

## Метод на нормалните еволюционни криви в СВЧ аерокосмическия мониторинг на надводна растителност

*Михаил Михалев, Зоан мин Чунг\**

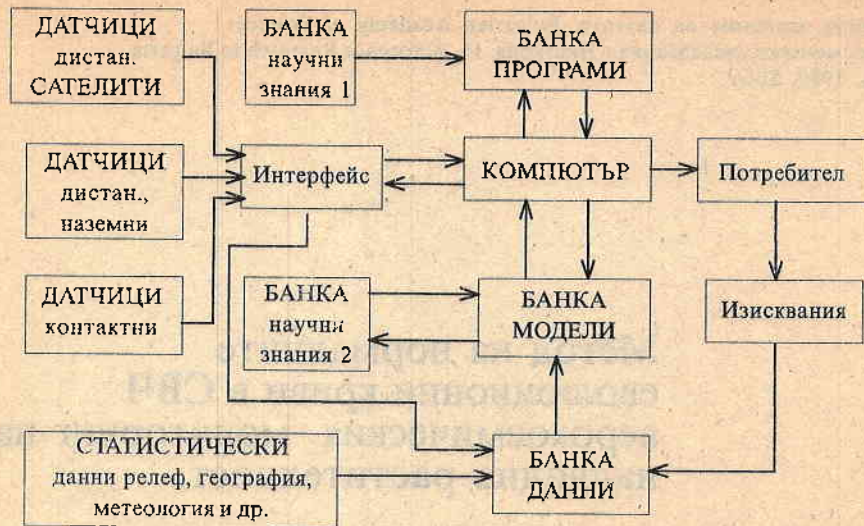
*Институт по електроника, БАН*

*\* Институт по Физика, Виетнамски национален  
център за природните науки и технологии,  
Нгхиадо - Тълием - Ханой*

Растителните системи са изключително важна компонента на биосферата — източник на биомаса, най-важно звено в създаването на органични вещества. За подобряване и значително усъвършенстване на изучаването, използването, възпроизводството и охраната на растителните системи (култивирани или диви) е необходимо да се създават ефективни системи за контрол на растителните ресурси, почиващи върху обективни оценки на биологическите и екологическите параметри на растителните системи в конкретни географски райони. Съвременната практика за такава система включва локална геоинформационна система (ГИС) с непрекъснато обновявана и допълвана банка данни с използване на контактни и дистанционни средства[1].

Предмет на тази работа е изследването на възможността и алгоритъма за създаване на система (или на по-високо равнище ГИС) за мониторинг на надводна растителност на примера на селскостопански и природно диви екосистеми. На фиг.1 е показана в най-общ вид функционалната схема на система тип ГИС за мониторинг на локализиран обект. Анализът на такива системи [1] показва техните основни съставни части и съответно етапите и последователността на изграждане на такава система:

— Модел на системата и идентификационна характеристика, по която да става мониторингът и заключенията. Моделът се изгражда на базата на съществуващи и непрекъснато обновявани с нови измервания и теоретични



Фиг.1. Най-общ вид на функционалната схема на система тип ГИС за мониторинг на локализиран обект

обобщения знания и данни за изследвания природен обект — в частност екосистема от надводна растителност. Идентификационната характеристика е в най-добрия случай еднозначна функция от лесно и добре измеряем параметър на екосистемата дори без пряко използване на модела и без дълга обработка на текущите сигнали за получаване на текущата оценка на състоянието и на краткосрочната прогноза.

— Система от измерители за получаване на текуща измерителна информация за моментното състояние на екосистемата и достъп до измерителна информация за всички параметри на екосистемата и нейното функциониране.

— Банка данни за екосистемата като основа за моделите и тяхното обновление и като основа на прогнозите.

— Компютърна система.

— Банка програми за обработка на данни и знания.

На основните въпроси, свързани с тези съставни части на системата за мониторинг тук се търсят отговори както следва :

— Изгражда се модел на системата от еволюционен тип като се разделят случаите на еволюция във времето и в пространството. За два типа растителни екосистеми (оризова нива и мангрова гора) общото е, че са растителни системи над вода. Съществената разлика е в това, че системата орис интензивно се развива във времето (от посева до жетвата) при относително постоянство в пространството във всеки момент от времето, докато системата мангрова гора е разположена в пространство (от морския бряг до растителност надалече от водата и типична сухоземна) при относително постоянство във времето на отделните съставни части в пространството. По този начин се формират за едната система еволюционен модел по времето, а за другата — еволюционен модел в пространството.

— Моделите се изграждат на базата на статистически данни за съставните части на екосистемата — растителност, релеф, вода, метеорология и т.н., като водят до модели на излъчване и разсейване в СВЧ обхват като основа за непрекъснато наблюдение и изграждане на подходяща идентификационна характеристика.

