

## МОНИТОРИНГ НА ЗЕМНАТА ПОВЪРХНОСТ ПО ПРОГРАМАТА „КОПЕРНИК” ПРЕЗ 2017-2018 Г. ЗА БЪЛГАРИЯ - ОСНОВНИ РЕЗУЛТАТИ

Венцеслав Димитров<sup>1</sup>, Юлин Тепелиев<sup>2</sup>, Радка Колева<sup>2</sup>, Юлия Крумова<sup>3</sup>,  
Надежда Илиева<sup>3</sup>, Тодор Любенов<sup>3</sup>, Борислава Борисова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

<sup>2</sup>Лесотехнически университет – София

<sup>3</sup>Национален Институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките

<sup>4</sup>Министерство на земеделието, храните и горите

e-mail: vdimitro@stil.bas.bg

**Ключови думи:** Земно покритие, верификация, спътникови изображения, тематична точност

**Резюме:** Докладът е посветен на работните процедури и резултатите от участието на България в дейностите по подкрепа на верификацията и създаването на продукти за земното покритие в рамките на услугата за мониторинг на земната повърхност по програмата „Коперник” през периода 2017–2018 г. Извършена е верификация на локалните компоненти и слоевете с висока разделителна способност чрез сравняване с референтни данни. Чрез визуално дешифриране и ГИС-моделиране са създадени базите данни за КОРИНЕ земно покритие 2018 г. - ревизирана CLC2012, промени CLC2012–2018 и CLC2018. Като цяло тематичните точности при локалните компоненти отговарят на изискванията, при слоевете с висока разделителна способност са регистрирани както добри, така и приемливи и недостатъчни точности. Най-големи промени по площ при CLC2018 са загуба на иглолистни и широколистни гори и пасища в орна земя.

## LAND MONITORING UNDER THE "COPERNICUS" PROGRAMME IN 2017-2018 FOR BULGARIA- MAIN RESULTS

Ventzeslav Dimitrov<sup>1</sup>, Youlin Tepeliev<sup>2</sup>, Radka Koleva<sup>2</sup>, Yulia Kroumova<sup>3</sup>, Nadezhda Ilieva<sup>3</sup>,  
Todor Lubenov<sup>3</sup>, Borislava Borisova

<sup>1</sup>Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

<sup>2</sup>University of Forestry

<sup>3</sup>National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – BAS,

<sup>4</sup>Ministry of Food and Forest

e-mail: vdimitro@stil.bas.bg

**Keywords:** Land cover, verification, satellite images, thematic accuracy

**Abstract:** The report is dedicated to the working procedures and results of Bulgaria's participation in the activities to support the verification and creation of land cover products within the Copernicus Land Monitoring Service during the period 2017–2018. Completed is verification of local components and high-resolution layers by comparison with reference data. Through visual interpretation and GIS modelling, the databases for CORINE land cover 2018 were created: revised CLC2012, changes CLC2012–2018 and CLC2018. In general, the thematic accuracies of the local components meet the requirements, and acceptable and insufficient accuracy are registered for the high resolution layers. The largest changes in area under CLC2018 are the loss of coniferous and deciduous forests and pastures in arable land.

### Въведение

Изображенията от спътниците за наблюдение на Земята, в днешно време са широко използван източник на информация за производството на карти за земно покритие/земеползване (land cover/land use - LCLU)). Оценката на точността е задължителна част от работата по

извличане на информация за LCLU от данни в дистанционните изследвания, която оценка е вътрешно свързана с по-нататъшното ѝ използване [1, 2].

Първоначалното картографиране на Европа по програмата "КОРИНЕ земно покритие" (CORINE Land Cover (CLC)) бе извършено в периода 1986–1995 г. в рамките на проекта CLC 1990. Оттогава насам, базата данни на CLC се поддържа и актуализира редовно като част от ангажиментите на Европейската агенция по околна среда (ЕАОС): CLC2000 [3], CLC2006 [4], CLC2012 [5], and CLC2018 [6]. Задълбочен анализ на четири от гореспоменатите фази на CLC в Европа за периода 1990–2012 г. относно методологията, данните, казусите и перспективите на CLC може да бъде намерен във (Feganec et al. 2016). България участва в проекта CLC от началото на 90-те години, така че това е петото участие на страната ни в последователните проекти на CLC в рамките на дейностите на ЕАОС за наблюдение на Земята [7]. Понастоящем, свързаните със CLC дейности са част от програмата Коперник - водещата програма на Европейския съюз за наблюдение и мониторинг на Земята [8].

