) is typically used to measure the stratosphere because of clouds in the troposphere. The extinction by clouds is so high that the attenuation of the radiation by aerosols would be undetectable.

In the case of the "occultation-mode" the radiative transfer is completely described by the law of extinction (4), which is the analytical solution of the appropriate special case of the equation of radiative transfer and which is simple compared to the "scattering-mode":

$$(4) \quad E_{\lambda} = E_{\Theta\lambda} \exp - (\delta_{R\lambda} + \delta_{G\lambda} + \delta_{D\lambda}),$$

Where:

- E – spectral solar flux density at the spectrometer;
- $E_{\Theta\lambda}$ – spectral solar flux density before entering the atmosphere;
- $\delta_{R\lambda}$ – optical depth of the atmosphere integrated over the optical path, due to air molecules (Rayleigh optical depth);
- $\delta_{G\lambda}$ – same, due to absorption by gases;
- $\delta_{D\lambda}$ – same, due to aerosol particles.

As can be seen from (4) the desired quantity, the aerosol optic depth can be gained reasonably by simply "inverting" the measured quantity E_{λ} . In fact the Rayleigh optical depth is the only perturbing quantity. The gaseous absorption on optical depth can be chosen to be zero by an appropriate choice of the peak wavelengths and the bandwidths of the spectrometer channels.

The developed method is provided by an absorption ozonemeter. The absorption ozonemeter consists of the following constructive blocks: hinge block with a position lock pin, lather light-protective blind, vizir, photometric channel and connection cable to the apparatus.

The general view of pulse photometer is presented on fig. 2.

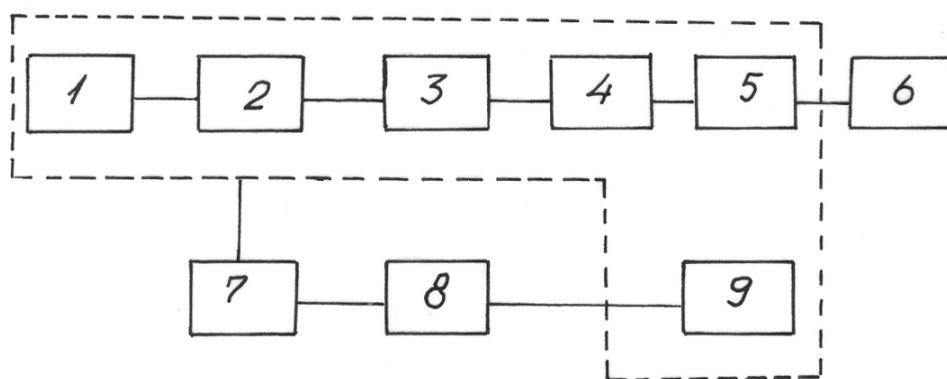


Fig. 2. Block-scheme of absorption ozonometer: 1-sight-protective device; 2-objectives; 3- filter block; 4-sensor; 5-photon counter; 6-microprocessing unit; 7-guiding device; 8-operator; 9-control desk.

The hinge block serves for the absorption ozonometer mounting to the space station illuminator. A lock pin for positioning is assembled in it, which provides fixing of the pulse photometer in the desired direction. The blind serves for photometer objective and vizir protection from side lightings. The vizir serves for apparatus guiding to the researched object.

The photometric channel consists of the following blocks, changeable filters block, input optical system, photometric multiplier, analogue unit, digital unit, control panel. The input optical system means an afocal objective. It serves for receiving of the optical signal, as at its output a concentrated parallel beam which descends on the corresponding interference filter is formed.

A diaphragm is located in the focal plane.

The design permits the diaphragm shift depending on the required in the experiment visual field. The photo electronic multiplier is provided for the information flow conversion into electronic signal. The used photoelectric multiplier is of 9893 B/100 type, made by "Torn EMI". A secondary supplying source for stabilized voltages (± 15 V, 5 V, $+1,5$ V, ...2,3 kV, 27 V) is provided. The analogue unit serves for signal amplification and forming into convenient shape for digital conversion at the input of the photoelectric multiplier. The digital unit is provided for solving of following tasks: counting of pulses from analogue unit, signal transmission for recording in apparatus, run mode of absorption ozonometer selection, providing of control panel indication.

The changeable filters block provides the subsequent transition of the photon flux trough the various interference filters to the photoelectric multiplier. The control panel serves for: switching on the power supply of absorption ozonometer, selection of automatic or manual mode of filter change, selection of high time resolution mode "100 μ s" or low time resolution mode "1 ms" and "100 ms", manual selection of the desired filters, switching on the mode of the information recording into the apparatus.

Run mode of absorption ozonometer.

The light flux from the researched object is registered by the following sequence: transmitting trough the optical system and filter block, it hits the photocathode of the photoelectric multiplier anode the signals pass in the form of electrical pulses to the analogue unit where they are amplified into digital form.

Depending on the selector position "100 μ s – 1 ms – 100 ms" on the control panel, the digital unit counts this pulses with high (100 μ s) or low (1 ms or 100 ms) time resolution.

References:

1. V e l k o s k i S. Factors which influence the transmission of the optical image trough the atmosphere. Scientific reports from the conference "45 Years since Gagarin's Flight", BAF, Shoumen, 2006, p. 26-30.
2. Z h e k o v Zh. Satellite methods for the research of the atmospheric gas components. Scientific reports from the conference "45 Years since Gagarin's Flight", BAF, Shoumen, 2006, p. 7-25.
3. M a r d i r o s s i a n G. Natural ecologic catastrophes and their distant space research. *Prof. Marin Drinov Academic Publ. House. Sofia, 2000.*
4. S i m e o n o v a Yu., S. S t o y a n o v. A method for calculating the resolution of optical-electronic devices. Scientific reports from the conference "45 Years since Gagarin's Flight", BAF, Shoumen, 2006, p. 43-45.
5. Handbook for MAP. Ed. Pussell J.M. III 2006, V, 27, 302 p.

АПРОКСИМАЦИОНЕН МЕТОД ЗА ОТКРИВАНЕ НА АНОМАЛНИ СИГНАЛИ В ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИ УРЕДИ

Живко Жеков, Гаро Мардиросян

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: zhekovz@yahoo.com

Key words: *anomal signals, approximation method*

Abstract: *The subject of the current research is the possibility of the approximation methods to find anomalous signals in the optic-electronic absorption ozonemeter.*

The absorption ozonemeter provides to carry out research of the total ozone content in the atmosphere in the near ultraviolet part of the optical specter, in the absorption bands of Hartley-Huggins. The intensity of natural optical emissions in the earth atmosphere is researched.

Chebyshev's principle is applied to find anomalous signals. The principle is that the incoming and the registering tract of the appliance background signal, which carries anomalous values, is approximated to a polynomial according to the information signal and after that the actual error is calculated. The definition of the utmost amount of the information signal comes to the calculation of the dispersion error at the approximation. When calculating the utmost value and having in mind that the biggest anomalous errors are caused by senior discharges, an evaluation is performed of the maximum number senior discharges which causes an anomalous error to be found with a certain probability. The searched value is the ability of the approximation polynomial to discover.

Изследването се отнася до регистриране на сигнали от оптико – електронни уреди.

Предмет на настоящата разработка е изследване способността на апроксимационните методи за откриване на аномални сигнали в импулсна фотометрична апаратура “Терма”.

Импулсна фотометрична апаратура “Терма” осигурява изследвания с високопространствена и по време разделителна способност на разпределението на интензивности от натурални оптични емисии в земната атмосфера и светлинни смущения около орбиталната станция. Високата спектрална чувствителност и пространствената разделителна способност позволяват изучаването на бързопротичащи процеси, включително пулсиращи полярни сияния, полярни дъги и др. [1, 2].



Фиг. 1. Импулсна фотометрична апаратура “Терма”

Входният информационен сигнал $\lambda(t)$ при откриване и идентифициране на отдалечени обекти е непрекъснат процес със средна дисперсия σ_λ^2 и корелационна функция $R_\lambda(t)$. В оптико – електронната система сигнала $\lambda(t)$ представлява съвкупност от равноотстоящи стойности във времето $\lambda(ti)$ ($ti = iT_0; i = 0, 1, 2, \dots; T_0$ - период на дискретизация).

Принципът на откриване на отдалечения обект се заключава в това, че постъпващият в регистриращия тракт на уреда шумов (фонов) сигнал носещ анамални стойности $\lambda^*(ti)$ ($i = 0, 1, 2, \dots, n$) спрямо информационния сигнал $\lambda(t)$ се апроксимира по метода на Чебъйшев в полином $\lambda_B(ti)$ със степен $N-1$ ($N \leq 1$), след което се изчислява фактическа грешка:

$$(1) \quad \Delta^*(ti) = \lambda_B^*(ti) - \lambda^*(ti).$$

Априорното разпределение на апроксимацията на $\Delta(ti)$ в отсъствие на аномален сигнал е:

$$(2) \quad \Delta(ti) = \lambda_B(ti) - \lambda(ti),$$

където $\lambda_B(ti)$ – стойност на апроксимирания полином при отсъствие на аномален сигнал.

Ако разпределението е нормално, може да се приеме при $P = 0.99$:

$$(3) \quad |\Delta(ti)P| = 3\sigma_\Delta(ti),$$

$$\text{където } \sigma_\Delta^2(ti) = M[\Delta(ti)]^2;$$

M - математическо очакване.

Следователно определянето на пределната стойност на информационния сигнал се свежда до пресмятане на дисперсната грешка при апроксимацията $\sigma_\Delta^2(ti)$.

При пресмятане на пределната стойност (3) и с отчитане, че най-големи по стойност аномални грешки се предизвикват от старшите разреди, то необходимо е да се извърши оценка на максималния брой старши разряди при проявяването на които съществуващата аномална грешка може да бъде открита с определена вероятност $P_{OTKP} \geq 0,8$. Търсеното значение представлява откривателната способност на апроксимирания полином.

Ако $\lambda(t)$ е с известна корелационна функция $R_\lambda(t) = \sigma_\lambda^2 k_\lambda(t)$ [4], проявяването на $\lambda(ti)$ е регулярно и образува апроксимация полином:

$$(4) \quad \lambda_B(ti) = \sum_{q=0}^{N-1} \sum_{k=0}^n \lambda(tk) Pq, n(k) Pqn(i).$$

На основата на полинома на Чебъйшев [3],

$$(5) \quad Pq, n(i) = \sqrt{\frac{(2q+1)n^{(q)}}{(n+q+1)^{(q+1)}}} \sum_{s=0}^q (-1)^s C_q^s C_q^s + s \frac{i^s}{n^s},$$

където $q = 0, 1, 2, \dots, N-1; i^s = i(i-1), \dots, (1-s+1)$ е обобщен степенен показател.

Отчитайки, че $i = \frac{ti}{T_0}$, интересуващата дисперсия ще бъде:

$$(6) \quad \sigma_{\Delta}^2(ti) = \sigma_{\lambda}^2 \left[1 - 2 \sum_{k=0}^n k \lambda T_{OV} \sum_{q=0}^{N-1} Pq, n(k) Pq, n(i) + \sum_{i+0}^n \sum_{k=0}^n k \lambda (l-k) T_0 \sum_{q=0}^{N-1} Pq, n(l) Pq, n(i) \sum_{j=0}^{N-1} Pj, n(i) \right].$$

При изчисляване на текущата фактическа грешка при апроксимацията (1), се отчита, че аномален сигнал е регистриран при положение i_a , носещ аномална грешка σ_{λ} , т.е.

$$(7) \quad \lambda^*(ti) = \begin{cases} \lambda(ti) + \sigma_{\lambda} & \text{при } i = i_a \\ \lambda(ti) & \text{при } i \neq i_a. \end{cases}$$

Замествайки израза (7) в (5) и получените резултати в (1) се получава за фактическата грешка:

$$(8) \quad \left| \Delta^*(ti) \right| = \left| \Delta(ti) + \sum_{q=0}^{N-1} Pq, n(i) Pqn(i_a) - \delta i, i_a \right| \delta_{\lambda},$$

$$\text{където} \quad ia = \begin{cases} 1, i = i_a \\ 0, i \neq i_a \end{cases}$$

Анализирайки (8) съвместно с (3) се наблюдава, че при зададена вероятност на откриване $P_{OTKP} \approx 1$ следва, че минималната стойност на аномалната грешка е:

$$(9) \quad |\delta_{\lambda}| \geq \frac{2|\Delta(ti)|P}{\sum_{q=0}^{N-1} Pqn(i) Pqn(ia) \delta i, i_a}.$$

В заключение следва да се направи извода, че способността на апроксимационния метод при регистриране на аномални сигнали зависи от вида на входния информационен сигнал в оптико – електронния уред и по-специално от вида на неговата корелационна функция.

Литература:

1. Александров А., Ж. Жеков, А. Христов, И. Узунов, И. Христов, А. Банков, Д. Коларов, Д. Иванова, Т. Станчев, С. Спасов, К. Вълчев, Г. Геров, В. Гергов. Импулсен фотометър "Терма" Научна сесия - Космически технологичен трансфер, Шумен, 1989.
2. Гецов П. Спътникови системи за екологичен мониторинг. Сб. трудове на Научна конференция :Научно-технологичен трансфер", ИКИ – БАН, Шумен, 2000, с. 3-9.
3. Гушкин Л. С. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуационных помехах. М., "Наука", 2000, с. 42-51.
4. Демирович Б. П., И. А. Марон, Э. З. Щувалова. Численные методы анализа. М.: ГИФМА, 1993.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЛИЯНИЕТО НА АБЕРАЦИИТЕ НА ОПТИЧНАТА СИСТЕМА ВЪРХУ АПАРАТНАТА ФУНКЦИЯ НА АБСОРБЦИОНЕН ОЗОНОМЕТЪР

Стилиян Стоянов

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките

Key words: apparatus function

Abstract: When researching the apparatus function of the absorption ozonemeter with infrared selective amplitude modulation, the aberrations of the object-glass are usually ignored. This is in case when a parabolic mirror is used instead of an object-glass with infrared selective modulation. When using an object-glass with a spherical mirror, the aberrations can cause interference picture in the image which can be compared with the changes depending on the properties of the researched specter and on the precision of the performed adjustment.

The requirements for the interference part are criteria for the maximum amount of the aberrations.

Methods were developed to research and evaluate the influence of the aberrations of the optical system on the apparatus function of the absorption ozonemeter with interference selective amplitude modulation. Its goal is to clarify the possibility of using a spherical mirror object-glass, based on the requirements for the quality of the apparatus function.

При изследване на апаратната функция на абсорбционен озонOMETЪР с интерференчна селективна амплитудна модулация, аберациите на обектива обикновено се пренебрегват. Това е в случаи, когато в качеството на обектив с интерференчна селективна амплитудна модулация се използва параболично огледало. В случай на използване на обектив със сферично огледало, то аберациите могат да предизвикат интерференчна картина в изображението, сравнима с изменението, зависещи от свойствата на изследвания спектър и от прецизността на извършената юстировка. Изискванията към интерференчната част са критерий за допустимата стойност на аберациите.

В тази връзка е разработена методика за определяне и оценка на влиянието на аберациите на оптичната система върху апаратната функция на абсорбционен озонOMETЪР с интерференчна селективна амплитудна модулация, с цел да се изясни възможността за приложение на сферичен огледален обектив, изхождайки от изискванията към качеството на апаратната функция.

Входната и изходна диафрагма на абсорбционен озонOMETЪР представляват кръгли отворстия с ъглови размери α_0 . Фокусното разстояние на обектива е равно на F . Входни и изходни зеници на системата са правоъгълни диафрагми с размери $2L \times 2H$. При пресмятане на апаратната функция на озонOMETЪРА се счита, че неговата интерференчна част не внася в изображението допълнителни аберации и има ъглово увеличение, равно на единица.

Разликата, възникваща на входа на абсорбционен озонOMETЪР с интерференчна селективна амплитудна модулация, на монохроматичен лъч с дължина на вълна λ с координати в равнината на входната диафрагма x' и y' и с координати в равнината на зеницата x и y , може да се запише в следния вид:

$$(1) \Delta(x, y, x', y', \lambda, \lambda_0, t) = \frac{R_x}{L} \left[(\lambda - \lambda_0) - \lambda \frac{\varphi_1^2}{2} \right] + \delta(t),$$

където: R – теоретична разделителна способност на диспергиращата система;
 λ_0 – дължина на вълна при настройка на колиматора;
 φ_1 – ъгъл на постъпване на лъча към равнината на зеницата;
 $\delta(t)$ – разлика в хода на лъча, внесена от интерференчния модулатор.

Тогава яркостта в изходящата зеница ще се изменя по закона

$$(2) \quad B = 2B_0 \left(1 + \cos \frac{2\pi\Delta}{\lambda} \right).$$

Тъй като аберациите на обектива ще се изследват при обратен ход на лъчите и ще се пренесат в равнината на образа на цялата система, то удобно е да се приложат полярни координати ρ и θ в равнината на входната диафрагма и да се изрази стойността на φ_1 посредством меридионалната съставляваща:

$$(3) \quad \varphi_1^2 = \varphi_{1x}^2 + \varphi_{1y}^2,$$

при което

$$(4) \quad \varphi_{1x} = \frac{\rho \sin \theta + \delta x'}{F} = \alpha \sin \theta + \frac{\delta x}{F},$$

$$(5) \quad \varphi_{2x} = \frac{\rho \sin \theta + \delta y'}{F} = \alpha \cos \theta + \frac{\delta y}{F},$$

където $\alpha = \frac{\rho}{F}$, $\delta x'$ и $\delta y'$ - съставни на напречните аберации на обектива в равнината на входната диафрагма.

При абсорбционен озонометър изходната диафрагма изрязва от аберационното монохроматично изображение на входната диафрагма централната част, поради което за ъгъл φ_2 е в сила условието $\varphi_2 < \alpha_0^2$, при което

$$(6) \quad \varphi_2^2 = \varphi_{2x}^2 + \varphi_{2y}^2,$$

$$(7) \quad \varphi_{2x} = \varphi_{1x} + \frac{\delta x''}{F},$$

$$(8) \quad \varphi_{2y} = \varphi_{1y} + \frac{\delta y''}{F},$$

където $\delta x''$ и $\delta y''$ - съставлящи на напречната аберация в равнината на изходните диафрагми.

Апаратната функция, представляваща амплитуда на интерференчната модулация на лъчистия поток, преминаващ пред абсорбционния озонометър, отчитайки горепосоченото, може да се запише във вида

$$(9) \quad A(\lambda - \lambda_0) = \frac{1}{N} \int_0^{a_0} d\alpha \int_0^{2\pi} d\theta \int_{-L-H}^{+L+H} dx dy b(\lambda, \lambda_0, \varphi_1, x),$$

където N – коефициент на пълното използване на диаметъра на входната зеница,

$$(10) \quad b(\lambda, \lambda_0, \varphi_1, x) = \left\{ \cos \left[2\pi R \frac{x}{L} \left(\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda} - \frac{\varphi_1^2}{2} \right) \right] \right\}.$$

При разработване на метода се използват формули от теорията за аберациите. Отчита се, че l е разстояние от центъра на диафрагмата до главната ос на огледалния обектив, от където

$$(11) \quad l = 2F \operatorname{tg} i.$$

За разглеждания случай $S_I = \frac{1}{4}, S_{II} = \frac{1}{2}, S_{III} = 1, S_{IV} = -1$, а равнината на изходната диафрагма е изместена относно гаусовата на разстояние δ :

$$(12) \quad \delta = -\frac{l^2}{2F},$$

характеризиращо напречните aberации $\delta x'$ и $\delta y'$; изразени чрез координатите x и y :

$$(13) \quad \delta x' = \frac{-x(x^2 + y^2)}{8F^2} + \frac{3x^2 + y^2}{4F} \operatorname{tgi} - \frac{x}{2} \operatorname{tg}^2 i,$$

$$(14) \quad \delta y' = \frac{-y(x^2 + y^2)}{8F^2} + \frac{xy}{2F} \operatorname{tgi} - \frac{y}{2} \operatorname{tg}^2 i.$$

Тъй като ъгъл i е малък, може да се приеме $\operatorname{tgi} \approx i$. Тогава изразите (4) и (5) с отчитане на (13) и (14) приемат вида

$$(15) \quad \varphi_{1x} = \alpha \sin \theta - \frac{x(x^2 + y^2)}{8F^3} + \frac{3x^2 + y^2}{4F^2} i - \frac{x}{2F} i^2,$$

$$(16) \quad \varphi_{2x} = \alpha \cos \theta - \frac{y(x^2 + y^2)}{8F^3} + \frac{xy}{2F^2} i - \frac{y}{2F} i^2.$$

Отчитайки, че в абсорбционния озонометър с интерференчна селективна амплитудна модулация, се осъществява Z-образен ход на лъчите, то сферичната aberация и астигматизмът в равнината на изходната диафрагма са равни на удвоените aberации на огледалото, а комата напълно се компенсира, тъй като меридиалното увеличение на системата е равно на единица, при което

$$(17) \quad \varphi_{2x} = \alpha \sin \theta - \frac{x(x^2 + y^2)}{4F^3} - \frac{x}{F} i^2,$$

$$(18) \quad \varphi_{2y} = \alpha \cos \theta - \frac{y(x^2 + y^2)}{4F^3} - \frac{y}{F} i^2.$$

Полагайки в интеграла (9) $n = \frac{x}{L}, v = \frac{y}{H}, a = \frac{2\pi R(\lambda - \lambda_0)}{\lambda}, z = \pi R \alpha^2$ и приемайки телесния ъгъл Ω , под който се наблюдават входната и изходна диафрагма от главната точка на обектива, оптимален и равен на $\frac{2\pi}{R}$, а $l = 2L = 2H$, се получава нов израз за определяне на апаратната функция:

$$(19) \quad A(a) = \frac{1}{N} \int_0^{2\pi} dz \int_0^{2\pi} d\theta \int_{-1}^1 du dv f(a, \Phi_1, u),$$

при което

$$f(a, \Phi_1, u) = \begin{cases} \cos[(a - \pi R \Phi_1 u)] & \text{при } \Phi_2^2 < 2\pi \\ 0 & \text{при } \Phi_2^2 \geq 2\pi, \end{cases}$$

където

$$\Phi_1^2 = \Phi_{1x}^2 + \Phi_{1y}^2,$$

$$\Phi_2^2 = \Phi_{2x}^2 + \Phi_{2y}^2.$$

Тогава

$$\Phi_{1x} = \sqrt{2z} \sin \theta + M \left[\frac{-u(u^2 + v^2)}{64} + \frac{3u^2 + v^2}{16} - \frac{u}{4} \right],$$

$$\Phi_{1y} = \sqrt{2z} \cos \theta + M \left[\frac{-u(u^2 + v^2)}{64} + \frac{uv}{8} + \frac{v}{4} \right],$$

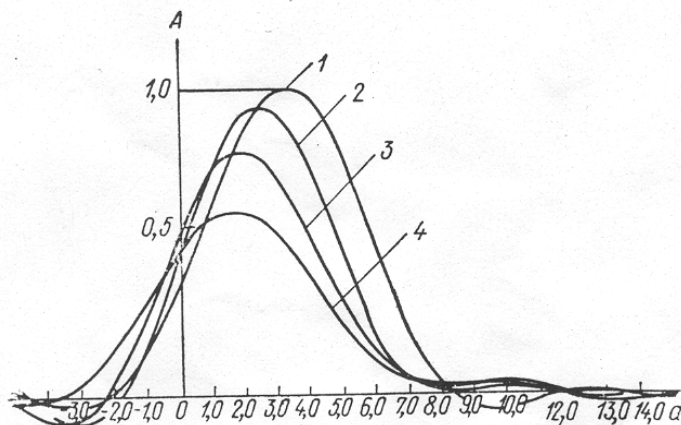
$$\Phi_{2x} = \sqrt{2z} \sin \theta + M \left[\frac{-u(u^2 + v^2)}{32} - \frac{u}{2} \right],$$

$$\Phi_{2y} = \sqrt{2z} \cos \theta + M \left[\frac{-v(u^2 + v^2)}{32} - \frac{v}{2} \right].$$

Коефициентът M е свързан с относителното отверстие на обектива, $\varepsilon = \frac{L}{2F}$, а

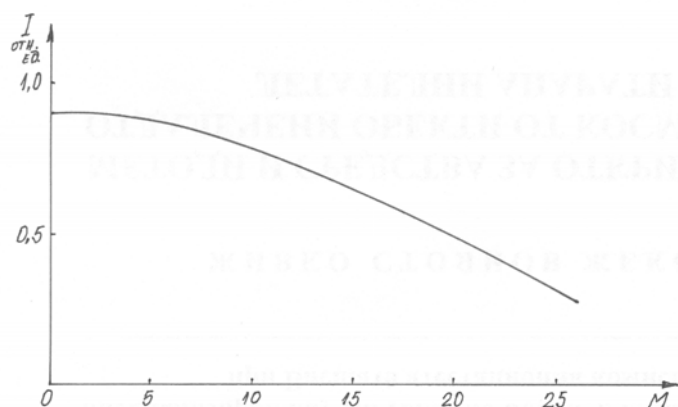
$$M = \sqrt{2\pi R \varepsilon^3}.$$

Стойностите на интеграла (19) са пресметнати при различни коефициенти M , което позволи построяването на последователност от апаратни функции $A(a, M)$ при стойности на M в интервала от 0 до 20 със стъпка 0,5 (фиг. 1).



Фиг. 1. Серия апаратни функции $A(a, M)$: 1– $M=0$; 2– $M=5$; 3– $M=10$; 4– $M=15$

На базата на приведената графика може да се направи извода, че с увеличаване на светосилата на експериментиранияте огледални обективи, апаратната функция притежава значително изменение. На фиг. 2 графически е изразен хода на интензивността на апаратната функция в максимум в зависимост от M .



Фиг. 2. Зависимост на интензивността на апаратната функция I от коефициента M

В заключение следва да се отбележи, че отчитайки допустимия спад на интензивността на апаратната функция в максимума с 3 %, в сравнение с интензивността на не изместената апаратна функция, то се оказва, че стойността на M не трябва да превишава 6 до 7. Така за обектива на абсорбционния озонометър, при теоретична разделителна сила $R = 5 \cdot 10^5$ е разработен колиматорен обектив с относително отворстие $\varepsilon < 1:6$.

Литература:

1. Жеков Ж. Оптични методи и средства за откриване на отдалечени обекти от борда на космически летателни апарати Университетско издателство «Епископ К. Преславски», Шумен, 2006. 308 с.
2. Жеков Ж., Г. Мардиросян, И. Христов, Д. Иванова. Абсорбционны ультрафиолетовы озонометр. Българско геофизично списание, Том XXIII, № 3-4, s. 50-54.
3. Палазов К., А. Манев, Ж. Жеков, П. Петков. Проект ИНТЕРБОЛ. Ултравioletов спектрофотометър УФСИПС, Резултати по данни от бордовия компютър. Сб. Трудове НВУ «В. Левски», факултет «Артилерия, ПВО и КИС», Шумен, 2004, стр. 253-259.

WATER SUPPLIES UNDER DISASTER CONDITIONS OR USE OF MASS DESTRUCTION WEAPONS

Lyubomir Vitanov

*Rakovski Defence and Staff College - Defence Advanced Research Institute
e-mail: vitanov.lpv@abv.bg*

Keywords: water purification, disaster.

Abstract: Water supplies under disaster conditions or use of mass destruction weapons is very important to survival. Reserves of potable water and food must be created in the collective protection shelters. Reserves of potable water and food are limited in quantity and time. When water treatment or extraction systems are available, longer period of stay in a shelter is possible. Such systems decrease the risk of illnesses or deaths. The current water treatment systems work on the principle of filtration with carbon or other porous materials, reverse osmoses, ion exchange, deionization, chemical treatment, etc. The goal is to obtain pure water with complying with the applicable standards for potable water quality. The new systems which will appear in the near future will be able to synthesize water from various organic substances, such as fuels etc.

СНАБДЯВАНЕ С ВОДА В УСЛОВИЯТА НА БЕДСТВИЯ И АВАРИИ ИЛИ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ОРЪЖИЯ ЗА МАСОВО ПОРАЗЯВАНЕ

Любомир Витанов

*Военна академия "Г.С.Раковски" - Институт за перспективни изследвания на отбраната.
e-mail: vitanov.lpv@abv.bg*

Ключови думи: пречистване на вода, бедствия

Резюме: Снабдяването с вода в условията на използване на оръжия за масово поразяване е важна задача за оцеляване на населението. Необходимо е създаването и опресняването на запаси от чиста вода и храна в стационарните средства за колективна защита. Тези резерви имат определен лимит в количествата и определят времето за престояване в тях. Когато има средства за добиване на вода и нейното пречистване може да се увеличи времето за престой в такава изолирана среда. Тези средства ще позволят да се намалят случаите на заболявания и смърт. Средствата, които се използват сега работят основно на принципите на филтрацията, обратната осмоза, йонообмен, третиране с химически вещества и др. Целта е да се получи вода, която да отговаря на действащите стандарти за качество на питейната вода. Новите системи в близко бъдеще ще могат да синтезират вода от различни органични вещества, например горива и др.

В рамките на политиката за национална сигурност въоръжените сили имат задачи да оказват помощ на населението при бедствия и аварии и при поддържане на мира, хуманитарни и спасителни мисии и др. [3]. Потенциалът на "Гражданска защита" за снабдяване на населението с вода също е ограничен. Развитието на средствата и методите за монистично осигуряване във въоръжените сили ще разшири възможностите за подпомагане на населението в критични ситуации.

Снабдяването на населението с вода е основна задача, която може да намали многократно заболяемостта и смъртността на хората. В екстремни случаи при местност с неблагоприятна околна среда или заражена с бойно отровни вещества (БОВ), промишлени отровни вещества (ПОВ) или радиоактивни нуклиди може да се наложи снабдяването с питейна вода да става от местни водоизточници или дъждовна вода. Доставянето на необходимите количества ще е трудно, особено ако в такива условия се окажат големи групи от хора. Недостиг на вода ще има и при продължително престояване в укрытията или скривалищата и е по-целесъобразно да останат там за повече време, за да се намалят

високите степени на радиация или да настъпи естествена дегазация на токсичните вещества на местността. Това ще създаде условия за безопасно извеждане на хората без индивидуални средства за защита, но нуждите за чиста вода ще са актуални.

За задоволяване нуждите и максимално да се намали обема на доставяната вода е необходимо да се използват средства и методи, които да могат да пречистват вода от всякакъв водоизточници, включително и такива, които съдържат БОВ, ПОВ, бактериални (биологично активни) средства и др. При наличие на резервоари с достатъчен обем, дори водата в тях да не е прясна, тя лесно може да се пречисти. Остава въпросът какво ще се прави, когато водата свърши. Необходимо е да се знае, че в едно скривалище трябва да се създадат запаси от вода за пиене с разчети най-малко 2 - 3 литра на един човек за един ден, като водата за битови нужди трябва да бъде от 4 до 7 литра. Ето защо е наложително да се разработват нови методи за пречистване и добиване на вода.

В бъдеще снабдяването с чиста вода ще може да става чрез дълбоко пречистване на наличната вода (дори тази от отходните води), ще се синтезира вода от отработените газове на автомобилите, ще се кондензира вода от въздуха и ще се разработват следващи поколения системи за пречистване на вода.

Питейната вода е безопасна и чиста, когато не съдържа микроорганизми, паразити, химически, радиоактивни и други вещества в концентрации, които представляват потенциална опасност за здравето на човека;

Основните потенциални замърсители, които трябва да се пречистят са [4]:

- неорганични вещества (неразтворими и разтворими, включително и радиоактивни нуклиди);
- органични вещества (включително бойни и промишлени отровни вещества);
- биологични субстанции.

Основните стойности на възможните замърсители в нормативната уредна в България са:

Микробиологичните показатели

Показател	Стойност брой колонообразуващи единици (KOE /ml)
Ешерихия коли (E. coli), Ентерококи, Псевдомонас аеругиноза	0/250
Брой колонии (микробно число) при 22 °C	100(2)
Брой колонии (микробно число) при 37 °C	20(2)
Биотоксини – Т-2 токсин	8,7 µg/l

Радиологични показатели

Показател	Единица
Тритий	100 Bq/l
Радий226	0,15 Bq/l
Естествен уран	0,06 mg/l
Обща индикативна доза	0,10 mSv/year
Обща бета-активност	2,0 Bq/l

Норми за заразеност с БОВ на питейна вода и продоволствие. [2]

БОВ	Гранично допустими концентрации mg/gm ³ на БОВ във вода при употреба		
	1 ден	2 ден	3 ден
V газ	0,0006	0,00006	0,00002
Зарин	0,0003	0,00001	
Зоман	0,006	0,00084	0,0002
иприт	0,005	-	-

Задачата да се създадат устройства, за отстраняване в достатъчна степен на всички замърсители, изисква използване на високотехнологични съвременни методи.

При екстремни ситуации водоизточниците, от които ще се черпи вода, ще са с неизвестни замърсители. Средствата, които трябва да осигурят пречистването трябва да премахнат всички токсини до концентрации, безопасни за човека и то в количества, които трябва да са достатъчни за няколко дневен престой в тези условия. Качеството на питейната вода в България е регламентирано в Наредба № 9, както и други стандартизационни документи на НАТО. Там са дадени основните видове замърсители и методите за тяхното качествено и количествено определяне за нуждите на санитарния контрол.

Пречистването на водата се извършва при определена последователност на процесите. [6] Методите се определят от вида на замърсяването, количеството вода, която трябва да се пречисти и степента на пречистване.

Основните методи, които са приложими за системите при кризисни ситуации са:

1. Механично пречистване.

Чрез този метод се задържат и отстраняват по-голямата част от неразтворените вещества, а замърсяването с органични вещества се понижава от 15 до 35 %. Процесите, които се използват са прецеждане, утаяване и филтруване, а съоръженията са от типа на решетките и ситата. Фино суспендираните частици могат да се отстранят чрез филтруване или центрофугиране.

2. Физикохимично пречистване.

Физикохимичните методи са коагулация, електрокоагулация, сорбция, йонообмен и др.

Коагулацията най-често се прилага за пречистване на диспергирани и колоидни замърсители. Колоидните частици са електроотрицателни с диаметър около 2 μm .

Сорбционните методи се използват за отстраняване на устойчиви органични вещества, неразградими по биохимичен път – пестициди, бойни отровни вещества и др. За адсорбционните качества на сорбента се съди по адсорбционната му изотерма, която е динамично равновесие между сорбираното върху единица маса от сорбента вещество и равновесната му концентрация във водата.

Пречистването на водите чрез йонообмен се основава на обмена на еквивалентни количества йони между твърди неорганични или органични вещества (йонити) и замърсена вода. Йонитите се приемат като електролити способни да взаимодействат с други електролити.

3. Химическо пречистване.

Обикновено това пречистване се основава на обработката на водата с реагенти, които образуват с някои замърсители слабо разтворими съединения.

4. Пречистване чрез мембранни процеси.

Основното предимство на мембранните процеси е, че те протичат без фазови превръщания при обикновена температура и са със сравнително просто технологично оборудване. Мембраните могат да са полимерни, керамични и метални. Разликата в налягането от двете страни на мембраната е движеща сила на разделянето. Такива са обратната осмоза, ултрафилтрацията и микрофилтрацията. Прилагането на външно налягане трябва да превишава няколкократно осмотичното налягане на разтворените вещества. При обратната осмоза се задържат частици с размери от 0,0001 μm до 0,001 μm , при ултрафилтрацията – от 0,001 μm до 0,2 μm и при микрофилтрацията – от 0,2 μm до 10 μm . Основни характеристики на мембраните са тяхната пропускателност, селективност и порестост.

5. Електродиализа.

Това е процес, при който под въздействие на прав ток в многокамерен мембранен апарат (електродиализатор) се извличат йони на соли. Мембраните са плътни и се разделят на хетерогенни (прахообразни йонообменни смоли и полимерно свързващо вещество – полиетилен (PE) или полипропилен (PP)) и хомогенни – полимерно фолио модифицирано със съответните йонообменни функционални групи.

Едно ново направление за ефективно пречистване на вода са нанотехнологиите. Това е ново направление в съвременната наука с невероятни възможности. Системите за пречистване на вода ще могат да задържат и ще разграждат разтворените вещества. Ще има възможност за ясна и лесно видима индикация при отработване на ресурса на филтъра и наличие на токсични вещества във водата и др. В таблицата са посочени до каква степен са ефективни различните методи за пречистване на вода. [5]

Методи \ Токсини	Хим. агенти	Бактерии, спори	Вируси	Био-токсини	Радиоактивни вещества
Коагулация, филтрация	С	Д; О	Д; О	С	Д
Гранулиран активен въглен	Д	З	З	П	С
Микрофилтрация	С	О	С		О*
Третиране с хлориращи вещества	П	О	Д О		С
Озониране	П	О	О		С
Дейонизация	С	С	С	С	О
Обратна осмоза	О	О	О	О	О*
Ултрафилтрация	С	О	О		О*
Дезинфекция с ултравиолетова светлина		О	О		С

Забележка: С - слабо (0 до 20% премахване); 3 - задоволително (20 до 60% премахване); Д-добро (60 до 90% премахване); О - отлично (90 до 100% премахване); П – променливо; * - Частично се премахва

Третирането на вода при заразяване с химически вещества (органични и неорганични) се основава на два основни метода – задържане на примесите в обема на филтъра чрез абсорбция и адсорбция и/или преобразуването на замърсителите чрез каталитично окисление в по-малко токсични вещества с последващо задържане във филтъра. Пречистената вода трябва да съдържа под допустимите концентрации първоначалните замърсители. Възможни замърсители на водата са органични вещества, пестициди, бойни и многообразни промишлени вещества, както и вещества на базата на нефтопродукти. Те се отстраняват предимно чрез сорбция и задържане във филтъра. Новите филтри имат много голяма площ и развита пореста структура, която включва микро-, мезо- и макропори (радиус на порите съответно 15 до 16 Å; 16 до 1000 Å и 1000 до 2000 Å. В от зависимост вида и технологията за производство количеството на различните пори е различно. Това определя и ефективността на филтъра по абсорбция на различните вещества. Най-ефективни са микро- и мезопорите, които могат да задържат в структурите си дори леки газове – азотни оксиди, циановодород и др. В мезо- и макропорите се задържат по-тежки и с по-големи молекули вещества (хлор, нервнопаралитични вещества, иприт и др.) При наличие във водата замърсявания с такива вещества, те бързо заемат необратимо местата в мезо- и макро порите, като по този начин изчерпват капацитета на филтъра. При това достъпът на молекулите с малка молекулна маса до местата, където те могат да се задържат (микропорите) се изключва. Няма метод, който чрез третиране на водата да постигне пълно отстраняване на замърсителите. С течение на времето филтрите загубват способността си да захващат веществата и те трябва да се сменят.

Времето за работа на един филтър се препоръчва от производителя, на база на проведени сравнителни лабораторни методи. Те до голяма степен са достоверни, но не могат и не отчитат реалните условията и качествата на водата, която ще се пречиства. Остава открит въпроса кога да се сменят филтрите? Това зависи от наличието на информация за използваните водоизточници. Ако се очаква във водата да има наличие на БОВ или други токсични продукти и то във високи концентрации е целесъобразно да се контролира качествата на водата преди да се използва. Ако това не е възможно е необходимо да се намали максимално водата за пиене, като се увеличи количеството на хлориращите агенти и водата престоява по-продължително време, за да има възможност и най-устойчивите БОВ и бактериални средства да се унищожат. При наличие на нови филтри те се сменят възможно по-често. Отработените филтри трябва да се херметизират и отделят така, че да не могат да въздействат на хората вещества, които биха могли да се десорбират с течение на времето.

Особеност при филтрирането на радиоактивни вещества е, че активността на филтъра расте непрекъснато с количеството на преминалата през него вода и става сериозен източник на излъчване, като може да нанесе радиационни поражения. При такава ситуация се изолира достъпа до филтъра и се контролира непрекъснато нивото на радиация.

При продължително използване на филтриращите системи те губят свойствата си да пречистват. Този процес може да се дължи на насищане на активните центрове в сорбентите, времето и условията на съхранение и др. Колкото по-големи концентрации замърсители има за пречистване, толкова живота на филтъра е по-малък. Тези фактори са много разнообразни като концентрации, време на действие, температурни условия и др. и влияят на времето за пробиване. Оттук идва и трудността да се определи кога да се сменят филтриращите системи.

При всички случаи е необходимо са се създадат условия за проверка на качеството на водата чрез периодични химични и биологични анализи.

Премахването на болестотворни микроби е проблем, който все повече се решава успешно с намаляване на порите на средствата за филтриране, през които преминава водата. По този начин не могат да преминат в чистата вода големите микроорганизми. Трябва да се има предвид, че задържането им във филтъра е предпоставка при благоприятни условия те да се развият и да се увеличи количеството им. При следващо пречистване на вода е голяма вероятността те да попаднат в човека. Механичното задържане не може да реши въпроса с много видове от тях. Затова последния етап от пречистването е унищожаването им. Това става с катализатори, повишаващи скоростта на окисление на органичните вещества. Това е едно от направленията за развитие на нанотехнологиите в тези процеси.

Пречистването от биологични опасни вещества по класическият начин става чрез използването на окислителни агенти. Такива са окислителите с хлориращо действие, които при разтварянето си отделят т.н. активен хлор. Такива вещества са хлорна вар, калциев хипохлорит, соли на изохлоридната киселина и др. В по-редки случаи се използва хлориране с газообразен хлор, бромане или озониране. Тези окислителни агенти могат да доведат до намаляване на концентрацията на отровните вещества, но е трудно да се намалят под допустимите

концентрации нервнопаралитичните БОВ. Това изисква много време и високи концентрации на окислителните агенти.

Ефективен метод е унищожаване чрез облъчване с ултравиолетова светлина.

Средства за снабдяване в прясна вода при екстремни условия

Съществуват различни полеви системи, както по капацитет, така и по методи за пречистване. На пазара се предлагат от таблетки за пречистване на вода със съмнителни качества, устройства за индивидуално ползване, с възможности за използване на всякакви водоизточници, системи за снабдяване с вода на групи от хора от 100 – 150 човека до транспортируеми системи за снабдяване на 2000 до 3000 човека. Тези системи могат да се транспортират, могат да работят на кораби или да се оборудва с тях стационарни колективни средства за защита.

Примери за такива системи са:

1. Обработката с хлориращи агенти могат да доведат до намаляване на концентрацията на отровните вещества, но е почти невъзможно да се намалят под допустимите концентрации зарамена с нервнопаралитичните БОВ вода. Това изисква много време и високи концентрации на окислителните агенти, при което водата става негодна за пиене от третиращите елементи. На пазара се предлагат таблетки с окислително хлориращо или йодиращо действие (съдържащи хлордиоксид или Е 926- забранен в Европа). Такива са таблетките Micropur MP1 (Katadyn). За пречистване на 1 литър вода от бактерии, вируси и др. е необходимо да се разтвори в една таблетка (водата след третиране отговаря на EPA Water Purifier Test Standards.)

2. Филтриращи системи за индивидуално пречистване на вода

2.1. Филтърът за екстремни случаи. Cyst Filter (Израел) е персонален филтър за пречистване на вода от биологични, органични и неорганични вещества. Филтъра се използва за непроверени източници на вода Може да пречисти 3,75 литра вода в бутилка от биологични, органични и неорганични вещества.

2.2. Касета за пречистване на вода AntiClog™ – Katadyn® Швейцария е със сменяем филтър от активен въглен с голяма площ. С устройството лесно и бързо се манипулира. Състои се от касета, в която се поставя филтъра, ръчна помпа и маркуч с накрайник за вземане на вода от водоизточник. Отстранява бактерии и микроорганизми. Има капацитет за пречистване на вода до 750 литра. Тежи 310 g.

2.3. Бутилка за екстремни случаи – Katadyn® се използва за пречистване на вода от всякакви водоизточници. Налива се вода в бутилката, която за определено време преминава през активния въглен и се пречиства от химични вещества и биологични вещества. Обемът на съда е около 800 ml. С един филтър могат да се пречистят около 100 литра вода.

2.4. Бутилка LIFESAVER (UK)

Представлява филтрираща система в бутилка, пречистваща вода от бактерии без да се йодира или хлорира Това е първата по рода си система за пречистване на вода чрез ултрафилтрация. Обезврежда вируси и бактерии >99,9999 % . Бутилката пречиства 2,5 L/min при 0,25 бар. Филтърът представляват система от последователно работещи предфилтър, активен въглен и мембрана за ултрафилтриране. Капацитета на филтриращата система е 4000 l или 6000 l в зависимост от вида на сменяемите филтри. Бутилката тежи 635 g и има вместимост 750 ml, Индикатор за смяна на касетата е при затруднено изливане на водата с многобройни напompвани.

2.5. За американската армия се разработва т.н. индивидуална електронна писалка за дезинфекция. Тя служи за пречистване на вода и е разработена на базата електролизно задържане на соли, съвместно с методите на мембранно филтриране, обратна осмоза, адсорбция и др. Системата работи при ниско налягане и пречиства по-бързо и ефективно отколкото хлориращите и йодиращите средства. Писалката пречиства от 150 l до 300 l вода с един комплект батерии, като използва соли и вода. За около 10 унищожаване 99,9999% от бактериите. Правят се изпитвания, които доказват ефективността на системата и за пречистване на бойно отровни вещества. [8]

2.6. В България се извършва научно изследователска дейност за създаване на филтри за пречистване на вода, като се използват и нанотехнологии. Създаден е прототип на филтрираща система (ФПВ) пречистваща на няколко етапа. Първият е грубо пречистване и се извършва от предфилтър. След това водата преминава през активен въглен без катализатор, където се задържат частици с големина до 2 µm. До голяма степен се захващат бактерии и микроорганизми. След това водата постъпва в комбиниран филтър съставен от силикатни с голяма площ, каталитични добавки на база на сребро и др. В този обем са подредени пластини с нанесени върху тях специални нанокатализатори – вещества, които играят ролята на

катализатори за разграждане на органични вещества. Създадената мощна защита е предпоставка за пълно пречистване на водата от неорганични, органични и биологични замърсители. Качествата на водата отговарят на българското законодателство. Капацитетът на филтъра е над 200 литра.

3. Системи за пречистване на вода за големи групи хора.

3.1. Системата ZENON Mini-ROWPU [9] е модулна транспортируема единица за пречистване на вода, способна да пречисти дори и отходни води в такива за пиене. Работи на принципа на обратната осмоза. Производителността ѝ е над 8 литра за минута. Показателите на водата съответстват с изискванията на Световната здравна организация и STANAG 2136. Размери на системата - 1549 mm x 1219 mm x 1251 mm. Маса: 564 kg. Мощност на помпата – 5 kW. *General Electric Company*

3.2. ADROWPU е транспортируема двойно проточна система, работеща на обратната осмоза, способна да пречисти вода от всякакви водоизточници при всякакви климатични условия. Производителността ѝ е до 5000 l/h питейна вода през едната линия или 2400 L/hr ако водата се пречиства два пъти през двойно проточната линия.

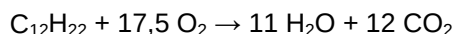
3.3. През 1979 в САЩ е разработена система ROWPU с възможност да пречиства около 200 литра на час вода. Водата се нагнетява от водоизточника в системата посредством помпа, следва коагулиране с катийонен полиелетролит. Така пречистената вода се прекарва чрез система от филтри, която отделя всички частици над 5 µm. С филтри от активен въглен се премахват замърсявания от БОВ, РВ и др. Следва система, работеща на принципа на обратната осмоза с високо налягане. В края има помпа за инжектиране на хлориращ агент за премагване на остатъци на биологични елементи. Следващите години се създават по-големи системи с по-голяма производителност, но основните принципи на пречистване остават непроменени.

3.4. Stella Meta, е част от ITT Corporation inc., произвеждаща мобилно установки за пречистване на вода (WPU), гъвкави резервоари за съхранение на вода и приспособления за безопасно пиене на вода в условията на ЯХБЗ.

3.5. В БА все още на снабдяване се намира системата за пречистване на вода Автоматична филтрираща станция МАФС-3. Тя служи за пречистване на природната вода от естествени замърсявания (мътилка, цвят, вкус, мирис и др.), от радиоактивни, отровни вещества и бактериални средства — патогенни бактерии и токсини. Водата се пречиства чрез хлориране, коагулиране и утаяване в резервоар с по-нататъшно филтриране чрез филтър и дехлоратори, запълнени с надробен антрацит и активирани въглища.

Пречистването на заражена вода (специално пречистване) се извършва в зависимост от вида и степента на заразяването или по схемата на обикновено пречистване, или чрез хлориране, коагулиране, утаяване с по-нататъшно филтриране през филтър и дехлоратори, запълнени с карбоферогел-М и сулфовъглища.

Разработки, които могат да решат революционно снабдяването с вода се разработват и сега. Правят се изследвания за метод за добиване на вода, който използва отработените газове от автомобилите. При разлагането на гориво се получават въглеродни оксиди и вода, която може да се събере и пречисти до питейна. Най-общо това може да стане по уравнението:



Теоретично при изгарянето на 1 литър дизелово гориво може да се получи около един литър вода. Ефективността на експерименталните установки е около 65 %.

Ефективността на различните методи за пречистване на вода [5]

Методи \ Токсини	Хим. агенти	Бактерии, спори	Вируси	Био-токсини	Радиоактивни вещества
Коагулация, филтрация	С	Д; О	Д; О	С	Д
Гранулиран активен въглен	Д	З	З	П	С
Микрофилтрация	С	О	С		О *
Третиране с хлориращи вещества	П	О	Д О		С
Озониране	П	О	О		С
Дейонизация	С	С	С	С	О
Обратна осмоза	О	О	О	О	О*
Ултрафилтрация	С	О	О		О*
Дезинфекция с ултравиолетова светлина		О	О		С

Забележка: С - слабо (0 до 20% премахване); З - задоволително (20 до 60% премахване) ; Д-добро (60 до 90% премахване); О - отлично (90 до 100% премахване); П – променливо; * - Частично се премахва

Направеният кратък преглед на методите и системите за пречистване на вода при бедствия, аварии и кризи е важен проблем, свързан с повишаване устойчивостта на населението в екстремни ситуации. В Р. България тези проблеми се подценяват, не се отделят средства за оборудване на скривалищата със системи за пречистване на вода. Разчита се само на създаване на запаси от чиста вода, които запаси дори да са създадени могат да решат въпроса по оцеляването само за малък период от време. Не се развива и научноизследователска работа за създаване на нови технологии и системи, каквато е практиката във всички средно развити и развити страни.

Литература:

1. БДС 2823-83 Вода за пиене и Допълнение към БДС 2823-89 ВД
2. В а с и л е в П. Георги. Химия и опазване на околната среда, Св. Климент Охридски, София, 2001
3. Военна доктрина на Република България, 2002 г.
4. Наредба N^o 9 от 2001 г. за качеството водата, предназначена за питейно – битови цели. (ДВ, бр. 30/2001)
5. E r n e s t L o r y and S t e p h e n C a n n o n. Potable water CBR contamination and countermeasure, U.S. Army
6. STANAG 2885 Emergency supply of water in war.
7. STANAG 2136 Minimum standards of water potability during field operations - AMedP-18
8. J a m e s S. D u s e n b u r y. Military Land-Based Water Purification and Distribution Program, U.S. Army.
9. www.gewater.com/products/equipment/other_equipment/ROWPU.jsp

ORGANOPHOSPHORUS TOXIC CHEMICAL AGENTS – THE MOST PROBABLE WEAPONS OF TERRORISM

Ivan Popov¹, Georgi Popov²

¹Rakovski Defence and Staff College, Defence Advanced Research Institute
Sofia 1504, Bulgaria, 82, Evlogi Georgiev Blvd, tel. 9226537, e-mail: igpopov@mail.bg

²Kingston Environmental Services, Inc., USA

Keywords: toxic chemical substances, nerve agents, contamination and decontamination, exposure assessment, devices for first aid

Abstract: The anticipated terrorist attacks with use of toxic organophosphorus agents and the scale of contamination of different objects are examined. The mechanism of intoxication of humans and contamination of the environment is elucidated. The physicochemical processes of removal and decontamination of organophosphorus agents are described. The characteristics of the new devices for individual and collective protection and the most effective methods and means for decontamination of different objects are evaluated.

ФОСФОРОРГАНИЧНИТЕ ТОКСИЧНИ ХИМИЧЕСКИ АГЕНТИ – НАЙ-ВЕРОЯТНИ ОРЪЖИЯ НА ТЕРОРИЗМА

Иван Попов¹, Георги Попов²

¹Военна академия "Г. С. Раковски", Институт за перспективни изследвания за отбраната
гр. София 1504, бул. "Евлоги Георгиев" № 82, тел. 9226537, e-mail: igpopov@mail.bg

²Кингстън Енвайрънментал Сървисиз, Канзас Сити, САЩ

Ключови думи: токсични химически агенти, нервнопаралитични отровни вещества, заразяване и дегазация, поразяващо въздействие, средства за първа помощ

Резюме: Разгледани са възможните терористични атаки с токсични химически фосфорорганични агенти и мащабите на заразяване на различни обекти. Разяснен е механизмът на поразяване и възможното въздействие върху човешкият организъм и околната среда. Описани са физикохимичните процеси протичащи при отстраняване и обезвреждане на фосфорорганични агенти. Обосновани са характеристиките на съвременните средства за индивидуална и колективна защита и най-ефективните методи и средства за дегазация на различните обекти.

Събитията през последните години (ядрени аварии, терористични актове, скрито производство на химични и биологични оръжия) показват, че вероятността войсковите формирования, участващи в разнообразни мисии и операции да срещнат РХБ агенти е висока. Това налага своевременно изучаване на поразяващото въздействие на РХБ агентите, ефективните средства за защита от тях, както и способите и средствата за тяхното отстраняване и обезвреждане от заразените обекти.

Радиологични агенти са радиоактивни частици в твърда, течна или газообразна фаза, които засягат кожата, тъканите, клетките на външни и вътрешни органи и могат да причинят лъчева болест. Разпадането им е свързано най-вече с α -излъчване и в редки случаи γ -излъчване [1,3].

В миналото, радиологично или ядрено оръжие бяха класифицирани на основа използване на взрив от радиоактивни материали.

В днешния, нов свят, където ядрената война е малко вероятна, радиологичното оръжие е предопределено като оръжие на терористи, използващи Cs-137, Sr-90, Co-60, S-38 и др. в много локализирани конфликти [3].

Радиологичното оръжие има редица преимущества. На първо място е лесното му разпространяване (разпръскване) и поразяващото въздействие върху цялото тяло. Заразяването може да се извърши и по активен способ чрез взривяване на боеприпаси. Използването на радиологични агенти е съпроводено с висока степен на фактора на шока. Страховитият ефект се увеличава и от медиите, отразяващи "Мръсната бомба". Съществено преимущество е и дълговременното заразяване на различни обекти и области. Така например, ако периодът на полуразпад на S-38 е 2,48 часа, то на Cs-137 е 30 години. Дезактивацията на заразените обекти и райони е изключително скъпа и трудна, а в някои случаи и невъзможна. Преимущество на радиологичното оръжие е и възможността за дълговременно съхранение на склад.

По-съществени недостатъци на радиологичното оръжие са:

- трудности за получаване в големи количества и защита на производителите при зареждане в бойни системи за употреба;
- лесна детектируемост на радиоактивен материал, отделящ бета и гама излъчвания;
- малка ефективност на разпространение в околната среда (радиоактивният материал е с висока относителна маса и не може да бъде разнесен далеч от вятъра).

Поразяващото действие на радиологичните агенти се дължи на облъчването (външно - β -частици и γ -лъчи) и вътрешно (α - и β -частици). При външно облъчване опасността е най-голяма при облъчване с γ -кванти. Алфа и бета-частиците са опасни, когато радионуклидите се натрупват върху незащитена или наранена кожа. Най-опасно е вътрешното облъчване, когато радиоактивни продукти попаднат в организма поради високата йонизираща способност на излъчване на α - и β -частиците.

Поразяващото действие на радиологичното оръжие върху човека се изразява в лъчева болест. В зависимост от погълнатата доза се различават четири степени на лъчева болест [3,4]. Първа степен на лъчева болест се получава при погълнати дози на облъчване от 0.8 до 2.0 Gy ; втора от 2.0 до 3.2 Gy; трета от 3.2 до 4.8 Gy и четвърта над 4.8 Gy.

При взаимодействие на йонизиращото лъчение с биологичната тъкан, вследствие на йонизация и възбуждане се образуват молекули и радикали, даващи начало на химични реакции, при които могат да бъдат засегнати и увредени жизненоважни субклетъчни структури [3]. Счита се, че главно звено в тези реакции са продуктите от радиолизата на водата - йоните H^+ , OH^- , HO_2^+ , които имат голяма химична активност.

Увреждането на клетките се дължи главно на нарушаване на структурата. Експериментално е доказано, че някои от уврежданията на клетките са обратими и те могат да се възстановят. Също така не всички увреждания водят до смърт на клетката и ако тя не се възстанови до първото делене след облъчването, измененията ще се предадат на дъщерните клетки. Това може да доведе или до тяхната смърт, или до промяна на жизнеспособността и специфичните им функции.

Поразяващото действие на човека може да се прояви в различни форми и степени - от незначителни функционални смущения и леки структурни увреждания на отделни негови органи и тъкани до смъртта му, както и в различно време след облъчването.

Канцерогенното действие на йонизиращите лъчи се смята, че съществува при почти всички тъкани. Със сигурност е установено предизвикването на някои видове левкози (злокачествени заболявания на кръвоносната система).

Генетичният ефект от радиоактивното облъчване е свързан с увреждането на гена, при което преминава в нова устойчива форма, която се възпроизвежда в дъщерни клетки. Този процес се нарича мутация. Ако мутацията е станала в полова клетка, нейното евентуално участие в оплождането би довело до предаване на тази мутация на всички клетки на новия организъм.

Радиологично средство за разпръскване може да разстели радиоактивен материал на големи площи. В резултат на това може да бъдат заразени сгради, техника, водоизточници, облекло и снаряжение и др. както с течни аерозоли така и с твърди частици. При контакт на радиоактивните частици с повърхностите възниква адхезионно и адсорбционно взаимодействие. В резултат на дифузионни и други процеси радионуклеидите могат да проникнат в дълбочина на заразените повърхности, осъществявайки дълбочинно заразяване. В зависимост от физикохимичните процеси заразяването може да бъде адхезионно, повърхностно и дълбочинно. Затова дезактивацията на заразените обекти и райони е изключително скъпа и трудна, а в някои случаи и невъзможна. В процеса на дезактивация е необходимо да се извлекат радиоактивните вещества, проникнали в дълбочина или да се отстранят радионуклеидите от повърхността.

Процесите на заразяване предопределят и способите за отстраняване на радиоактивните частици. В реални условия може да има съчетание от няколко вида заразяване

в различна последователност. Така при попадане на радиоактивни вещества във вид на капчици първоначално определяща се явява адхезията на капчиците към твърдата повърхност. В тези условия отстраняването на капчиците гарантира надеждна дезактивация. С увеличаване времето на контакта радиоактивните изотопи в капчиците се адсорбират на повърхността и този процес става определящ фактор на заразяването, от който зависи ефективността на дезактивацията. След дезактивацията заразените обекти трябва да бъдат такива, че да изключат поражение на хората и да гарантират тяхната безопасност. Затова дезактивацията предполага не просто отстраняване на радиоактивните замърсявания а отстраняване с необходимата пълнота или ефективност. Ефективността на дезактивация може да се оценява с различни величини.

Ако се обозначи с A_H началното заразяване на образеца, а с A_K крайното заразяване (след дезактивацията), то ефективността на дезактивацията може да се определи по съотношението [4]

$$(1) \quad \alpha_d = \frac{A_K}{A_H} 100\%$$

Величината α_d показва частта на радиоактивните вещества в проценти от началото на заразяване, която е останала на обекта след дезактивацията.

Величината β_d определя, каква част от началното заразяване в проценти е отстранена от обекта в резултат на проведената дезактивация [3,4]

$$(2) \quad \beta_d = \frac{A_H - A_K}{A_H} 100\%$$

Освен това, ефективността на дегазация се оценява чрез коефициента на дезактивация

$$(3) \quad K_d = \frac{A_H}{A_K}$$

Коефициентът на дезактивация, характеризиращ степента на дезактивация, показва колко пъти се е намалила заразеността на обекта в резултат на проведената дезактивация на повърхността.

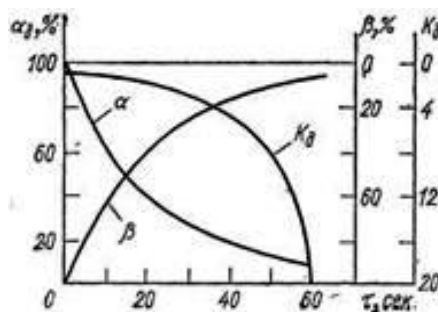
Понякога за относително големи значения на коефициента на дезактивация се използва логаритъмът на тези значения, които се обозначават с D_d и се наричат индекс на дезактивация [3,4]

$$D_d = \lg \frac{A_H}{A_K} = \lg K_d$$

Между величините, определящи ефективността на дезактивация съществува определена взаимовръзка:

$$\alpha_d = 100 - \beta_d; \quad K_d = \frac{100}{\alpha_d}; \quad D_d = \lg K_d$$

Връзката между величините K_d , D_d , α_d и β_d е показана на фиг. 1 [4]



Фиг. 1. Зависимост на ефективността на дезактивация от времето за обработка

От графиката е видно, че изменението на величината α_d е обратно пропорционална на изменението на величината β_d . Заразяването след дезактивацията винаги е по-малко от началното заразяване, поради което коефициентът $K_d > 1$. Обикновено коефициентът на дезактивация не превишава 1000. Пълното отстраняване на замърсяванията от заразените

обект е невъзможно, поради което е въведено понятието “необходим коефициент на дезактивация”. Физическият смисъл на този коефициент е гарантиране отстраняването на радионуклеидите от заразените повърхности до премахване опасността за облъчване на хората и предотвратяване попадането на радиоактивни вещества в организма .

При дезактивацията трябва да се преодолеят силите на адхезия, което на практика означава че на прилепналите към повърхността радиоактивни частици трябва да се действа с външни сили, равни или превишаващи адхезионното взаимодействие. Това е основното условие определящо първия стадий на процеса – откъсване на прилепналите частици. След откъсването радиоактивните частици трябва да бъдат отстранени от обработваемата повърхност (втори стадий). Съществуват различни способности за дезактивация, които осигуряват необходимата степен на дезактивация. Колкото и разнообразни да са способите, те се обединяват от една и съща основа-откъсване на радиоактивните частици и отстраняването им от заразената повърхност. Най-общо всички способности могат да се разделят на безтечностни и течностни. Към безтечностните способности се отнасят обдухване на повърхността с въздушен (газов) поток, прахозасмукване и протриване със сухи тампони. За по-висока ефективност при дезактивация с въздушен поток са необходими високи скорости на въздушния поток, което на практика е трудно реализуема. Затова ефективността по този способ е незначителна; обикновено коефициентът на дезактивация не превишава 10 [4].

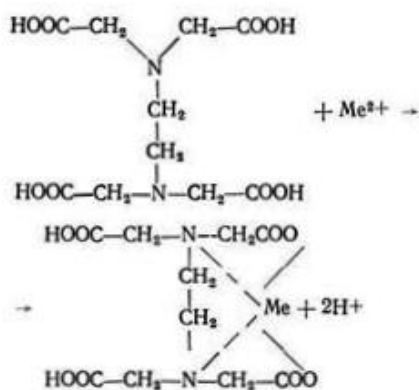
По-висока ефективност се постига по втория способ-прахозасмукване. Откъсването на частиците по този способ протича не само под въздействие на въздушния поток, но и от и в резултат от механичното въздействие с четка. Ефективността на дезактивация по този способ е съизмерима с ефективността на дезактивация с използване на вода. При дезактивация със сухи тампони протича процес на пренос на радиоактивните вещества. Коефициентът на дезактивация в тези случаи се колебае в пределите от 16 до 80 [3].

Към течностните способности за дезактивация се отнасят използването на водна струя в непрекъснат и капкообразен поток, а така също при протриване с четка. Независимо от разнообразието на течностните способности те имат общ механизъм: откъсване на частиците под действието на удара на капките и отстраняването им под действието на движещата сила на движещия се слой течност.

Ефективността на дезактивация забележително се повишава при използване на водни разтвори с повърхностноактивни вещества (ПАВ). Основна причина за това е намаляване на повърхностното напрежение на рецептурата, осигуряващо лесно откъсване на частиците от заразената повърхност. Обикновено ПАВ се разделят на два класа: йоногенни и не йоногенни. Изборът на ПАВ в значителна степен се определя от условията на заразената повърхност. Така например при заразяване на повърхността с радионуклеиди притежаващи катионоидни свойства, най-ефективни се явяват анионоактивните ПАВ (соли на висшите мастни киселини, соли на сулфоестери, алкилирани ароматни въглеводороди, алкилбензилсулфонати и др.)

В практиката на дезактивация широко се използват синтетични миелни средства под различни фирмени наименования в основата на които са различни видове сулфаноли [6].

За подобряване ефективността на дезактивацията в рецептурите се добавят комплексообразуващи вещества, които не само свързват радиоактивните йони, но се явяват активатори на миелния процес. В качество на комплексообразуващи вещества преди всичко се използват хелатни съединения, с основен представител етилендиаминтетраоцетна киселина (ЕДТА) и нейната натриева сол. Образоването на здрави комплексни съединения на радионуклеидите с тях протича по следната схема [4] :



Освен комплексообразуване с радиоактивните изотопи ЕДТА свързва катийоните на калция и магнезия, които обуславят твърдостта на водата. По този начин те допринасят за подобряване на миешия процес. Разтворите с добавка на ЕДТА се явяват антикорозионни средсва и предотвратяват вторичната сорбция на изотопи. Влиянието на ЕДТА на ефективността на дезактивацията може да се илюстрира със следния пример. Коефициентът на дезактивация на памучни тъкани при обработка с разтвор, съдържащ само ПАВ, не превишава 6. При добавка на ЕДТА, коефициентът на дезактивация се увеличава до 40 [4].

Ефективни средства за защита на дихателните органи и кожата при дейности в райони, заразени с радиологични, химични и биологични агенти, както и при провеждане на специална обработка на заразени обекти са филтриращите противогази и филтриращите защитни облекла [5]. Приетият за снабдяване в БА филтриращ противогаз ПФ-90, производство на „Зебра“ АД е предназначен за защита на дихателните органи и лицето от бойни отровни вещества, радиоактивни вещества и бактериални средства.

Основни характеристики на филтриращия противогаз са:

- съпротивление при вдишване при непрекъснат въздушен поток 30 l/min – максимум 0,3 μ bar;
- съпротивление при издишване при непрекъснат въздушен поток 30 l/min – максимум 0,8 μ bar;
- коефициент на просмукване на маслена мъгла /при концентрация на маслената мъгла 2500 mg/m³ – до 0,0001 %;
- период на защита на кожата на лицето от въздействието на капко-течни отровни вещества – минимум 8 часа;
- общо поле на зрение – минимум 70 %;
- бързо и удобно поставяне и сваляне посредством 6-точков гумен закрепващ елемент.



Фиг. 2. Филтриращ противогаз ПФ-90

Ефективни средства за защита на кожата от радионуклеиди, бойни отровни вещества и биологични агенти са филтриращите защитни облекла. С най-добри характеристики са облеклата на фирма „Блюхер“:

Основни характеристики:

- защита от пари и капки на бойни отровни вещества – не по-малко от 12h;
- устойчивост срещу топлинна радиация – импулс от 60 J/cm² – за 66 s;
- пропускливост на въздух – минимум 167 mm/s, максимум – 915 mm/s.

Задълбоченото познаване на най-ефективните способности и средства за дезактивация и своевременната обработка на заразените обекти е гаранция за бързо отстраняване на радионуклеидните агенти и свеждане до минимум на тяхното вредно въздействие.

Литература:

1. Dr. Norbert Gass. Degradation in operational capabilities due to decontamination of force unit, Canada, 2004.
2. Франке З. „Химия на отровните вещества“, Москва, 1976 г.
3. Симеонов А., Е. Христов и др. Гражданска отбрана, София, 1986 г.
4. Зимон А. Д., Дезактивация, Москва, 1976 г.
5. Stanag 2352 NBC (издание 4) – снаряжение за ядрена, химическа и биологична
6. Зимон А.Д. Адхезия жидкост и смочиване, Москва, 1976 г.

АДАПТИВНО ПРАГОВО УСТРОЙСТВО ЗА СИСТЕМА ЗА БЛИЗКА РАДИОЛОКАЦИЯ

Петър Генов, Стоян Танев, Пламен Трендафилов

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките

ADAPTABLE THRESHOLD DEVICE FOR PROXIMITY RADIOLOCATION SYSTEM

Petar Genov, Stoyan Tanev, Plamen Trendafilov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences

Keywords : *proximity radiolocation , Doppler system*

Abstract: *A method is suggested for substantial decrease of the impact of the first coating's reflection properties on the height assessment performed by a fast converging Doppler system for proximity radiolocation. A corresponding analogue adaptive threshold device is presented, as well as results from its operation with real signals from the radiosensor of the proximity radiolocation system.*

В близката радиолокация широко се използва непрекъснат сондиращ сигнал, който в най-простия случай е немодулиран. Теоритично се предполага, че отразяващата повърхност /грундът/ представлява равнина с относително неограничени размери. При тези условия отразеният сигнал е еднолъчев и се разпространява перпендикулярно на отразяващата равнина. Съответно от радиосензора се получава информационен Доплеров сигнал, чиято амплитуда е обратнопропорционална на височината H :

$$U_S = A/H .$$

Величината A предствлява функция от :

S - радиочестотна чувствителност на сензора,

$D, F_{\perp}$ - характеристики на антената,

N – коефициент на отражение на целта /грунда/,

λ – дължина на работната вълна на радиосензора.

По принцип най-вече поради това, че за повечето реални земни повърхности $N = 0.3 \div 0.9$, стойността на A може да варира в широки граници.

Задачата за откриване на предварително зададена височина H_B над грунда може да се реши приблизително посредством прагово устройство, реагиращо при достигане на определена прагова амплитуда на изходния сигнал U_T . Ясно е, че при $U_T = \text{const}$, височината H_B ще се променя пропорционално на промените на величината A . Тази зависимост на оценката на височината от отражателните свойства на грунда води до значителни и в много случаи - неприемливи неточности. Естествено, ако по някакъв начин се работи с адаптивен праг $U_T \equiv A$, то H_B няма да зависи от факторите, определящи A .

В доклада се разглежда адаптивно прагово устройство, което е приложимо за системи за близка радиолокация / СБРЛ/, работещи в условията на бързо сближаване с грунда.

За амплитудата на доплеровата компонента на приетия отразен сигнал може да се запише изразът :

$$(1) \quad U_S = A / (H_0 - v_{\perp} t^*) \quad .$$

Съответно H_0 е височината над грунда в даден момент, обозначен с $t^* = 0$, а $v_{\perp}$ е вертикалната компонента на скоростта на сближение на СБРЛ към грунда.

Изразът (1) е удобно за се приведе във вида

$$(2) \quad U_S = A/H_0 (1 - x), \text{ където } x = v_{\perp} t^* / H_0 .$$

Нека се формира прагово напрежение

$$(3) \quad U_T = \int U_S dx .$$

Пред вид на (2) се получава

$$(4) \quad U_T = - (A/H_0) \ln |1 - x| + C .$$

$$(5) \quad \text{При } x = 0 \text{ се приема } C = A/H_0 .$$

Тогава

$$(6) \quad U_T = (A/H_0) [1 - \ln |1 - x|] .$$

Нека системата да реагира на определена височина в момента, когато

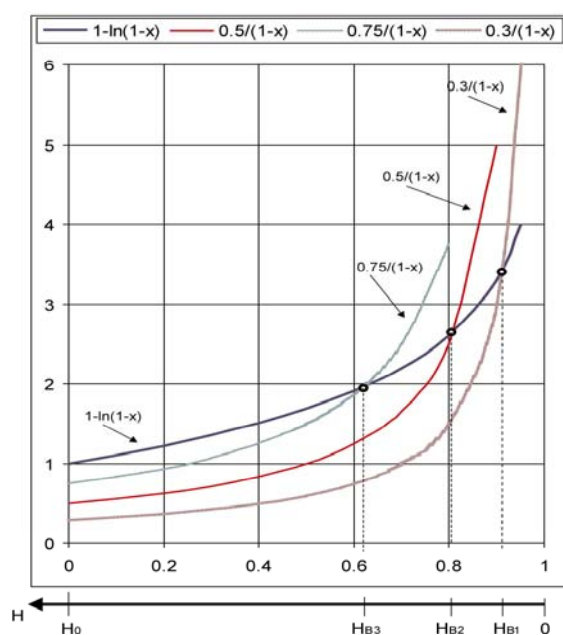
$$(7) \quad U_S^* = U_T , \text{ като } U_S^* = K U_S .$$

За целта трябва да се реши уравнението

$$(8) \quad K/(1 - x) = 1 - \ln |1 - x| \text{ за } 0 < x < 1 .$$

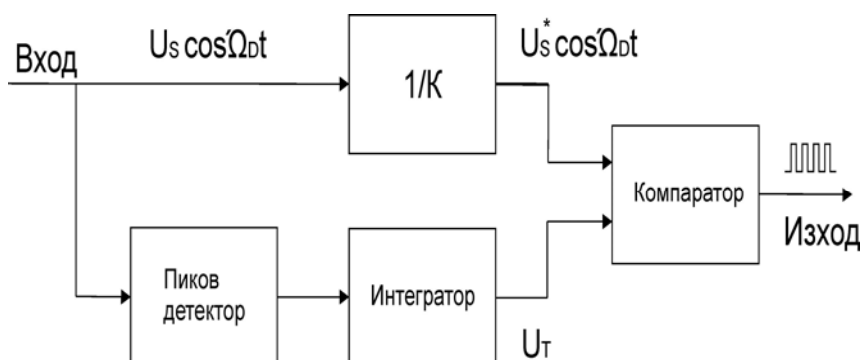
Вижда се, че при известна H_0 , търсената височина се дефинира единствено от K . На Фиг.1 е представено графично решение на (8) за $K = 0.3, 0.5, 0.75$.

Горният формален анализ бе направен с цел да се опише работата на системата при формиране на адаптивен праг, създаден от интегратор. Интеграторът по принцип представлява инерционно устройство, реагиращо на нивото на сигнала. Както беше указано в началото, самият сигнал теоретично расте обратно пропорционално на намаляващата височина и при сравнително по-голяма стойност на текущата височина относителната амплитуда на сигнала слабо нараства в течение на времето. Затова с определено приближение може да се твърди, че височината H_0 , след която амплитудата на сигнала започва относително забележимо да расте, практически няма да зависи от отражателните свойства на грунда и да се приеме за константа за определена дължина на работната вълна. Следователно, използвайки такъв адаптивен праг, може да се очаква съществено стабилизиране на височината H_B в условията на променящи се отражателните свойства на грунда.



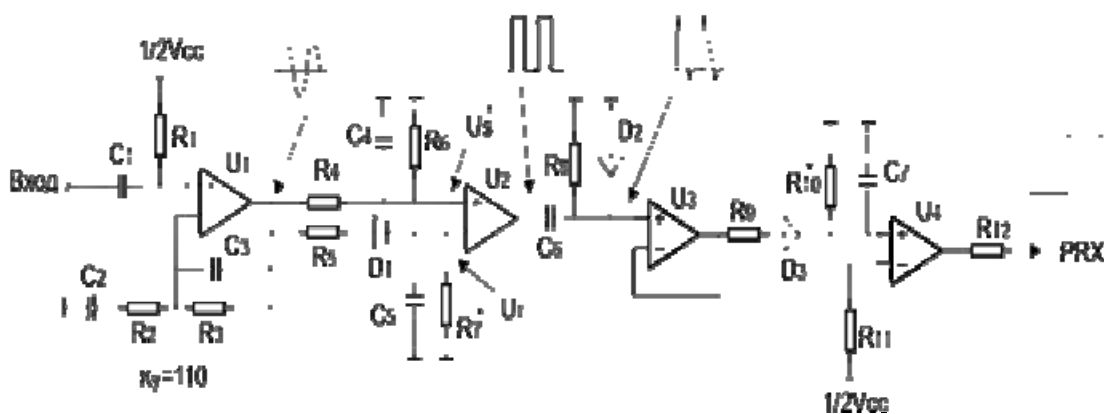
Фиг. 1

Уравнението (8) може да се реши от аналогово електронно устройство, чиято блокова схема е представена на Фиг.2 .Към входа на устройството се подава доплеровата компонента на сигнала от радиосензора $U_s \cos \Omega_D t$, където Ω_D е честотата на Доплер. На изхода сигналът преминава от логическо ниво "0" към логическо ниво "1" в момента, когато $U_s^* \cos \Omega_D t = U_T$ и представлява поредица от импулси, след чиято обработка се взема решението. Изборът на височината се осъществява чрез задаване на коефициента K .



Фиг. 2

На Фиг. 3 е показана електрическа схема на адаптивно прагово устройство, построено по изложената идея. Усиленият от U_1 сигнал се подава към делителя R_4 , R_6 и към пиковия детектор с интегратор R_5 , D_1 , C_5 . След това изходните сигнали от делителя и интегратора се сравняват от компаратора U_2 . Посредством диференциране се създават импулси с постоянна продължителност и честота на следване, равна на Доплеровата честота. Тази поредица зарежда кондензатора C_7 и след достигане на определено ниво изходната схема U_4 създава сигнал, предизвикващ дадействие на изпълнителното устройство на системата. Приложената допълнителна обработка на сигнала от компаратора спомага да се намали влиянието на определени колебания на амплитудата на сигнала от изхода на радиосензора върху коректността на оценката.



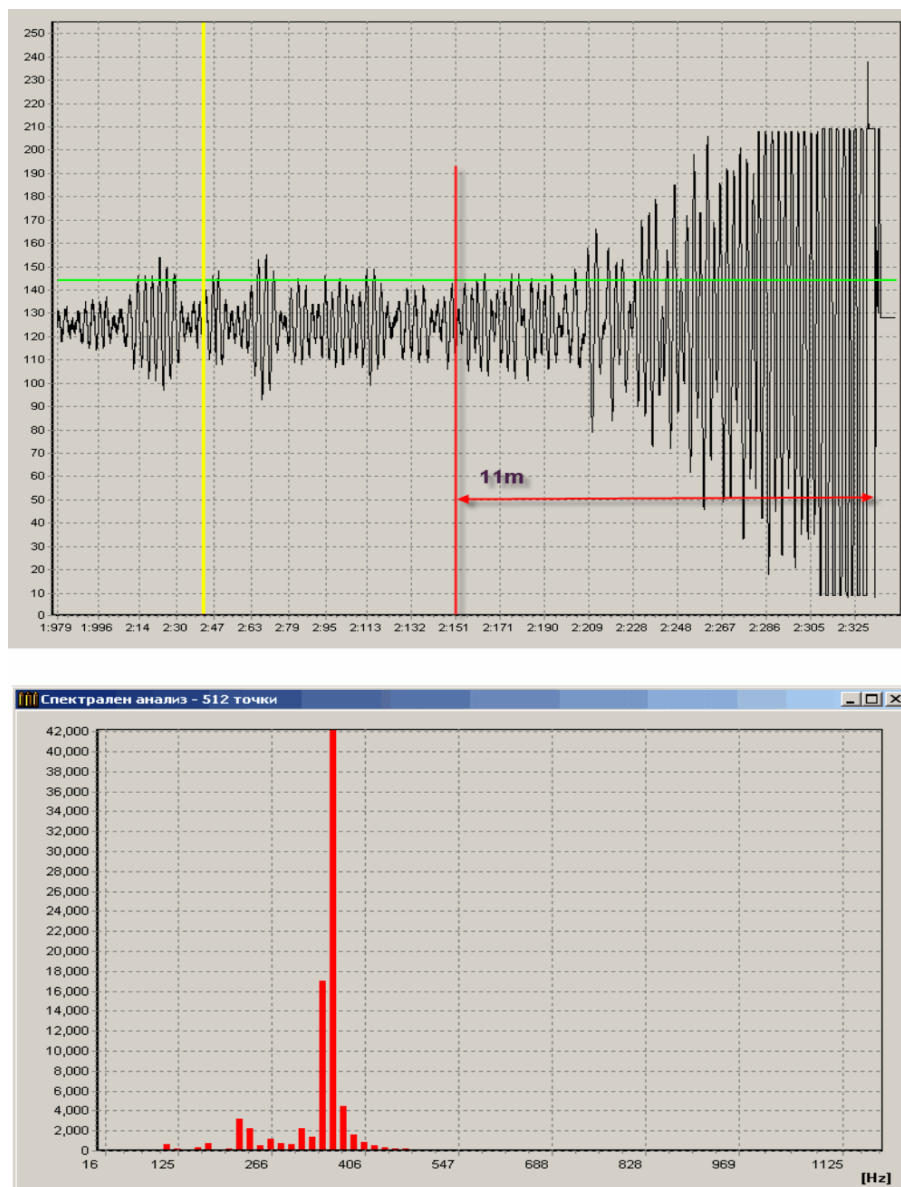
Фиг. 3

Работата на горната схема бе проверена с използване на реални сигнали, получени след запис от вграден цифров рекордер.

В реални условия радиосензорът може да приема сигнал, който представлява сума от няколко отразени лъча следствие на това, че върху земната повърхност може да се намират различни предмети или тя да не е достатъчно гладка. Тогава на изхода на радиосензора сигналът в първо приближение се явява сума от най-малко две хармонични трептения, зависещи по амплитуда от височината но различен закон, чиито честоти, макар и близки, са различни. На Фиг. 4 е показан запис на реален изходен сигнал от радиосензор при многолъчево приемане. В случая изходният сигнал се характеризира с множество възли и върхове. На фигурата допълнително е показан спектралният състав на сумарния изходен

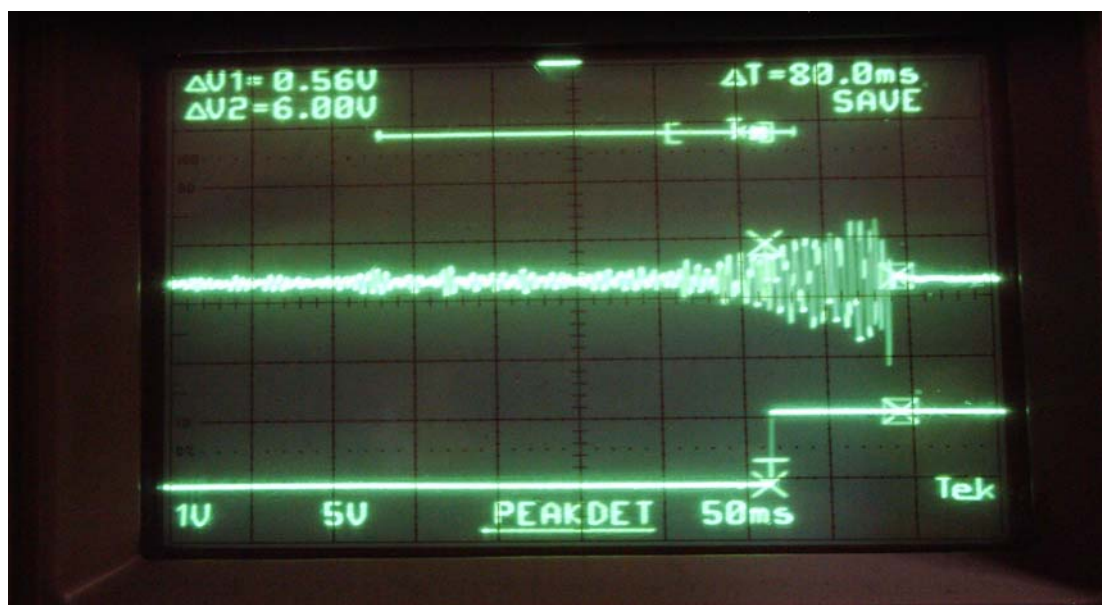
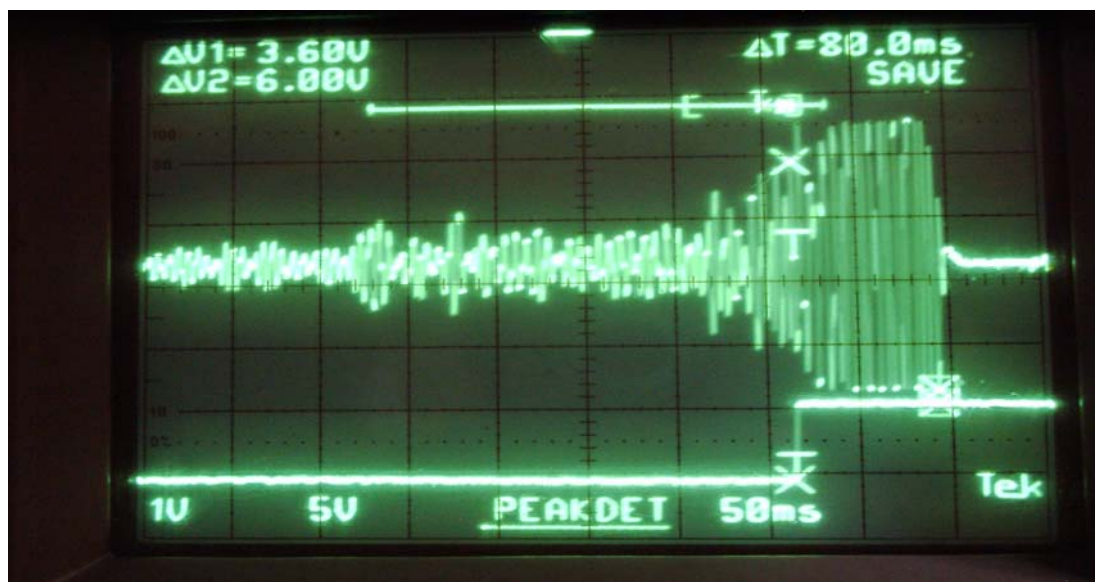
сигнал за времето. При огледална отразяваща повърхност спектърът на сигнала трябва да има само една съставна.