В рамките на услугата за мониторинг на земната повърхност на програмата Коперник (CLMS) на Европейския съюз и под ръководството на ЕАОС, досега бяха произведени няколко групи за LCLU продукти, отнасящи се към паневропейските и локалните компоненти [9].

Локалният компонент предоставя подробна информация за LCLU за конкретни области на интерес, така наречените „горещи точки“, с референтна година 2012. Проучването на тези територии, чувствителни към неблагоприятни природни и антропогенни въздействия, е разделено на три основни проучвани области и се реализира в три продукта: Атлас урбанизирани територии 2012 (Urban Atlas), Натура 2000 - тревни зони 2012 и крайречни зони (Riparian Zones). Получени са чрез автоматизирана класификация и последващо ръчно редактиране, от изображения с много висока пространствена разделителна способност (VHR) (2,5 x 2,5 m). Отличават се с висока пространствена и тематична детайлност. Минималната картографируема единица е в границите 0.25–1 ha, а номенклатурите на класовете включват няколко десетки тематични класа. Документацията за всеки от трите продукта е достъпна в техническата библиотека на CLMS (<https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library>).

Слоеве с висока разделителна способност (CBP) от 2015 г. (High Resolution Layers, HRL2015), растерни продукти с пиксел 20x20 m, са получени чрез автоматизирана класификация от спътникови изображения, включително разновременни оптични и радарни. Точностните характеристики на слоевете с висока разделителна способност от 2012 са били оценявани в страната, като се използвани качествени [10] и количествени [11] подходи.

Отделните държави-членки на ЕАОС са поели задължението да изпълнят серия от дейности по производство, верификация и обогатяване на продукти на земното покритие през периода 2017-2018 г. Освен работата по актуализацията на CLC са включени още верификация на локалните компоненти за референтната година за 2012 г. и обогатяване на Urban Atlas; верификация на произведените слоеве с висока резолюция за референтната 2015 година [12]. В нашата страна гореспоменатите дейности са изпълнени от Института за космически и изследвания и технологии към БАН по договор с Изпълнителната агенция по околна среда (ЕАОС).

Целта на този доклад е да представи основните резултати от установените промени в земното покритие на България по технологията на CLC за периода 2012 - 2018 г., както и резултатите за тематичната точност и други характеристики при верификацията на локалните компоненти от 2012 г. и HRL2015.

## **Методи и данни**

### *Методология за верификацията на локалните компоненти*

Задачата за верификацията на продуктите от Локалния компонент за България включва верификацията на пет продукта за референтна година 2012 г., представляващи векторни геопространствени данни от тип полигон: Атлас урбанизирани територии (UA), Крайречни зони (RZ), Натура 2000(N2K),Слой улични дървета (STL) към атласа урбанизирани територии, слой Зелени линейни елементи (GLE) в крайречните зони. Първите три продукта са основни и съдържат данни за земното покритие/земеползване (LCLU), а STL и GLE са специфични слоеве,

Използваната методология включва четири стъпки: подготовка на данните, стратифицирана случайна извадка по LCLU полигонали, визуална проверка на избраните проби, изготвяне на коментари и оценка на резултатите.

За получаването на информация за качеството на базите данни е приложен комбиниран подход по два метода - чрез количествено оценяване и чрез визуално възприемане/усещане (т. нар. Look-and-feel метод, т.е., гледай и чувствай). Основната част от дейностите са реализирани с помощта на веб-базирания инструмент LACO-Wiki (<https://laco-wiki.net>). За трите LCLU продукта (UA, RS и N2K) бяха изпълнени проверки чрез стратифицирани случайни извадки от полигонали.