В тези условия посредством елементарно прагово устройство задачата за определяне на височината не може да бъде решена коректно, тъй като сумарният изходен сигнал може да превиши праговото напрежение преди достигане на зададената височина H_B . За някои конкретни приложения задействането на изпълнителното устройство на системата на големи височини е неприемливо.



Фиг. 4

На Фиг. 5 са показани осцилограми на реален сигнал с две силно различаващи се амплитуди / няколко пъти / и получените изходни сигнали от устройство, чиято схема бе коментирана по-горе. Вижда се, че в двата случая системата се задейства на приблизително еднакви височини. Съответно височината $H_B = \Delta T \cdot v_{\perp}$. Тук ΔT е времето, което би било необходимо за намаляване на височината до нула. Схемата реагира при $\Delta T \approx 80 \text{ ms}$, което при $v_{\perp} = 60 \text{ m/s}$, означава $H_B \approx 4.8 \text{ m}$.



Фиг. 5

Значително по-добри резултати могат да се очакват при използване на модулиран сондиращ сигнал, който при подходящо избран закон на модулацията /най-често - честотна/ притежава оптимална автокорелационна функция. Този метод позволява съществено да се намали влиянието на отразяващата способност на грунда върху височината на задействане и също така да се снижи отрицателният ефект от многолъчевото приемане. Характерно за метода е, че може да се използва за работа на много малки височини – от порядъка на няколко метра.

Литература:

1. К о г а н И. М. Близня радиолокация. М., Сов. Радио, 1973.

АЕРОКОСМИЧЕСКИ ГЕОРАДАРИ - ВЪЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВИ ЗА РАЗВИТИЕ

Petar Stoyanov, Svetla Ivanova, Ventzislav Markov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: pstoyanov@abv.bg:

Ключови думи: space, satellite systems, космически радиолокатори

Abstract: Bulgarian and foreign scientific materials have been analyzed concerning the use of aerospace-based radars within the meter range to solve the problems of ecological and nature-resource monitoring. A brief overview of the methodic is made related to the georadar sounding of surface objects and assessment of wood ecosystems biomass supplies. A list of tasks for georadar sounding is presented, as well as some requirements for the range of georadars, conditions of photography and precision of data georeference.

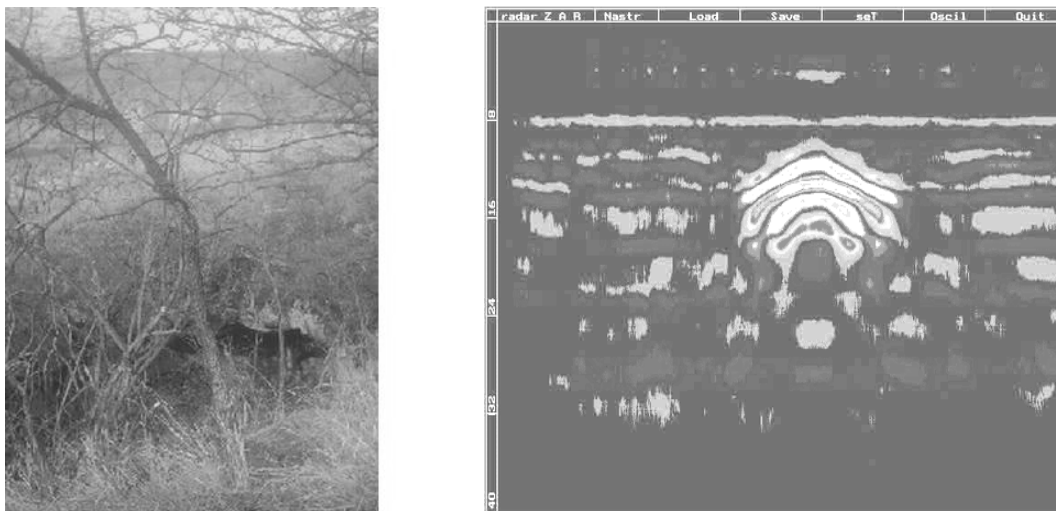
1. Въведение

В научно – техническата литература термина “георадар” (от английските “Ground Penetrating Radar – GPR” или “Subsurface Interface Radar – SIR”) обикновено се използва по отношение на радиолокационните сензори, установени на наземни подвижни платформи, или транспортирани ръчно [1-2]. Това са най-съвременните уреди за подповърхностно сондиране, предназначени за откриване на аномалии (нееднородности) в земните пластовете и използвани за предварително геофизично изследване на археологични обекти. Принципа им на работа се заключава в излъчването на мощни електромагнитни импулси с честота от няколко десетки MHz до няколко GHz, които се отразяват при преминаването от вещество с една диелектрична проникваемост във вещество с друга диелектрична проникваемост. Регистрирането на отразените сигнали дава възможност за създаването на дву- и тримерно изображение на обекти, скрити под земната повърхност или растителност. Целесъобразно е термина “георадар” да бъде въведен и за сензорите с въздушно и космическо базиране, тъй като те са предназначени за изпълнение на същите функции, както и техните наземни аналози.

В последните години потребителите на данни от дистанционното сондиране на Земята започнаха да проявяват все по-голямо внимание към информацията, получавана от аерокосмическите радары от метровия диапазон. Това преди всичко е свързано с изменението на интересите на стопанските отрасли и административните органи от различно ниво, насочени на първо място към решаване на глобалните и регионални проблеми на енергообезпечаването и екологичната безопасност. За тяхната практическа реализация много биха могли да способстват оперативните данни за състоянието на компонентите на биосферата (почвено – растителното покритие, материковите и морските ледове, торфа, зоните с вечна замръзналост и т.н.), доставяни от бордовите аерокосмически радары за подповърхностно сондиране.

Аерокосмическото георадарно сондиране е сравнително нов способ за дистанционно наблюдение, използван в системите на стопанския и екологичен мониторинг и неговите потенциални възможности са изучени и разкрити явно недостатъчно.

Във връзка с това целта на настоящата статия е да се проведе анализ на български и чуждестранни литературни източници, имащи отношение към проблемите на аерокосмическото георадарно сондиране, за да може по-детайлно да се запознаят специалистите в областта на дистанционното сондиране със съвременното състояние и перспективите на георадарните методи и средства, техните диагностични възможности в областта на откриване и изучаване на наземните и подпочвени обекти, скрити от почвени и растителни покривки.



Фиг. 1. Снимка от наземен георадар

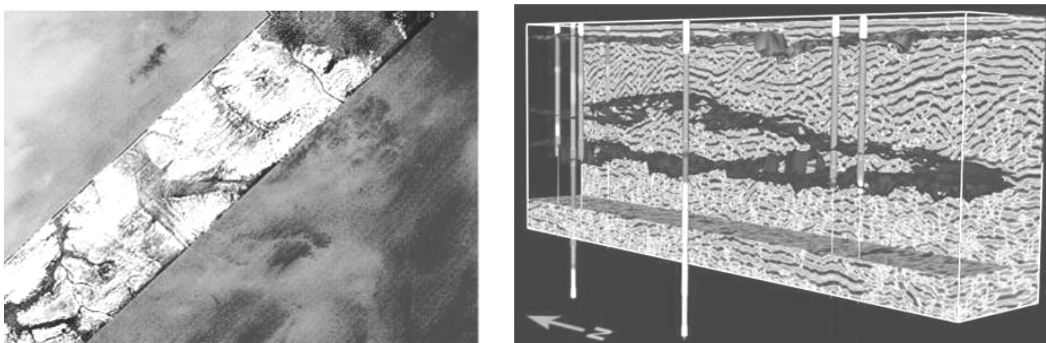
2. Съвременно състояние на георадарното сондиране

Аерокосмическите георадари са сравнително нов инструмент за изследване на Земята. През 60-те години на XX век в Канада е бил разработен, а в началото на 70-те години широко се използва метода за подповърхностно радиолокационно сондиране от борда на самолети и вертолетите, основаващ се на излъчване в надир към повърхността на свръхкратки импулси [1]. Бордовите радари, реализиращи този метод, били предназначени на първо място за измерване на дебелината на снега и леда на повърхността на езерата на които са кацали тежки самолети.

В началото на 80-те години в САЩ се провеждат експерименти за използването на бордови радари със синтезирана апертура (РСА), качени на самолет, за подповърхностни геофизически изследвания [3].

В СССР работа по създаването и провеждането на експерименти за използването на радари, използващи предаватели със свръх кратки сондиращи видеоимпулси, са извършвани в Рижкия институт за гражданска авиация под ръководството на професор Финкелъштейн през 1960-те години.

В Харковския институт за радиофизика и електроника на АН УССР професор Калмыков и неговите сътрудници разработили и провели успешно полетни изпитания в края на 80-те и началото на 90-те години на РСА от дециметровия и метров диапазон, използвайки квазинепрекъснат сигнал с линейна честотна модулация. Резултатите от тези изследвания и разработки показали реалните възможности на радарите за откриване на подземни тръбопроводи (до 6 метра дълбочина), а също нивото на подземните води.



Фиг 2.a. LANDSAT-TM L-диапазонен радар открива палеоархеологически следи от напоителни канали в северната пустиня на Судан покрити от няколко метров слой пясък; 2.b георадарно определяне на подземни каверни и хоризонти.

И накрая, започвайки от средата на 90-те години и до сега, в САЩ и Швеция са разработени и изпитани съответно вертолетни и самолетни георадари, построени на принципа на РСА и използващи сондиращи сигнали с непрекъснато излъчване със стъпкова манипулация на честотата. Такъв способ на модулация осигурява оптимално съгласуване на спектъра от

честоти на сондиращия сигнал със спектралните свойства на приемо – предавателните антени [3].

В Таблица 1 са дадени тактико - техническите характеристики на най – перспективните георадари от метров диапазон с аерокосмическо базиране, монтирани на вертолети (в) и самолети (с), а също и такива, които се разработват за монтиране на космически (к) апарати.

MIMOSA – нефокусиран радар разработван от ЕКА. Неговото главно предназначение е надирното сондиране на арктическите ледове, макар че може с успех да се използва и за сондиране на горски екосистеми.

ИМАРК – руски самолетен четиридиапазонон РСА, имащ широк спектър на приложение. Дълговълновия диапазон успешно се използва за откриване на “изплували” участъци от магистралните тръбопроводи в районите за добиване на нефт, а също за откриване на нивото на подземните води.

Таблица 1. Параметри на бордовите радари с аерокосмическо базиране

Наименование на радара	Дължина на вълната, м	Полоса на обзора, km	Разрешение по хоризонтала, м	Разрешение по вертикала, м	Разработчик
MIMOSA (к)	1.0	40-50	1-10x10	10	ЕКА
ИМАРК (с)	2.24	24	15-25	15	Русия
МАРС (с)	1.8	30-60	50-100	40-90	Украйна
CARABAS (с)	5.0	0.7	3.0x3.0	3.0	Швеция
Mkv (в)	1.0	0.5	1	1	САЩ

МАРС – самолетен четиридиапазонон РСА, твърде много аналогичен на РСА ИМАРК.

CARABAS – РСА монтиран на самолет. Първоначално е бил предназначен за военни цели – за откриване на обекти, намиращи се в гора или замаскирани с растителност. Неговото гражданско предназначение – управление на състоянието на горските екосистеми, за охрана на обкръжаващата среда и съхраняване на защитените зони.

Mkv – вертолетен РСА за откриване на цели, скрити от растителност или намиращи се под земята (блиндажи, минни полета, складове за боеприпаси и т.н.).

2. Възможности на аерокосмическото георадарно сондиране

Най-важни от методически аспект за георадарното сондиране от аерокосмически платформи трябва да се смятат следните характеристики:

- определяне на максималната дълбочина на откриване на обекти, срити под земната повърхност или от растителност;
- оценка на потенциалната точност на измерване на дълбочината на разполагане на обектите;
- избор на оптималната величина на пространственото разрешение на георадара в хоризонтална плоскост;
- изработка на изисквания към точността на привързване на резултатите от сондирането.

Методика за пресмятане на максималната дълбочина на сондирането е изложена в [2,3], затова по-долу е дадена само крайната формула:

$$(1) \quad h_{max\lambda} = \frac{Q}{4\pi \left[\ln(4G\sigma_{\lambda}|F_{\text{пр}}|^2) - \ln[G\sigma_{\lambda}S_{\text{н}\lambda}N + (4\pi)^2 R_{\lambda}^4] \right]}$$

където $h_{max\lambda} = \frac{h_{max}}{\lambda}$ - максималната дълбочина на сондирането, нормирана относно дължината на вълната.

Разрешаващата способност на радара ΔR е равна на значението на горната гранична честота f_B , умножена на съответната дължина на вълната λ_k . Тогава $V = f_0 \lambda_k$ и разрешаващата възможност на георадара могат да бъдат изразени чрез λ_k и $\frac{\Delta F}{f_B}$ във вида

$$(2) \quad \Delta R = \frac{V}{2\Delta F} = \frac{f_B \lambda_k}{2\Delta F} = \frac{\lambda_k}{2\left(\frac{\Delta F}{f_0}\right)}$$

Нормирайки ΔR относно λ_k , т.е. въвеждайки величината $\Delta R_x = \frac{\Delta R}{\lambda_k}$ може да се изрази величината на разрешението в значения на дължината на вълната

$$(3) \quad \Delta R_{\lambda} = 1/2(\Delta F/f_B) = 1/2(1/(\Delta F/f_c) + 0,5)$$

Известно е, че вълните от оптичския диапазон се разсейват преимуществено от повърхността на короните на дърветата, засенчващи техните по-ниски етажи. Електромагнитните вълни от сантиметровия и дециметровия диапазон, макар и да проникват в дълбочината на короната, се разсейват от игличките, листата и малките клони, като в това време вълните от метровия диапазон се разсейват от стволите на дърветата и повърхността на почвата, като позволяват да се види структурата на дървесните стволове, скрити от короната.

Механизмът на взаимодействие на електромагнитните вълни от метровия диапазон със стволите на дърветата и земната повърхност е аналогичен на процеса на тяхното отражение от ъглови отражатели, което осигурява получаване на високо ниво на полезния сигнал. Относителната ефективна повърхност на разсейване на гората за случая на сондиране в метровия диапазон на вълните е свързан с относителния обем дървесина посредством формулата [1,3]:

$$(4) \quad \sigma \approx \frac{1}{S|F|^2 \sum v_i^2}, \quad i = 1, 2, \dots, N$$

Вертолетните и самолетните георадари позволяват да се получат дву- и триизмерни снимки на параметрите на земната покривка. Получаването на стереоскопични, обемни георадарни изображения стана възможно благодарение на използването на радиолокационни интерферометри, работещи в режими с "твърда" и "мека" база.

Съществената разлика на PCA в сравнение с импулсните георадари с надирно сондиране се явява тяхната висока разрешаваща способност в хоризонтална плоскост (от порядъка на 1 m за радари MkV) и широката полоса на обзора (до 60 km за PCA "Марс"). Обаче работейки в режим на наклонено сондиране тези радари осигуряват малко по-малка (в сравнение с наземните георадари) дълбочина на сондиране и са ориентирани за откриване на обекти, маскирани от листа, плитко заложили тръбопроводи, разлив на нефт, предизвикан от аварии на нефтопроводи, а също за определяне на запасите от дървесина в гората [1-2].

Що се касае до разработката и практическото използване на георадарите с космическо базиране, то тук успехите в сравнение с техните авиационни аналози са далеч по-скромни. Това се обяснява с две основни причини: първо, твърде високата стойност за разработката и създаването на космическите георадари и второ, необходимостта от отчитане влиянието на йоносферата върху амплитудните и фазовите характеристики на ехо-сигнала. С отчитането на тези обстоятелства в настояще време Европейската космическа агенция (ЕКА) извършва разработката на космически георадар MIMOSA [3].

3. Изводи

3.1. Аерокосмическите георадари от метровия диапазон са перспективни средства за глобален и регионален екологически мониторинг на състоянието на обектите и природната среда, скрити под земната повърхност и/или растителност. Още на този етап бордовите радари с въздушно базиране успешно решават задачите за търсене на нивото на водите и нефтените находища, оценка на запасите от дървесина в горските екосистеми, позволяват да се контролират магистралните нефто- и газопроводи.

3.2. Скорошната разработка и запускане в космическа орбита на ИСЗ, снабдени с георадари от метровия диапазон и имащи по-високи тактико-технически характеристики от MIMOSA, ще позволят създаването на йерархическа система за глобален и регионален екологически и природо-ресурсен мониторинг, включвайки в себе си също и средства за въздушно и наземно геородорно сондиране.

3.3 Максимална ефективност на функциониране на такава система може да способства на осигуряването на устойчиво развитие както на отделни региони и страни, така и на световното съобщество като цяло.

Литература:

1. К а н а щ е н к о в А. И., Л. А. В е д е ш и н. *Исследование земли из космоса*, 2004, №3, стр. 88-96
2. Ф р а н к е л ь ш т е й н М. И., В. А. М е н д е л ь с о н, В. А. К у т е в. *Радиолокация слоистых земных покровов*, М., Сов. Радио, 1977, стр. 176
3. H e r i q u e A., W. K o f m a n, P. B a i l e r, L. P h a l i p p o u. *A Spaceborne Ground Penetrating Radar: MIMOSA CEOS SAR Workshop*, ESA-CNES Toulouse, 26-29 October, 1999, p. 6

КОСМИЧЕСКО РАЗУЗНАВАНЕ. АЕРОКОСМИЧЕСКО РАДИОТЕХНИЧЕСКО РАЗУЗНАВАНЕ

Петър Стоянов, Венцислав Марков, Михаил Михов, Георги Кипров

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките

e-mail: pstoyanov@abv.bg

Ключови думи: аерокосмическо радиотехническо разузнаване, радиолокационни и радионавигационни станции, пеленгация

Abstract: *The purpose and the main tasks of satellites from space are examined in the paper. Based on the analysis obtained during the use of these satellite systems, including in military conflicts, the main characteristics of the satellites “CANYON”, “CHALET”, “VORTEX”, “MERCURY”, “MAGNUM”, “Ferret” and “Clementine” are described. The existing faults as well the tendency for creating and operation of modern satellite systems for radio reconnaissance are pointed out.*

1. Въведение

Откриването и прихващането на излъчванията на радиолокационни и радионавигационни станции и системи, определянето на техните характеристики, режимите им на работа и типа на работещият източник е една от основните задачи на техническото разузнаване. Съвместната обработка на пеленгите към конкретен източник, едновременно получени от два аерокосмически апарата, позволява да се определи местоположението му с точност, достатъчна за целеуказване на средствата за поражение. По тази причина водещите космически държави непрекъснато развиват и усъвършенстват средствата и системите за радиотехническо разузнаване (РТР).

На настоящия етап спътниковите системи за радиотехническо разузнаване на САЩ се развиват в рамките на следните основни програми:

- “Ferret” – за радио и радиотехническо разузнаване от ниски орбити;
- “White cloud” – за морско радиотехническо разузнаване и целеуказване;
- “Jumpseat” – (програма 711) за радио и радиотехническо разузнаване от високи елиптични орбити;
- “програма 980” за радиотехническо разузнаване, както и за радиоприхващане от квазистационарни орбити.

В съответствие с изискванията за осигуряване на глобално наблюдение в рамките на всяка от програмите, на орбита трябва да функционират 2 – 4 ИСЗ. Само като пример, по време на операция “Съюзна сила” на Балканите, РЛС на ПВО на Югославия се контролираха основно с помощта на четири спътника “Ferret-D” на височина 700-800 км.

В Русия (тогава СССР) за периода 1961 – 1964 г. е разработен проект на спътник за морско космическо разузнаване и целеуказване наречен “УС-П” – управляем спътник, наричан в западните източници EOR-SAT (Electronic Ocean Reconnaissance Satellite). Той е предназначен за откриване и пеленгация на електромагнитните сигнали, излъчвани от корабите на ВМС на потенциалния противник, с цел откриване и определяне местоположението на военно – морските групировки и целеуказване на системите с противокорабно оръжие. От 1988 г. спътниците от типа “УС-П” работят на орбитални височини 413 X 432 km с период 93 min и наклон 65 grad. Високата ефективност на създадената система особено ярко се проявява през лятото на 1982 г. по време на англо–аржентинския конфликт за Фолклендските острови. Системата позволила пълното следене на обстановката по море, а от получаваната информация бил определен момента на началото на английския десант.

В края на 60-те и началото на 70-те, паралелно със създаването на морската система за радиотехническо разузнаване се създава и системата за радиотехническо разузнаване в

широк диапазон "Целина". В 1971 г. била приета на въоръжение подсистема за обзорно радиотехническо наблюдение "Целина-0", а през 1975 г. – подсистема за детайлно радиотехническо наблюдение "Целина-Д".

2. Въздушни високоточни системи за РТР

В основата на създаването на съществуващите въздушни високоточни системи за РТР лежи принципа на пространствено разнесеното приемане на сигналите на разузнаването РЕС от няколко (не по-малко от два - три) въздушни пункта за радиоприхват с последващо разпознаване на РЕС по техните бордови източници на излъчване и едновременно тримерно измерване на координатите им практически в реален мащаб от време.

Конкретният тип РЕС се определя по пътя на анализа на прихванатите радиоизлъчвания, стандартни за цифровите приемници за откриване (носеца честота, продължителност и период на повторение на импулсите), а високо точното определяне на координатите на РЕС се постига за сметка на съвместната обработка в пунктовете за прихват на измерените разлики в доплеровите честоти и разликите във времето на приемането на сигналите на РЕС.

За изясняване на същността на въздушна високоточна двупозиционна система на РТР ще разгледаме структурата и принципа на действие на такава система.

В състава на системата влизат два самолета – водещ и воден. В качеството на водещ може да бъде кой и да е самолет от тактическата авиация с монтиран комплект апаратура за РТР. Комплекта апаратура трябва да включва всенасочена приемна антена, цифров приемник с мигновено измерване на честотата, моноимпулсен приемник за амплитудна пеленгация и многоканален приемник на сигналите на космическата радионавигационна система Navstar. Този самолет трябва още да има апаратура за предаване на данни с повишена пропускателна способност.

Прихванатите от водещия самолет сигнали, заедно с данни за времето и направлението на неговото пристигане, а също собствените координати и скоростта на полета се предават в цифров вид по засекретена радиолиния на борда на водения самолет, където се извършва обработка на данните от радиоприхвата.

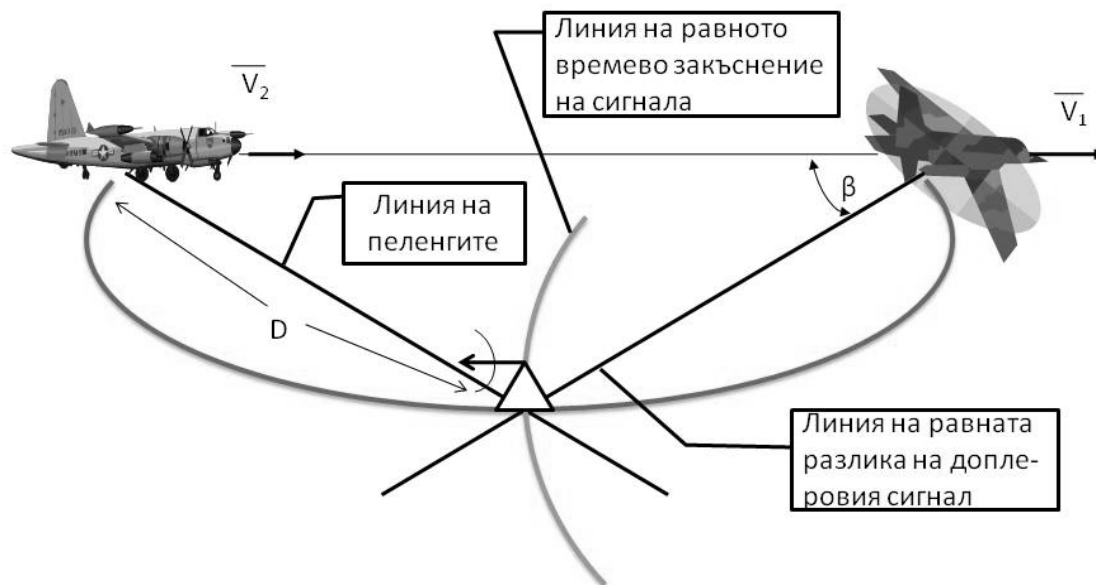
Воденият самолет представлява специализиран самолет за далечно радиолокационно откриване. На борда му допълнително са монтирани станция за РТР, приемна станция на космическата радионавигационна система Navstar и апаратура за разпределение на данни.

Станцията за РТР включва приемно–процесорен блок, обединяващ два цифрови приемника с мигновено измерване на честотата, моноимпулсен приемник за амплитудно пеленговане и сигнален процесор, осъществяващ параметрическо разпознаване типа на източника на прихванатото излъчване. Тя осигурява кръгово и остро насочено приемане с почти мигновено сканиране в сектор 360 градуса и пеленговане на източниците на излъчване с грешка $0.5 - 1^{\circ}$.

Анализът на архитектурата на разглежданата въздушна високоточна система за РТР показва, че измерването на координатите на излъчващите РЕС се осъществява по пътя на съвместното използване на ъгломерния, разлико - времеви (TDOA, Time Difference of Arrival) и разлико – доплеровия (DD, Differential Doppler) методи за пеленгация. При това положение РЕС в пространството се определят като точка на пресичане на три повърхности: плоскостта на пеленга, повърхността на равната разлика на доплеровия сигнал и повърхността на равната времева задръжка на сигнала. По някои данни на борда на водения самолет може да има също канал за измерване на скоростта на изменение на фазата на приемания сигнал, което позволява да се изчисли разстоянието до РЕС и по такъв начин допълнително да се уточнят неговите координати.

Принципът на определяне на местоположението на наземен източник на излъчване при комплексно използване на разгледаните методи на пеленгация е показан на фиг. 1.

През 1995-2000 г. САЩ развърнаха няколко типа въздушни високоточни системи за РТР на базата на самолети за далечно радиолокационно откриване и управление E-3 AWACS Block 30/35, самолети – разузнавачи RC-135 V/W Rivet Joint, U-25, RC-12K, EP-3E Aries, а също от базовата патрулна авиация P-3C Orion.



Фиг.1 Принцип на определяне на местоположението чрез високоточни системи за РТР

Цитираните системи за РТР в началото са били изпитани в рамките на програма PSTS (Precision SIGINT Targeting System), а след това са преминали успешни изпитания в бойни условия в Ирак (1998 и 2003 г.) и в Югославия (1999 г.). Достигнатото ниво на точност на определяне на координатите на източниците на излъчване (от порядъка на десетки метри) позволи тогава на САЩ да използва за унищожаване на РЕС авиационни средства за поражение, които бяха насочвани към целта само по получената координатна информация. В качеството на водения самолет се използва специализирания самолет E-3 AWACS Block 30/35 (фиг. 2).



Фиг. 2. Самолет E-3 AWACS

В рамките на проекта Block 30/35 на борда му допълнително са монтирани станция за РТР AN/AYR-1, приемна станция на космическата радионавигационна система Navstar и апаратура на обединената тактическа система за разпределение на данни JTIDS, клас 2H. Общата маса на допълнителното оборудване е 855 kg. Своеобразна "визитна картичка" на този самолет са набиващите се на очи внушителни размери на страничните приемни антени на станция AN/AYR-1, разположени на левия и десен борд на самолета. Те са с размер 3.9 x 0.84 m . За осигуряване на кръгов обзор допълнително се използват не големите носова и опашна антенни решетки.

Основните характеристики на станцията за РТР AN/AYR-1 са показани в таблица 1.

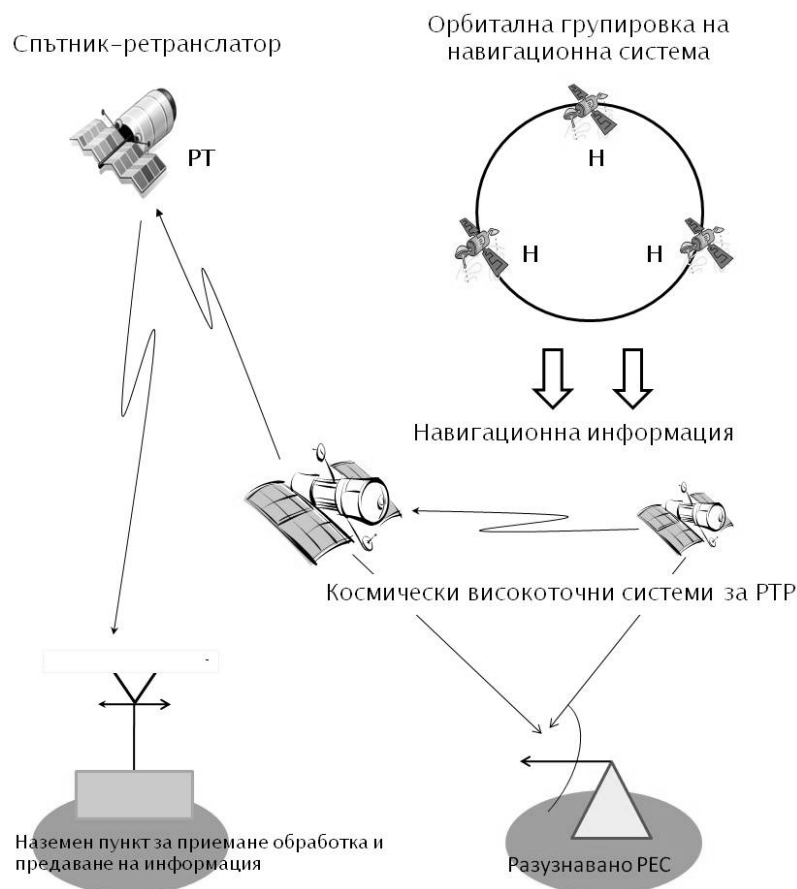
Таблица 1. Основни характеристики на станция AN/AYR-1

№ по ред	Характеристика, размерност	Значение
1	Разузнаван честотен диапазон, GHz	0,5 - 18
2	Период на оглеждане, s	2
3	Скорост на разузнаване на източниците на излъчване, цели/s	150 - 200
4	Вероятност за разпознаване на типа на целта	0,95
5	Далечина на откриване и разпознаване на цели по главния леписток	радиохоризонта
6	Точност на определяне на координатите, % от далечината: - за импулсен сигнал; - за непрекъснат сигнал	0,01 - 0,02 0,03 – 0,05

3. Космически високоточни системи за РТР

В хода на разработката на космически високоточни системи за РТР специалистите от водещите космически държави напълно основателно използват вече отработени технически решения, използвани по-рано във въздушните системи за РТР. В САЩ подобен подход към създаването на нискоорбитални системи за РТР не е нов. Достатъчно е да се сравнят въздушната система за РТР Guardrail и вече споменатата система White Cloud. Примери в това отношение има твърде много, при това съвсем не само при разработката на средства и системи за РТР.

Затова, отчитайки всичко казано по-горе за въздушните системи за РТР, можем със сигурност да предположим, че възможният вариант на построение на космическа високоточна система за РТР изглежда така, както е показан на фиг. 3.



Фиг. 3. Принцип на изграждане на космическа високоточна система за РТР

Водещият космически апарат (така наричания "фрагмент"), по аналогия с водещия самолет от въздушната високоточна система за РТР, осигурява кръгово всенасочено приемане на излъчвания, а водения – кръгово всенасочено и остро насочено приемане на сигналите с точно определяне пеленга към целта.

Между космическите апарати е организиран канал за свързка за обмен на прихванатите данни. Определянето на параметрите на движение на всеки от космическите апарати, а също така синхронизация на времевите и доплеровите измервания на борда на спътниците се извършва по данни от космическата радионавигациона система Navstar.

За повишаване на оперативността на разузнаването обработката на всички данни от радиоприхвата се осъществява по- скоро на борда на водения космически апарат. Той също е длъжен да осигури предаването на получените данни за типа РЕС и неговите координати към наземните приемни пунктове. Именно наличието на борда на водения космически апарат на допълнителна апаратура за обработка на данни, а също и свързочни антени, обяснява съществените различия между водещия и водения апарати и по маса и по габарити.

За предаването на данните към наземните приемни пунктове могат да бъдат задействани съществуващите спътници –ретранслатори (например за САЩ - принадлежащите на Националното разузнавателно управление ретранслатори от системата SDS).

Като пример ще разгледаме предположението за развърщане на перспективна космическа система за РТР на САЩ, получила в чуждия печат обозначението SBWASS-CP (Space-Based Wide Area Surveillance System-Consolidated Program). Основание за това предположение е състоялият се на 2 декември 2003 г. запуск в интерес на Националното разузнавателно управление на САЩ на втора двойка космически апарати за РТР от ново поколение.

В някои публикации се посочва, че новата система за РТР е резултат от "еволюционното прераждане" на съществуващата космическа система за РТР на ВМС на САЩ White Cloud. Тази система се използва в настояще време за определяне на местоположението на корабите на противника и следене на тяхното преместване по метода на многопозиционната пеленгация на излъчванията на техните бордови радиоелектронни средства (РЕС). В състава на системата влизат няколко групи космически апарата SSU първо и второ поколение (по три спътника във всяка група), а също три КА – ретранслатори NOSS, осигуряващи предаването на прихванатите излъчвания към наземния пункт за обработка.

В качеството на основни аргументи в полза на твърдението за създаване на нова система се считат съвпадението на наклона и височината на орбитата на КА SBWASS-CP с аналогичните орбитални параметри на спътниците SSU, а също факта, че заетата от новите КА орбитална плоскост удачно се "вписва" в съществуващата орбитална групировка на ВМС.

С това обаче сходството на системите приключва, а съществуващите различия свидетелствуват за това, че SBWASS-CP не трябва да се разглежда само като система за морско радиотехническо разузнаване от следващо, трето поколение. Затова по мнение на специалистите, развърщаната на ниска орбита система за РТР на САЩ тип SBWASS-CP се отнася към нов клас космически системи за РТР, а именно към високоточните космически системи за РТР.

Основните различия между системите SBWASS-CP и White Cloud са:

- в състава на работната група влизат всичко два КА, вместо три за системата White Cloud;
- изведената на орбита двойка нови КА има сумарна маса почти два пъти по-малка, отколкото масата на апаратите NOSS и SSU;
- новите спътници, съдейки по резултатите от оптичните наблюдения, значително се различават един от друг по габарити, докато малките спътници SSU са еднакви и по маса и по размери.

Изброените разлики могат лесно да се обяснят, отчитайки че в хода на разработката на системата SBWASS-CP би могло да се използват вече отработени технически решения използвани по-рано във въздушните системи за РТР. Прилагайки това към системата SBWASS-CP, неин "аналог" напълно може да е разгледаната високоточна въздушна двупозиционна система за РТР.

Реализацията на разгледания способ за високоточно РТР при създаването на система SBWASS-CP позволява да се откаже третия пункт за радиоприхват, затова в състава на работната група на новата космическа система за РТР е достатъчно да се използват само два космически апарата.

Следователно, отчетените в каталога на Космическото командване на ВВС на САЩ т.н. "фрагменти" спътници USA-160 и USA-173, по-скоро са пълноценни космически апарати, влизащи в състава на космическа двупозиционна система за РТР ВТ.

Съдейки по всичко, точността на определяне на координатите на източниците на радиоизлъчвания с помощта на новата система за РТР ВТ ще бъде няколко стотин метра в реален мащаб от време.

Като отчитаме казаното до сега може да твърдим, че новата американска обединена система за радиотехническо разузнаване SBWASS-CP е предназначена за откриване, разпознаване и определяне в реален мащаб от време на тримерните координати не само на наземни и морски РЕС, но и на въздушни радиоизлъчващи обекти с точност, която на порядък превишава точността на откриване на цели от съществуващите космически системи за РТР.

По такъв начин, вместо проста еволюция на нискоорбиталните системи за РТР се наблюдава качествен скок в тяхното развитие, свързан с кардинално изменение на принципите на тяхното построение и използваните перспективни методи за пасивна пеленгация на радиоизлъчващи обекти.

Литература:

1. А г а п о в В. Два новых спутника для NRO, НК №2, 2004, стр. 10-12
2. Aviation week & space technology, December 1, 2003, p. 30-32
3. А н д р о н о в А. Космическая система радиотехнической разведки ВМС США "УайтКлауд" Зарубежное военное обозрение №7, 1993, стр. 57-60

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА МОДЕРНИЗИРАНЕ НА БОРДОВИТЕ СИСТЕМИ ЗА РАДИОЛОКАЦИОННО ОПОЗНАВАНЕ

Георги Сотиров

*Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: gsotirov@space.bas.bg*

EVALUATION OF THE POSSIBILITIES FOR MODERNIZATION OF ON-BOARD IFF SYSTEMS

Georgi Sotirov

*Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: gsotirov@space.bas.bg*

Key words: IFF system, modernization, avionics, NATO requirements

Abstract: Evaluation of the possibilities for modernization of on board IFF systems is performed. The paper provides analysis and some different modernization versions.

Системата за радиолокационно опознаване “свой-чужд” (СРЛО) е предназначена за определяне на принадлежността на откритите от наземните, бордовите и корабните радиолокационни станции (РЛС) цели (самолети, вертолети, кораби, танкове, бронирани машини и др.) към собствените въоръжени сили.

СРЛО опознаване включва – въздушен, морски и наземен сегмент, като се осигурява опознаване на обектите със зададена вероятност и диапазон на действие по направленията:

- земя – самолет (вертолет);
- самолет (вертолет)- самолет(вертолет);
- самолет(вертолет)- земя;
- кораб- кораб;
- самолет(вертолет) – кораб;
- земя – кораб;
- кораб – самолет (вертолет)

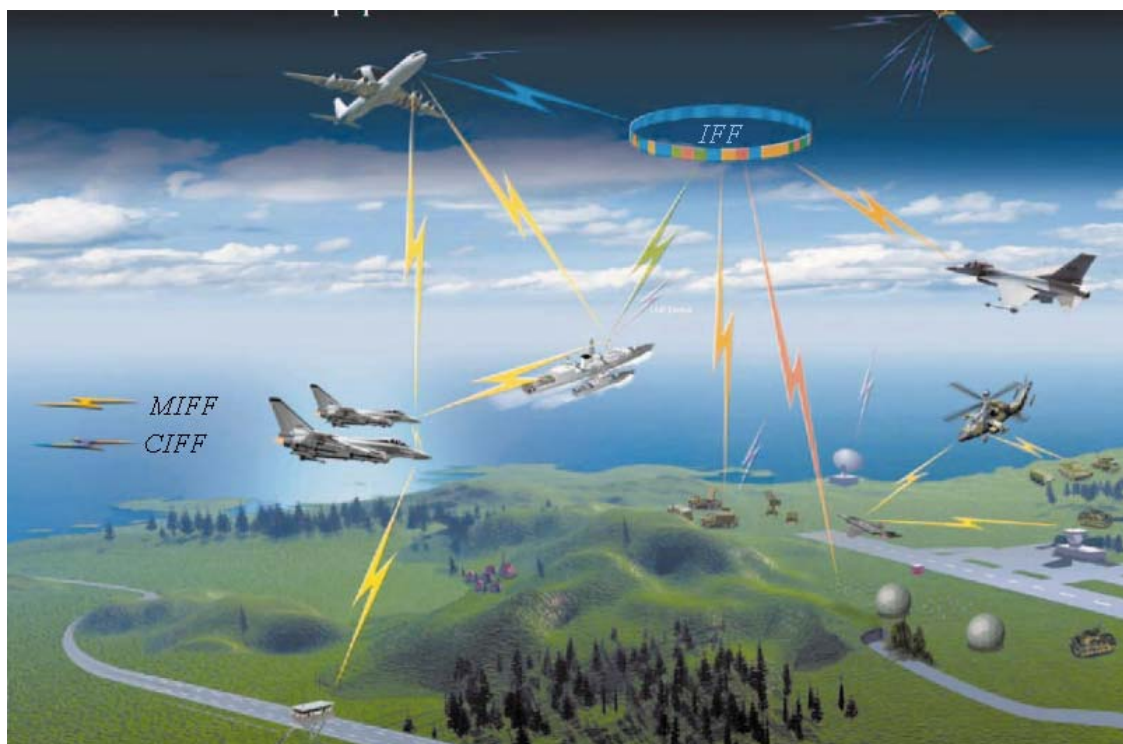
Принципът на работа на системата се илюстрирана фиг. 1, където са представени взаимовръзките между различните въздушни и наземни средства при използване на военно MIFF и/или цивилно опознаване CIFF.

В състава на системата влизат:

- наземни и корабни радиолокационни радиолокационни запитващи устройства (автономни и спрегнати с РЛС);
- бордови (самолетни, вертолетни и корабни) радиолокационни запитващи и отговарящи устройства (транспондери и запитвачи);
- бордови (самолетни, вертолетни, корабни и бронемашини) радиолокационни отговарящи устройства (транспондери);
- технически средства за генериране, пренасяне и въвеждане на кода в блока за криптографска защита;
- система за единно време (СЕВ).

В състава на бордовите (самолетни и вертолетни) радиолокационни запитващи (запитвачи) и отговарящи устройства (транспондери) влизат: антенно-фидерна система, приемно-предавателен блок, корелатор на приеманите и излъчвани сигнали от всяка антена,

блок кодиращо-декодиращ модул и криптокомпютър, пулт за управление и контрол, система за автоматичен контрол и диагностика, блок за защита от смущения, СЕВ, модули за връзка с



Фиг. 1

бордовата РЛС, контролно проверовъчна апаратура и ЗИП.

За подобряване на оперативните и технически възможности на въоръжението и техниката, използващи системи за радиолокационно опознаване, особено внимание се обръща на използването и спрягането със съвременни системи и средства за навигация от типа GPS или ГЛОНАСС.

Присъединяването на страната към Алианса, концепцията за развитието на БА, Плана за модернизация на БА и изпълняване на мероприятията по осигуряване на съвместимост, системата за радиолокационно опознаване следва да бъде изградена и да съответства на следните изисквания:

- стандарт STANAG 4193 "Технически характеристики на системите за опознаване "свой-чужд" Мк ХА и Мк –ХII;
- АСР–160(В) "Оперативни процедури за системите за опознаване IFF/SIF;
- Приложение 10 на ICAO."Международни стандарти и препоръки за въздушна свръзка".

Това ще позволи осигуряването на следните основни режими на работа на системата:

- режим 1 – 32 кода;
- режим 2 – 4096 кода;
- режим 3/А – 4096 кода;
- режим 4 – криптографско опознаване;
- режим С – кодирано докладване на височина;
- режим S на ICAO.

С нарастването на ролята и влиянието на Видовете въоръжени сили (ВВС) и родове войски (РВ) и възможностите на използваните съвременни и перспективни образци въоръжение и техника за осигуряване на сигурността и отбраната на страната, ще нараства и мястото и ролята на системите за радиолокационно опознаване. Това изискване следва да бъде отчитано при изграждането на основните проекти при изпълнението на Плана за снабдяването и модернизация на БА с цел по-бързото привеждане и осигуряване на оперативна и техническа съвместимост на внедряваните и средства от националната система за радиолокационно опознаване, съгласно стандартите и изискванията на НАТО.

Използването на системен подход ще позволи да бъде изградена оптимизирана по йерархия, структура, задачи и взаимовръзки национална система за радиолокационно

опознаване система и ще способствува за избиране на подходящо за целта оборудване и контролно-измерителна апаратура и средства за обучение.

Опитът от локалните военни конфликти показва определящата роля на съвременни радиотехнически системи и средства (РТС) в състава на които влизат и бордовите системи и средствата за радиолокационно опознаване (БСРЛО), решаващи широк спектър от задачи [1-4,6-8]:

- голяма далечина на действие (радиус на действие);
- висока точност на откриване и опознаване на въздушните обектите във всякакви метеорологични условия и период от денонощието;
- висока автономност и пригодност за работа;
- всестранно и непрекъснато логистично осигуряване с минимум сили и средства в стационарни и полеви условия.

Радиоелектронните комплекси на БСРЛО да включват съвременни средства за откриване и опознаване на противникови въздушни цели осигуряващи:

- висока автоматизация на търсенето, откриването и идентификацията на различни цели;
- многоканалност на захвата, съпровождането и управлението на авиационните бордови средства за поразяване;
- ефективни средства за радиоелектронна защита;
- гъвкав софтуер с възможности за програмиране на нови режими за бойно използване;
- съвместимост на радиоелектронните комплекси на СРЛО със стандартите на НАТО и изискванията на ИКАО (държавно опознаване, комуникация и навигация);
- висока бойна и експлоатационна живучест, предполагаща защитеност на жизнено важни елементи и системи и резервираност по нормите на НАТО;
- технологичност, ергономия и достъпност на техническото об-служване и експлоатация на БСРЛО.

Анализът на развитие на съвременните РТС показва, че в настоящия момент се забелязва тенденция за повишаване на универсалността и многофункционалността на използваните системи и средства за радиолокационно откриване и опознаване.

Както показва съвременната военна наука и опитът от локалните войни и конфликти от съществено значение при изпълнението на бойни задачи от РТС са възможностите на радиоелектронното им оборудване.

Основното оборудване на съвременна БСРЛО включва:

- кабина (кабини), оптимизирана за изпълнение на бойните задачи;
- система за опознаване;
- функционално разположени индикатори;
- система за управление на опознавателния комплекс;
- интегрирана система за обработката и управление на данните;
- ергономично разположени органи за управление;
- навигационно оборудване;
- комуникационно оборудване;
- електро и специално оборудване.

Оборудването на съвременните БСРЛО притежава възможности за следните режими на работа:

- инициализиране и въвеждане/извличане на данни;
- откриване и опознаване;
- предаване на информацията към потребителите.

Системите за радиолокационно опознаване на страните членки от НАТО се изграждат в съответствие с изискванията на стандарт STANAG 1493 (MkXII) и имат следните режими на работа:

- Режими 1 и 2 (НАТО);
- Режими 3/A и C (ИКАО);
- Защитени крипторежими (режими 4, 5);
- Режим S (за взаимодействие с РВД).

Особено голямо внимание се отделя на спрягането на системата за опознаване с прицелно-стрелковите комплекси на бордовите системи и средства за поразяване .

В БСРЛО работата на всички системи се управлява от специализирани компютри, като широко приложение са намерили цифрови линии за обмен на данни между отделните системи от типа MIL-STD-1553 Muxbus, ARINC 429 и RS-422.

Тази концепция се базира върху използването на многофункционален компютър, който обработва информацията от различни подсистеми и осигурява на оператора оптимална

информация за въздушната обстановка, подпомага вземането на тактически решения, избора и управление на въоръжението. Компютърът следи функционирането и тества изправността на системите от състава на БСРЛО при първоначалното включване, както и в процеса на работа, като позволява натрупаната статистическа информация да бъде използвана при анализа, оценката и прогнозирането на отказите в системата.

Широко приложение в управлението на оборудването на БСРЛО от пилота са намерили многофункционалните ръчни манипулатори, които позволяват избора на най-важните режими и включването на системите за извършване на откриване, опознаване, захват, съпровождане на целта и др.

От съществено значение за изпълнението на бойните задачи има начинът и видът на изобразяваната информация. За целта се използват многофункционални цветни дисплеи (МФЦД). Пилотите на самолети или вертолетите могат да избират изобразяването на една или друга информация на МФЦД. Тези дисплеи се използват основно за представяне на тактическата обстановка, като индикатор на средствата за откриване и опознаване на целите и за индикация и управление на системите и средствата за поразяване и др.

Точността на изобразяваната информация за целите и пара-метрите за използване и насочване на въоръжението е в границите на изискванията за точност на прицелно-стрелковия комплекс.

Анализът на съвременното състояние и тенденциите на развитие на средствата за обективен контрол на РТС показва, че непрекъснато се работи по повишаване качеството и ефективността на апаратурата за въвеждане и снемане на данни за работа на БСРЛО.

Целта на използване на това оборудване е да се намали времето за подготовка на данни и тяхното въвеждане в РЛС и СРЛО, както и прочитане на записаните по време на работа данни.

За подготовка на данните, тяхното въвеждане в РЛС и последващо прочитане на записаните по време на работа данни се използва център за оперативно планиране.

В настоящия момент системите и средствата за обективен контрол на БСРЛО са изготвени на съвременна елементна и технологична база, позволяваща да бъде записан голям обем от информация и възможности за бързото ѝ въвеждане и снемане.

Широко приложение са намерили системите за обмен на данни в реално време на информация за тактическата обстановка между взаимодействащите тактически единици

Навигационното осигуряване има съществено значение за успешното изпълнение на поставените бойни задачи.

В съществуващите БСРЛО навигацията се извършва със спътниковата GPS, като системата осигурява много висока точност на данните за време и координати, и нейното действие не се ограничава от местоположението и релефа на местността.

Системите притежават гъвкав софтуер, които се модифицира според изискванията на потребителя.

Основните характеристики на оборудването на съвременната БСРЛО са в тясна връзка и взаимозависимост със състава и функциите на радиолокационния комплекс за откриване и опознаване и следва да се разглеждат в рамките на критерия "стойност-ефективност".

Интегрирането на РБългария в структурите на НАТО възниква необходимостта от превъоръжаване на нашите ВВС с БСРЛО, отговаряща на стандартите на НАТО и осигуряване на съвместимост на опознаващото и специално оборудване.

Намиращите се на въоръжение в настоящия момент транспондери от типа АТС 2000 R и АТС 3401 имат само граждански режими на опознаване ЗА и С и не позволяват участие в съвместни операции на войските от Алианса. [5]

В тази връзка с оглед наличния парк бордови системи и средства за радиолокационно опознаване е целесъобразно да бъде извършена модернизация на наличните БСРЛО.

В съответствие с изискванията на стандартите на НАТО [9-10] и практиката на страни - членки на НАТО модернизацията на БСРЛО следва да бъде насочена към:

1. Постигане на оперативна съвместимост на системата за радиолокационно опознаване.
2. Повишаване на информационния потенциал.
3. Повишаване на точността, надеждността и многофункционалността на системите и средствата радиоелектронно оборудване.
4. Подобряване на ергономичността на пилотската кабината за използване на бордовите системи и средства за радиолокационно опознаване.
5. Минимизиране на логическата зависимост и създаване на съвместимост с логистичното осигуряване в НАТО.

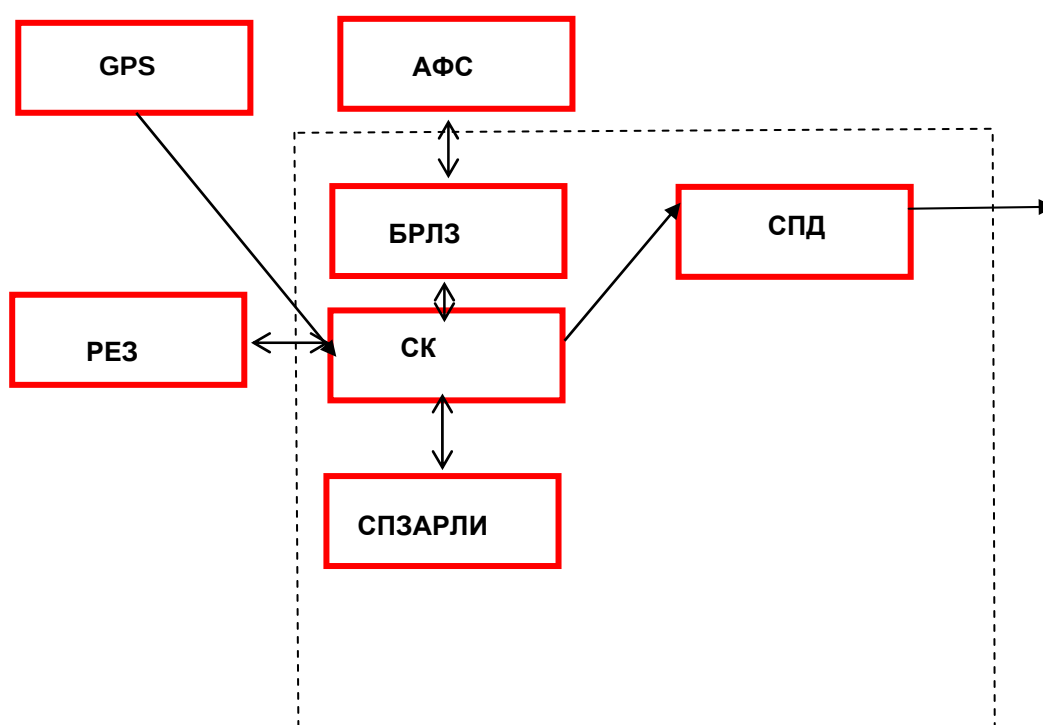
На основание оперативно-тактически изисквания, съвременните технически достижения и тенденции на развитие, регламентиращите стандартизационни документи на НАТО и ИКАО, а така също информацията от проведени срещи и представяния на фирмите "BAE" - Великобритания, EADS –Германия, "Raytheon"- САЩ и др. могат да бъдат обосновани общите изисквания към системите за радиолокационно опознаване и са предложени възможни варианти на модернизация на.

- да интегрира в единен комплекс с общо управление и индикация новите и съществуващи системи, с възможност за определяне на местоположението и единното време по сигнали от GPS. Структурата на БСРЛО да бъде с отворена модулна архитектура, позволяваща последващо доусъвършенстване. Да се използва съвременно оборудване.

- опознавателното оборудване да осигурява режими 1, 2, 3A/C, S, 4 и 5 по изискването на STANAG 4193 за системи IFF. Средната наработка на отказ да бъде не по-малка от 2000 h.

Съгласно приведените по-горе съображения са възможни следните варианти на модернизация на БСРЛО:

- 1) Пълна модернизация .
- 2) Частична модернизация.



Вариант 1. Пълна модернизация на БСРЛО

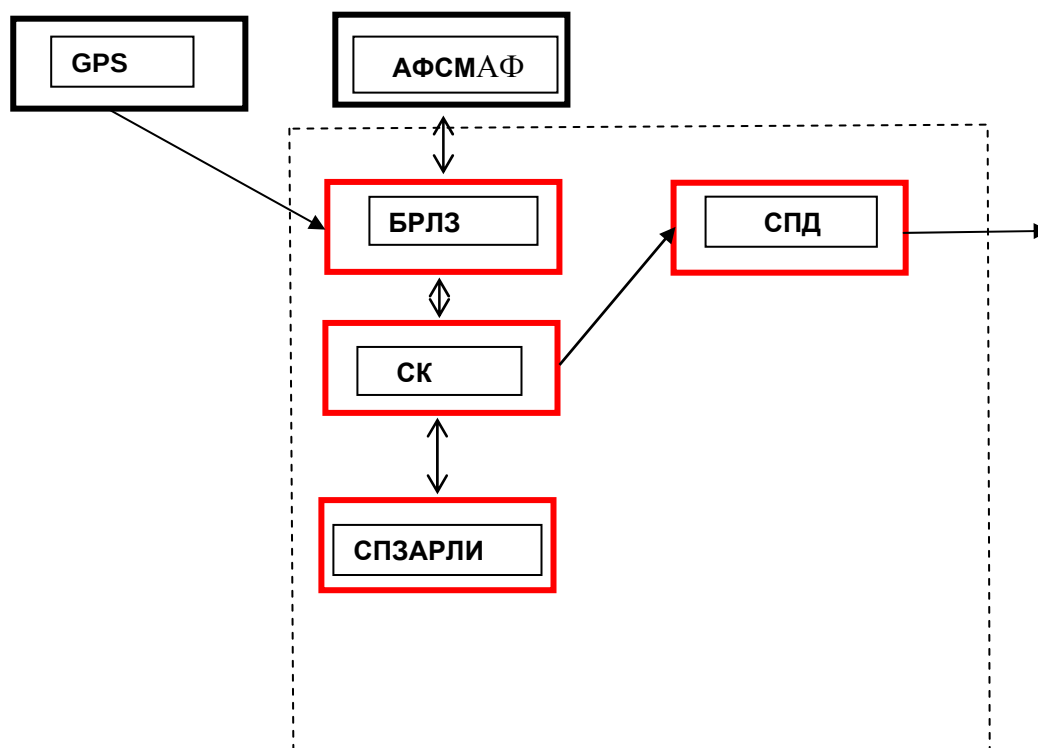
В предлаганите варианти новите системи и средства от състава на изделието са повдигнати с червен цвят.

Направеният анализ на посочените варианти за модернизация на БСРЛО дава възможност да се направят няколко основни извода.

1. Вариант 1 най-пълно покрива общите оперативно-тактически изисквания. Наличието на нови антенно - фидерна система (АФС), бордови радиолокационен запитвач (БРЛЗ) с криптоблок, автоматизирано работно място (АРМ), система за предаване на данни (СПД), специализиран компютър (СК), GPS система за позициониране и единно време, система за радиоелектронна защита (РЕЗ), система за планиране, запис и анализ на радиолокационната информация (СПЗАРЛИ) повишават възможностите и оперативната съвместимост на БСРЛО, но значително оскъпяват реализацията.

2. В сравнение с пълната модернизация вариант 2 покрива изискванията на НАТО и ИКАО при по-малък обем ново оборудване. Използването на щатните GPS и антенно-фидерна система не влошава характеристиките на системата, но снижават нейната цена.

Особеност на посочените варианти е необходимостта от промяна на конфигурацията на приборните табла в пилотската кабина. Това при различни модификации авиационна техника



Вариант 2. Частична модернизация на БСРЛО

ще доведе до допълнително увеличаване на разходите за инженеринг по спрягането на БСРЛО с РЛС и до необходимост от обучение на летателния и инженерно-технически състав.

Литература:

1. С о т и р о в Г. С. Анализ и оценка възможностите за модернизация на бордовите радиоелектронни комплекси – Доклад, Конференция с международно участие “Хемус-2002” - Пловдив, 2002 г.
2. Проспектни материали от представяне на фирма “BAE”- Великобритания.
3. Проспектни материали от представяне на фирма “EADS”- Германия.
4. Проспектни материали на фирма “Raytheon”- САЩ.
5. Технически описания на изделия - ATC 2000 R и ATC 3401.
6. Jane's All The World Aircraft – Tenth Edition 2000-2001.
7. Jane's Defense Weekly, vol.24 No11, 16 Sept. 1995
8. Planet AeroSpace No.1 April-May 2008.
9. MIL-E5400–General Specification for Aerospace Electronic Equipment.
10. STANAG - 4193 - IFF systems.

МЕТОД ЗА ОЦЕНКА ЕФЕКТИВНОСТТА НА АВИАЦИОННИТЕ СРЕДСТВА ЗА РАДИОЕЛЕКТРОННО ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ ПРИ ПРЕОДОЛЯВАНЕ НА ПВО

Георги Сотиров

*Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: gsotirov@space.bas.bg*

METHOD FOR EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF ON-BOARD ELECTRONIC WARFARE SYSTEMS AT OVERCOMING AIR DEFENCE

Georgi Sotirov

*Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: gsotirov@space.bas.bg*

Key words: EW system, air defense, efficiency, air defense systems,

Abstract: Evaluation of the possibilities to evaluate the efficiency of on board EW systems at overcoming air defence is presented. The paper provides analysis and proposes a method for evaluation of efficiency based on the theory of Markov's processes.

Критериите за оценка на ефективността на авиационните средства за радиоелектронно противодействие се разглеждат в [1,2]. На практика получаването на количествени резултати за ефективността е сложен процес поради голямото число случайни величини, които я характеризират. В настоящата работа се предлага метод, позволяващ точно да бъде оценена ефективността на авиационните средства за радиоелектронно противодействие (РЕП).

Главната цел, която се преследва с използването на средствата за РЕП в хода на преодоляването на противовъздушната отбрана (ПВО) на противника, е намаляването на собствените загуби. Следователно критерий за оценка на ефективността може да бъде средното число поразени самолети P_{cp} . В процеса на преодоляване на ПВО по авиационната ударна група (АУГ) могат да бъдат извършени няколко пуска от зенитни ракетни комплекси (ЗРК), затова за изчисляването на P_{cp} е необходимо:

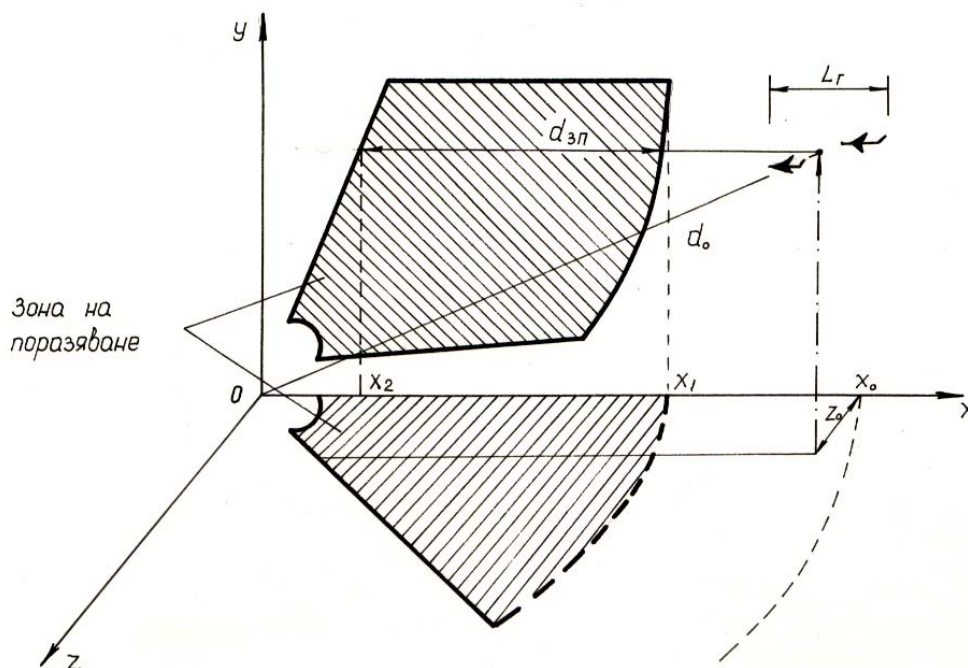
- да бъде определено средното число пускове от ЗРК по самолетите от ударната група – k ;
- да бъдат определени вероятностите за поразяване на самолетите след всеки изстрел от ЗРК – $P_{пор}(i)$, (i -пореден номер на изстрела).

Да разгледаме действията на АУГ, оборудвана със средства за РЕП, при преодоляване на дадена зона, охранявана от ЗРК (фиг.1)

Групата самолети може да бъде открита на някакъв рубеж X_0 , далечината d_0 до който се определя от възможностите на радиоелектронните средства, влизащи в състава на ЗРК, а така също от височината на полета H и параметъра на курса Z_0 на АУГ. За откриването на целите и за подготовката на средствата за поразяване на ЗРК е необходимо определено време, наречено «пасивно» - $T_{пас}$, след което се извършва стрелба. За времето на пребиваването на самолетите в зоната на поразяване, която има дължина $d_{зп} = (X_1 - X_2)$ (X_1, X_2 са съответно координатите на точките на влизане и излизане от зоната на поразяване), ЗРК може да изстреля няколко ракети. Значението на средното число изстрели [3] ще бъде

$$(1) \quad K = N_k [1 + (d_{зп}^* + L_r^*) / (V_c^* T_{ц}^*)] P_{ав}.$$

където N_k е числото на целевите канали на ЗРК, $d_{зп}^* = (X_1^* - X_2^*)$ – средно значение на дълбочината на зоната на поразяване, L_r^* – средно значение на дълбочината на бойния ред на



Фиг.1.

самолетите, V_c^* – средна скорост на УАГ, $T_{ц}^*$ – средно значение на цикъла на стрелбата на комплекса, P_a – вероятността за изпълнение на първата атака от зенитната ракета.

За осъществяването на успешен изстрел по АУГ от фиг.1 следва, че

$$(2) \quad T_{X_0 X_1} = T_{пас} + T_{0X_1},$$

където $T_{X_0 X_1}$ е времето за прелитане на самолетите от рубежа на откриване X_0 до влизане в зоната на поразяване X_1 , $T_{пас}$ – пасивното време на комплекса, T_{0X_1} – времето за полет на зенитната ракета до точката на среща с АУГ – X_1 .

Равенство (2) може да бъде записано във вида:

$$(3) \quad \{[(d_0^2 - H^2 - Z_0^2)^{1/2} - X_1]/V_c^*\} = T_{пас} + (X_1^2 + H^2 + Z_0^2)^{1/2}/V_p^*,$$

където V_p^* е средната скорост на полета на зенитната ракета. От равенство (3) може да бъде определена координатата на точката за влизане на АУГ в зоната на поразяване на ЗРК – X_1^* .

Средното време на цикъла на стрелба $T_{ц}^*$ зависи от типа на използвания ЗРК.

Например в ЗРК с полуактивно насочване то се определя със зависимостта [3].

$$(4) \quad T_{ц}^* = T_{н}^* + T_{пп}^* = d_{н}^*/V_p^* + T_{пп}^*$$

където $T_{н}^*$ е средното време за насочване на зенитната ракета към целите, $T_{пп}^*$ – средно време за повторен пуск на ЗРК. В (4) средното значение на далечината на насочване $d_{н}^*$ в случай на равно възможна стрелба по целите от УАГ във всяка точка от зоната на поразяване ще бъде [3]

$$(5) \quad d_{н}^* = \frac{1}{X_1 - X_2} \int_{X_2}^{X_1} (x^2 + H^2 + Z_0^2)^{1/2} dx$$

където X_2 е координатата на точката на излизане на самолетите от УАГ от зоната на поразяване и за значението и обикновено се приема, че е равно на минималната далечина на стрелба на ЗРК.

Възможностите за изпълнение на първата атака от ЗРК зависи от величината на пасивното време, необходимо за откриване на целите и подготовка за първия пуск. Вероятността за изпълнение на първата атака P_a е вероятността, че пасивното време $T_{пас}$, явявайки се случайно, няма да надхвърли максималното допустимо време τ , при което все още е възможно среща на зенитната ракета с АУГ до излизането от зоната на поразяване. Времето τ може да бъде определено от условието за равенство на времето за прелитане на самолетите до излизането от зоната на поразяване и времето за полет на зенитната ракета до този момент

$$(6) \quad \tau = [(d^2_0 - H^2 - Z^2_0)^{1/2} - X_2 + L_T]/V^*_{p} - (X^2_2 - H^2 + Z^2_0)^{1/2}/V^*_{p}$$

На практика законът на разпределение на времето обикновено се приема да бъде показателен [4] със средно значение $T_{пас}$ и вероятността за изпълнение на първата атака ще бъде

$$(7) \quad P_a = P(T_{пас} < \tau) = 1 - e^{-\tau/T_{пас}}$$

Замествайки последователно значенията от равенства (4) и (7) в (1) може да бъде определено средното число изстрели k .

Значението на вероятностите за поразяване на самолетите след всеки изстрел може да бъде определено с помощта на марковските вериги. Да предположим, че по УАГ се произвежда единична стрелба. При това вероятността за поразяване на един самолет, ако се използват средства за РЕП, е P_n (n - брой на самолетите). Ако не се използват средства за РЕП, в случая когато остане един самолет, вероятността поразяване е P_1 .

До влизането на самолета в зоната на поразяване системата се намира в изходно състояние n . След първия пуск тя може да остане в това състояние, ако не е поразен нито един самолет или да премине в състояние $n-1$, в случай, че е поразен един от самолетите.

Вероятностите за тези преходи ще бъдат съответно

$$P_{nn} = 1 - P_n \text{ и } P_{nn-1} = P_n,$$

където първият знак в индекса означава състоянието на системата до пуска, а вторият – след него.

Последователните преходи на системата от едно състояние в друго след N пуска представляват марковска верига – “дърво на състоянията” [5,6]. Матрицата на вероятностите на преходите за тази верига след всеки изстрел има вида

Състояние до пуска	Състояние след пуска							
	n	$n-1$	$n-2$	.....	.....	2	1	0
n	$1 - P_n$	P_n	0	.....	.....	0	0	0
$n-1$	0	$1 - P_{n-1}$	P_{n-1}	.....	.....	0	0	0
$n-2$	0	0	$1 - P_{n-2}$	.....	.....	.	.	.
.	.	.	.			.	.	.
.	.	.	.			.	.	.
.	.	.	.			.	.	.
2	0	0	0	.....	.....	$1 - P_2$	P_2	0
1	0	0	0	.....	.....	0	$1 - P_1$	P_1

Тогава в съответствие с «дървото на състоянията» и матрицата на вероятностите на преходите, вероятността за поразяване на един самолет след един пуск ще бъде

$$(8) \quad P^{(1)} = P_n$$

след два пуска

$$(9) \quad P^{(2)} = P_n(1 - P_n) + P_n P_{n-1}$$

а след N пуска

$$(10) \quad P^{(N)} = P_n(1 - P_n)^{(N-1)} + P_n P_{n-1}(1 - P_n)^{(N-2)} + \dots + P_n P_{n-1} \dots (1 - P_2) P_2 + P_n P_{n-1} \dots P_2 P_1$$

Тогава величината на средното число поразени самолети ще бъде

$$(11) \quad P_{cp} = \sum_{i=1}^k P^{(i)}$$

Равенство (11) позволява количествено да бъде оценена ефект-ивността на средствата за РЕП при преодоляване на ПВО на противника. Представеният метод може да бъде използван и за определяне дълбочината на проникване на зададен боен ред на АУГ, която осигурява преодоляването на ПВО със зададена вероятност.

Литература:

1. В а к и н С. А., Л. Н. Ш у с т о в. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки. М. Сов. Радио, 1968
2. В е н т ц е л ь Е. С. Исследование операций. М. Сов. Радио, 1972
3. А т р а ж е в М. П., В. А. И л ь и н, Н. П. М а р и н ь. Борьба с радиоэлектронными средствами. М.ВИМО 1972
4. Д у р о в В. Р. Боевое применение и боевая эффективность истребителей–перехватчиков. М. Сов. Радио, 1968
5. Т и х о н о в В. И., М. А. М и р о н о в. Марковские процессы. М. Сов. Радио, 1977.
6. Справочник по исследованию операций. Под ред.Матвейчука. М. ВИМО 1979.

ЙЕРАРХИЯ НА ВЪЗНИКВАЩИ ЦЕНТРОВЕ НА ДЕЙСТВИЕ В КОНФЛИКТНАТА ЗОНА ‘ОКОЛОЗЕМНО КОСМИЧЕСКО ПРОСТРАНСТВО’

Деян Гочев, Константин Шейретски, Пламен Тренчев

*Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: dejan@space.bas.bg*

Ключови думи: йерархия, космос, конфликт

Резюме: Обсъжда се използването на особени точки във фазовото пространство на управляващите параметри на конфликт в ОКП.

THE HIERARCHY OF EMERGING CENTERS OF GRAVITY IN THE ‘SPACE VICINITY OF THE EARTH’ CONFLICT ZONE

Deyan Gotchev, Konstantin Sheiretsky, Plamen Trentchev

*Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: dejan@space.bas.bg*

Key words: hierarchy, space, conflict

Abstract: A discussion is made on the use of peculiar points in the governing parameters' states' space of a conflict during its evolution in the space vicinity of the Earth.

Реално и според логиката на еволюция на конфликтните зони околоземното космическо пространство (ОКП) се превръща в доминиращ театър на военните действия (ТВД).

Първата причина е поради геометричните особености, от които следват предимства като: по-добри обзор, точност на въздействие, маневреност, неуязвимост-скритост и недостъпност.

Следващата причина е поради физическите особености на ОКП, които дават възможности за целенасочено променяне на средата и обектите в нея. Има две направления:

1. концептуално еднозначно изследване и контролирано технологично използване на особености в преходни процеси от геофизичната магнитохидродинамика;
2. спекулиране и експериментирание с новооткрити явления и „неканонични“ постулати за скаларни полета, характеристики на пространство-времето (структура, казуалност, изменение).

В подбрани постоянни или временни енергоактивни зони чрез импулсни, „информационно“ модулирани електромагнитни въздействия се влияе на дълго-периодични голямо-машабни процеси. Резултатът са промени в активността на климатични и тектонични процеси и съответните им екологични, социални и икономически ефекти. Спорни са възможностите за контрол и регулиране на прецизността и „спектъра“ на последните.

Друга възможност е чрез високоенергийно насочено действие да се влияе на структурата на обекти в ОКП и на локални характеристики на средата. Резултатните промени временно неутрализират планираните комуникации, наблюдения и транспортни маневри в

зоната на приложение. Пречки са инструменталното поддържане на нужната енергетика и „заобикалянето“ на дисипативните процеси.

В програми с „двойно предназначение“ се обсъждат възможности за целенасочени промени в движението на пресичащи земната орбита астероиди. Предвид тенденцията за точност и ограниченост на деструктивно въздействие, е съмнително насочването им към земна цел или разрушаване и насищане с отломките им на област от ОКП, т.е. перспективно е използването на евентуално новооткриваните процеси и решения. Последното е валидно и за изследвания на Луната и Марс.

Третата причина е от насищането на ОКП с непилотируеми спътници с различно военно предназначение, на които цялостно се делегират многостранни автономни функции.

Рисковете са от свръхвнедряването на действащи в ОКП системи с изкуствен интелект, изпреварващо традиционните критерии за проверка на надеждност. Напълно неизвестно е поведението на съответните мрежи около критични прагове в самоподдържащата се йерархия на функционирането им.

Непредсказуема е и ролята на споменатата особеност, комбинирана с нововъзникващото участие на множество държави и организации с несъвместими интереси и минимално сравними нива на обществено и технологично развитие. Ситуацията е съчетание по аналогия от два отдалечени по време процеса- от епохата на великите географски открития в познавателно предизвикателна, но антропо-не-враждебна среда и на този след втората световна война, когато в инерцията на агресивно противопоставяне участниците се конкурират с копирани от общ източник решения.

Противоречиви са и интерпретациите на интересите и приноса на „доайените“ (САЩ и Русия) към интернационализацията на космическите изследвания.

Коментираният процес е пример за потенциално катастрофичен сценарий поради линеен подход към нелинеен процес. Причината е в хаотичната динамика и трансформиране при пресичане на множеството преходни области.

Допълнителна неяснота за евентуална предсказуемост е и от пропагандната празнота и от очевидното блъфиране в обявяваните цивилни и военните програми. Е ли това граничен режим на дисипация на усилията поради евристично изтощаване с последваща само-възникваща преориентация?

Или в глобалното информационно общество сме съвременници на необявени и недостъпни, „отвъд хоризонта на познание“ изследвания по цивилизационен конфликт в космоса? Проверка може да е наблюдаването на неантропичен интелект и съответната физика, което не е несъвместимо.

Работата е по тематиката на договор 1507/2006 с МОН.

ОТКРИВАТЕЛСКИТЕ ПРИНОСИ НА ПРОФ. КРЪСТЬО КРЪСТЕВ В ОБЛАСТТА НА ЯДРЕНАТА ФИЗИКА И ВОЕННИТЕ НАУКИ

Милен Замфиров

Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: mzamfirov@space.bas.bg

Ключови думи: проф. Кръстьо Кръстев, електромагнитна пулсация, ядрена физика

Резюме: Представени са интересни и малко известни факти на българската общественост за приноса на проф. Кръстев в областта на ядрената физика и военните науки.

В основата на изградената в Съединените щати стабилна система за контрол стои т. нар. електромагнитна пулсация. Едва през 1962 г. за първи път в американския печат се появява официална информация за "изключителната роля, която това откритие има за сигурността на САЩ и за световния мир". Тогава се съобщава и името на неговия автор - българина проф. д-р Кръстьо Кръстев.

Изложение

На 6 август 1945 г. атомен взрив опустошава Хирошима. Три дни по-късно същата съдба сполетява и Нагасаки. През 1949 г. Съветският съюз извършва опит с ядрено оръжие. Постепенно в затворения клуб на ядрените държави се включват Франция, Англия и Китай. В безлюдните райони на планетата се извършват стотици опити с атомно оръжие. Ядреният кошмар като дамоклев меч надвисва над изстрадалото от Втората световна война човечество. През 1959 г. на Женевската конференция САЩ обаче оповестяват, че разполагат с надеждна система за регистриране на всеки ядрен опит в атмосферата, където и да е извършен той. И се споразумяват със Съветския съюз за мораториум върху изпитанията. По-късно се подписва договор за неразпространение на ядреното оръжие и за преустановяване на всякакви опити. Не че той е признат веднага от всички ядрени сили, но така или иначе се създава юридическа бариера срещу експериментите в тази област.



Сн. 1. Проф. Кръстьо Кръстев

В основата на изградената в Съединените щати стабилна система за контрол стои физичният феномен ЕМП (електромагнитна пулсация). Дълги години върху това откритие и името на неговия автор стои гриф "Строго секретно!" [1]. Едва през 1962 г. за първи път в американския печат се появява официална информация за "изключителната роля, която това откритие има за сигурността на САЩ и за световния мир". Тогава се съобщава и името на неговия автор - българина проф. д-р Кръстьо Кръстев.



Сн. 2. Кръстьо на 2 години

Той е роден на 12 юли 1900 г. в Силистра в семейство на учители. След румънската окупация на Южна Добруджа семейството се премества в София. Тук Кръстьо завършва гимназиалното си образование, сетне следва минно инженерство в Германия и последователно защитава три доктората [3]. През 1930 г. става директор на железниците и пощите, а сетне е професор по физика, технология и химия на мощните експлозиви във Военната академия. През 1932 година е директор на научните изследвания към Генералния щаб на Военното министерство [3].



Сн. 3. Дафина и Иван Кръстев – родители на Кр. Кръстев

Електромагнитната пулсация

12 август 1932 г. се оказва съдбоносна дата за по-нататъшния професионален път на проф. Кръстев. На този ден по време на стрелба с тежко оръдие той забелязва, че контролно - измервателните уреди показват необяснимо явление. Ученият се заема с неговото изследване и стига до заключението, че при взривната реакция се отделят електромагнитни вълни, които се разпространяват със скоростта на светлината. Кръстев назовава новооткритото явление електромагнитна пулсация (ЕМП) [2]. През 1933 г. военното министерство го награждава със златен медал за създаването на уред въз основа на неговото изобретение, осигуряващ точна артилерийска стрелба.

Съгласно спогодбата между България и Германия за сътрудничество в областта на военните науки проф. Кръстьо Кръстев продължава изследванията си с физици от отдела за измервателни уреди на "Сименс", както и с именития учен Макс Планк [1]. През 1933 г. германските физици регистрират и научно утвърждават явлението ЕМП, назовавайки го "Ефектът на Кръстев". При проведения край Берлин през февруари 1939 г. опит за разбиване атома на урана се използва осцилограф, основаващ се на "ефекта на Кръстев", и за първи път в историята на атомните изследвания се документира миниатюрна ядрена експлозия. Проф. Кръстев участва в конструирането на първия измервателен уред за точното насочване на немските ракети "Фау 1" и "Фау 2" при обстрелването на Англия[1].

Освен научноизследователската си дейност Кр. Кръстев създава през 1933 г. в София и три индустриални предприятия: "Едисон" за електротехническо оборудване, "Алтрос" за химикали и лекарства, електрохимическия завод "Аляска" с над 1 800 работници и служители.

Девети септември 1944 г. го заварва със семейството му на път с автомобил от Словакия за България, но той променя маршрута и през Австрия стига до Италия. Тук през 1947 г. съдбата го среща с американския физик Алберт Ърл Стол, съветник на военновъздушния аташе на САЩ в Рим [2]. Пред него проф. Кръстев разкрива откритието си и заедно обсъждат неговото приложение при атомните експлозии. Същата година със семейството си Кръстьо Кръстев пристига в Канада и става директор на научноизследователския център за хирургическо оборудване в Торонто. През 1950 г. той вече е в САЩ и е назначен за специален консултант на американската армия, флот и военновъздушни сили. Същевременно е и сътрудник на специалната изследователска лаборатория на университета в Мичиган. Ползва се с голям авторитет сред научните и ръководните среди на Съединените щати. Участва като съветник на Женевската конференция по разоръжаването. Често изнася доклади на научни конференции. В Принстън се среща с Айнщайн, чийто асистент е бил по време на германския си период, и заедно обсъждат нови насоки за приложение на "Ефектът на Кръстев"[1].



Сн. 4. Проф. Кръстев със семейството си

Станал американски гражданин, през ноември 1962 г. му се връчва "Награда за изключителна служба" - най-високото отличие, което се присъжда в американската армия на цивилно лице.

В началото на 1963 година Световните изпълнителни офиси "Ленко", ИНК - Джаксън, Мисури, разпространяват специално издание, наречено "Почит към една изявена личност - д-р Кръстьо Кръстев". В предисловието от президента Пол Леопард се казва: " В този наш зает свят ние, изглежда сме станали толкова ангажирани, толкова заети в борбата за осигуряване на живота си, за самото си оцеляване, че понякога пропускаме да разпознаем и да отдадем почит на истински великите човешки постижения на нашето време. С тази мисъл в съзнанието си аз имам удоволствие да представя в това издание част от историята и постиженията на един забележителен човек....д-р Кръстьо Кръстев" [1].

Заклучение

До края на живота си д-р Кръстев остава българин. След смъртта му на 16 септември 1969 година, изпълнявайки неговото желание, през 1972 година близките му донасят урната с праха му на българска земя.

Литература

1. С т а м е н о в М. Те прославиха България. София, 2003
2. <http://www.aba.government.bg/bg/Bd/Archive/archive/970901/4.html>
3. <http://www.segabg.com/online/article.asp?issueid=1480§ionid=7&id=00012>

Session 7

***Astrophysics
and
Nonlinear Dynamics***

Chairman: Prof. Nikolay Erokhin
Secretary: Res. Fell. Daniela Boneva

СЕРФОТРОННОЕ УСКОРЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПАКЕТОМ ИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН КОНЕЧНОЙ АМПЛИТУДЫ В КОСМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМЕ**Николай Ерохин¹, Надежда Зольникова¹, Людмила Михайловская¹, Румен Шкевов², Стилян Луков²**¹Институт космических исследований – Российская академия наук, Москва, Россия²Институт космических исследований – Болгарская академия наук, София, Болгария
e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru, shkevov@space.bas.bg**Ключевые слова:** Ультрарелятивистское ускорение, пакет электромагнитных волн, космическая плазма, нелинейные уравнения, вихревая компонента, серфинг на электромагнитной волне**Аннотация:** Исследовано ультрарелятивистское ускорение заряженных частиц при их взаимодействии с пакетом из электромагнитных волн конечной амплитуды, распространяющихся поперек слабого внешнего магнитного поля в космической плазме. С учетом вихревой компоненты электрических полей волн получен интеграл движения системы релятивистских уравнений для ускоряемого заряда и задача сведена к исследованию нелинейного уравнения второго порядка для фазы одной из волн на траектории частицы. Проведены численные расчеты условий захвата и последующего ультрарелятивистского ускорения зарядов в зависимости от начальных данных частицы и исходных параметров волнового пакета. Начальная энергия частиц предполагается релятивистской. Численными расчетами показано, что для слабо нелинейных электромагнитных волн при достаточном различии их частот (фазовых скоростей) в пакете и при превышении амплитудами волн некоторого порогового значения имеют место захват и последующее ультрарелятивистское ускорению зарядов, если в начальный момент времени скорость заряда в направлении распространения волн достаточно близка к фазовой скорости одной из мод. Таким образом из проведенного анализа следует, что генерация потоков ультрарелятивистских ускоренных заряженных частиц при серфинге на электромагнитной волне происходит и при воздействии на заряд пакета из волн конечной амплитуды.**CHARGE PARTICLES SURFATRON ACCELERATION BY A SET OF FINITE AMPLITUDE ELECTROMAGNETIC WAVES IN SPACE PLASMA****Nikolay Erokhin¹, Nadezhda Zolnikova¹, Ludmila Mikhailovskaya¹, Rumen Shkevov², Stiliyan Lukov²**¹Space Research Institute – Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia²Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria
e-mail: nerokhin@mx.iki.rssi.ru, shkevov@space.bas.bg**Key words:** Ultrarelativistic acceleration, package electromagnetic waves, space plasmas, nonlinear equation, vortex component, surfing on an electromagnetic wave.**Abstract:** Charged particles ultrarelativistic acceleration during their interaction with the package of the finite amplitude electromagnetic waves, propagating across the weak external magnetic field in space plasma is studied. Taking into account the wave vortex field component, the integral of motion for relativistic equations describing accelerated charge is received and the problem considered is reduced to the study of second order nonlinear equation for the phase of one of the waves on the particle's trajectory. Computer calculations are made to obtain the trapping conditions following the charges ultrarelativistic acceleration depending on initial particles data and waves parameters. The initial energy of the particles is supposed to be relativistic. The computer calculations have shown that for weakly nonlinear electromagnetic waves under sufficient difference of their frequencies (phase velocities) and at waves amplitudes exceeding certain threshold value there are trapping conditions following the charges ultrarelativistic acceleration, if in the initial time the velocity of the charge along the waves propagation direction is close to the phase velocity of one of the wave modes. Thereby from the

analysis performed it follows that generation of streams of ultrarelativistic accelerated charged particles due to the surfatron mechanism occurs at the charge interaction with some set of finite amplitude electromagnetic waves.

Введение

Одним из основных механизмов генерации космических лучей является серфинг зарядов на электромагнитных волнах в магнитоактивной космической плазме (см., например, [1-4]). Его исследование входит в число актуальных задач астрофизики и представляет интерес для интерпретации данных наблюдений релятивистских частиц в околоземном пространстве. Ясно, что анализ условий захвата заряженных частиц в режим серфотронного, ультрарелятивистского ускорения в зависимости от параметров задачи, а также исследование эффективности данного механизма ускорения при воздействии волновых пакетов необходимо для корректных оценок числа ускоренных частиц, их максимальной энергии и энергетических спектров [5-7]. Данная работа является продолжением ранее выполненных исследований на случай больших начальных энергий заряженных частиц, например, для электронов рассматриваются начальные значения релятивистского фактора порядка 5000.