Тематичните класове бяха използвани за стратификацията, което е един от общоприетите подходи [12].

#### *Данни при верификацията на локалните компоненти*

Данните за верификация на локалните компоненти съставят две групи - самите продукти (векторни слоеве) и референтни данни.

Множествата от референтни данни се състоят от две основни части: данни, осигурявани централизирано и in-situ (местни, локални). Централизирано осигурените данни са:

- Изображения от Bing maps;
- Мозайка от спътникови изображения с много висока разделителна способност GeoLand/VeryHighResolution 2012;
- Изображения от GoogleEarth;
- OpenStreetMap;
- Изображения World Imagery на ArcGIS online.

В процеса на верификацията бяха включени няколко множества от in-situ данни:

- Цифрова ортофотокарта (ЦОФК) от 2011–2012 г., цветна - RGB, с пространствена разделителна способност 0.4 m;
- Физически блокове за България по СИЗП от 2010–2011 г. векторни данни (полигони);
- Векторна геопространствена база данни за горите от лесоустройствените проекти;
- Сканирани топографски карти М 1:50 000.

*In-situ* данните се ползваха в рамките на настолни ГИС работни места. Данните за покритието на страната с въздушно ортофото и топографски карти бяха осигурявани чрез услуги WMS.

#### *Методология за обновяване на база данни КОРИНЕ земно покритие за референтната 2018 година*

Методологията за фотоинтерпретация на сателитните изображения по работни единици практически не се различава от използваната в предишните проекти CLC. Тя е единна и хармонизирана за всички 39 страни, които участват. Пълното ѝ описание е дадено в документа на ЕЕА "CLC2018 Technical Guidelines final" [13]. Методологията се базира на използването на многоканални сателитни изображения от два периода: - 2012 г. (от спътниците IRS-P6, AWiFS, RapEye SPOT5) и 2018 г. (Sentinel 2, две покрития), с толеранс  $\pm 1$  година. Използван е също и широк набор от допълнителни цифрови бази данни.

#### *Допълнителни данни използвани за CLC*

- ЦОФК – цифрови цветни ортофотокарти от 2011 до 2017 г. , пиксел 40 cm ;
- LUCAS 2012 (Land Use and Coverage Area frame Survey на EUROSTAT);
- Google Earth със Street View и Google Maps
- Топографски карти М 1:25 000 от 2006 г.;
- Топографски карти М 1:50 000 от 2000 г.;
- Физически блокове за периода 2011–2017 г.

#### *Принципи за верификацията на HRL2015*

Целта на верификацията е да идентифицира системни грешки в класификацията, които могат да бъдат подобрили в бъдещи актуализации на продуктите. Това става чрез прилагане на визуална проверка на стратифицирани проби от горните пет слоя, като се използват надеждни референтни данни. HRL се проверяват за два типа грешки - пропуск (omission) и неправилна класификация (commission).

Верификацията е извършена с прилагането на процедура за проверка, състояща се от три части:

- Общ преглед на качеството на петте HRL продукта за идентифициране на области на големи разминавания, където възникват системни грешки по време на автоматизираната класификация;
- Визуална проверка на зони с очаквани грешки чрез верификация по метода Look-and-feel (гледай и чувствай) и преглед на критични страти. Тя се извършва чрез неслучайна извадка по дадени страти. За правилното вземане на решения в този случай от критично значение са способността и опита на интерпретатора и използването на подходящи спомагателни данни с пространствена резолюция, по-добра от тази на продукта HRL;
- Прилагане на допълваща, статистически базирана верификация чрез случайна извадка за оценка на грешки пропуск и неправилна класификация.

Първите две части са задължителни и са изпълнени от нашия екип. Верификацията е извършена при пълна пространствена разделителна способност 20m x 20m.