Параметр нелинейности волн полагается достаточно малым, поля ускоряющей электромагнитной волны считаются заданными и постоянными. Вначале из релятивистских уравнений движения заряда с учетом вихревой компоненты волновых полей получены интегралы движения, что позволяет свести задачу к анализу нестационарного, нелинейного уравнения второго порядка диссипативного типа для фазы электромагнитной волны на траектории захваченной частицы. Это уравнение решается численно для различных значений исходных параметров. Задача оказывается весьма трудоемкой и потому в данной работе изложена только часть возможных вариантов выбора параметров. Для иллюстрации этого отметим, что надежное определение, например, области захвата частицы в режим серфинга сводится к расчету порядка 60000 вариантов.

Результаты проведенных расчетов можно сформулировать следующим образом. При захвате частицы в режим сильного ускорения с течением времени фаза ускоряющей электромагнитной волны на траектории захваченной частицы медленно выходит на некоторое асимптотическое значение, что является характерной особенностью механизма серфинга. Компоненты импульса захваченного заряда и его релятивистский фактор увеличиваются практически линейно с ростом времени, что соответствует постоянному темпу ускорения захваченной волной частицы. При выборе релятивистских значений фазовой скорости волны наибольшее ускорение идет по направлению распространения волны. В обратном случае – низких значений фазовой скорости ($\omega / c k \leq 0.4$) основное ускорение происходит вдоль волнового фронта. Расчеты производились на интервалах безразмерного времени $\tau = \omega t \approx 100000$. Для безразмерной фазовой скорости полагалось $\omega / c k = 0.4$.

За исключением начального интервала времени поперечные к внешнему магнитному полю компоненты импульса захваченной частицы увеличивались практически линейно с ростом времени. На больших временах поперечные (относительно внешнего магнитного поля) компоненты скорости заряда были практически постоянны, например, вариации безразмерной скорости заряда вдоль направления распространения волны не превышали 0.001. Компонента скорости заряда вдоль внешнего магнитного поля в силу сохранения данного импульса частицы стремилась к нулю. С увеличением начальной энергии захваченной частицы (при фиксированной фазовой скорости волны) вариации фазы волны на траектории заряда несколько возрастают.

Из проведенного численного анализа механизма ультрарелятивистского серфинга зарядов на электромагнитной волне следует необходимость дальнейшего упрощения исходного уравнения для фазы волны на траектории захваченной частицы с целью получения асимптотик, например, для темпа ускорения и нестационарного эффективного потенциала, в котором реализуется нелинейная динамика захваченных частиц.

Основные уравнения и их исследование

С точки зрения пренебрежения нелинейными эффектами для ускоряющих волн надо полагать, что амплитуды рассматриваемых волн заметно ниже характерного поля релятивистской нелинейности т.е. $\sigma = e E_0 / m c \omega \ll 1$ поскольку захват в режим серфинга происходит для амплитуд волны выше порога $\sigma > \gamma_p = 1 / (1 - \beta_p^2)^{1/2}$.

Рассмотрим две волны с фазами $\Psi_1 = \omega_1 t - k_1 x$, $\Psi_2 = \omega_2 t - k_2 x + \varphi$

Введем безразмерные переменные $\tau = \omega_1 t$, $\xi = k_1 x$. Имеем связи

$$(1) \quad d\Psi_1 / d\tau = 1 - (\beta_x / \beta_{p1}), \text{ т.е. } \beta_x = \beta_{p1} [1 - (d\Psi_1 / d\tau)],$$

$$\Psi_2 = \Psi_1 \cdot \delta + (\alpha - \delta) \cdot \tau + \varphi, \quad d\Psi_2 / d\tau = \alpha (1 - N_2 \beta_x),$$

где $N_2 = c k_2 / \omega_2$, $\alpha = \omega_2 / \omega_1$, $\delta = k_2 / k_1$, $\beta_{p1} = 1 / N_1$, а N_1, N_2 показатели преломления плазмы на частотах волн. Для двух электромагнитных волн, бегущих поперек внешнего магнитного поля, компоненты полей берем в виде

$$(2) \quad E_x = E_{01} \cdot \cos \Psi_1 + E_{02} \cdot \cos \Psi_2, \quad E_y = \chi_1 \cdot E_{01} \cdot \sin \Psi_1 + \chi_2 \cdot E_{02} \cdot \sin \Psi_2,$$

$$H_z = N_1 \cdot \chi_1 \cdot E_{01} \cdot \sin \Psi_1 + N_2 \cdot \chi_2 \cdot E_{02} \cdot \sin \Psi_2$$

Здесь $\chi_1 = \varepsilon_{11} / \varepsilon_{c1}$, $\chi_2 = \varepsilon_{12} / \varepsilon_{c2}$ параметр χ характеризует вихревую компоненту электрического поля волны. Вводим безразмерные: скорость ускоряемого заряда $\beta = v / c$, безразмерные амплитуды волн $\sigma_1 = e E_{01} / m c \omega_1$, $\sigma_2 = e E_{02} / m c \omega_2$.

Заметим, что имеет место соотношение $\beta_x = \beta_{p1} [1 - (d\Psi_1 / d\tau)]$. Тогда безразмерный импульс электрона равен $p / m c = \gamma \beta$, где

$\gamma = 1 / (1 - \beta^2)^{1/2}$ - релятивистский фактор. Теперь релятивистские уравнения движения в поле двух волн, распространяющихся в плазме поперек внешнего магнитного поля имеют вид

$$d(\gamma \beta_x) / d\tau = -(\sigma_1 \cos \Psi_1 + \alpha \cdot \sigma_2 \cos \Psi_2) - u_1 \cdot \beta_y - (\sigma_1 \cdot N_1 \cdot \chi_1 \sin \Psi_1 + \alpha \cdot \sigma_2 \cdot N_2 \cdot \chi_2 \cdot \sin \Psi_2) \cdot \beta_y,$$

$$(3) \quad d(\gamma \beta_y) / d\tau = -(\sigma_1 \cdot \chi_1 \cdot \sin \Psi_1 + \alpha \cdot \sigma_2 \cdot \chi_2 \cdot \sin \Psi_2) + (\sigma_1 \cdot N_1 \cdot \chi_1 \cdot \sin \Psi_1 + \alpha \cdot \sigma_2 \cdot N_2 \cdot \chi_2 \cdot \sin \Psi_2) \beta_x + u_1 \cdot \beta_x, \quad d(\gamma \beta_z) / d\tau = 0, \quad \gamma \beta_z = \text{const},$$

$$\beta_x = \beta_{p1} [1 - (d\Psi_1 / d\tau)], \quad d\Psi_2 / d\tau = \alpha (1 - N_2 \cdot \beta_x),$$

$$d\Psi_1 / d\tau = (1 - N_1 \cdot \beta_x), \quad \alpha = \omega_2 / \omega_1, \quad \delta = k_2 / k_1.$$

Приведем также выражения для главных характеристик волн через стандартные параметры плазмы:

$u = \omega_{He} / \omega$, $v = (\omega_{pe} / \omega)^2$, где ω_{pe} , ω_{He} соответственно ленгмюровская и циклотронная частоты электронов. Таким образом имеем следующие формулы:

$$\beta_{p1} = (u_1^2 + v_1 - 1)^{0.5} / [(1 + u_1 - v_1)(u_1 + v_1 - 1)]^{0.5}, \quad u_1 = \omega_{He} / \omega_1,$$

$$v_1 = (\omega_{pe} / \omega_1)^2. \quad \text{Следовательно, отсюда вытекает связь}$$

$$v_1 = 1 - 2 \cdot u_1^2 \cdot (1 - \beta_{p1}^2) / [1 - 4 \cdot u_1^2 \cdot \beta_{p1}^2 \cdot (1 - \beta_{p1}^2)]^{1/2}.$$

Для второй волны записываем

$$v_2 = v_1 / \alpha^2, \quad u_2 = u_1 / \alpha, \quad N_2^2 = [(1 - v_2)^2 - u_2^2] / (1 - u_2^2 - v_2),$$

или выражая через v_1, u_1 получаем

$$N_2^2 = 1 + v_1 (\alpha^2 - v_1) / [\alpha^2 (u_1^2 + v_1 - \alpha^2)], \quad v_1 < \alpha^2 < u_1^2 + v_1, \quad \beta_{p2} < 1,$$

$$\chi_1 = (1 - v_1 - u_1^2) / u_1 v_1, \quad \chi_2 = \alpha \cdot (\alpha^2 - v_1 - u_1^2) / u_1 v_1,$$

$$\delta = \alpha \cdot \beta_{p1} / \beta_{p2}, \quad \beta_{p2} = 1 / N_2.$$

Заметим, что из условия $\beta_{p2} < 1$ (фазовая скорость второй моды меньше скорости света в вакууме) находим допустимый интервал изменения параметра α : $v_1 < \alpha^2 < u_1^2 + v_1$.

Для последующего анализа важно, что система релятивистских уравнений движения заряженной частицы (3) с учетом воздействия обеих волн имеет следующие интегралы движения $h = \gamma \cdot \beta_z = \text{const}$,

$$J = \gamma \cdot \beta_y + u_1 \cdot \beta_{p1} \cdot (\Psi_1 - \tau) - \sigma_1 \cdot \chi_1 \cdot \cos \Psi_1 - \alpha \cdot \sigma_2 \cdot \chi_2 \cdot \cos \Psi_2,$$

$J = \text{const}$. Отсюда можно получить выражения для у-компоненты скорости и релятивистского фактора частицы:

$$\beta_y = [J + u_1 \cdot \beta_{p1} \cdot (\tau - \Psi_1) + \sigma_1 \cdot \chi_1 \cdot \cos \Psi_1 + \alpha \cdot \sigma_2 \cdot \chi_2 \cdot \cos \Psi_2] / \gamma,$$

$$\gamma = (1 + h^2 + r^2)^{1/2} / (1 - \beta_x^2)^{1/2},$$

$$r \equiv J + u_1 \cdot \beta_{p1} \cdot (\tau - \Psi_1) + \sigma_1 \cdot \chi_1 \cdot \cos \Psi_1 + \alpha \cdot \sigma_2 \cdot \chi_2 \cdot \cos \Psi_2.$$

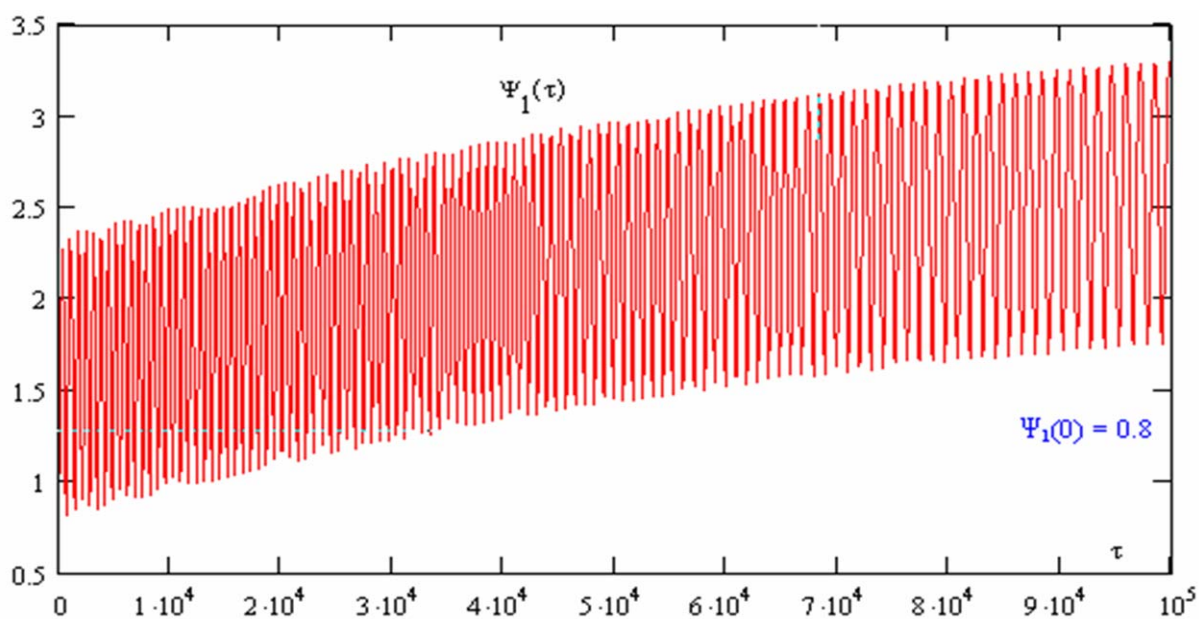
В итоге из (3) следует окончательное уравнение для фазы первой электромагнитной волны на траектории заряженной частицы

$$(4) \quad d^2 \Psi / d\tau^2 + A_1 \cdot (\sigma_1 \cdot \cos \Psi_1 + \alpha \cdot \sigma_2 \cdot \cos \Psi_2) + A_2 \cdot S = 0$$

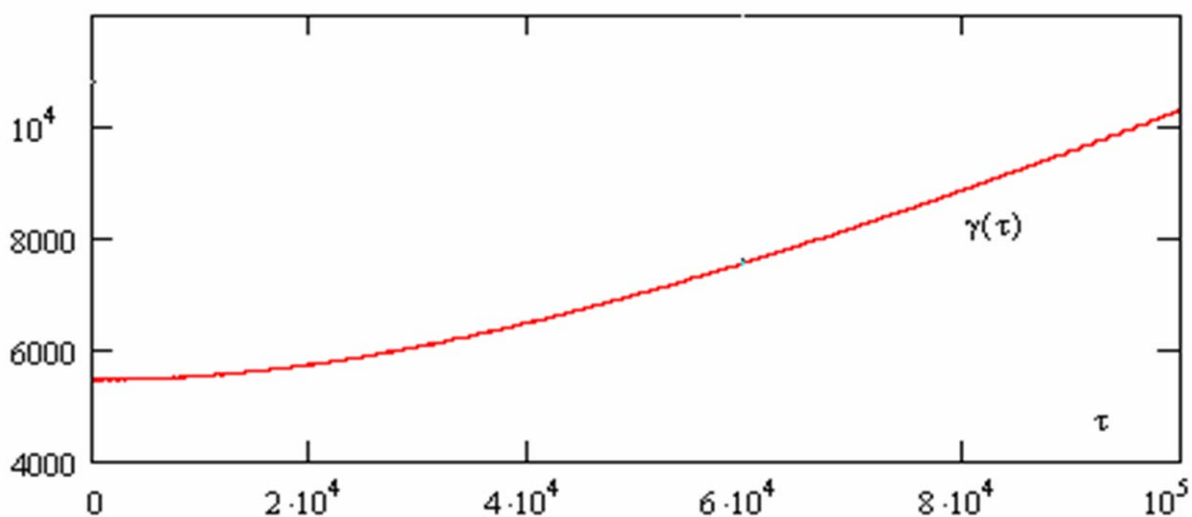
$$\text{где введены обозначения: } A_1 = (\beta_x^2 - 1) / \gamma \cdot \beta_{p1}, \quad A_2 = \beta_y / \gamma \cdot \beta_{p1},$$

$$S = \sigma_1 \cdot \chi_1 \cdot (\beta_x - N_1) \cdot \sin \Psi_1 + \alpha \cdot \sigma_2 \cdot \chi_2 \cdot (\beta_x - N_2) \cdot \sin \Psi_2.$$

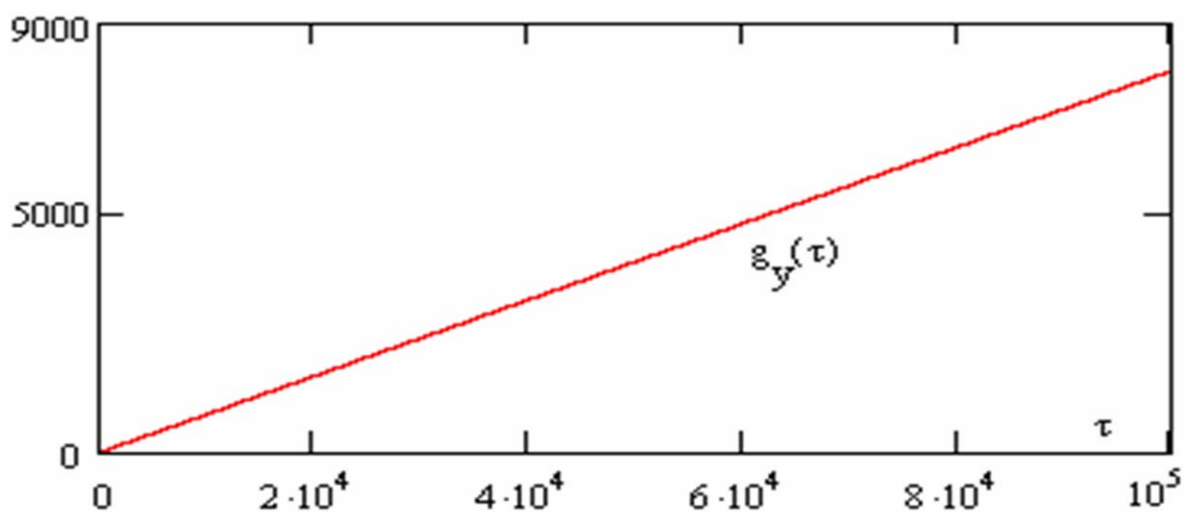
Как видим из уравнения (4), динамика захвата и последующего ускорения зарядов волнами описывается нелинейным, нестационарным уравнением. Поэтому для его анализа необходимо использовать численные расчеты. Поскольку имеется несколько свободных параметров задача является весьма трудоемкой и ниже изложены только некоторые случаи изучаемого процесса. В расчетах поступаем следующим образом. Задаются параметры первой



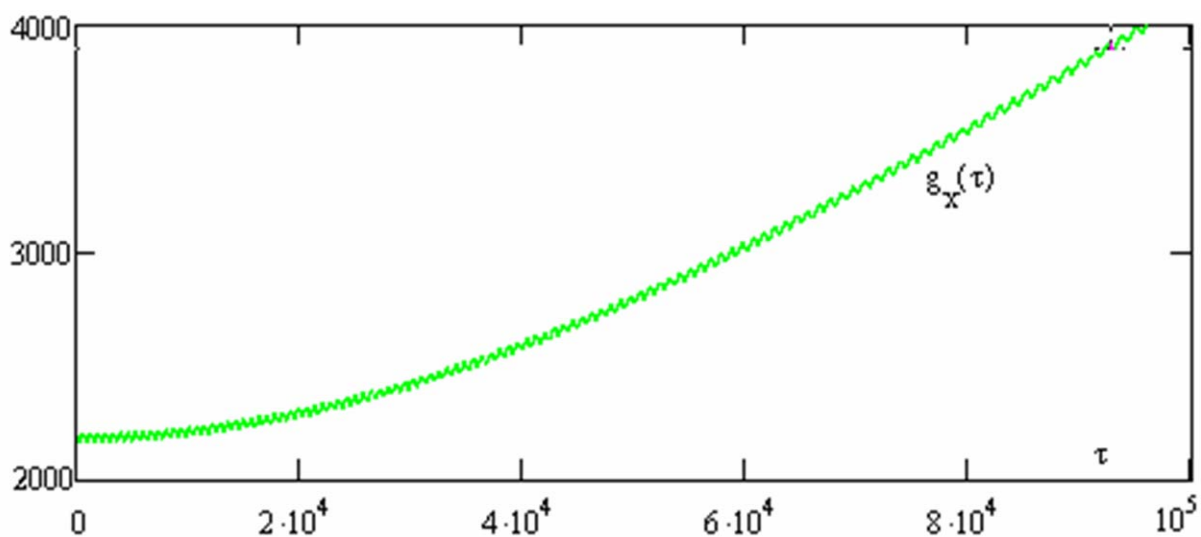
Фиг. 1. Динамика колебаний фазы первой волны на траектории ускоряемого заряда вблизи нижней границы благоприятного для удержания частицы диапазона фаз.



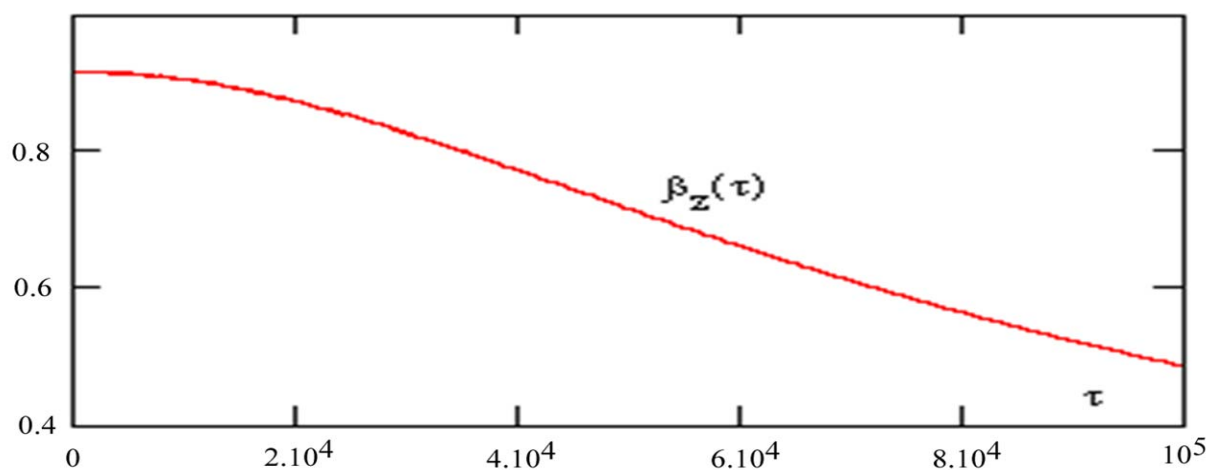
Фиг. 2. График релятивистского фактора заряда $\gamma(\tau)$ при $\Psi_1(0) = 0.8$. Имеем $\max \gamma \approx 10930$.



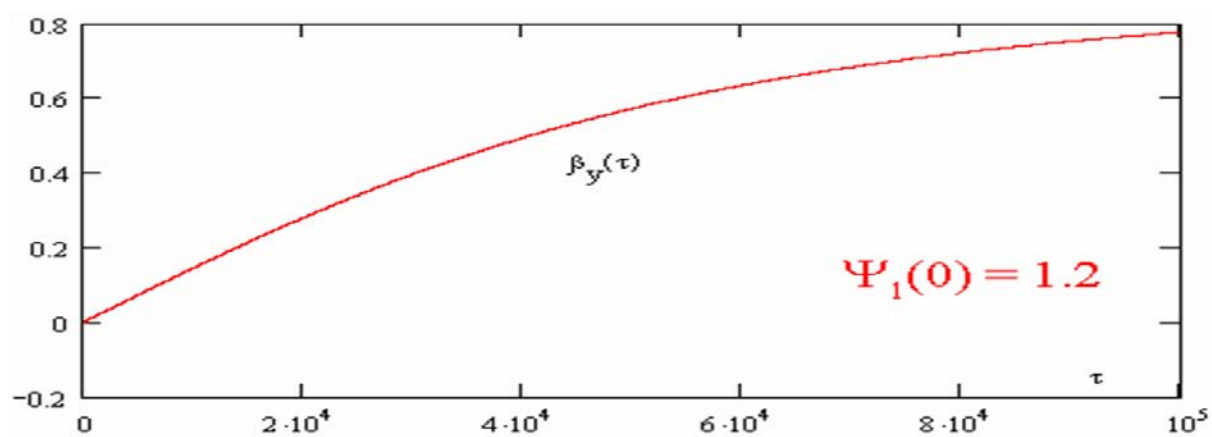
Фиг. 3. Динамика компоненты импульса заряда вдоль волнового фронта g_y для случая $\Psi_1(0) = 0.8$. Отметим практически линейный рост g_y с увеличением времени.



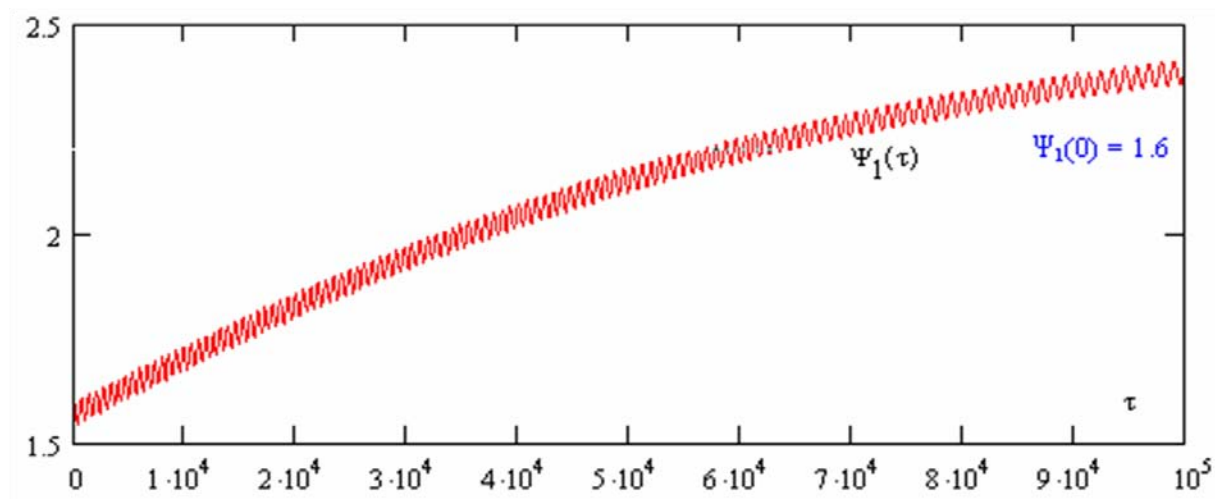
Фиг. 4. Временная динамика компоненты импульса ускоряемого заряда, параллельной направлению распространения волны, $\Psi_1(0) = 0.8$.



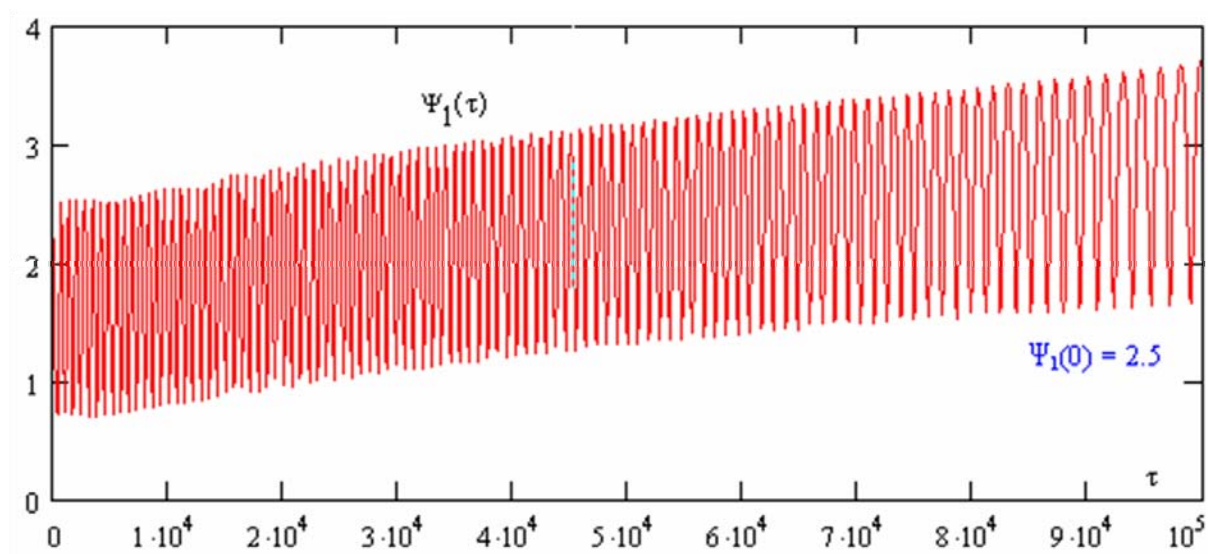
Фиг. 5. Временная динамика скорости ускоряемого заряда вдоль внешнего магнитного поля, $\Psi_1(0) = 0.8$.



Фиг. 6. Временная динамика скорости ускоряемого заряда вдоль волнового фронта $\Psi_1(0) = 1.2$.



Фиг. 7. Временная динамика фазы волны на траектории ускоряемого заряда при выборе $\Psi_1(0) = 1.6$ в середине благоприятного для ускорения диапазона начальных фаз.



Фиг. 8. Временная динамика фазы волны на траектории ускоряемого заряда при выборе $\Psi_1(0)$ на верхней границе благоприятного для ускорения диапазона начальных фаз, $\Psi_1(0) = 2.5$.



Фиг. 9. Область захвата частиц в режим ультрарелятивистского ускорения на плоскости начальных данных; при расчетах шаг по начальной фазе $\delta\Psi_1(0) = 0.02$, по скорости он соответствовал $\delta a = 0.0005$, время счета $\tau = 100000$.

моды, собственно u_1 , β_{p1} , σ_1 . Затем варьируя параметры α , σ_2 подбираем параметры второй моды и проводим численные расчеты. Из физических соображений ясно, что при достаточно большой разнице фазовых скоростей волн вторая мода не будет препятствовать захвату и ускорению частиц первой модой поскольку ее воздействие носит быстроосциллирующий характер.

В данной работе изучается случай захвата в режим сильного ускорения первой модой релятивистской частицы т.е при $h \gg 1$. Берем следующие значения исходных параметров: $h = 5000 = \gamma(0) \cdot \beta_z(0)$, $g = \gamma(0) \cdot \beta_y(0) = 0$, $u_1 = 0.2$, $\beta_{p1} = 0.4$, $\gamma_{p1} = 1.09109$, $v_1 = 0.9662174$, $\sigma_1 = 0.24$, $\chi_1 = -0.03217$, $a = 0$ т.е. $\beta_x(0) = \beta_{p1}$, где $a \equiv d\Psi_1 / dt|_{\tau=0}$, $g_y = \gamma \cdot \beta_y$, $h = \gamma \cdot \beta_z$, $\sigma_1 = 1.1 \sigma_c$, $\sigma_c = u_1 \gamma_{p1}$ $0.98296 < \alpha < 1.00311$, $g_y(0) = g$, $\beta_x(0) = \beta_{p1} (1 - a)$.

Отметим, что имеет место формула $[\gamma(0)]^2 = 1 + h^2 + g^2 + [\gamma(0)]^2 \cdot [\beta_x(0)]^2$, Полагаем $\alpha = 1.003$, $\varphi = \pi$. Амплитудный параметр второй моды $v = E_{02} / E_{01}$ был взят равным $v = 1$.

Рассматривалось взаимодействие ультрарелятивистского заряда с волнами для различных значений начальной фазы первой моды $\Psi_1(0)$, которая менялась в интервале (0.5 ÷ 2.8). Расчеты показали, что на этом интервале времени счета устойчиво удерживаются волной частицы с $0.8 \leq \Psi_1(0) \leq 2.5$. Для $\Psi_1(0) = 0.7$ заряд удерживается и ускоряется волной до $\tau \approx 92706$, если взять $\Psi_1(0) = 0.6$, то удержание имеет место на временах до $\tau \approx 76421$. Аналогично при больших значениях фазы $\Psi_1(0) = 2.6$ заряд ускорялся волной до $\tau \approx 81716$, а в случае $\Psi_1(0) = 2.8$, удержание имеет место для $\tau \leq 58337$. В области фаз, соответствующих длительному захвату и ускорению частиц, максимальное значение релятивистского фактора заряда (при $\tau \approx 10^5$), временная динамика компонент его импульса и скорости практически не зависят от значения $\Psi_1(0)$. Выяснилось, что в середине благоприятного для ускорения частиц интервала т.е. при $\Psi_1(0) \approx 1.6$ размах колебаний фазы минимален, но возрастает при удалении к его концам. Это видно из графиков фазы $\Psi_1(\tau)$, $\gamma(\tau)$, компоненты импульса $g_x(\tau)$, скорости $\beta_z(\tau)$.

Как видим, при наличии второй волны на плоскости начальных данных структура области захвата частиц в режим ультрарелятивистского ускорения может быть односвязной.

Рассмотрен общий случай произвольного (линейного) волнового пакета. Найдены интегралы движения заряда в поле волн и показано, что задача анализа ускорения частиц волнами сводится к исследованию нестационарного, нелинейного уравнения второго порядка для фазы одной из волн на траектории ускоряемого заряда. Данное уравнение может быть рассмотрено для заранее заданного пакета волн с некоторым распределением по амплитудам и фазам в зависимости от частоты волны. Следовательно, можно изучать влияние частотной дисперсии на эффективность механизма серфинга. Из предварительных оценок следует, что для локализованного в пространстве волнового пакета его ширина L должна быть больше $c \cdot \beta_{p1} \cdot \tau$, где τ характерное время ультрарелятивистского ускорения заряда.

Заключение

В работе изложены результаты численных расчетов захвата и сильного ускорения зарядов с ультрарелятивистской начальной энергией в магнитоактивной плазме при воздействии двух электромагнитных волн конечной амплитуды. Задача решается численными расчетами нестационарного, нелинейного уравнения второго порядка диссипативного типа для фазы первой волны на траектории частицы. Волны распространяются поперек достаточно слабого внешнего магнитного поля. Амплитуды волн и их частоты полагаются близкими. На больших временах времени поперечные к внешнему магнитному полю компоненты импульса захваченной частицы увеличивались практически линейно с ростом времени, а поперечные (относительно внешнего магнитного поля) компоненты скорости заряда были практически постоянны. Компонента скорости заряда вдоль внешнего магнитного поля в силу сохранения данного импульса частицы стремилась к нулю. Динамика колебаний фазы волны на траектории ускоряемого заряда свидетельствует о том, что эффективная потенциальная яма эволюционирует с течением времени, например, ее минимум сдвигается в область больших значений фазы. Темп роста энергии частицы практически не зависит от значения начальной фазы из диапазона благоприятных для удержания фаз. Размах колебаний фазы минимален при начальных фазах (в рассмотренном случае) $\Psi_1(0) \approx 1.6$, соответствующих минимуму эффективной потенциальной ямы, но значительно увеличивается вне узкой окрестности этого минимума. За границами благоприятного для ускорения частиц диапазона фаз время удержания заряда в эффективной потенциальной яме быстро уменьшается. Из проведенных расчетов следует, что в случае ультрарелятивистских зарядов, когда период их колебаний в эффективной потенциальной яме становится весьма большим, необходимо сильно увеличивать время численных расчетов, например, до $\tau \approx 10^6$.

Рассмотрен общий случай произвольного (линейного) волнового пакета с заранее заданным распределением амплитуд и фаз :

$$E_x = \sum_n E_n \cos \Psi_n, \quad \Psi_n = \omega_n t - k_n x + \varphi_n, \quad E_x = \sum_n E_n \chi_n \sin \Psi_n, \\ H_z = \sum_n E_n \chi_n N_n \sin \Psi_n$$

Найдены интегралы движения заряда в поле указанного волнового пакета и показано, что задача анализа ускорения частиц волнами сводится к исследованию нестационарного, нелинейного уравнения второго порядка для фазы одной из волн на траектории ускоряемого заряда. Данное уравнение может быть рассмотрено для заранее заданного пакета волн с некоторым распределением по амплитудам и фазам в зависимости от частоты волны. Следовательно, можно изучать влияние частотной дисперсии на эффективность механизма серфинга.

Литература:

1. Ерохин Н.С., С. С. Моисеев, Р. З. Сагдеев. Письма в Астрономический журнал, 1989, т.15, № 1 с.3.
2. Кичигин Г. Н. ЖЭТФ, 2001, т.119, вып.6, с.1038.
3. Ерохин Н. С., П. П. Гриневич, А. Н. Ерохин, Н. Н. Зольникова – Научная сессия "МИФИ-2008", сборник научных трудов, М.: МИФИ, 2008, т.9, с.115.
4. Erokhin N., N. Zolnikova, R. Shkevov, L. Mikhailovskaya, P. Trenchev. Доклады на Българската академия на науките, 2007, т.60, № 9, с.967.
5. Гриневич П. П., Н. Н. Ерохин, Н. С. Ерохин, Н. Н. Зольникова, Е. В. Филонова. XLII Всероссийская конференция по проблемам математики, информатики, физики и химии. Тезисы докладов. Секции физики. Москва, Изд-во РУДН, 2006, с.18.
6. Erokhin N. S., N. N. Zolnikova, P. P. Grinevich, L. A. Mikhailovskaya. Problems of Atomic Science and Technology, серия "Плазменная электроника", 2006, No 5, P.152.
7. Гриневич П. П., Н. С. Ерохин, Н. Н. Зольникова. Научная сессия МИФИ-2007. Сборник трудов, Изд-во МИФИ, Москва, 2007, т.7, с.49.
8. Ерохин Н. С., Е. В. Филонова, Н. Н. Ерохин. Сборник научных трудов "Научная сессия МИФИ-2006", Москва, МИФИ, 2006, т.7, с. 36.

DISTURBANCES IN THE DISC FLOW OF SELECTED LMXBs* AND THE VARIATIONS IN THEIR LIGHT CURVES

Daniela Boneva, Lachezar Filipov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: danvasan@space.bas.bg; lfilipov@space.bas.bg

Key words: astrophysical discs; X-ray binary; Light curve

Abstract: *Most stars in the Universe have a companion and they are known as binary stars. In the current survey, we focus on the special part binaries, Low-Mass X-ray Binaries (LMXBs)*. Using the mechanisms of hydrodynamics, we studied the behaviour of accretion disc flow after weak disturbances in velocity and density. We obtained that this causes some instability in the disc dynamics and has an effect on the shape of light curves. The observational data of the estimated objects is used to create light curves. We analyzed the variations in their shape, caused by different possible sources.*

I. Introduction to LMXBs

X-ray astronomy is the branch of astronomy that studies the hot regions of our universe.

In fact, the coronas of the Sun and other stars, with their temperatures of several million degrees, produce x-rays, as do the shock waves associated with supernovae, the surfaces of young neutron stars, the accretion discs and accretion shocks associated with degenerate dwarfs, neutron stars, and black hole candidates in binary systems, the hot gas in clusters of galaxies, and the massive black hole candidates at the cores of galaxies. Our sky is bright with these various X-ray sources.

In current survey we stress our view on the binary stars with accretion discs as X-ray sources (Alpar et al, 1984). Low mass X-ray binaries (LMXBs) are binary systems with a compact object that accretes matter from a low mass optical companion star filling its Roche lobe (van den Heuvel 1975). The LMXBs include semi-detached binaries consisting of either neutron star or black hole primary, and a low mass secondary. Ways of formation and evolution are important and not yet fully understood (Lipunov et al. 2007; Belczynski 2008).

Observationally: the spectra of the LMXB /at maximum light/ are devoid of normal stellar absorption features. The ratio of their X-ray to optical luminosities is much larger than unity. Neutron stars are created in supernovae, and they are generally more massive than the Sun, with maximum masses around 2.5 solar masses the precise mass depends on the physics of the interior, which is highly uncertain.

Some of the Low mass X-ray binaries are soft X-ray transients. They appear suddenly as bright X-ray sources and then disappear smoothly for weeks to months. Neutron stars in low-mass X-ray binaries can be identified when an X-ray burst is observed that lasts around tens of seconds.

Theoretically: the LMXBs are accompanied with accretion discs, which are hydrodynamical flow. Most likely, the reason of these bursts is hidden in the flow fluctuations, such as some unstable phenomena: shock waves, turbulization and pattern formation.

For neutron stars, about half of the gravitational potential energy is released as matter flows through the accretion disk, and the rest is released when the matter falls from the accretion disk into the neutron star's atmosphere.

If the neutron star has a weak magnetic field or there is an absent of such, the accretion disc extends to the neutron star's atmosphere, where the problem becomes very difficult from a theoretical standpoint. The interaction is between supersonic centrifugally - supported fluid and a pressure-supported subsonic atmosphere. In the current survey we study the case of accretion flow without magnetic field.

It is shown in the Figure 1 the image of X-ray binaries in Globular cluster M15, received by Chandra X-Ray satellite.

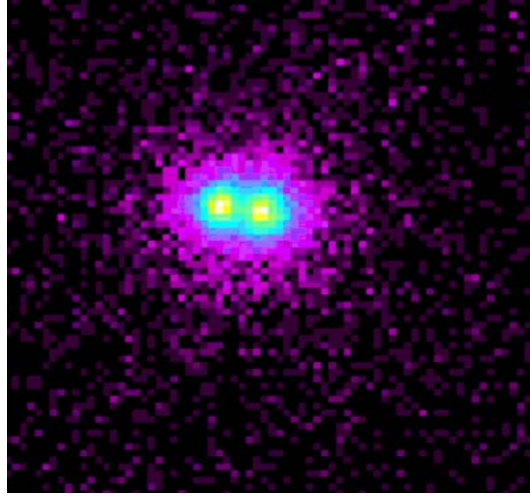


Figure 1. The two X-ray binary systems in Globular cluster M15. This Chandra's image shows two binary systems with neutron stars: one (left) whose neutron star is hidden by accretion disc and one (right) which X-ray burst reveal another neutron star.

Credit: NASA/GSFC/N.White, L.Angelini

In the second section we present our theoretical results on the dynamics of the accretion flow, after week consecutive disturbances of velocity, density and pressure. In section III, we turn to the observational data and obtain another evidence of unstable behaviour of disc flow.

II. Basic theoretical features of the considering problem

As it is known the accretion disc is a hydrodynamical flow. In this reason we apply in a section down the equations of hydrodynamics that describe the dynamic of the flow. We receive these equations, as we take in account of the presence of neutron stars in a binary system.

To study these features for the astrophysical flows, such as accretion in binary star, we choose to explore by the equations of Navier-Stokes, because of the fullness of their form and the possibility of suitable transformations. When the neutron stars are the pair of the binaries, we consider viscous, rotating fluid and we couldn't neglect the gravitational potential and the centrifugal force. In that case, the Navier – Stokes equation takes the form:

$$(1) \quad \frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \nabla v = -\frac{1}{\rho} \nabla P - \Omega \times (\Omega \times r) - \nabla \Phi + \nu \nabla^2 v$$

Where the basic denotations are: ρ - is the mass density of the flow; we consider $\rho \neq const$ so that the radial entropy gradient exists; v - is the velocity of the flow; P - is the pressure; ν - is the kinematic viscosity; Ω - is the angular velocity; $\Omega \times (\Omega \times r)$ - is the centrifugal force of the rotating accretion flow; $\nabla \Phi$ - express the gravitational potential.

The energy balance equation for a viscous non-ideal fluid is:

$$(2) \quad \frac{\partial}{\partial t} \left[\rho \left(\frac{1}{2} v^2 + \varepsilon + \Phi \right) \right] + \nabla \cdot \left[\rho v \left(\frac{1}{2} v^2 + h + \Phi \right) - 2\eta \sigma \cdot v \right] = 0;$$

where: $\frac{\partial}{\partial t} \left[\rho \left(\frac{1}{2} v^2 + \varepsilon + \Phi \right) \right]$ - is the total energy density, where the first term denotes the kinetic energy, the second is the internal energy and the third express the potential of the gravitational field.