#### *Входни продукти и in-situ данни за верификацията на HRL2015*

Съгласно договора с ИАОС следните пет HRL продукта (обозначени с абревиатура на латиница) от четири теми бяха включени във верификацията:

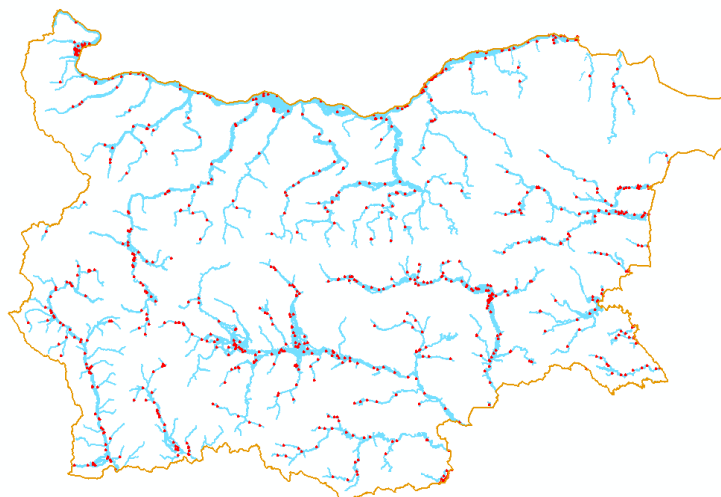
- Непроницаемост (Imperviousness Degree - IMD);
- Гори (Forest);
  - Склопеност (Tree cover density - TCD)
  - Преобладаващ дървесен тип (широколистни или иглолистни) (Dominant Leaf Type - DLT);
- Тревни зони (Grassland - GRA)
- Води и влажни територии (Water and Wetness - WAW)

Данните *in-situ* за верификацията на HRL2015 са подобни на онези, използвани при локалните компоненти.

### **Резултати**

#### *Локални компоненти*

Слоят „Крайречни зони“ (RZ) обхваща 815 494 ha и покрива 13.6 % от територията на България (Фиг.1). При 74 валидни LCLU класа, представени в България, са изследвани 790 случайно избрани проби. Броят на пробите за отделен клас варира в рамките на 12–13 случайно разпределени проби. За някои класове броят им е по-малък, поради по-малкия брой полигони. От извадката 585 полигона са правилно класифицирани, а 205 са класифицирани с грешен код. Това съответства на обща претеглена точност 83.5 % (с CI  $\pm$  0.035).

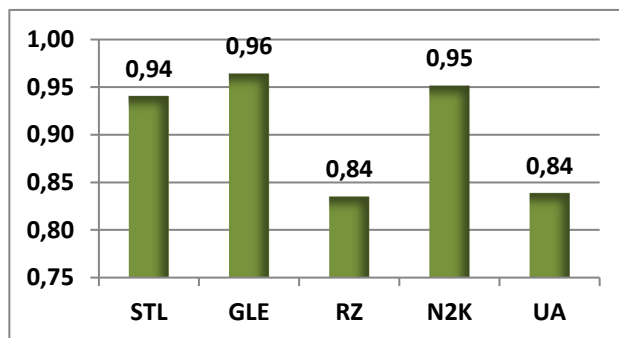


Фиг. 1. Слои „Крайречни зони“ (светлосиньо) с местата за пробите (червени точки)

В процеса на верификацията на локалния компонент Natura 2000 са изследвани 500 случайно избрани проби. Броят на валидните класове, които се появяват в България, е 47. Броят на пробите за по класове варира в диапазона 12–13. За класовете с по-малък от 12 брой полигони, броят на пробите, съответно, е по-малък. Общо 467 случайни полигона са правилно класифицирани, а 33 са класифицирани с грешен код. Това съответства на обща претеглена точност 95.2 % (при CI  $\pm$  0.034). Следователно, точността на продукта е много по-висока от целевата стойност от 85 %.

Резултатите от проверката на UA 2012 са за територията на шестнадесет Функционални градски зони (FUA) по 26 LCLU класа на, налични за България. Общата площ на верифицираните FUA е 2 719 508 ha, което е 24.5 % от територията на страната. Тематичната точност на този продукт, включващ 206 044 полигона, бе тествана чрез стратифицирана случайна извадка от 329 пробни полигона. По време на верификацията бяха проверени минимум от 12 до 17 проби за градски класове. Коректен код на класа показаха 279 пробни полигона, което дава обща претеглена точност от 83.89 % с доверителен интервал (CI)  $\pm$  0.089. Качеството на очертаване на обектите в UA е високо, с 89.7 % правилно очертани полигона. Точността на детайлността на очертаването е 98.2 %, а позиционната точност е 97.3 %.

Подходът за верификация, основан на подобреното правдоподобие при интерпретацията, води до общи точности за три от продуктите, N2K, STL и GLE, по-високи от изискваната от 85 % (Фиг. 2). Другите два продукта, UA и RZ с общи точности от 84 % са много близко до тази целева точност.



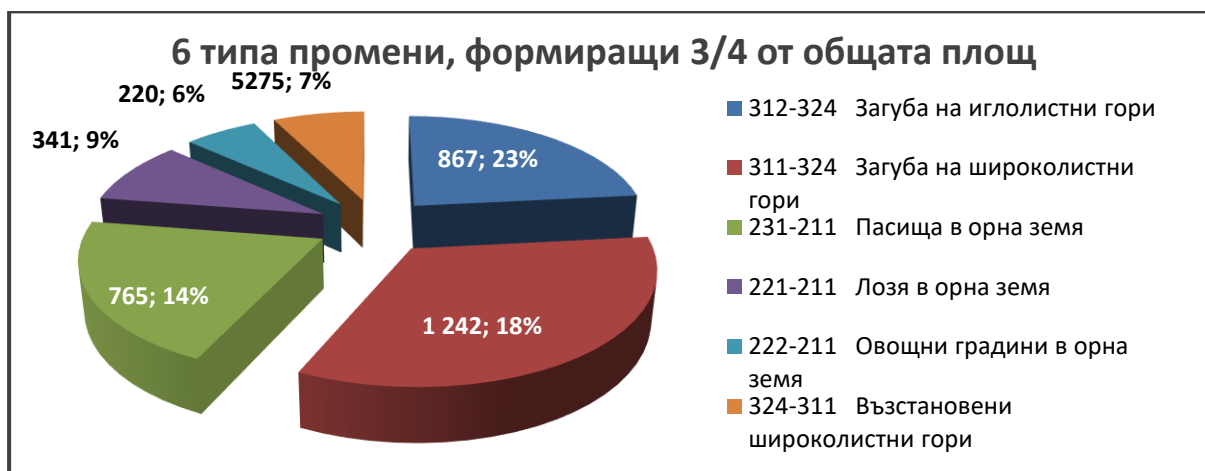
Фиг. 2. Общи точности на продуктите от локалния компонент за България

#### КОРИНЕ земно покритие 2018

Крайните продукти по тази задача се формират от ГИС експертите в екипа. Прави се автоматизирано обединяване на всички базови работни единици за получаването на единни база данни (БД) CLC2012revized (ревизирана CLC2012), CLC Change 2012–2018 (база данни на промените) и CLC2018.

За периода 2012–2018 г. са открити и картографираны 4 751 броя полигони промени с обща площ 100 235 ha. Като брой и площ това е повече от два пъти в сравнение с предишните три периода.

Преобладават шест типа промени, които формират над 3/4 от площта на всички промени показани (фиг. 3).



Фиг. 3. Видовете промени с най-голям брой и процент от общата площ

Площта на възстановените широколистни гори (промяна 324–311) е 4 865 ha, което е почти 4 пъти по-малко от загубените (18 389 ha).

#### Слоеве с висока разделителна способност - резултати и оценки

При три от слоевете се показват стабилно-добри резултати – Непроницаемост, Склопеност и Преобладаващ дървесен тип. Технологиата показва несъвършенства при два от СВР - Тревни площи и Води и влажни територии. От страна на екипа са покрити изискванията по методиката за верификация. В таблица 1 са показани в обобщен вид резултатите от верификацията.

Таблица 1. Количествени параметри и резултати от оценяването на СВП

СВП	Брой страти	Брой проби	Оценки
Непроницаемост	10	139	Добра
Склопеност	13	138	Добра
Преобладаващ дървесен тип	13	115	Добра
Тревни площи	9	101	Приемлива
Води и влажни територии	8	437	Недостатъчна

### Заклучение

Включването в процеса на проверката на продуктите на Локалния компонент на подходящи и разнообразни източници на референтни данни допринася за постигането на целите на участието на страната в проекта.