$\left[\rho v \left(\frac{1}{2} v^2 + h + \Phi \right) \right]$ - is the total energy flux, where $h = \varepsilon + P/\rho$ is the enthalpy.

η is the shear viscosity of the flow;

σ is the rate of shear;

Following the assertion that the flow becomes instable when some of the parameters: velocity, density or pressure are disturbed, we make the necessary transformations of the above equations, including the quantities:

$$(3) \quad V = v + u; \rho_0 = \rho + \rho'; p = P + p';$$

Where V, ρ_0, p are the total quantities of velocity, density and pressure; v, ρ, P are the time averaged values; u, ρ', p' are the perturbations in time. We choose for the perturbations to be in an exponent form and for the velocity it is: $u = \exp(if_c t + im\varphi)$, where f_c is the complex frequency of perturbation; m is the mode number, over φ direction.

In Figure 2 below it is shown the velocity excesses and the density fluctuations distribution over r .

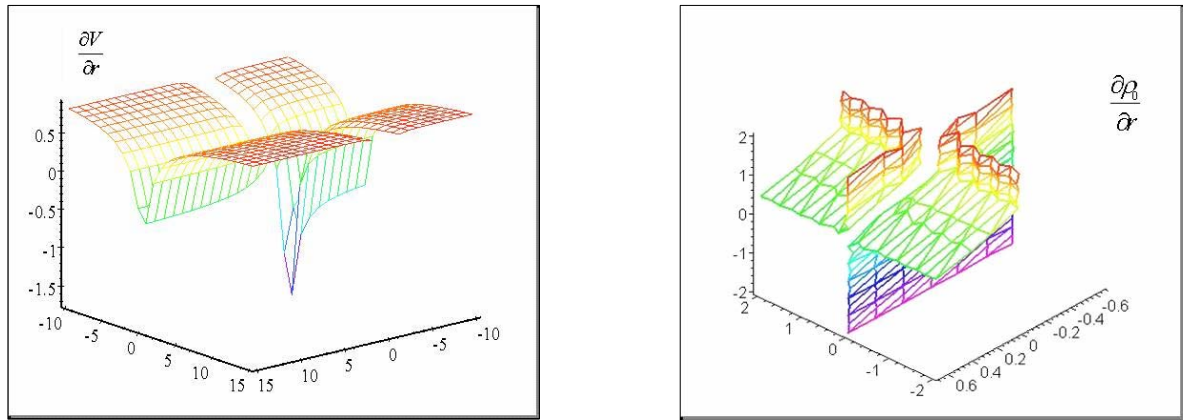


Figure 2. The images show the variations and exceeding of fluctuations of density (fig.2b) and velocity (fig.2a). These two graphics are received applying analytical examinations of the perturbed quantities and using appropriate mathematics software to parameterize the value.

In the above theoretically considerations, we showed some instability features in accretion disc flow, according to the above requirements of the neutron stars. In the next section we will consider how these processes have an effect on the light curves of the X-ray binaries with neutron stars as a primary.

III. Effects on the light curves shape

The shape of the luminosity of LMXBs may provide important information about their long term evolution. Postnov & Kuranov (2005) noted that the observed shape of the LMXBs luminosity function depends on the distribution of the masses of optical donor star. They assume that the X-ray luminosity of the compact object is directly proportional to the mass transfer rate in the binary system.

Measurement of the variation of the X-ray luminosity of an object provides a wealth of information about the dynamics and physical processes in a system. The spin of an object will often appear as a periodic fluctuation in the object's X-ray luminosity. The eclipse of an object by an orbiting companion will appear as a periodic dip in the X-ray luminosity. Instabilities or fluctuations in the flow of material through an accretion disk can appear as random or quasi-periodic fluctuations in the X-ray luminosity, which provides information on the physics of fluid flow onto an accreting source. The last relation is most important for the considerations of the current paper problem and we make a conformation of this fact here.

How this look on the light curves shape, which we create for the selected binaries figures (3, 4, 5). The luminosity of these three binaries has different behaviour. It is essential for our suggestions the magnitude variations of 4 and over. However the magnitude variations in LMXBs are not so high, but changes sharply. These springs, as well, points to the running of unstable processes, usually in a boundary of accretion disc flow.

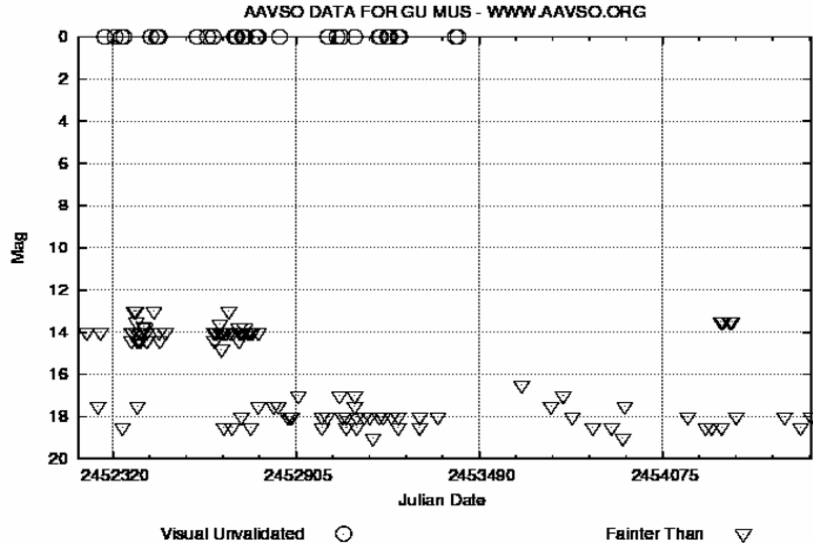


Figure 3. Light curve of LMXB GU Mus /Musca/. This is an ellipsoidal rotating variable, close binary with ellipsoidal components. This binary behaves as intense variable X-ray source. The image is created on the observational data of AAVSO /www.aavso.org/.

There is not enough and rich observational data of LMXBs, because of their specificity. The optical radiation from an X-ray source arises from a different set of processes, and often from different parts of a system than X-rays, so the ability to make these observations provides much more information about the physical conditions at the X-ray source. The coherent kHz oscillations discovering during X-ray bursts from LMXBs strongly suggest (Strohmayer 1996) for the existence of neutron stars in such binaries.

We selected the below LMXBs from the General Catalogue of Variable Stars (Kholopov et al 1987) and Catalogue of CV, LMXBs and related objects (Ritter and Kolb 2003). They are observed, as follows, by the observers of AAVSO.

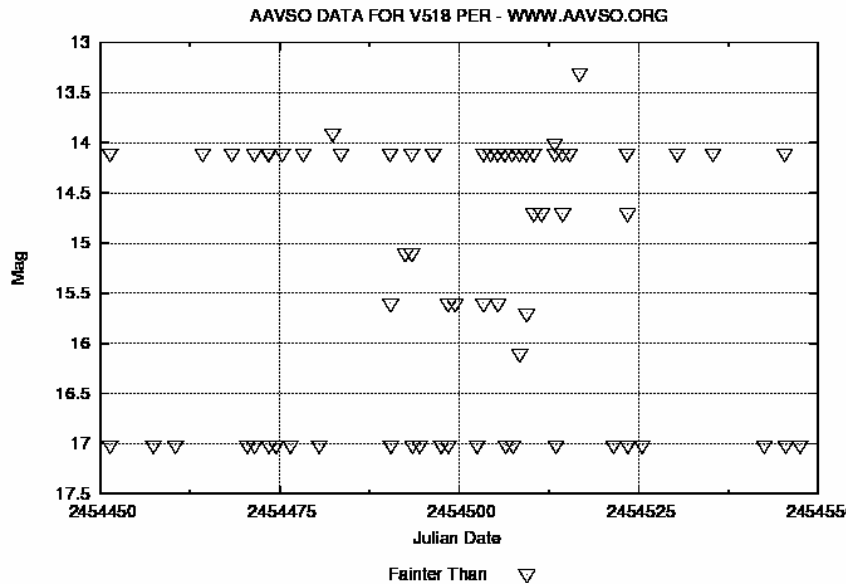


Figure 4. The light curve of LMXB V518 Per /Perseus/ (RK catalogue of X-ray stars). This is an ellipsoidal rotating variable. It is seen the sharp drop of luminosity in a short period. The image is created on the observational data of AAVSO /www.aavso.org/.

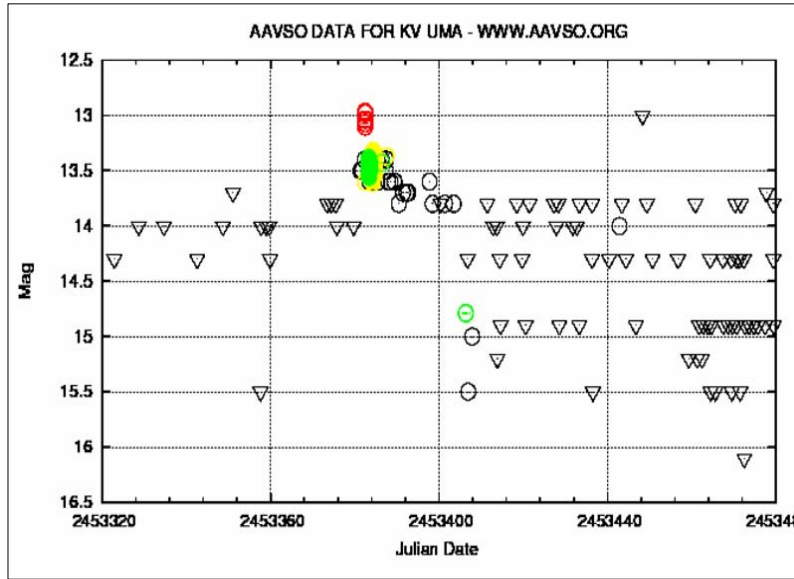


Figure 5. The light curve of KV UMa /Ursa Major/. This is intense variable X-ray source binary systems. This nova-like transient system, occasionally rapidly increases in brightness, probably caused by some kind of instable behavior in the mass transitions between two objects. The image is created on the observational data of AAVSO /www.aavso.org/.

Final remarks of the results

Gravitational potential of neutron stars provide the most effective mechanism of releasing energy from matter. The viscosity in accretion discs slowly converts gravitational energy into thermal. We may assert that the variations of the shapes of the presented lightcurves give us information about the conditions inside the accretion flow and to conclude for the existence of some kind of unstable processes. We used the well known common assertion of instability and after including the perturbation quantities in the hydrodynamical equations, the possibility of turbulization of the flow is grown. Observationally these disturbances in stability state of the disc flow are expressed as pulsations, bursts, rapidly rotation, quasi-periodic oscillations and etc. In this way, the theoretical predictions of the second section above are in corroboration with observational evidences.

Acknowledgments: "We acknowledge with thanks the variable star observations from the AAVSO International Database contributed by observers worldwide and used in this research."

References:

1. Alpar M. A., A. F. Cheng, M. A. Ruderman, J. Shaham, 1982, Nature **300**, 728–730
2. Belczynski K., V. Kalogera, F. A. Rasio, R. E. Taam, A. Zezas, T. Bulik, T. J. Macca rone, N. Ivanova, 2008, ApJS, 174, 223
3. Castro-Tirado A. J., E. P. Pavlenko, A. A. Shlyapnikov, S. Brandt, N. Lund, J. L. Or tiz, 1993, AsAp 276, No.2, L37,
4. Gottlieb E. W., E. L. Wright, W. Liller, 1975, Ap. J. Lett., Vol. 195, p. L33 - L35
5. Kholopov P.N., N. N. Samus, M.S. Frolov, V.P. Goranskij, N.A. Gorynya, et all (13 authors), 1987, General Catalogue of Variable Stars, 4th edition, Volumes I-III, Moskow, Nauka
6. Lewin W.H.G., J. van Paradijs, E.P.J. van den Heuvel, 1995, X-Ray Binaries, Cambridge Astrophysics Series, Vol. 26, Cambridge University Press
7. Lipunov V. M., K. A. Postnov, M. E. Prokhorov, A. I. Bogomazov, 2007, arXiv, 704, arXiv:0704.1387
8. Piro A. L., L. Bildsten, 2007, Ap. J., accepted for publication, arXiv [astro-ph]: 0704.1278v1
9. Postnov K. A., A. G. Kuranov, 2005, AstL, 31, 7
10. Ritter H., Ul. Kolb. Catalogue of CV, LMXBs and related objects, 2003, 7th Edition, A&A, 404, 301-303
11. Strohmayer T. E., W. Zhang, J. H. Swank, A. Smale, L. Titarchuk, C. Day, U. Lee, 1996, ApJ, 469, L9
12. van den Heuvel E. P. J., 1975, ApJ, 198, L109

ПРОСТ ФРАКТАЛОПОДОБЕН МОДЕЛ НА ПОРЕСТИ СРЕДИ

Стилиян Луков¹, Николай Ерохин², Димитринка Томова³, Румен Шкевов¹,
Пламен Тренчев¹, Костадин Шейретски¹

¹Институт за космически изследвания – Българска академия на науките,

²Институт космических исследований – РАН,

³СУ “Св. Климент Охридски” – ДЕО-ИЧС

e-mail: slukov@space.bas.bg

Ключови думи: фрактали, порести среди, моделиране

Abstract: A simple model of a certain type of porous media is considered – mainly activated carbon, based on the use of classical volume fractals. It is shown that the model provides satisfactory description of the main experimentally verifiable characteristics of the considered media. In short, the possibility for further improvement of the model is shown through introduction of random changes in the structure of the initial classical fractal.

1. Въведение

Известно е, че първоизточник при създаването на фракталите и фракталната геометрия са били обекти от реалността, например, безкрайно начупената структура на бреговата ивица [1]. Впоследствие, обаче, се забелязва обратния процес – създадената вече теорията на фракталите започва широко да се прилага за моделиране на редица реални среди и процеси със сложна структура [2, 3]. Пример в това отношение представлява фракталното описание на възникващите пукнатини в напрегнати материали, фракталното моделиране на композитни материали [4], представянето на морската повърхност като фрактал [2] и много други. Тук важно място заема фракталното моделиране на порести и шуплести среди [5, 6]. Въпреки, че изследванията в тази област са започнали сравнително неотдавна, вече са натрупани немалък брой работи, както с теоретичен, така и с експериментален характер. Тези изследвания представляват освен теоретичен, така и немалък практически интерес, като се има предвид възможността за създаване на изкуствени среди с определени свойства.

В настоящия доклад ние разглеждаме един прост модел на определен тип порести среди – главно активен въглен, основан на използването на класически обемни фрактали. Показано е, че този модел описва удовлетворително основните експериментално проверяеми характеристики на разглежданите среди. Накратко се посочва възможността за по-нататъшно усъвършенстване на модела чрез въвеждане на случайни изменения в структурата на изходния класически фрактал.

2. Някои по-важни характеристики на средата

Активираният въглен (AB), както е известно, е среда, получавана изкуствено чрез изгаряне при специални условия на обвивки от кокосови орехи. Поради изключително високите си абсорбционни свойства, той отдавна намира много широко приложение в химическите изследвания и технологии – например, в абсорберите, противогазите и пр. Сравнително неотдавна АВ започна да се използва (чрез специална технология) за производство на електрически кондензатори с огромен специфичен капацитет (до няколко десетки фарада на куб. см).

AB се характеризира с пореста структура, т.е. с наличието на множество микроскопични пори или тунели (с диаметър от части от mm до единици nm и по-малки). Тези тунели (или болшинството от тях) са “проходни”, т.е. осигуряват преминаването (филтрацията) на съответни среди – например, газове. Сумарната вътрешна повърхност на образците от АВ се оказва огромна – от единици до десетки хиляди m^2/cm^3 . Това качество, наред с микроскопичния размер на порите осигурява съответните свойства - свръхвисока абсорбционна способност, свръхвисок електрически капацитет на съответните устройства и пр. [4].

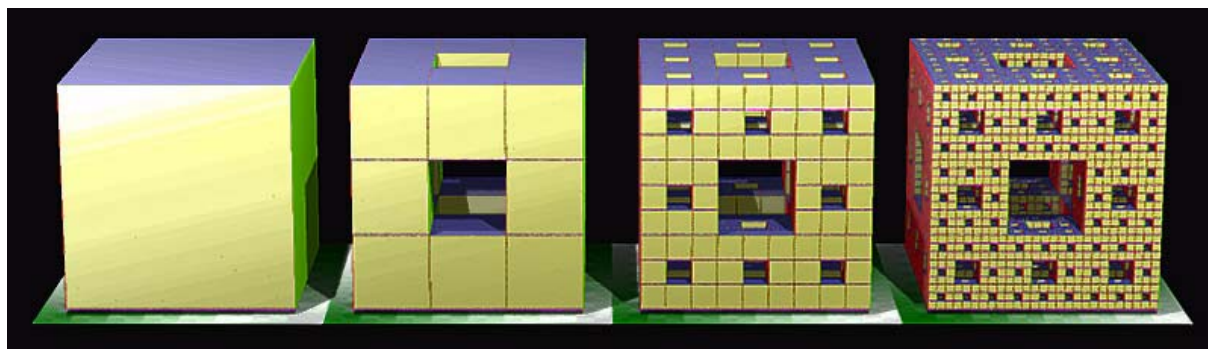
3. Описание на модела

Предлаганият модел се основава на съответни модификации на класическия фрактал “Гъбичка на Менгер”. Последният, както е известно, е от проходен тип, което съответствува на проходния характер на структурата на АВ [7].

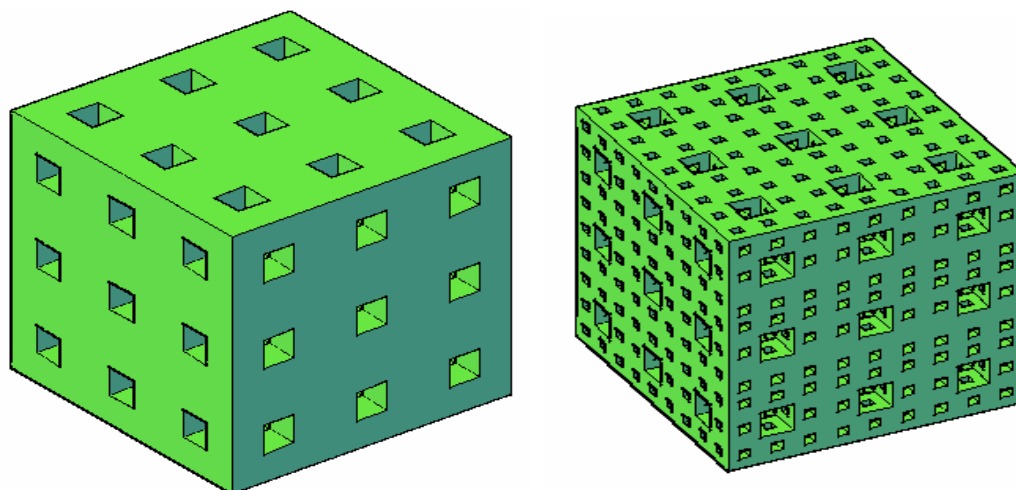
В литературата различават два основни типа фрактали – математически или идеални и физически или реални фрактали [2]. При това, главно отличие на реалните фрактали от идеалните е крайния брой итерации на генериращия алгоритъм и, съответно, крайния брой мащаби. Разбира се, съществуват и други отличия – например, отсъствието на идеална симетрия и пр. Оказва се, че чрез определени процедури един идеален фрактал може да се модифицира, доближавайки се по този начин до съответния реален фрактал.

Една от основните процедури в това отношение е т.н. “орязване” или “отсичане” на фрактала, състояща се в спиране на генериращия алгоритъм след определен брой стъпки (итерации) [2]. Ние ще означаваме указаната процедура като “орязване на фрактала отдолу”, отличавайки я от следващата процедура – “орязване отгоре” или “орязване в началото”, която се предлага от нас и не е описана в литературата.

Процедурата “орязване отгоре” има за цел изглаждане или регуляризация на фрактала и се заключава в изпускане на началните стъпки на алгоритъма и започване на генерацията на фрактала от стадий на по-голямо “издребняване”. Това се илюстрира на фиг.1, където е показан изходния фрактал “Гъбичка на Менгер” (а) и орязания отгоре (първа итерация) фрактал от този тип (b).



Фиг.1. Идеален фрактал тип “Гъбичка на Менгер”



Фиг. 2. Орязан отгоре на първа итерация фрактал тип “Гъбичка на Менгер”.

Орязването отдолу на фрактала се ограничава от минимално допустимия размер на порите, определен от физически съображения или от микроскопско наблюдение на реалната среда. Орязването отгоре е необходимо за изглаждане на модела (в действителност в структурата на активния въглен не се наблюдават единични пори с много големи размери).

Процедурата “рандомизация” се прилага широко за модификация на математическите фрактали и доближаването им по този начин до реалните фрактали. Същата се заключава в добавянето на случайни смущения в детерминирания алгоритъм, генериращ изходния фрактал. Така могат да бъдат получени различни рандомизирани варианти на класическите фрактали – “Крива на Кох”, “Килим на Серпински” и др. [7].

В разглеждания случай рандомизацията на класическия фрактал “Гъбичка на Менгер” е целесъобразна от гледна точка на приближаване на модела до реалната среда. Както е известно, въгленът, в това число и активният въглен, има аморфна структура и отделните пори нямат строго подредено разположение, докато фракталът “Гъбичка на Менгер” има структура, изоморфна на структурата на кристалите с кубична симетрия, като квадратните тунели с намаляващ размер са разположени в строг ред.

Между впрочем, не е изключено и ние го изказваме тук в качеството на хипотеза, да съществуват (или да могат да се създадат изкуствено) други модификации на въглерода, характеризиращи се с наличието едновременно, както на кристална, така и на фрактална структури (така, както изкуствено бяха синтезирани неотдавна друг тип въглеродни модификации – фулерените).

4. Основни характеристики на модела

4.1. Формално описание

Формално, алгоритъма на генериране на фрактала “Гъбичка на Менгер” може да се представи така

$$(1) \quad M := \bigcap_{n \in \mathbb{N}} M_n, \quad M_0 - \text{единичен куб},$$

където $M_{n+1} := \{(x, y, z) \in \mathbb{R}^3; \exists i, j, k \in \{0, 1, 2\}: (3x - i, 3y - j, 3z - k) \in M_n\}$.

4.2. Фрактална размерност

Фракталната размерност на гъбичката на Менгер, както е известно, е дробна и има следната стойност [7]

$$(2) \quad d_F = \frac{\log N_1}{\log r} = \frac{\log 20}{\log 3} \approx 2,7268,$$

където $r = 3$ - брой на частите, на които се дели страната на куба, $N_1 = 3^3 - 7 = 20$ - брой на частите (субкубовете), оставащи след първата итерация.

По аналогичен начин, за орязаната отгоре (до първата итерация) гъбичка на Менгер, получаваме

$$r^{(1)} = 3^2 = 9; \quad N_1^{(1)} = 3^6 - 3^3 \cdot 7 = 540,$$

$$(3) \quad d_F^{(1)} = \frac{\log N_1^{(1)}}{\log r^{(1)}} = \frac{\log 540}{\log 9} \approx 2,863,$$

а за орязаната отгоре до втората итерация гъбичка имаме

$$r^{(2)} = 3^3 = 27; \quad N_1^{(2)} = 3^9 - 3^6 \cdot 7 = 14580,$$

$$(4) \quad d_F^{(2)} = \frac{\log N_1^{(2)}}{\log r^{(2)}} = \frac{\log 14580}{\log 27} \approx 2,9039.$$

Както се вижда, с увеличаване на броя на орязаните отгоре итерации на генериращия алгоритъм, нараства стойността на дробната размерност на модифицирания фрактал “Гъбичка на Менгер”, стремейки се към числото 3, т.е. към топологичната размерност на изходния куб.

Съгласно литературните данни [8], проведените експериментални измервания по метода на молекулярната абсорбция на образци от активиран въглен от обвивки на кокосови орехи показват, че размерността на същите се намира в границите на

$$(5) \quad d_F^{ABexp} \cong 2,80 \pm 0,16.$$

Оттук може да се заключи, че по отношение на фракталната размерност, както немодифицираният модел, така и двете модификации на същия чрез орязване отгоре, съответно, на първа и втора итерации, се вписват в интервала на измерените стойности на този параметър на активния въглен. Все пак, най-близо до средната стойност на този интервал се намира фракталната размерност на орязания отгоре на първа итерация фрактал, което дава основание да се отдаде предпочитание на този модел. Допълнително съображение, което беше отбелязано по-горе, е по-голямата равномерност на фрактала, т.е. по-малкото отличие между размерите на най-големите тунели, което осигурява орязването отгоре на разглеждания фрактал.

4.3. Сумарна площ на тунелите (вътрешна площ)

Както е известно, обемът на оставащата след прорязване на тунелите част на фрактала “Гъбичка на Менгер” има мярка нула [7]. В същото време сумарната вътрешна площ на тунелите на идеалния фрактал е безкрайна. За реалния (орязан отдолу) фрактал тази площ е крайна, но може да достигне много големи стойности след достатъчно голям брой итерации.

За модела във вид на орязана отгоре на първата итерация гъбичка на Менгер сумарната площ на тунелите, т.е. вътрешната площ на фрактала може да се определи от степенния закон

$$(6) \quad S_n = \frac{3^6 8^n 20^{n-2}}{3^{2(n+1)}} a^2,$$

където a е страната на изходния куб, n е броя на итерациите;

При $n < 1$ за множителя 20^{n-2} се приема стойността $20^0 = 1$.

При $a = 1$ (в съответни мерни единици) горната формула всъщност дава относителната (на единица обем) вътрешна площ на разглеждания фрактал

$$(7) \quad S'_n = \frac{S_n}{V} [m^2 / cm^3].$$

Така, за шестата итерация имаме

$$(8) \quad S_6 = \frac{8^6 20^5}{3^8} \cong 1,27 \cdot 10^7 a^2.$$

За начален куб със страна $a = 1cm$, получаваме за относителната вътрешна площ на фрактала

$$(9) \quad S' \cong 1,27 \cdot 10^7 \cdot 10^{-4} = 1270 m^2 / cm^3.$$

За размера на страната на най-малките тунели имаме

$$(10) \quad a_{min} = a_6 = \frac{a}{3^6} \cong 0,00137 cm = 13,7 \mu m.$$

Получените стойности за относителната вътрешна площ и за минималните размери на тунелите на фрактала показват, че по тези показатели разглеждания модел се доближава до типичните измерени стойности на вътрешната площ и на размера на порите на образци от моделираната среда – активиран въглен от обвивки на кокосови орехи [8].

По-нататъшно усъвършенстване на модела и, следователно, по-добро приближаване на същия към характеристиките на реалните среди, може да се постигне, както беше посочено по-горе, чрез прилагане на процедура на рандомизация на изходния фрактал (гъбичка на Менгер или, съответно, орязана отгоре и отдолу гъбичка на Менгер).

По принцип са възможни най-различни методи за рандомизация на разглеждания обемен фрактал – например, чрез замяна на строго подреденото разположение на тунелите чрез въвеждане на случайни малки измествания на същите спрямо началното положение. Друга възможност предоставя въвеждането на случайни изменения на първоначалната строго квадратна форма на сечението на тунелите и пр. На трето място, ние предвиждаме възможност

за рандомизация чрез въвеждане на локални изменения на орязването отгоре и отдолу, които стават по случаен избор – например, чрез разделяне на изходния куб на 3^n субкуба, номериране на отделните субкубове и впоследствие избор на отделните субкубове от цялото множество, в които се въвежда орязване в по-висока степен, чрез процедура за случаен избор. По този начин рандомизирания фрактал “Гъбичка на Менгер” придобива структурата на “мултифрактал”, много по-добре пасващ на естествените (реалните) фрактали.

5. Заключение

Проведеното изследване и получените резултати дават основание да се заключи, че предлагания прост фрактален модел на порести среди (активиран въглен) сравнително добре отговаря на основните характеристики – фрактална размерност, сумарна вътрешна площ, размер на тунелите и пр., на реалните среди. Това дава основание да се предположи, че този модел би могъл да се използва за числено моделиране на различни процеси в тези среди – например, възникване и развитие на дефекти и пр.

Литература:

1. M a n d e l b r o t B. B. The Fractal Geometry of Nature. New York: W.H. Freeman and Company, 1983.
2. П о т а п о в А. А. Фракталы в радиофизике и радиолокации: Топология выборки, М., “Университетская книга”, 2005.
3. Фракталы в физике. Труды VI международного симпозиума по фракталам в физике (МЦТФ, 9-12 июля, 1985).
4. Fractals and Fractional calculus in Continuum Mechanics, International Centre for Mechanical Sciencesq, Ed by A. Carpinteri and F. Mainardi, Springer Wien New York, 1997.
5. L e n o r m a n d R. Fractals and Porous Media: from Pore to Geological Scales, In: [4], p. 173.
6. К у л ь к о в С. Н., Я. Т о м а ш, С. П. Б у я к о в а. Фрактальная размерность поверхностей пористых керамических материалов, Письма в ЖТФ, 2006, том 32, вып. 2, с.51-55.
7. К р о н о в е р Р. М. Фракталы и хаос в динамических системах, пер. С англ. под ред. Т.Э. Кренкеля, “Постмаркет”, М., 2000.
8. V n i r D., D. F a r i n, P. P f e i f e r. Molecular Fractal Surfaces //Nature, 1984, v.308, №5956, p. 261-263.

КРИТИЧНИ ЯВЛЕНИЯ ПРИ САМООРГАНИЗАЦИЯ В ПРЕХОДНИ ОБЛАСТИ НА АСТРОСИСТЕМИ

Деян Гочев, Константин Шейретски, Пламен Тренчев

*Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
e-mail: dejan@space.bas.bg*

Ключови думи: самоорганизация, астросистема

Резюме: Представен е коментар за природата на явленията в преходни области на астросистеми и познавателния им потенциал.

CRITICAL PHENOMENA DURING SELF-ORGANIZATION IN ASTROSYSTEMS' TRANSITION REGIONS

Deyan Gotchev, Konstantin Sheiretsky, Plamen Trentchev

*Space Research Institute - Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: dejan@space.bas.bg*

Key words: self-organization, astrosystem

Abstract: A comment on the phenomenological nature of astrosystems' transition regions and its epistemological potential is presented.

Предвид отворения характер на откриваните и изследвани астросистеми- елементи от Метагалактиката, мозаечната им "йерархия", конвергирането към непознаваемост за гранични стойности на енергийните и пространствено-времевите мащаби, по-долу се коментират процеси, неподлежащи на строга морфологична и каузална класификация.

С различна яснота и интерес е евристичният потенциал на използваните доминантно (~90%) значими ренормализационни прийоми напр. „тъмна енергия материя”.

Типични за преходните области са динамичната неопределеност на вътрешна и външна страна, липсата на статична различимост на екстремалността на характерните функции, „размитата” тъждественост, внезапния „тунелен” преход.

Освен заради новооткриваните обекти („кафяви джуджета”, „блуждаещи звезди”, „мехури” протозвездна материя), е възможно да се наложи предефиниране на понятието „междусистемна среда” и на основни репери заради конфликта между, от една страна апаратурно и концептуално обусловени граници на наблюдение и интерпретация, а от друга-мащабите на процесите.

Според многостранната интерпретация на процеса на възникване на гранични явления се допуска съществуването на самоорганизация на паметта му. За проясняване на проблема би допринесло и изследването на подобие между критичните режими в максимално разнородни взаимодействащи си преходни области.

Предизвикателство към „здравия разум” за образуване и устойчивост в балистичните задачи е n -кратността ($n > 2$) на разнородни по физическа същност астросистеми.

За Слънчевата система освен неизбежно спорните (физически концептуално и философски фаталистично) ефективност на откриване и изчисляване на орбитите на астероиди, застрашаващи със сблъсък Земята, важни за бъдещето на човечеството са и процесите на структурообразуване в „пръстени-” и „облако-” подобни области, съдържащи

различни по големина и състав отломки от планетоиди и прото-планетна материя. От подобно естество е и перспективата за разрушаване на планетен спътник поради попадение на астероид. Като аргумент за непредсказуемостта в резултата на споменатите по-горе усилия, може да се спомене съвместното и смесено влияние на електро-магнитни и фотохимични процеси върху балистичните характеристики на малки тела. Перспективна е и задълбочаващата се дискусия за ролята на космическата среда в „кръговрата“ и променянето на биологични форми, пренасяни с отломки от гореспоменатите сблъсъци.

Недостатък при използването на модели е психологически трудно овладяваните екстраполиране на приложимостта им, абсолютизиране на изчислимостта и конструиране по аналогии. Това създава евристично заблуждаващи зони на валидност. Гносеологичният разрыв между физическа концепция и изчислителни и наблюдателни възможности се проявява в патова ситуация, поддържана сякаш от самовъзпроизвеждащи се констатации за абсурдно поведение на разномасштабни метагалактични елементи. То е извън даже най-екзотичните представи за основни във физическото възприятие понятия- време, пространство, енергия.

Независимо от това, безалтернативен обект на изследване са областите с голям градиент на енергийни и динамични трансформации- планетарен граничен слой, струйни течения, аврорален късп, квазистационарни области на магнитно присъединяване, разпределение и взаимодействие на центрове на активност (вихрообразуване) в атмосферата и океана, възникване и поведение на сингулярности в крупно-масштабни гравитационни полета, мхд-динамо в планетните ядра, структурообразуване във високоенергийни потоци плазма и междузвезден/галактичен прах. Като примери за ролята на управляващи параметри може да се посочат: влиянието на съдържанието на сяра в желязото от ядрото на Меркурий върху магмената конвекцията; праговото значение на няколкоградусови промени на атмосферната температура върху термичния баланс и съответното влияние върху промени на тектонични процеси с последваща обратна връзка върху релефа и общата хидродинамична циркулация на Земята; значението на „клапаните“ по океанското дъно за поддържането на различни биологични еволюционни направления.

В заключение, според наличните данни и зараждащата се парадигма, фазовото пространство на преходните области би трябвало да има многомерна, неравномерна мрежоподобна структура образувана от неопределено прекъсване на дисипативен енергиен апериодичен каскад. Рано е да се определи дали все още експерименталната информация е недостатъчна или предполагаемата непълнота е надкритична за възникване на нова космологична парадигма.

Работата е по тематиката на договор 1507/2006 с МОН.

MULTIDIMENSIONAL TIME, EARTH, MOON AND SUN SYSTEM

Zdravko Andonov

Space Research Institute –, Bulgarian Academy of Sciences,
e-mails: zda1952@bas.bg; zda@abv.bg; zda@mail.bg; zda.cosmos@gmail.com

Keywords: Multidimensional Times (MDT) & Time Slices; Eikonal Phenomenons; Earth, Moon, Sun System; Cosmic 6D-nD Synergetics; Project "ANTIMUS"; MDT Anomalies:-Universe-Planets-BioSystems; Cosmic S-T Extinction Threat.

Abstract: This R&D, as part of Project "ANTIMUS", is theoretical and experimental 6D Eikonal development of Sir W. R. Hamilton Paradigm, that "The Sciences of the Future", will be Sciences of Times' Phenomenology – Especially – 6D Eukonal Development of Multidimensional Time Phenomenons for Earth, Moon and Sun system. MTD Cosmology, Cosmonautics, Space Sciences of Multidimensional Times and Multitemporal Theory of Relativity are real innovations and evolution of Hamilton' Prediction Paradigm for "Future Sciences of Times". But 1962 Year was the last for IAF and COSPAR Programs, including as "Number 1: - Moon, Sun and Planets' Phenomenons" in all modern programs after IGY (International Geophysical Year) 1957... Of course, that is not "The End of History" and not "The End of Space Sciences", especially for Earth, Moon, Sun and Planets of Sun System! Contrariwise, the 6D-nD Phenomenons of Multidimensional Time are strategic important for all Existential Paradigms of Sun System and for "Life in Universe". All Innovations are Author's® know-how & Fig-Units - Black Box Security.

Three Multidimensional Times (MDT) worldwide innovations, (important for understanding Relative Cosmic S-T (Space-Time) Extinction Threat as "Thinking Experiments" [6]) are presented in this work for first time:

1. Complex 6D Coordinate System with possibilities for Eikonal Imagination of 6D S-T Waves Convolutions of Micro-Cosmos & Macro-Cosmos Waves and S-T Systems, including 4D S-T of Einstein-Minkovski, Multitemporal 6D-nD Cosmological Universe (Sky) Clocks, 6D RS-GPS-GIS etc. systems – Important for Space Physics & Missions.

2. Earth Phenomenon of Multidimensional Times (MDT), especially Eikonal 3D Times-Slice of 6D S-T GeoDynamics Field, using 287 IERS stations global coordinates in ITRF92 - EPOCH 1988.0 and its associated 3D velocity field [12]... - Extremely important for Earth's Catastrophical Predictions, including – Earthquakes...

3. Sun System Phenomenon (3D Times Bermuda Triangle) of Multidimensional Times MDT, especially 3D Times-Slice of 6D S-T Sun System Dynamics Field, using NASA - Planetary Fact Sheet – Times in 3D Metrics...

Пролог - многомерното време, Земята, Луната и Слънчевата система

Изключително интересно е тук и сега на **SENS 2008**, в 50-годишнината на **NASA**, да проследим в стратегически план как най-важните феномени от проекта "**ANTIMUS**" (**Anomalies in Cosmological, Global and Biological Times and Multitemporal Dangers for Suitable development of the Earth and the Life in Universe**) [8-9] за "Живота и устойчивото развитие на Земята, Слънчевата система и във Вселената", намират отражение в главните мегатренди и мегаградиенти на "**System for All Systems**" в стратегиите на **NASA&ESA** [1-9,20,24,31]. Още при първата ни среща в процеса на евроинтеграция с експертите на **ESA** пролича и беше TV документирана пълната безпомощност на главния експерт на **ESA** да посочи дори един мегатренд на "Системата за всички системи" на **NASA** и **ESA**. Затова в този доклад почти напълно се абстрахирам от постиженията на **ESA**. Разбираеми са и проучванията, че "Европейската наука (**EU Science**)" изостава с около 20 години от тази в САЩ (**USA Science**)... Поради това тук и сега ще се опитам категорично да я реабилитирам от позицията на **три стратегически репери** на Науката:

1. **Експериментът на Айнщайн-Едингтън** и колектив от 1919 г. (**Deflection of Light** by the Sun's gravitational field as Risk Paradigm for S-T Antigravity and Photon Rockets Regulation - 1919-Year Solar eclipse&7 Stars: Power of {2-11}Light Units) и критичния анализ с доказване на кардинална грешка [9,30].

2. **Глобалното релативно изменение (Fig. 3) на 3D космическото време [1-9] на базата на каталога [12] на IERS & Observatoire de Paris - "ITRF92 and its associated velocity field" – Fig. 2** - по комплекс от глобално разположени **287** станции и координатни центрове по системите:

2.1. **VLBI – Very Long Baseline Interferometry.**

- 2.2. LLR – Lunar Laser ranging.
- 2.3. GPS - Global Positioning System.
- 2.4. SLR – Satellite Laser ranging.
- 2.5. DORIS – Doppler Orbit determinations and Radiopositioning Integrated.

3. Научната стратегия на NASA за Земята от 2004 г. (NASA's Solid-Earth Science Strategy) [24] и за изследвания на Слънчевата с-ма [31] – Table 1. Тя е разработена от изключително “солидни” колективи (без да влагам ирония в понятията “Solid-Earth”)... Не мога да не спомена Председателят на Специалния Комитет - Committee Chair - Edward M. Stolper - California Institute of Technology [24], тъй като във връзка с общоакадемичната дискусия за “Научната стратегия на БАН” по “Key Words” – “Academy of Sciences” в Google на 1-2 позиции измежду 23 000 000 сайта са съответно №1 - California Academy of Sciences и №2 – Bulgarian Academy of Sciences... Акцентът е поставен върху стратегически важно мултитемпорално откритие за **Pseudo Flat-Field** разпределение на многомерното време в Слънчевата с-ма в един “Cosmic Bermuda Triangle” [9] – Fig. 4 – феномен за Earth & Cosmos Life.

Универсални 3D-6D ейконали и модели на многомерното време за Земята, Луната и Слънчевата система

Ключът за разбиране на “Светът, в който живеем” [1-31] и който в никакъв случай не е “Светът на Минковски” [16] е скрит в иновационната **6D S-T** Координационна с-ма – Fig. 1, апробирана на SP-2008 [9] и др. [1-8]... Тя позволява лесно и ясно разбиране на многомерните анизотропни полета на скоростите и на космическите времена, получени с Inverse Eikonal Transform [1-9,18] – Fig. 2 и Fig. 3.

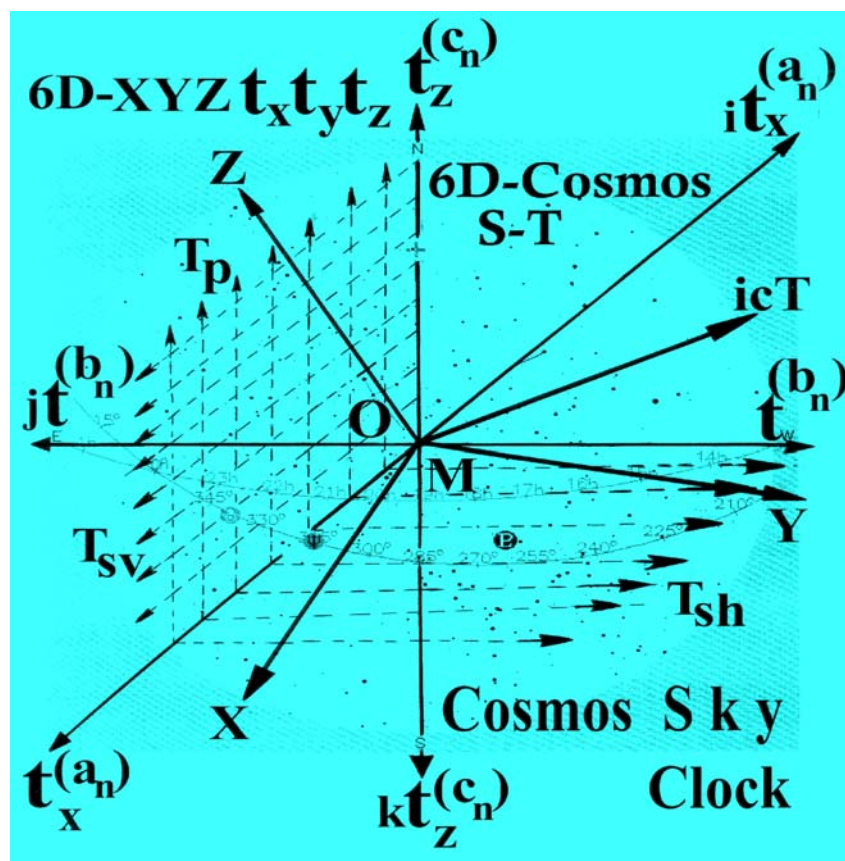


Fig. 1. Complex 6D Coordinate System with possibilities for Imagination of 6D S-T Waves Convolution of Micro-Cosmos & Macro-Cosmos (Including 4D S-T of Einstein-Minkovski) & Multitemporal 6D-nD Cosmological Universe (Sky) Clock.

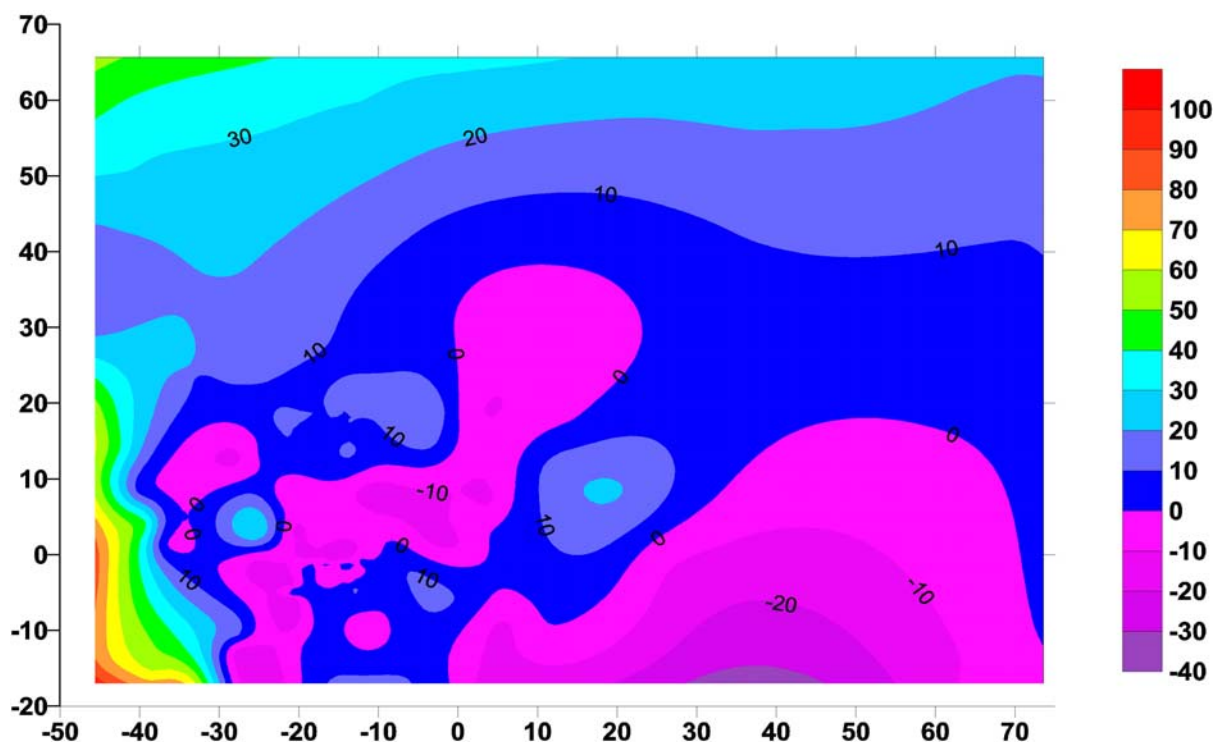


Fig. 2. Multidimensional $V(V_x, V_y, V_z)$ Earth' Velocity Field – Relative Representation on the Global base of 287 RS IERS (RDB Source ITRF92) Stations & Systems: - 1. VLBI – Very Long Baseline Interferometry; 2. LLR – Lunar Laser ranging; 3. GPS - Global Positioning System; 4. SLR – Satellite Laser Ranging; 5. DORIS – Doppler Orbit determinations & Radiopositioning Integrated System (Anisotropic Base to 3D Time-Eikonal – Nonlinear Science Eikonal Phenomenon).

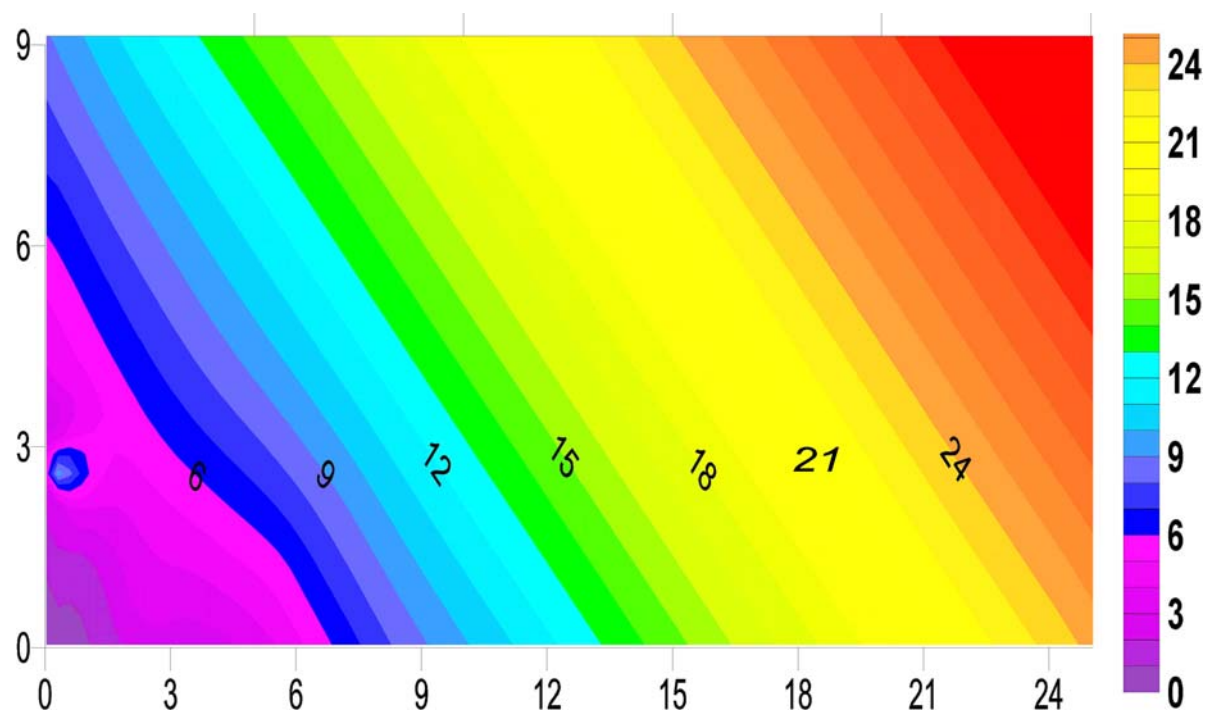


Fig. 3. Multidimensional $T(T_x, T_y, T_z)$ Time Earth' Field – Relative NonLinear Representation with MegaTrend to Enlargement on Global base of 287 RS IERS (ITRF92) Stations & Systems: 1. VLBI – Very Long Baseline Interferometry; 2. LLR – Lunar Laser ranging; 3. GPS - Global Positioning System; 4. SLR – Satellite Laser Ranging; 5. DORIS–Doppler Orbit determinations & Radio-Positioning Integrated System (Nonlinear Science 3D Eikonal Phenomenon).

Продължителните проучвания [1-9] показаха, че след смъртта на **Prof. N. S. Kalitzin** (1918-1970) [8-9, 21], (по отношение на стратегически най-важния физически мултитемпорален

параметър - космическото многомерно време), **NASA & ESA**, както и космическите програми на Русия, Индия, Китай и Япония са извън **главния мегатренд и главния мегаградиент** на истинската **“Cosmos System for all Systems”** [1-9,11-24,26,31] ... В този смисъл, за Земята, Луната и Слънчевата система, изобщо липсва, каквато и да е правилна стратегия за космическите експерименти и научни изследвания, която да позволява в иновационната **6D S-T** Координационна с-ма – **Fig. 1**, априорирана на **SP-2008** [9], точно и ясно да се регистрират космическите координати на космически навигационни и измервателни станции, така че развивайки **IERS** методологията [9,12] за Луната и Слънчевата с-ма да получаваме аналогични **многомерни анизотропни полета на скорости и на космическите времена с Inverse Eikonal Transforms** [2] , аналогично на **Fig. 2 и Fig. 3**.

В случая трябва да се примирим с наличните “семпли” експерименти и резултати на **NASA** [31], които при все това от гледна точка на **MTR** [21] и **MDT** позволиха откриването на релативен **3D мултитемпорален $T = T \{ \text{Rotation Period; Length of Day; Orbital Period} \}$** феномен - **“Cosmic Bermuda Triangle”** [9] , включващ **Pseudo Flat Times Field (~3D Time-Slice [28])** - **Fig. 4**. ...

Table 1. Planetary and Moon's parameters of Sun System. - NASA - Planetary Fact Sheet – Metric [31]

	<u>Mercury</u>	<u>Venus</u>	<u>Earth</u>	<u>Moon</u>	<u>Mars</u>	<u>Jupiter</u>	<u>Saturn</u>	<u>Uranus</u>	<u>Neptune</u>	<u>Pluto</u>
Mass (10^{24}kg)	0.330	4.87	5.97	0.073	0.642	1899	568	86.8	102	0.0125
Diameter (km)	4879	12104	12756	3475	6792	142984	120536	51118	49528	2390
Density (kg/m³)	5427	5243	5515	3340	3933	1326	687	1270	1638	1750
Gravity (m/s²)	3.7	8.9	9.8	1.6	3.7	23.1	9.0	8.7	11.0	0.6
Escape Velocity (km/s)	4.3	10.4	11.2	2.4	5.0	59.5	35.5	21.3	23.5	1.1
Rotation Period (hours)	1407.6	-5832.5	23.9	655.7	24.6	9.9	10.7	-17.2	16.1	-153.3
Length of Day (hours)	4222.6	2802.0	24.0	708.7	24.7	9.9	10.7	17.2	16.1	153.3
Distance from Sun (10^6 km)	57.9	108.2	149.6	0.384*	227.9	778.6	1433.5	2872.5	4495.1	5870.0
Perihelion (10^6 km)	46.0	107.5	147.1	0.363*	206.6	740.5	1352.6	2741.3	4444.5	4435.0
Aphelion (10^6 km)	69.8	108.9	152.1	0.406*	249.2	816.6	1514.5	3003.6	4545.7	7304.3
Orbital Period (days)	88.0	224.7	365.2	27.3	687.0	4331	10747	30589	59800	90588
Orbital Velocity (km/s)	47.9	35.0	29.8	1.0	24.1	13.1	9.7	6.8	5.4	4.7
Orbital Inclination (degrees)	7.0	3.4	0.0	5.1	1.9	1.3	2.5	0.8	1.8	17.2

В иновационната **6D S-T** координатна система – **Fig. 1** – са развити и **“Minkovski World”** [1-9], и **“Schrodinger Equation for Evolution of the Universe”** [2,6]... Тя е за 1-ви път представена от автора на **BPU-4** (4TH General Conference of the Balkan Physical Union – 22-25 August 2000, Veliko Turnovo, BG) ... От доклада ми там **“Development of Transcendental Theories of the Theories & 6D Time-Space for Cosmos and Planets”** и от “Сборник с трудове”, даден за издаване в Турция (?) – няма и следа!... Затова по проекта **“ANTIMUS”** [8-9] защитавам интелектуални иновации с кардинално глобално и космическо значение. Впечатляващо е, че с тази **6D S-T** координатна система (**Fig.1**) всеки внимателен студент по

математика и физика би видял **принципната грешка** в планирането на стратегическия експеримент на **Айнщайн-Едингтън** [1,9,30]... При възприемане на парадигмата за **многомерното време** (за $n=3$ – **тримерно време**) има възможност за изследване и на **6-мерни явления в бозонния слой**: – Ефекти на: **Казимир (Kazimir Effects)**; **Бозе-Айнщайн (Boze-Einstein)** и т.н. [1-10,14-17, 21]...

Едно **ново откритие** [9] на Автора при **6D-nD** изследвания по проекта “**ANTIMUS**” е с феноменални **Time-Slice** [28] характеристики и с неизбежно изключително важно значение за **всички космически изследвания и мисии** през 21 век и III-то хилядолетие [1-31]... Тук ще го маркирам само с “кодово наименование” – **Откритие на 6D S-T “Бермудски триъгълник” в Слънчевата система** – Fig. 4. Така реабилитирам феноменалните търсения на учените от 1962 г. на XXIII – IAF Congress Varna BG, чиито трудове (*Springer-Verlag*, 1964 Vol. 1-2 – Editors – Prof. Nikola Boneff [11] и Dr. Irwin Hersey), селектирани в 8 раздела започват с **Chapter I “Moon’, Sun’ and Planets’ Phenomenons”**...

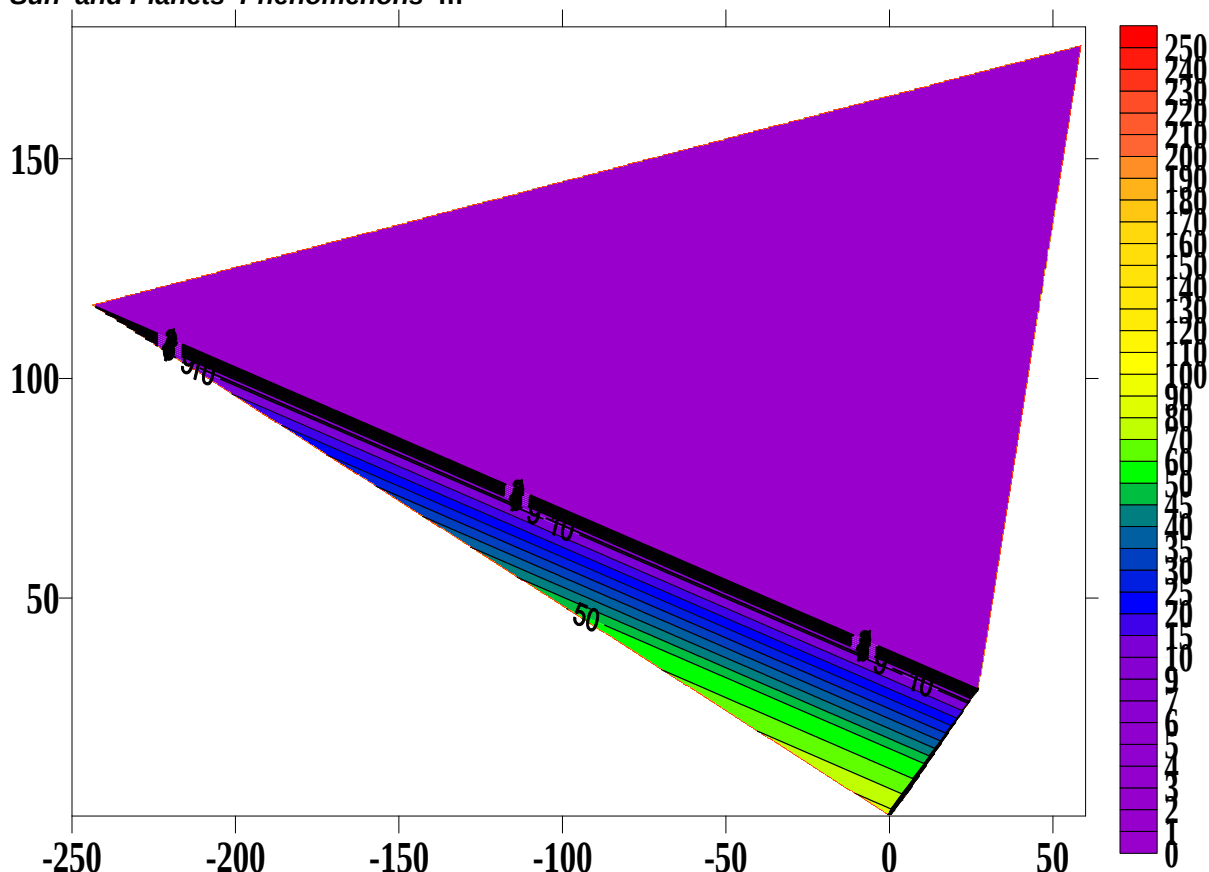


Fig. 4. Presentation for Discovery of Relative Multidimensional Times Slice Phenomenon - “Bermuda Triangle” in Sun System (NASA [31] RS RDB, Etc.) ... {Relative Nature 3D Time-Slice [-28] of 6D Dynamics in Sun-System – Dangerous Pseudo Flat 3D Times-Field → Dangerous 3D Gravitational Field’ Waves Gradients for 3D-Space & 3D-Time Model}... Original Author’ Methodology & Know-Haw → Risk Paradigm for: Cosmonautics in Sun System; Space-Time Propulsions and RS Control of Rockets, Interstellar Spacecrafts, Time Machines, Etc. [9].

Заклучение - перспективи за Земята, Луната и Слънчевата система

Перспективите за устойчиво развитие на Земята, Луната и Слънчевата система [1-24, 27] са силно свързани с мултитемпоралната динамика [21] на многомерното поле на времето в космически, планетарен, геосателитен (Лунен) и био мащаб [1-9]. Устойчивото развитие на земните цивилизации е невъзможно без системно превантивно изследване устойчивостта и аномалиите в геодинамика и мултитемпоралните характеристики на многомерното поле на времето за Земята, Луната, планетите и Слънчевата система като цяло. В прехода от “Cosmology of the Times” [8] към “The Time of Cosmology” аномалиите в многомерното време на Земята, Луната, астероида **Eros** [11] и на феномена “Bermuda Triangle” в Слънчевата система са важни фактори за Живота и устойчивото развитие на Земята [7] !...

References:

1. Andonov, Z. D., 1999: The Paradigm of Stephen Hawking and the Challenges of Civilizations and Cosmos to the IIIth - Millennium. – Proc., International Sc. Conf. – “30-Years Space Research in Bulgaria”, Sofia, p.117-120.
2. Andonov, Z. D., 2004: The Decision of the World Physical Problem and the Paradigms of Einstein, Heisenberg, Schrodinger, Dirac and Hawking. - Proc. of Intern. Conf. “100 Years-John Atanasov”–Shumen., BG, 2003, Print 2004, p. 35-42.
3. Andonov, Z. D., 2004: Cosmological, Physical and Geophysical Multidimensional 4D-6D Paradigms of New 6D-General Theory for the World. - 4th National Geophysical Conference (With international participation and sponsors – EAGE and SEG), 4-5 October 2004, Sofia, Session 5: Space, atmosphere and hydrosphere geophysics, S5-1, 2004, p. 155-156.
4. Andonov, Z. D., 2005: Multidimensional Time – The Problem of Problems in the Sciences for the Earth, Cosmos and Civilizations. – Scientific Conference “SES’2005” with International Participation, 10-13 June 2005, Varna, Session I: - Space Physics & Astronomy, 2005, p. 97-102.
5. Andonov, Z. D., 2005: Multidimensional Time, Multidimensional Man and Solution of N-Bodies Problem in Multidimensional 6D Space-Time. – Anniversary Scientific Session – National Defence Un-ty, Aero-Space Department – Proc. Vol. 2, p.341-359.
6. Andonov, Z. D., 2006: Thinking Experiments in Remote Sensing of Earth and Cosmos. - SENS’2006 - International Scientific Conference, Varna, Proceedings: CD & <http://www.space.bas.bg/astro/ses2006/Cd/R6.pdf>, Session 3, Paper No.6, p.1-7.
7. Andonov, Z. D., 2007: Cosmological RS Research and Eco-Challenges of 21-Century & III-Millennium Sustainable Development (Космически дистанционни изследвания и еко предизвикателства на устойчивото развитие през 21 век и III хилядолетие). - Anniversary Scientific Session “50 Years Cosmos Era” – National Defence University, Aero-Space Department – Proc., ISBN 978-954-713-091-3, p. 279-295.
8. Andonov, Z. D., 2007: Cosmology of Times and Multitemporal Theory of Relativity (Космология на времената и Мултиемпорална теория на относителността) - International Scientific Conference “SENS 2007”, Varna, Session 1: - Space Physics & Astrophysics, SRI-BAS, ISSN 1313-3888, p. 92-98.
9. Andonov, Z. D., 2008: Space-Time Propulsion from Cosmology of Times to Time of Photon Interstellar Spacecrafts and Transcendent Time Machines. – Proc. of Congress “SPACE PROPULSION 2008”, Session 49 “Advance Propulsion 1”, Heraklion - Greece, 5-8 May 2008, File 42-199.PDF, p. 1-10.
10. Berry, M. V., Keating, J. P., 1999: H=xp and the Riemann zeros, in Supersymmetry and Trace Formulae: Chaos and Disorder. - Plenum Press, Eds.: - I. V. Lerner, J. P. Keating & D. E. Khmelnitskii, p. 355-367.
11. Bonhoff, N., 1950: La théorie des marées, le mythe du Déluge et la duplicité d'Eros. - Annuaire de l'Université de Sofia Faculté des Sciences Livre 1. (Mathématiques et Physique), Vol. XLVI, 1949-1950, p. 189-209.
12. Boucher, C., Z. Altamini, L. Duham, 1993: IERS TECHNICAL NOTE 15. – ITRF 92 and its associated velocity field. - Observatoire de Paris, 164 pp.
13. Bourke, W. L., 1988: Space-Time, Geometry, Cosmology. - University of California, Santa Cruz - Mill Valley, California, 416 pp.
14. Coles, P., 2005: The state of the Universe. – In the 2005 – World Year of Physics Review Articles (pp. 215-258), NATURE, 20 January 2005, Vol. 433 / Issue No. 7023, p. 248-256.
15. Egeland A., O. Holter, A. Omholt (Editors), 1973: Cosmical Geophysics – UniversitetsForlaget, Oslo; RU “Mir”, 1976, 544 pp.
16. Einstein, A., 1949: RELATIVITY - The Special and the General Theory. - METHUEN & Co. Ltd., London, 150 pp.
17. Garcia-Bellido, J., 2004: Lectures on cosmology: ASTROPHYSICS and COSMOLOGY. – CERN - JINR European School, (T), astro-ph/0502139, ESHEP 2004, CERN report, 186 pp.
18. Hamilton, W. R., 1931: The Mathematical Papers of Sir William Rowan Hamilton: - Cambridge at the University Press: - Vol. I Geometrical Optics; 1931, 534 pp.; Vol. II Dynamics, 1940, 656 pp.; Vol. III Algebra, 1967, 672 pp.
19. Hawking, S. W., Ellis, G.F.R., 1973: The Large Scale Structure of Space-Time. - “Cambridge University Press”, 391 pp.
20. Howell, K. C., and M. Kakiya, 2006: Transfers between the Earth–Moon and Sun–Earth systems using manifolds and transit orbits. - Acta Astronautica, Volume 59, Issues 1-5, July-September 2006, Pages 367-380. (Space for Inspiration of Humankind, Selected Proceedings of the 56th IAF Congress, Fukuoka, Japan, 17-21 October 2005).
21. Kalitzin, N. S., 1975: Multitemporal theory of relativity. - (Nikola S. Kalitzin – Sofia, Publishing House of the Bulgarian Academy of Sciences), [http://www.collectionscanada.ca/wbin/resanet/resultsm//Subject=Relativity+\(Physics\)](http://www.collectionscanada.ca/wbin/resanet/resultsm//Subject=Relativity+(Physics)), 123 pp.
22. Lachieze-Rey, M. et al., 1999: Theoretical & Observational Cosmology: Proceedings - NATO Science Series –C: Mathematical & Physical Sciences– Vol.541, Kluwer Academic Pub., 396 pp.
23. Melchior, P., 1978: I.U.G.G. International Union of Geodesy and Geophysics. - 1978 Year Book - Chronicle № 126/127 - May 1978, ISSN 0047-1259, I.U.G.G. Publications Office, Paris, 352 pp.
24. NASA, 2004: Review of NASA's Solid-Earth Science Strategy. - Committee Chair – Ed. M. Stolper - California Institute of Tech.; National Academies Press, Washington DC, http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=11084&page=R1-R44, 2004, 44 pp.
25. Poincare, A., 1892: Les Methodes Nouvelles de la Mecanique Celeste: - Vol. I-III - Paris, 1892. – Russian: - Изд. “Hayka”, Москва, 1971, T.I - 771 c.; T.II - 999 c.; T.III - 771 c.
26. Puetzfeld, D., 2004: Prospects of Non-Riemannian Cosmology - 22nd Texas Symposium on Relativistic Astrophysics at Stanford University, Dec. 13-17, 2004, Proceedings, p. 1221-1-4.
27. Sagan, C., 1980: Cosmos. - New York: Random House, 1980. – BG – „БАРД”, 2004, 347 c.
28. Sheriff, R. E., L. P. Geldart, 1995: Exploration seismology. – Cambridge University Press, 592 pp.
29. Tolman, R. C., 1934-1949: Relativity, Thermodynamics and Cosmology. – “Clarendon Press”, Oxford, 503 pp.
30. Waller, J., 2002: Einstein's Luck: The Truth behind Some of the Greatest Scientific Discoveries. - (Fabulous Science. Fact and Fiction in the history of scientific discovery). - Oxford University Press, 2002, 308 pp.
31. Williams, D. R., 2008: Planetary Fact Sheet – Metric – NASA - <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/>.

NIKOLA S. KALITZIN – GREAT INNOVATOR OF GUT, MULTITEMPORAL THEORY OF RELATIVITY AND HYPER-PHOTON ROCKETS

Zdravko Andonov

Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences,
e-mails: zda@abv.bg; zda1952@bas.bg; zda@mail.bg

Keywords: Unified Field Theory (UFT), TOE, GUT, 6D- ∞ D Multitemporal Theory of Relativity (MTR), Relativistic & Hyper-Photon Rockets, IGY (International Geophysical Year), Cosmology, Cosmonautics

DEDICATION: This R&D is dedicated to the 90-th anniversary of Prof. DSc Nikola Stiliyanov Kalitzin (Dec. 1, 1918 - Aug. 10, 1970) – Author of “Unified Field Theory” (UFT–GUT, TOE), “Multitemporal Theory of Relativity” (MTR) - Developer of Scientific achievements of H. Poincare, A. Einstein, K. E. Tsiolkovsky, A. M. Lyapunov; and Developer of Relativistic rockets to the Photon and Hyper-Photon Rockets, etc., etc., etc.,... The Author – April 12, 2008, SRI - BAS [1-3]

Abstract: - The search presents elements of Prof. DSc Nikola Stiliyanov Kalitzin scientific biography - important for World' foundation of cosmical sciences and cosmonautics in the light of UN coordinated World International Geophysical Year (IGY) 1957. Especially - three his greatest achievements – Challenges for 21st century Space Sciences and Astronautics in the light of cosmos era genesis:

1. Grand Unified Theory (GUT - unifying for all fields) – UFT [19-20] (~ GUT & TOE) in infinity ($n \rightarrow \infty$) dimensions Riemannian Space-Time – alternative of “Minkovski' World”, manifested by A. Einstein.

2. Multitemporal Theory of relativity [27, 29].

3. Relativistic Photon and Hyper-Photon Rockets [3, 24, 34, 38, 39].

Incredibly, but fact – the System Innovator and Integrator of all this epochal challenges is one Bulgarian Universal Genius – Prof. DSc Nikola Stiliyanov (01.XII.1918-10.VIII.1970).

Every one of this 1-2-3 Challenges founds New Era after A. Einstein in development of World Space Sciences and cosmical hyper nanotechnology. Paradox Paradigm for transcendental Phenomenology point of view, but completely real and explicably for Prigogine's “Metamorphose de la Science” [1-39].

The System of Impact factors competences and all systems for famous Bulgarian, European and World-Wide Scientists are not adaptive for N. S. Kalitzin's cosmical achievements and astronautical challenges... In the origin of cosmic era [2,3,7-10,17-39] N. S. Kalitzin generated a complex of brain new physical and cosmological theories (including UFT ~ GUT & TOE), mechanical and space technological decisions for cosmodynamics and propulsion accelerations of classic and relativistic rocket systems, Photon Interstellar Spacecrafts, etc. Prof. DSc N. S. Kalitzin is world-wide famous Scientist; Cosmos R&D-Strategist; one of founders and general strategist of Bulgarian Astronautical Society (since Dec. 4, 1957); Pioneer-Leader of new Astronautics era and successful Scientific secretar of Physical Institute (With Atomic Scientific Center) of Bulgarian Academy of Sciences...

Prof. N. S. Kalitzin is well known with his innovative top Multitemporal theory of relativity, cosmonautics achievements, relativistic photon rockets, cosmological and physical theories, nuclear physics and astrophysical innovations in :: **USA** (American Journal of Physics, NASA, NASA Astrophysics Data System (ADS); Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, The Energy Citations Database (ECD - DOE's - Office of Scientific and Technical Information - OSTI); Stanford University - Aerospace Computing Lab; etc.); **UK, GB** (Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, University of Cambridge); **Germany** (University of Heidelberg; Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg or ZAH; Institute for Theoretical Astrophysics (Institut für Theoretische Astrophysik or ITA; International Max Planck Research School for Astronomy and Cosmic Physics at the University of Heidelberg (IMPRS-HD).); State Observatory Königstuhl (Landessternwarte Königstuhl or LSW); Astronomisches Rechen-Institut (ARI); DLR (German Aerospace Center); **Italy** (Nuovo Cimento della Società Italiana di Fisica (SIF) - B: General Physics, Relativity, Astronomy and Mathematical Physics and Methods); SIMCA - Società Italiana di Meccanica Celeste e Astrodinamica; Research Associate at Laboratorio Nazionale del Sud (LNS) - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Catania; Osservatori Astronomici Italiani; Osservatorio di Roma; SAIT - Società Astronomica Italiana; SISFA - Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia); **Japan** Imperial Academy and University Institutions (Journal “Progress in Theoretical Physics”); **Russia - USSR** (Academy of Sciences; MGU; MAI; SRI, DUBNA Strategy Centrum; Kazan State University; Steklov Mathematical Institute, Scientific Research Institute No. 1 (NII-1), Central Institute of Aircraft Engine Building (TsIAM),), IZMIRAN, Keldysh Research Centre, Keldysh Institute of Applied Mathematics, St. Petersburg Nuclear Physics Institute, Etc.)... **General Conclusion:** Prof DSc. N. S. Kalitzin is one of the greatest Space Physics Scientists; Developer of Hamilton, Poincare, Eddington, Einstein, Dirac, Heisenberg, Schrodinger, Bohr, Landau, Gell-Man, Feynman, W. von Braun, Oberth, Sedov, Keldysh, Sakharov, Basov, etc., Geniuses.

1. Пролог – проф. Н. С. Калицин и зората на космическата ера

The innovative key for enigmas of Grand Unified Theory (GUT) is physical sense discovery of $\zeta(s)$ Zeta Riemann Function and Proof-Solution of the Great $\zeta(s)$ -Zeta Riemann's Hypothesis [$\zeta(s)$ RH], on the foundation of "Multitemporal Theory of Relativity" by Prof. Nikola St. Kalitzin - Pioneer and Genius of the World Space Era – The Leadership – Above two Worlds suspicion!!!!... Авторът [1-3], Sofia - 2008



Fig.1. Prof. DSc Nikola St. Kalitzin: (December 1,1918 - August 10,1970)

Cosmos Ornamenture – Above two Worlds - On Original Photos of N. S. Kalitzin - Central Archive BAS:
1) 15.II.1955; 2) April 27.IV.1966; 3) June 20.VI.1969) - <http://cosmostimescosmologyseti.blogspot.com>

SENS 2008 се провежда в знаменателна година, отбелязваща 150 години от рождението на Макс Планк (Max Planck - 23.IV.1858 - 04.X.1947); 110 години от рождението на академик Никола Бонев (11.VII.1898 - 18.VI.1979) [7], 100 години от рождението на академик Любомир Кръстанов (15.XI.1908 – 08.V.1977) [7,30,31,36] и **90 години от рождението на проф. Никола Ст. Калицин – Fig. 1 - (Nikola Stiliyanov Kalitzin: 01.XII.1908 - 10.VIII.1970) [2,3,16-30,34,36,38]...** В глобален план 2008 година е знаменателна с още много годишнини – 100 години от феномена Тунгуски метеорит; 100 години от рождението на знаменития Лев Д. Ландау (22.I.1908-01.IV.1968) и особено 90 години от смъртта на Г. Кантор (03.III.1885-06.I.1918) – открил по думите на Хилберт «безкрайните трансцендентални космически хоризонти на Науката». Специално отбелязвам и 110 годишнината на родения в България световноизвестен астрофизик Фриц Цвики (Fritz Zwicky - 14-II-1898, Varna, BG - 08-II-1974, Pasadena CA) – теоретически откривател на тъмната материя и пулсарите [5-15,25]. **И все пак: - Защо проф. Н. С. Калицин е “Фаворит на Фаворитите”?!...**

Всеизвестна истина е след Циолковски, че цялото бъдеще на Човечеството е изключително космическо [1-39]. Но Човечеството има право да знае, че един истински Човек – Българин-Космополит – **проф. Н. С. Калицин е бил единственият, способен да приеме и приел всички предизвикателства на космическата ера в нейното начало – от мечтата на Айнщайн за създаване на Обединителна теория на микрокосмоса и макрокосмоса и всички физични полета [1-3,8-15,19-20,30-39], до фотонните релативистични ракети [24,32,34,38] и хипер-фотонните ракети на “Multitemporal Theory of Relativity”[1-3,29].**

Тъй като в световната научна литература еволюцията от геофизика към космофизика и от геология към космология [1-39] е хаос от безброй «Файнманови траектории» и «Лабиринти на Минотаври», от които не само всеки любител на науката, но и всеки професионален учен би получил тежък интелектуален шок, ще се опитам да представя тази «еволюция» в три пункта:

1. Консолидация на геофизиците и други учени от природоматематическите науки за провеждане на 1-ва МГГ (Международна Геофизична Година - 01.VIII.1882 – 31.VIII.1883), (1-st IGY), трансформирана в 1-ва МПГ (Международна Полярна Година) [30,33,35], както

следва: Инициативен доклад на австрийския учен Карл Вайпрехт през 1875 г. пред 48-я конгрес на немските природоизпитатели и лекари; Решения за 1-ва МПГ на Международния геофизичен конгрес в Рим – 1877 г. и на три конференции в 1879, 1880, 1881 г., ръководени от руския учен проф. Вилд – директор на Главната физическа обсерватория в Петербург (Пулково); Участие на 12 държави в 1-та МПГ (01.VIII.1882 г. – 31.VIII.1883 г.). Общо 12-те държави организират 12 станции в Арктика и 2 станции в Антарктика. Държавите (по азбучен ред) участвали в 1-та МПГ са: Австрия, Англия, Германия, Дания, Канада, Норвегия, Русия, САЩ, Финландия, Франция, Холандия, Швеция [30].

2. Реактивизация на геофизиците и учените от природоматематическите науки за: провеждане на 2-ра МПГ (2-ра МПГ) - точно 50 години по-късно (01.VIII.1932г. – 31.VIII.1933г.), смятано от доклада на немския учен-метеоролог Георгий през 1927г. Инициативата е транслирана до Международната комисия от 10 държави под председателството на датския геофизик д-р Лакур и до Международния геофизичен комитет в Локарно – 1931 г., потвърдил решението за 2-ра МПГ с участието на 44 държави в периода 1 август 1932 г. – 31 август 1933 г. България участва под ръководството на съществуващия «Национален комитет за геодезия и геофизика» (с най-изявен неин Председател в последвалата космическа ера – проф. Иван-Асен Николов Петков – съратник на Niels Bohr и Paul Melchior [33]) и Национална комисия с П-л (от юли 1931 г.) проф. Р. Райнов и членове - Н. Негенцов и К. Т. Киров – р-л на Дирекцията по метеорология и на Метеорологичната наблюдателница на връх Мусала, действаща от 2 октомври 1932 г., селектирала «Метеорологичните резултати за 2 МПГ», издадени от К. Т. Киров в сборник «Полярна 1932 – 1933 година» на Централния метеорологичен и-т. Сборникът включва и резултатите на «Службата за времето при въздухоплаването» [30]. Едновременно с това по програмата на МПГ в «Световната операция за висша геодезична прецизност на географските дължини», (провеждана от Военното министерство чрез неговия Държавен географски и-т и специално – астрономическото му отделение) участва екип на бъдещия академик - лидер на световната геодезия, тогавашния д-р Владимир Христов, чийто перфектни резултати с пасажния инструмент «Аскания» са изпратени и публикувани в Париж, валидни за всички 44 държави [30].

3. Стратегическа инициатива [30,35] за провеждане на 3-та МПГ - под егидата на ООН (UN – United Nations), еволюирала в 1-ва МКГ (Международна Космическа Година - ISY) - дадена в реално развитие за първи път тук и сега с изчистване на немалко фалшификации, митове и легенди, (в т.ч. естествено и фалшификации на историята вътре в самите «велики сили», защото вътрешно-видовите войни принципно са по-жестоки от междувидовите и често дават повече жертви). **Инициативата за 3-та МПГ се развива организационно така: - 1-во институционално решение за 3th IGY от Международния съвет на научните съюзи (MCHS) при ООН (International Council of Scientific Unions (ICSU) - UN) през октомври 1951 г.** В световен мащаб точно 1951 г. е началната година на институционалните (организираните) космически изследвания, тъй като този орган на ООН пръв планира, програмира и реализира първата мащабна космическа програма в т.ч. и първите изкуствени спътници на Земята на СССР и САЩ [3,30,35]. **Американската версия за 3-та МПГ (IGY – International Geophysical Year),** генерира и NASA, изглежда така [35]: - *“The International Geophysical Year-IGY for short-grew out of a suggestion made in 1950 by Lloyd V. Berkner to a small group gathered at the home of James A. Van Allen in Silver Spring, Maryland, that in the period 1957-1958 there should be a Third International Polar Year. Two previous International Polar Years, the first 1882-1883 and the second 1932-1933, had demonstrated in some measure the value of international cooperation in earth science investigations.1 The group was heartily in favor of the idea “... Не е известна безспорна официална съветска или руска версия за 3-та МПГ [3,7-10,30,35], за генезиса и лидерствата в зората на космическата ера, но едно е категорично: - Естествените лидерски приоритети за стартовия двубой на космическата ера на най-високо световно ниво [1-3,9-38], персонифициран в лицата на академик Леонид Иванович Седов (14.XI.1907-05.IX.1999) за СССР и на проф. д-р Вернер фон Браун за САЩ (респективно - за Германия), валидни за периода 1955–1969 г., с течението на времето нееднократно са променяни – стигащи до перманентни частични или тотални фалшификации [1-3,9-10,16,17,30-38].*

Проследявайки житейските и творческите мисии на **акад. Л. И. Седов и на проф. Н. С. Калицин навсякъде по Света,** категоричен е извода, че без комплекса от гениални творчески и блестящи организаторски и дипломатически умения на акад. Л. И. Седов и без използване на *“нещо много по-значимо”* от гениалността и характерите на немските титани - **Г. Оберт и В. фон Браун,** и на американския гений на космическите навигационни системи на САЩ – **С. Дрейпър,** космическата програма на СССР, не само че не би била пионерна пред САЩ, но и примерно би изостанала на нивото на космическата програма на Франция. Това *“нещо много по-значимо”*, което е консолидирало Света по траекторията Изток-Запад и ООН в космическите

изследвания, „това нещо“ е „интегралът“ на космополитите - акад. К. Попов и проф. Н. Калицин! [1-3,16-38]...

2. Проф. Н. С. Калицин – връх в космическите науки и иновации

Поради факта, че истината за генезиса на космическите изследвания и в световен мащаб не е нито добре, нито широко известна, независимо от огромния брой писания, тук ще разкрия някои от най-важните пионерни „организиранни геофизични изследвания“, с пряко отношение към иновационното космическо творчество от около **500 публикации (около 100 научни в най-авторитетни издания у нас и чужбина, и ~400 научно-популярни публикации)** на проф. Н. Калицин. Те са в областта на физическите, математическите, астрономическите, техническите, технологичните и най-вече - в **космическите науки и изследвания [2-3,17-29]**, чийто съвременен международен институционален старт е даден, подчертавам отново, през 1951 г. [30], а за България – от датата ни на членство в ООН – 14.XII.1955 г. Изтъквам специално (на базата на неопровержими документи и факти с глобална валидност, корелиращи се с възхода на Werner von Braun от 1955г.), че първият системен интегратор (на микрокосмоса [17-18] и макрокосмоса [2-3,17-29]) – пионер на космическите изследвания от световен мащаб (не само у нас) - е точно проф. Н. С. Калицин, чийто първи значими международни актове от командировката му през 1955 г. в Швейцария (ЦУ-ЦАрхив-БАН) са свързани с формирането на трети Световен координационен център (СКЦ) за 3-та IGY в Женева, отговорен за Европа и Света, след първите два КЦ в Москва и Вашингтон [30]...