Уместните стратификации и проектирането на извадките, изпълнени в съответствие с целта и ресурсите на този проект, допринасят за получаването на достоверни резултати за тематичната точност, които допълват валидирането на продуктите в цяла Европа.

Подходът за верификация, основан на подобреното правдоподобие при интерпретацията, води до общи точности за три от продуктите, N2K, STL и GLE, по-високи от изискваната от 85 %. Другите два продукта, UA и RZ с общи точности от 84 % са много близки до тази целева точност.

Слоеве с висока разделителна способност осигуряват ценен и специален поглед върху няколко важни характеристики на земното покритие. Цялостните резултати от задачата за верификация на HRL показват добра обща способност за автоматизиран анализ на разновременни спътникови изображения за извличане на някои видове земни покрития.

При три от слоевете се показват стабилно-добри резултати – Непроницаемост, Склопеност и Преобладаващ дървесен тип

Технологията показва все още несъвършенства при два от СВП - слой Тревни зони и слой Води и влажни територии.

### Благодарности

Бихме искали да благодарим на Европейската агенция по околна среда и Изпълнителната агенция по околна среда за финансирането и комуникирането по проекта! Специални благодарности на д-р Антон Стоименов за неговото ръководство, принос и подкрепа за реализирането на това изследване!

### Литература:

1. Foody, G. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment* (80): 185–201.
2. Caetano, M., F. Mata, S. Freire. 2005. Accuracy assessment of the Portuguese CORINE Land Cover map. In: 25th EARSeL Symposium on Global Developments in Environmental Earth Observation from Space, ed. A. Marçal, 459–467, Rotterdam, Millpress.
3. Bossard, M., J. Feranec, J. Otahel 2000. CORINE land cover technical guide – Addendum 2000. EEA. Copenhagen. 105 p. Available at: [http://image2000.jrc.ec.europa.eu/reports/corine\\_tech\\_guide\\_add.pdf](http://image2000.jrc.ec.europa.eu/reports/corine_tech_guide_add.pdf)
4. Technical Guidelines. EEA Technical report No 17. Available at: [http://www.eea.europa.eu/publications/technical\\_report\\_2007\\_17](http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_17)
5. BÜTTNER, G., T. SOUKUP, B. KOSZTRA. 2014. CLC2012 Addendum to the CLC2006 Technical Guidelines (ETC / SIA report). 35 p.
6. Kosztra, B., Büttner G., Hazeu G., Arnold S. 2017. Updated CLC illustrated nomenclature guidelines. Wien. 124 p.
7. STOIMENOV, A, R. KOLEVA, V. DIMITROV, Y. TEPELIEV, T. LUBENOV, J. KROUMOVA, 2014. Satellite mapping of Bulgarian land cover – CORINE 2012 project. *Forestry Ideas* 20(2): 189–196.
8. Copernicus. Europe's eyes on Earth, <https://www.copernicus.eu/en>
9. CLMS 2019. Copernicus Land Monitoring Service. (<http://land.copernicus.eu/> (посетен на 2019-11-01).
10. DIMITROV, V., T. LUBENOV, 2014. Verification and enhancement high resolution layers 2012 for Bulgaria. 40th COSPAR Scientific Assembly. Abstract A3.1-62-14. Available at: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2014cosp...40E.709D>
11. Dimitrov, V. 2016. Accuracy assessment of a thematic layer derived from satellite images. *Geodesy, Cartography, Land management* (1–2): 16–20 (in Bulgarian). Available at: <https://www.joomag.com/magazine/Геодезия-Картография-Земеустройство-gkz-1-2-2016/0622277001462785928?short>
12. Congalton, R. 1991. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. *Remote Sensing of Environment* (37): 35–46.
13. CLC2018 TechnicalGuidelines\_final . Prepared by G. Büttner and B. Kosztra, 25 Oct. 2017, <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library>