“Streamline”-ът “Von Braun-Popoff-Stransky-Kalitzin-Sedov-Keldysh” в началото на космическите изследвания, провеждани на най-високо световно ниво под егидата на ООН [30,35], решава и загадката: - “Кой е бил национален административен и едновременно с това научен ръководител в България на тези първи световни геофизични и космически изследвания?!”... Естествено - този факт е отбелязан от академик Л. Кръстанов, основател на Геофизичния институт на БАН и Подпредседател на Българския национален комитет за МГГ (1957-1958г.)... Не се мъчете! – Това е «Загадка на загадките», съпоставима само с творчеството на проф. Н. С. Калицин!!! Забележете!!!!... - Ректорът на СДУ-1943-1944 г.[36] !!! – «Председател, възглавяващ Българския национален комитет за МГГ (1957-1958) при БАН е академик Л. Чакалов, който е утвърдил ПРОГРАМА за участие на България в МГГ в следните дисциплини: метеорология, ... , слънчева активност и метеори, космически лъчи, синхронизиране и стандартизиране на астрономическите обсерватории и системите за наблюдения на бъдещите ИСЗ; изследване радиоактивността от ядрените взривове във високите слоеве на атмосферата (вкл. след експеримента ARGUS) и промяната в радиоактивността на единица площ, вследствие на радиоактивните дъждове [30]... Основната работа се извършва от Физическия и-т под ръководството на секциите по “Теоретична физика”, “Експериментална физика”, “Метеорология”, “Лабораторията за космически лъчи”, “Секцията по астрономия” и “Астрономическата обсерватория”. Лабораторията за космически лъчи при Физическия и-т на БАН е завършила конструирането на специална апаратура, наречена “телескоп от броячи”, с който се регистрират такива частици от космически лъчи, които имат сравнително големи енергии”... Тук ще отбележа [2-3,30,34,38] само ретроспективно, че проф. Н. С. Калицин в този период извършва огромна теоретико-експериментална и анализаторска дейност (в т.ч. по “ракети и ИСЗ”), която убедително кулминира в капиталния му труд за обединяване на всички физически полета (мечтата на Айнщайн), депозиран за публикуване на 30.IX.1957 г., в т.ч. и за космическите лъчи и за някои специални фотонни ефекти на квантовата физика [18-29]. Фактите красноречиво говорят [2-38], че точно проф. Н. С. Калицин е главният системен интегратор и фактически пръв: - и учен, и организатор и популяризатор на космологията, космонавтиката и астронавтиката от световен мащаб. Не случайно проф. Н. С. Калицин изнася на 04.XII.1957 г. пионерният професионален доклад за целите и задачите на космическите изследвания в България и по Света при учредяването [16,34] на Българското астронавтическо дружество (БАД) в ЦДНА като подпредседател на БАД... Всеизвестно е, че по правило всички ръководни постове в тоталитарните държави са абсолютен приоритет за партийните функционери. Калицин е гениално безпартийно изключение в Света на Космическата ера и Студената война, гледащ от висотата на своя гений политическите и идеологическите нищожества, единствен на такава стратегически висока позиция в Световната Наука, непризнаващ нито «диктатурата на пролетариата», нито - тоталитарните диктатори над Гения. От началото на своето пълнолетие да края на живота си,

ненавършил 52 години, той се очертава като един от най-големите космополити и на своето време, и на всички времена. И в това отношение. Той стои високо над най-високия конформистки връх в съветската и в световната наука Андрей Сахаров, който като истински конформист плаче от скръб по Сталин! Е, да, ще каже някой, но Сахаров има Нобелова награда за мир, а Калицин – не! Е – да!... Но има и по-голяма Награда от Нобеловата награда за мир! Това е Наградата за Човешко и Научно Достоянство!... В случая с «Председателството и Подпредседателството на БАД», респективно с акад. Н. Бонев и с проф. Н. Калицин [16,34] е пределно ясно, че акад. Н. Бонев не е просто политическа фигура, а е също и изключителен професионалист-космополит, но в по-тесния спектър на астрономията и астрофизиката [7]. **«Човекът-Космос»**, глобалният системен учен-интегратор в трилатералната геофизична и космическа система Женева-Вашингтон-Москва, Ученият - способен да обедини микрокосмоса на ядрената физика с макрокосмоса на космическата физика, вълновата механика на Зомерфелд с квантовата механика на Шрьодингер, квантовата физика на Н. Бор и В. Хайзенберг с Теорията на относителността на Айнщайн, е един и само един – проф. Н. С. Калицин! **Тези космически научни приоритети и приноси на Н. Калицин са в директна еволюционна връзка с World IAF Congress – Varna 1962 [34]**, и респективно - със световно известните ни академици Кирил А. Попов, Любомир Н. Чакалов, Никола Д. Обрешков, Иван А. Ценов, Георги С. Наджакон - все европейски възпитаници – немски, италиански, френски... Ето и великият финал на една “величествена космическа 5-та симфония”, доказващ **космополитната безпрецедентна в Света научна дейност на проф. Н. С. Калицин** от периода 1955-1957 г. (зората на космическата ера) [20]:

“Следователно нашата теория е в състояние да обясни факта, че в даден момент, в дадена точка от пространството могат да се появят два, три и повече фотона. Това се наблюдава напр. при дву- три- и повече фотонната аниhilация.

Наблюденията на Шайн, Каилон и Ритсон, както и тези на групата от Турино, показваха през последните години, че електромагнитните каскадни процеси при високи енергии, които се извършват при космическите лъчи, се отнасят съвършено другояче от това, което можем да очакваме въз основа на квантовата електродинамика: установен е очудващият факт, че при едно елементарно сблъскване могат да се породят до 20 - кванти. Това явление може лесно да се обясни въз основа на нашата теория. Фактът за многократното пораждаване на фотони можем да разглеждаме като едно експериментално указание за пространството.

Можем да се надяваме, че по описания път ще стигнем до една окончателна синтеза между гравитацията, електромагнетизма и квантовата теория. Това се подкрепя и от факта, че квантоването на уравненията на полето се постига чрез една система с безкрайно много степени на свобода...”

Статията на проф. Н. Калицин е представена, на 30. IV. 1957 г. Цели 50 години по-късно телескопът **MAGIC** (Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov) открива най-енергетичното пулсиращо гама-лъчение – Пулсарът (по право “Nikola Kalitzin”) в известната “Ракообразна мъглявина». Откритието е публикувано в сп. „Сайънс” (“**Science**”) на 16.X.2008 [5].

3. Проф. Н. С. Калицин и съвременният свят – извод и заключение

Независимо, че чуждестранните препоръки от 1966 г. за академично звание на проф. Н. Калицин са игнорирани по “политически съображения” (въпреки хода за академична процедура с резолюция от акад. Л. Кръстанов – П-л на БАН до “акад. А. Дацев – за доклад!”...); независимо от нобеловите награди на Ландау, Файнман, Гелл-Манн, Сахаров, Гинзбург и кой ли не титулован корифей на Науката - след творческите прозрения за космическото пространство-време на Поанкаре, Айнщайн и Лоренц, дори великият Стивън Хокинг [15] не се е доближавал толкова близо, колкото Никола С. Калицин [18-29] до парадигмите: - за Обединителна теория на всички вълнови полета GUT, за Обединителна теория на теориите; за фотонните и хиперфотонните ракети, за пулсарите, за пътуването в Космоса и във Времето! [1-6,8,14-15,37]...

Сензационно за непосветените, но логично и закономерно за Стратезите на Науката и Прогреса в Света [3], днес космическият възход и нов ренесанс на Н. С. Калицин в Света е факт след огромния интерес [18-29] (в NASA и в САЩ като цяло, в Германия, в Канада, в Русия и т.н.) към трудовете на Калицин!... Калицин, за разлика от Айнщайн, никога не е “връх” на институция като “Кайзер Вилхелм” (днес и-та “Max Planck”), но самият той е изключителна космическа институция, даващ и най-ерудитаните анализи върху всички космически, астрономически и физически новости!... За Н. Калицин не може да се каже същото като за Р. Файнман, че е втори гений след Айнщайн, защото и по нива на гениалност и по универсалност на гения си, Калицин е Гений на Гениите, пръв дръзнал още в 1957 г. да развива и “надскача” Айнщайн и всички световни корифеи [4-15], независимо, че Айнщайн и Файнман имат Нобелови награди по физика – а Той – не! Да, но днес проф. Калицин има с 50 годишна давност **“facts-**

proofs” за своята **GUT – UFT** [5,19,20] - Мечтата на Айнщайн, нещо, за което Бом, Файнман, Гелл-Манн, Ландау, Седов, Келдиш, Сахаров, Хокинг и всички космолози, не са се опитвали и да мечтаят в 1957 г. !!!

А когато фактите говорят - и Боговете мълчат!... И няма сила на Света, която да заличи фактите, даващи космически пионерни приоритети на проф. Н. С. Калицин в космическата ера!!!

References:

1. A n d o n o v, Z. D., 2005, Multidimensional Time, Multidimensional Man and Solution of N-Bodies Problem in Multidimensional 6D Space-Time. – Anniversary Scientific Session – National Defence Un-ty, Aero-Space Department – Proc. Vol. 2, p.341-359.
2. A n d o n o v, Z. D., 2007, Cosmology of Times and Multitemporal Theory of Relativity (Космология на времената и Мултитемпорална теория на относителността) - International Scientific Conference “SENS 2007”, Varna, Session 1: - Space Physics & Astrophysics, SRI-BAS, ISSN 1313-3888, p. 92-98.
3. A n d o n o v, Z. D., 2008: Space-Time Propulsion from Cosmology of Times to Time of Photon Interstellar Spacecrafts and Transcendent Time Machines. – Proc. of Congress “SPACE PROPULSION 2008”, Session 49 “Advance Propulsion 1”, Heraklion - Greece, 5-8 May 2008, File 42-199.PDF, p. 1-10.
4. B e r r y, M. V., K e a t i n g, J. P., 1999: $H=xp$ and the Riemann zeros, in Supersymmetry and Trace Formulae: Chaos and Disorder. - Plenum Press, Eds.: - I. V. Lerner, J. P. Keating & D. E. Khmelnitskii, p. 355-367.
5. B i g n a m i, G. F., 2008: PERSPECTIVES ASTRONOMY (MAGIC): Gamma Rays and Neutron Stars - Science (21 November 2008), 322 (5905), Figs. S1 to S11, p. 1221-1224.
6. B l e e k e r, J. A., J. G e l s s, M. H u b e r, 2002: The Century of Space Science. - Publisher: Springer; ISBN-10: 0792371968, 1868 pp.
7. B o n e f f, N., 1950: La théorie des marées, le mythe du Déluge et la duplicité d'Eros. - Annuaire de l'Université de Sofia Faculté des Sciences Livre 1. (Mathématiques et Physique), Vol. XLVI, 1949-1950, p. 189-209.
8. C o l e s, P., 2005, The state of the Universe. – In the 2005 – World Year of Physics Review Articles (pp. 215-258), NATURE, 20 January 2005, Vol. 433 / Issue No. 7023, p. 248-256.
9. C O S P A R, H. C. van de H u l s t (President), 1960: SPACE RESEARCH I – Proceedings of The First International Space Science Symposium - NICE, January 11-16, 1960, North-Holland Publishing Company - Amsterdam, 1195 pp.
10. C O S P A R, H u l s t, H. C. van de, C. de J a g e r, A. F. M o o r e, 1961: SPACE RESEARCH II - Proceedings of the Second International Space Science Symposium – COSPAR, April 10-14, 1961, 1241 pp.
11. D y s o n, F. J., 1991, Butterflies and Superstrings. - The World Treasury of Physics, Astronomy and Mathematics. Ed. Ferris, Timothy - New York, Little Brown & Company, 1991, p. 128-145.
12. E i n s t e i n, A., 1949, RELATIVITY - The Special and the General Theory. - METHUEN & Co. Ltd., London, 150 pp.
13. G a r c i a - B e l l i d o, J., 2004: Lectures on cosmology: ASTROPHYSICS and COSMOLOGY – CERN - JINR European school, (T), astro-ph/0502139, ESHEP 2004, CERN report, 186 pp.
14. G e l l - M a n n, M., 2008: List of 132 Publications – 1951 - 2004, <http://www.santafe.edu/~mgm/mgmpubs.html>.
15. H a w k i n g, S. W., E l l i s, G.F.R., 1973: The Large Scale Structure of Space-Time. - “Cambridge University”, 391 pp.
16. Х а р а л а м п и е в, Д.: Страници из историята на световната и българската авиация и Космонавтика - Книга втора: КОСМОНАВТИКА, Издателство «ПРОПЕЛЕР София, 2007, 352 с.
17. I l i e v, L., B. K u r t e v, E. S a v o v a 1972: Professeurs et Maitres de Recherches Sciences Naturelles et Sciences Appliquees 1869-1969, Sofia, Editions Del'academie Bulgare Des Sciences, Vol. III, (p. 279-283 - N. S. Kalitzin), 767 pp.
18. K a l i c i n, N. S., 1953: Über eine neue Kerntheorie. APhH, 3 (1), p. 45-53.
19. K a l i t z i n, N. S., 1958: Über eine einheitliche Feldtheorie. WZHUmnR-B., 7 (2), 207—215.
20. К а л и ц и н, Н. С., 1959: Върху една единна теория на полето. ИБАНФМТН сф, 7, 219—237.
21. K a l i t z i n, N. S., 1961: On the rotation and figure of celestial bodies. - SAO/NASA (Astrophysics Data System- ADS) - WILEY-VCH Verlag Berlin GmbH, Astronomische Nachrichten, Vol. 286, p. 157-167.
22. K a l i t z i n, N. S., 1961: Expanding galactic Systems and new application of Einstein's general theory of relativity. - Journal: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (& SAO/NASA-ADS) – London, MNRAS, V. 122 (1), p. 41—46.
23. K a l i t z i n, N. S., 1962: Cosmic Rays and Some Astrophysical Phenomena. – AIP/SAO/NASA/ADS, pp. 591-592 – Original: Astronomicheskyy Zhurnal, Vol. 39, No. 4, p. 760-761.
24. K a l i t z i n, N. S., 1963: Dynamik der Relativistischen Raketen und einiger astronomischer Objekte. – Amazon.de - ASIN: B0000BJY8F (Kalicin) - Verlag der Bulgar Akademie der Wissenschaften, 234 pp.
25. K a l i t z i n, N. St., 1963: Fragen der Heutigen Astronomie und Astronautik. – “Nauka & Izkustvo”, Sofia, 172 pp.
26. K a l i t z i n, N. St., 1966: Astronomical effects of General Theory of Relativity. - In “Collection of Articles on the Occasion of the Tenth Anniversary of A. Einstein Death...”, Publishing House of the BAS, 74 pp., p. 45-60.

1. K a l i t z i n, N. S., 1966: A multitemporal theory of relativity and its applications to quasars and to elementary particles. - ИФИ АНЕС, 15, 207—251; същото и в: Instab. gravit. et form, etoil. galax. et str. caracter. Liege, 1967, p. 81—123.
2. K a l i t z i n, N. S., 1968: On a new method of solving the equations of celestial mechanics. In: UN Conf. Expl. a Peaceful uses Out. Space, Vienna, 1968. Preprint, New York. A/conf. 34/111. A. 2, 11 p.
3. K a l i t z i n, N. S., 1975: Multitemporal theory of relativity. - Publishing House - Bulgarian Academy of Sciences, 123 pp., & [http://www.collectionscanada.ca/wbin/resanet/resultsm//Subject=Relativity+\(Physics\)](http://www.collectionscanada.ca/wbin/resanet/resultsm//Subject=Relativity+(Physics)), 123 pp.
4. К р ъ с т а н о в, Л., 1957: Третата МГГ (3 - IGY - Международна геофизична година). – Изд. “Нац. С-т на ОФ”, 32 с.
5. K u t i e v, I. 2008: Academician L. Krastanov and Space Research in Bulgaria. - Bulgarian Geophysical Journal, Anniversary edition - 100-Years of Acad. Lubomir Krystanov, BAS Print House, Vol. 34, p. 55-62.
6. L a c h l e z e – R e y, M. et al., 1999: Theoretical & Observatoy Cosmology: Proceedings - NATO Science Series –C: Mathematical & Physical Sciences– Vol.541, Kluwer Academic Pub., 396 pp.
7. M e l c h i o r, P., 1978: I.U.G.G. International Union of Geodesy and Geophysics. - 1978 Year Book - Chronicle № 126/127 - May1978, ISSN 0047-1259, I.U.G.G. Publications Office, Paris, 352 pp.
8. M i s h e v, D., 2004: Space Research in Bulgaria. – Sofia, “Marin Drinov” - Academic Publishing House, 248 pp.
9. N A S A, 2008: - Beyond the Atmosphere: Early Years of Space Science, <http://history.nasa.gov/SP-4211/ch5-1.htm>.
10. Р а л е в а, О., Р. П е й ч е в а, 1958: БАН след 9.IX.1944 -Справочна книга – Ред. А.И. Хаджиолов, Изд. БАН, 323 с.
11. S a g a n, C., 1980, Cosmos. - New York: Random House, 1980. – BG – „БАРД”, 2004, 347 с.
12. S e r a f i m o v, K., 1979: Space Research in Bulgaria. - Central Laboratory for Space Research. – Sofia, Publishing house of the Bulgarian Academy of Sciences, 448 pp.
13. S o m m e r f e l d, Arnold, 1929: Atombau und Spektrallinien - Wellenmechanischer Ergänzungsband, Vieweg, Braunschweig, 368 pp.; RU – Волновая механика (Строение атома и спектры, ч. II), ред. Д. Д. Иваненко, 1933, 368 с.

КОСМИЧЕСКИТЕ ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ ПРОЕКТИ. ПОДХОДИ ЗА ПЛАНИРАНЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ЧАСТ I.

Надя Маринова

Нов Български университет

Abstract: A general overview of space research projects in terms of methodology is performed, following the historical development of the matter. General conclusions and structural assessment are made according to (mainly) the US experience with some adds of the next time stages in other countries. The final result is to extract the useful elements for direct application in the practice of planning, implementation and management of the recent space research projects.

Въведение

Космическите изследвания са една твърде специфична област на човешкото познание и обществената практика. В резултат на състезанието между великите сили (и политически системи) за демонстриране на технологичен напредък и военно преимущество в ранните години на своето възникване, постепенно те се превръщат в основен източник на организационни, управленски, икономически, стратегически и най-вече технологичен приоритет на всички развити държави. Поради специфичното естество на своя обект на изследване – космическото пространство - тези иновации и свързаните с тях дейности са един основен стимул в развитието на науката и технологиите. Очевиден е техният принос, както за изследване на космическото пространство, така и може би по-важното приложение на космическите технологии в наземни условия и за практически цели. От една страна гигантските средства отделяни за различни космически програми и проекти, водят до бързо развитие на технологиите на всички нива. От друга (даже твърде често!) поради напредничавия характер на изследванията (advanced research), понякога изпълнението на тези програми се е превръщало в крах, особено в началните стадии от тяхното развитие. Това поставя с особена острота въпроса за ефективното управление на космическите проекти и програми, както на макро ниво, така и в по-детайлните елементи на тяхното изпълнение. Да са изследват подходите за планиране, контрол на качеството, управление и икономическа ефективност на космическите проекти и програми се превръща само по себе си във важен изследователски проблем. Това е основната цел на настоящата разработка – да проследи, развие, оцени, сравни и анализира различните подходи, методи и техники за изпълнение на космически проекти и програми от гледната точка на системно-структурния подход.

Подходи за планиране и реализация на космически проекти

Съществуват две методологии в подхода за планиране - метод на критичния път (critical path method /CPM/) и метод за контрол на разходите (cost specification / C/SPEC/): CPM е развит самостоятелно за решаване на проблеми в химическата индустрия, корабостроенето и енергетиката през петдесетте години. Насочен е главно към управление на времето чрез използване на мрежово планиране. Методологията CPM понякога се среща като CPA (critical path analysis - анализ на критичния път) или PERT (programme evaluation and review technique - техника на оценка и преглед на проекта). Често се прилага в планирането на космическите изследвания. C/SPEC (или cost/schedule control system criteria (C/SCSC) – се основава на критерия за контролиране на разходите). Той е бил разработен от военната индустрия на Съединените Щати (DOD, 1975). Тя се фокусира върху три обекта: управляване на обхвата, организацията и разходите. Управлението на обхвата се дефинира посредством йерархично структуриране на дейностите - *work packages structure* (WPS), а на организацията - чрез структурирането ѝ - *organization breakdown structure* (OBS). Една двуизмерна матрица, формирана чрез WPS и OBS, се нарича "схема за разпределение на отговорностите". Същата

матрица, съпоставена към йерархичното структуриране на разходите - *cost breakdown structure* (CBS), формира тримерна матрица, формирана чрез WBS X OBS X CBS, наречена “куб за контролиране на разходите” - *cost control cube*. В практиката на космическите и дистанционни изследвания се прилагат и двата подхода, както и различни хибриди между тях. В повечето случаи разпределението на задачите (WPS - *work packages structure*) се извършва по време на концептуалната фаза. WPS е документ, който структурира проекта на основни компоненти – оборудване (хардуер), софтуер, информация, помощни елементи. Тези компоненти се разпределят и се изготвя списък, идентифициращ всяка отделна дейност, която следва да се извърши за реализирането на проекта. WPS съдейства за дефинирането на дейностите, които следва да се извършат, и помага при планирането, финансирането, мониторинга и контрола. По този начин с напредването на проекта графикът и разходите могат да се съпоставят спрямо плана и бюджета. Таблица 1. показва примерно съкратено разпределение на задачи за ракетаносител на орбитална космическа лаборатория.

Таблица 1. Частично разпределение на заданията за космическа лаборатория

Индекс	Описание на заданието
1.0	Команден модул
2.0	Лабораторен модул
3.0	Главна двигателна система
3.1.	Система за подаване на гориво
3.1.1.	Монтиране на горивния резервоар
3.1.2.	Изолиране на горивния резервоар
4.0	Система за насочване
5.0	Жилищен модул
6.0	Тренировъчен модул
7.0	Система за поддръжка

Управлението на проектите, като модерна дисциплина по мениджмънт, е на около 50-60 години. Началото се свързва с Проекта “Атлас” в Съединените Щати, стартирал през 50-те години на XX век (Morris, 1993). През тези години е натрупан значителен опит и обем от знания, който е изградил ефективни инструменти и техники (Cleland, 1988),

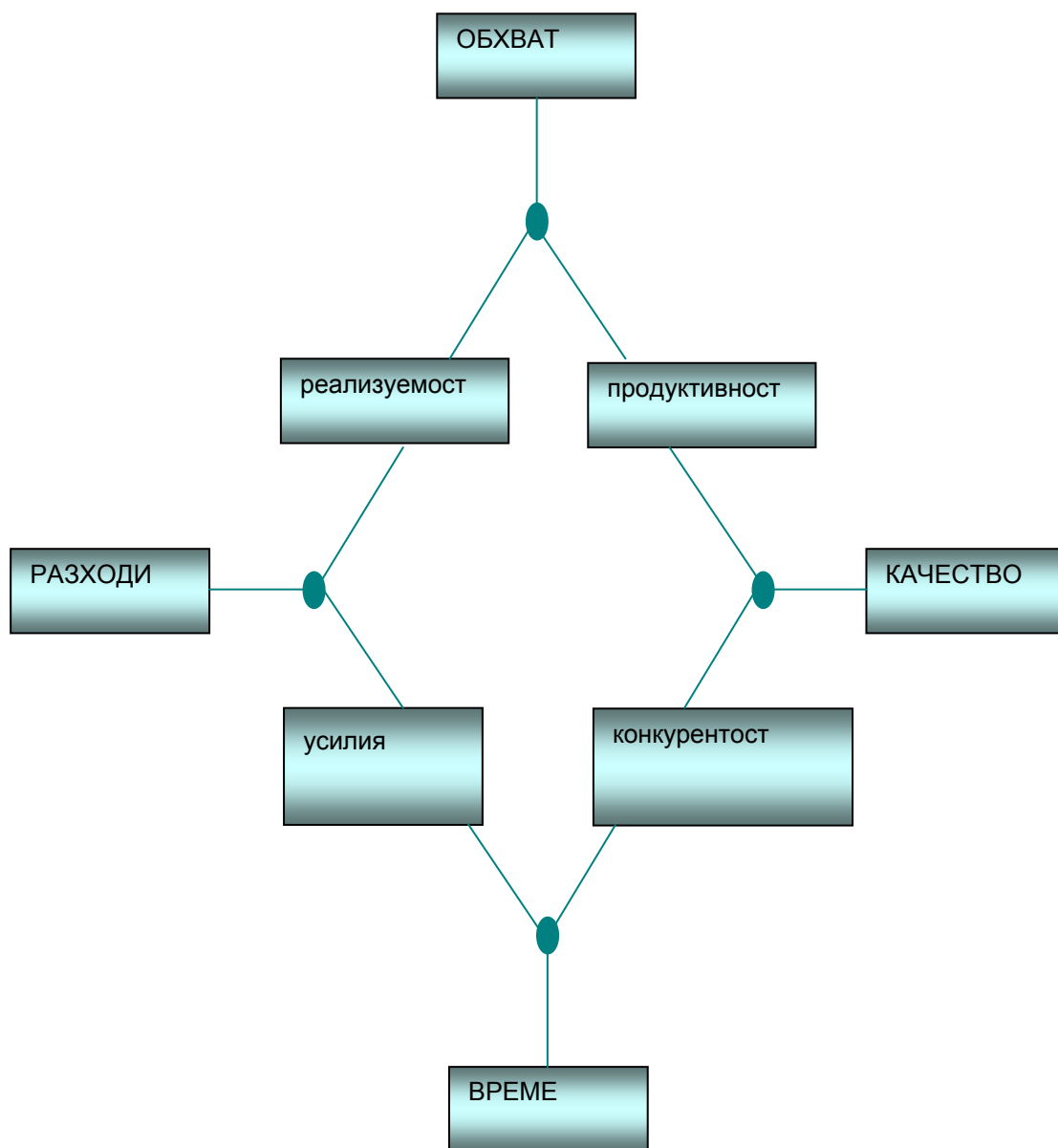
Алтернативен подход

Алтернативният подход определя изпълнението на проекта като процес, чрез който един проект се довежда до успешен край, т.е до достигането на основите цели. Има три дименсии на този процес: Цели на проекта; Управленски процеси за достигането на целите; Нива на приложение на управленските процеси.

Цели на Проекта

Достигането на основната цел на проекта изисква шест основни елемента на управлението на проекта, а не само на една или минимум три, както е според традиционния подход: Управление на обхвата; Управление на организацията; Управление на качеството; Управление на разходите; Управление на времето; Тъй като всяка една от целите съдържа риск, то би могло да се добави и управление на риска.

Северноамериканският Институт по Управление на Проектите представя една основна цел - **обхвата** на управлението, като обособена част (Wideman, 1987) (Фиг. 1.). Представената фигура създава впечатление, че качеството е отделено от разходите, а обхватът - от времето. Пирамидата, дадена на Фигура 1. обаче елиминира това впечатление и показва как организацията интегрира и основните цели. В зависимост от това, върху коя цел ще се постави ударението, съществуват различни варианти на балансиране, като може да бъде допуснат толеранс по отношение на всяка цел на пирамидата или да се извърши планиране чрез нея. По-добре да се направи компромис с времето и разходите, отколкото с качеството. Това е основно изискване при аерокосмическите проекти, където качеството е основен изискуем параметър. На Фигура 1. е показано също така, че две от целите – обхватът и организацията - са задължителни. Без **обхват** няма проект, а без **организация**, той не може да бъде осъществен. **За да има ефект, целта трябва да бъде постигната при определена цена, за точно време и при конкретна спецификация.**



Фиг. 1. Структура "Обхват – качество – разходи – време"

Управлението на проектите е процес, с който се дефинира и осъществява желаната промяна по изпълнението на задачите на проекта. Структурният подход към този процес е изведен на база на две основни тези. Първата от тях е, че проектът с основна цел, в който човешките, материалните и финансовите ресурси се организира по един съвсем нов (нестандартен) начин, за да се извърши един уникален обхват от дейности, по дадена спецификация в рамките на ограниченията, наложени от разходите и времето, така че да доведе до желаната промяна, дефинирана от качествените и количествените изисквания на проекта (Turner, 1992). Същественото е че този подход е валиден главно за чисто иновационни проекти, където се създава нещо уникално, ново и непознато в досегашната практика. Втората теза (т.н. йерархичен подход) е, че подходът, както и самият проект, има три фундаментални нива (Табл. 2.).

Понеже организацията е непривична и дейностите се извършват за ограничено време, управлението е съществен елемент в процеса на изпълнение на проекта. Поради факта, че работата е уникална, тя включва едно ниво на риск.

Табл. 2. Йерархичен подход при управлението на проектите

Ниво	Функция	Елементи
1	Предпоставки	Цел, контекст и принципи
2	Стратегия	Методи, изисквания, процеси, нива
3	Тактики	Техники

Понеже елиминирането на този риск, може да струва много повече, отколкото потенциалните щети, които той може да причини, то по-ефективно е той да бъде управляван, отколкото елиминиран. Управлението на проекта в подобни случаи може да се превърне в управление на риска.

Контекстът е абстрактно понятие, което включва средата. Това е цялата икономическа, човешка, социална среда и екосистемата, в която проектът съществува.

Контекстът има три основни елемента:

1. Проект и стратегия
2. Участващи страни в проекта:
 - Собственикът на проекта, представляван от инвеститора;
 - Изпълнител на проекта;
 - Поддържащи организации (субконтрактори);
 - Потребителите, работещи с текущите резултати от изпълнението на проекта;
 - Потребители на крайния резултат от проекта.

3. Стратегическо Управление на Проектите

Управлението на проекта в неговия контекст изисква приемането на единен стратегически управленчески подход, който включва няколко елемента:

Цялостна нагласа за управление на проекти за всички нива от организационните структури на изследванията; Управление, насочено към проектните цели; Подход за управлението на проекта; Управлението на контекста на проекта; Ресурси, които обезпечават извършването на проекта – финансови, човешки, интелектуални и др. (Turner, 1992).

Заключение

В първия етап на това изследване е направен ретроспективен преглед на зараждането и усъвършенстването на методологията на планиране и реализация на космическите проекти. Обобщен е основно американския опит, като такъв на най-напредналата страна в областта на космическите изследвания. Показано е, че използването на една или друга алтернатива на планиране и/или реализация на всеки конкретен проект, има общи фази. Различията са само в практиката на използване на един или друг подход, който може да бъде коригиран в процеса на изпълнение на проекта. Поради силно иновативния характер на тези проекти и непрекъснатите предизвикателства на разработване и внедряване на нови, непознати технологии, често се случва "коригиращите дейности" да се прилагат в процеса на изпълнение (или дори след приключването на проекта).

Литература:

1. Turner, J. R. The handbook of project-based management. McGraw-Hill Book Company, 1992.
2. Wideman, R. M., The framework, in The Revised Project Management Body of Knowledge, Project Management Institute, 1987.
3. Cleland, D. I., Project management: Strategic Design and Implementation, TAB Books, Blue Ridge Summit, PA, 1990.
4. Morris, P. W. G., The Management of Projects: Lessons from the last fifty years, Thomas Telford (1993).

КОСМИЧЕСКИТЕ ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ ПРОЕКТИ. УПРАВЛЕНИЕ, АНАЛИЗ И ОЦЕНКА НА ЕФЕКТИВНОСТТА ЧАСТ II

Надя Маринова

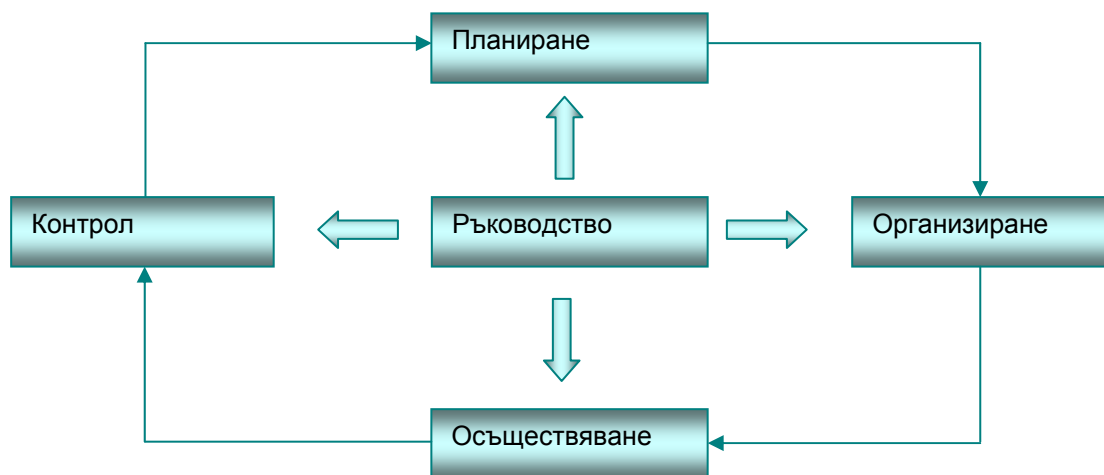
Нов Български университет

Abstract: The second part of this investigation is focused rather to the management, analysis and efficiency assessment of space research projects. The specific targeted space projects are related to the investigations, discovery and implementation of the new, innovative products which, as shown in practice, could be introduced in everyday life and bring more profit than direct research and new space discoveries.

Принципи на управление

Класически подход

В исторически план, този подход е предложен от Хенри Файол (Fayol, 1949) и е насочен към интеграцията на нестандартна организация. Тя има пет основни функции на управление – четири директни и една интегративна (обобщаваща) (фиг. 3.):



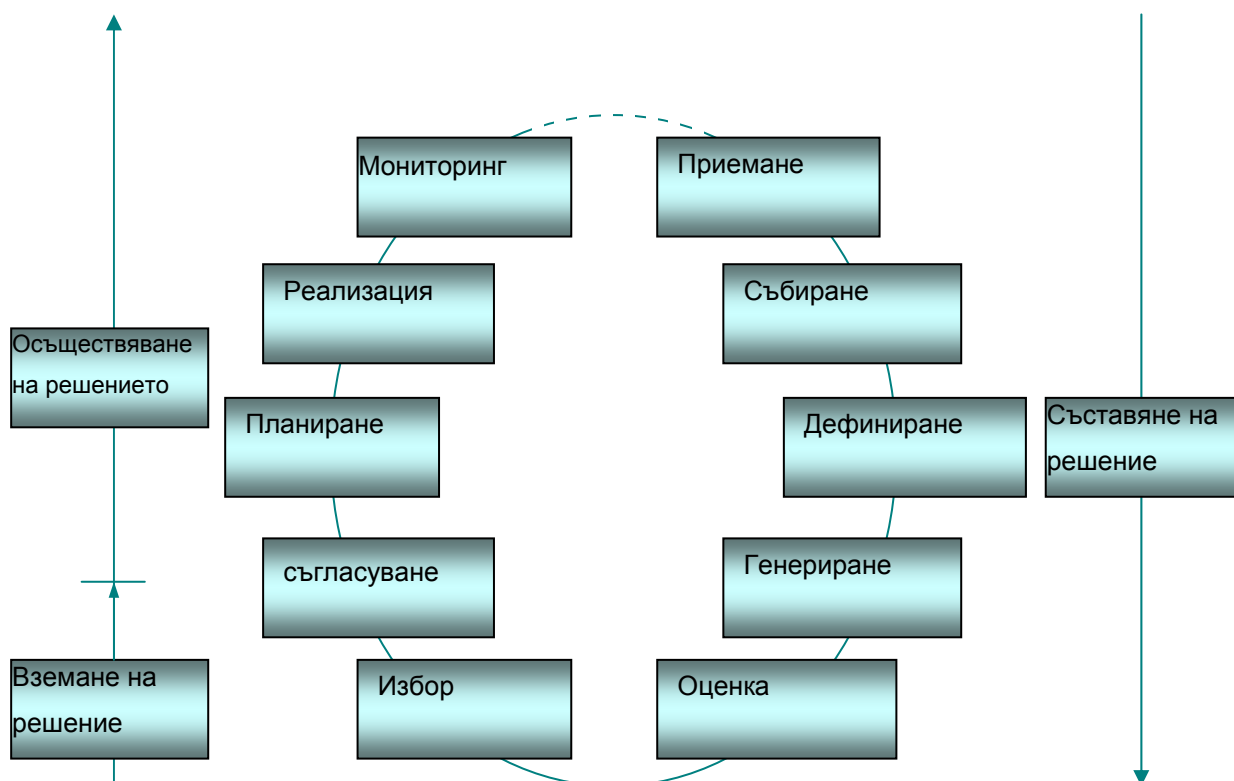
Фиг. 3. Петте функции на управлението

Планиране на дейностите, които трябва да бъдат извършени;
Организиране на ресурсите за тяхното осъществяване;
Изпълнение посредством възлагане работата на изпълнителските екипи;
Контролиране на изпълнението при постигането на плана или повторно планиране;
Управление на изпълнителските екипи

Подход за решаване на проблема (прп)

Този подход разглежда целта на проекта като един проблем и прилага структурни методи за решаването на този проблем при неговото управление. Фигура 4. илюстрира цикъл от десет стъпки, а таблицата илюстрира процесите на управление, които произтичат от това.

Тези десет стъпки могат да се разделят на три главни етапа: съставяне на решението (стъпки 1 до 5), вземане на решение (стъпка 6) и изпълнение (стъпки 7 до 10).



Фиг. 4. Цикъл от десет стъпки за решаване на проблема

Всяка от тези десет стъпки има еквивалентно значение (т.е. не бива да се фаворизират едни и пренебрегват други), като целта е постигане на решението с пълен контрол на процесите които водят до това.

Систематизацията на процесите на управление е направена на основата на структурния анализ и представена в Таблица 3.

Таблица 3. Управление на процесите, произтичащи от цикъла на решаване на проблемите (Turner, 1992)

Стъпка	Процес на управление
Възприемане на проблема	Определя се възможността за получаване на полезна информация и резултати.
Събиране на данни	Събира се информация, за това.
Дефиниране на проблема	Определят се разходите за осъществяване на тази възможност и потенциалните ползи от нея.
Генериране на решения	Идентифицират се няколко пътя за получаване на тази възможност и достигането на желаните резултати.
Оценка на решението	Определят се, колко ще струва осъществяването на решенията. (Cost analysis)
Избор на решение	Избира се решението, което дава най-добър резултат за планираните разходи.
Комуникация	Уведомяват се всички участващи страни за избраното решение.
Планиране на осъществяването	Завършва се детайлната разработка на решението, според планираните разходи.
Осъществяване	Възлагат се задачите на изпълнителите и контрола по изпълнението.
Наблюдение (мониторинг и корекции)	Наблюдава се изпълнението, получените резултатите и корективните дейности, ако такива се прилагат.

Основни нива на космическите проекти

Има три фундаментални нива на подхода, които свързват целите с управленските процеси:

- интегриращо (ниво I);
- стратегическо (ниво II) ;
- тактическо, детайлно (ниво III).

Интегриращо ниво

На това ниво целта е определена в зависимост от резултат, който трябва да бъде постигнат. Дефинирани са обхватът и необходимите ресурси, както и базовите параметри или ограничения по отношение на времето, разходите и качеството на резултатите. Установени са всички рискове и предположения. *Отчетът на Дефинициите на Проекта* е инструментът, който се използва, за да се запише тази информация (непосредствен резултат). Това ниво определя какъв е крайният продукт от проекта, неговите спецификации и ограниченията от гледна точка на разходи и време.

Стратегическо ниво

Дефинират се междинните цели или необходимите контролни точки за постигането на целите. Всяка контролна точка е краен резултат – следствие от изпълнението на работния пакет. Дефинирана е отговорността на организационните единици, ролите и функциите в рамките на работните пакети. Структурата на работните пакети се построява, разработва се бюджета. На това ниво мениджърът има за цел да създаде един стабилен план, който е концептуална рамка за стратегията на управление и позволява да се инициират промени на трето ниво. Определят се отговорностите на организационните единици. Планът, контролните точки и матрицата за разпределение на роли и отговорности са инструментите, които се използват за тази цел.

Тактическо ниво

Включва конкретни инструменти и техники, които са необходими, за да се постигнат всички елементи от стратегическия план. На това ниво се правят промени в зависимост от рамката, предоставена от стратегическо ниво. Разработва се детайлно проектиране на средството (непосредствения резултат).

Основни инструменти и техники

За да се осъществят методите, се избират инструменти и техники от Project Management Body of Knowledge (Ядро от знания по Управление на Проекти) (Andersen, 1987; Cleland, 1988; PMI, 1987). Някои от принципните инструменти и техники са представени на фиг. 1.9. и 1.14. и Табл. 1.5.)

За обхвата на управлението: Йерархично структуриране на работата или на проекта (WBS). Чрез WBS практически се създава цялостен модел на проекта, основа на планирането. Други инструменти включват управление на конфигурацията, управление на промяната на контрола или информацията.

За организацията: Йерархично структуриране на организацията и линейни графики на отговорността. Други инструменти включват управление на материалите, текущи регистри и аспекти на финансовото и законовото управление и ръководенето на проекта.

За управление на качеството: Обезпечаване на качеството, качествен контрол и контрол на промяната. Има такива и за тоталното качество, методите на Taguchi и just-in-time.

За управление на разходите: Йерархично структуриране на разходите и контролен куб на качеството. Другите техники включват параметрични, стъпкови и експоненциални методи за изчисляване на разходите.

За управление на времето: Метод на критичния път (математически инструменти за планиране на времето) и графики на Гант (линеен график за изпълнение на проектните дейности).

Работни списъци за свързващия план на организацията и за събиране на данни за хода на развитието са обединени.

Анализ на ефективността

Анализът на ефективността се прилага най-често след приключване на проекта и извършена оценка на получаваните резултати.

Най-често се прилага схемата анализ на разход/печалба. Космическите проекти се характеризират със значителни разходи поради иновативния си характер. Много често явление

е удължаването на сроковете и необходимостта от влягане на нови средства. И тук – основен е подхода за обосноваване на допълнителните разходи. Често започването на един проект не може да бъде прекратено (дори да се вижда ясно, че проектът е губещ) поради факта, че вече са направени значителни инвестиции. Така се стига до порочен кръг (разходи-загуби-по-големи разходи-по-големи загуби) при който трудно се намира изход. Има примери за редуцирани космически проекти и програми поради прекомерното нарастване на разходите. Например инициативата “звездни войни” доведе до рухване на съветската космическа програма, икономически проблеми в Съветския съюз и от там – до рухване на социализма като социална система. Разбира се, това е само един от факторите, но с немалко значение.

Много по-важен е анализът на вторичните печалби донесени от различни космически проекти и програми:

Миниатюризацията, биониката, космическите комуникации, геостационарните орбити (а оттам и метеорологичните прогнози), високоефективните софтуери, дигитализацията (а оттам и космическите наблюдения с висока разделителна способност, GPS и лазерните измервания (а оттам и навигацията), радарните и инфрачервени изображения (често използвани в борбата с природните бедствия) усъвършенстването на радио и телевизионните връзка (а от там и мобилните комуникации) – изреждането може да продължи още много – всичко това са плодове от развитието на космическите техники и технологии, които навлизат все повече в ежедневието. Оценката на икономическата ефективност от тези иновации е практически невъзможна, но и от пръв поглед се вижда, че печалбите от тези вторични приложения на иновативните изследвания и технологии, вероятно многократно превишават разходите по космическите програми и проекти и директните ползи от самите космически изследвания.

Заклучение

Общият преглед на технологията на планиране, изпълнение, управление и анализ на космическите изследвания и технологии показва, че това е една високоефективна, самообучаваща се и самоусъвършенстваща се система, която има своята висока ефективност не само в Космоса, но и ежедневието на населението на планетата Земя. Ефективното използване на опита от космическите проекти и програми е един силен инструмент за високоефективни технологии, правилно управление на рискови иновативни проекти и в крайна сметка фактор за положителното развитие на човечеството в много аспекти от неговото съществуване.

Литература:

1. F a y o l. H.. General and Industrial Management. Pitman. 1949.
2. A n d e r s e n E. S., K. V. G r u d e, H a u g, T., J. R. T u r n e r, Goal Directed Project Management, Kogan Page, 1987.
3. A n d e r s o n C. C., M. M. K. F l e m i n g, „Management Control in an Engineering Matrix Organization: A Project Engineer's Perspective“, Industrial Management, Vol. 32, No. 2, 1990.
4. C l e l a n d D. I., W. R. K i n g, Systems Analysis and Project Management. McGraw-Hill, 1983.
5. C l e l a n d D. I., W. R. K i n g. (eds). The Project Management Handbook. Van Nostrand Reinhold, 1988.
6. PMI, The Revised Project Management Body of Knowledge. Project Management Institute, 1987



ПРОГРАМА ФАР 2005 - Проект BG 2005/017-353.10.06

**Създаване на центрове за технологичен трансфер в българските висши училища
и държавни научни-изследователски организации - Грантова схема Номер на
публикацията: BG 2005/ESC/G/TTO**

PHARE 2005 Programme – Project BG 2005/017-353.10.06

**Establishment of Technology Transfer Offices at Bulgarian Public Research
Organisations Grant Scheme**

Reference Number: BG 2005/ESC/G/TTO

**The project is implemented with the financial support of the European Union and the
Republic of Bulgaria**

**Проектът се изпълнява с финансовата подкрепа на Европейския съюз и
Република България**