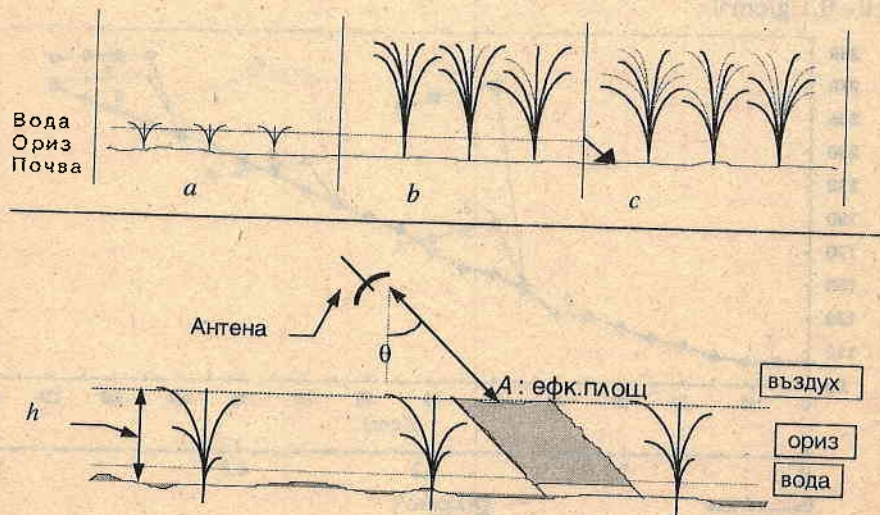
— Въвежда се идентификационна характеристика, наречена „крива (или криви) на нормалното развитие“ на екосистемата, която по същество е кривата (кривите) на излъчване и разсейване в СВЧ обхват, изведена за конкретната екосистема в условия на „нормално“ развитие според съществуващите данни за съответната растителна система.

— За всяка от растителните системи се създава семейство от идентификационни криви, в което около нормалната се разполагат кривите на нарушени основни параметри (метеорология, воден режим и т.н.).

— Създава се алгоритъм на мониторинг, който включва методика на наблюдение със СВЧ средства върху отделните етапи на еволюцията и програми за оценка на „нормалността“ на получените от измерителните данни резултати.

Методът на нормалните еволюционни криви е приложен за разработване на методика за СВЧ дистанционен мониторинг на екосистемите надводно оризово поле и мангрова гора в условията на Виетнам.

За моделиране на СВЧ излъчване и разсейване на оризово поле, по еволюционен цикъл го разделяме на 3 основни етапа както се вижда на фиг.2: открита вода, ориз над вода, ориз над почва. Съгласно с разделянето на етапите, електродинамичните модели за СВЧ излъчване и разсейване също са предложени според характерните особености на всеки етап:



Фиг. 2. Етапите на оризово поле : *a* — открита вода; *b* — ориз над вода; *c* — ориз над почва, и съответно трислойният модел на РП от Улаби и др.[3]

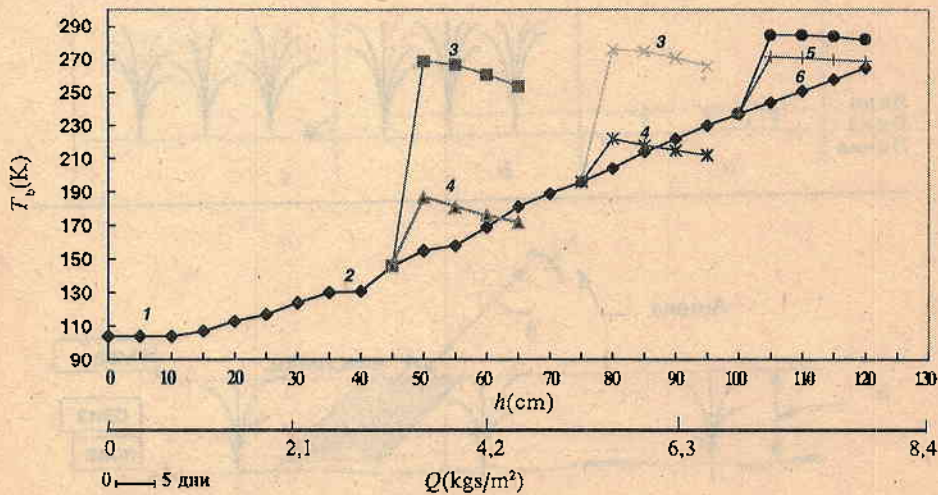
— В 1-ия етап оризът е много нисък. Неговите СВЧ излъчване и разсейване са предложени като от открита водна повърхност и се пресмятат по хомогенния двуслоен модел на Шутко [5]: въздух—вода, чиято граница се предполага гладка.

— Във 2-ия етап оризът много бързо нараства с гъсти листи, и после класове. Оризовата покривка може да се приеме за непрекъсната. Използваме хомогенния трислоен модел на Улаби и др. [3]: въздух—ориз—вода като предполагаме, че оризовите растения са еднакви по височина, водосъдържание и геометрия и са независими по между си.

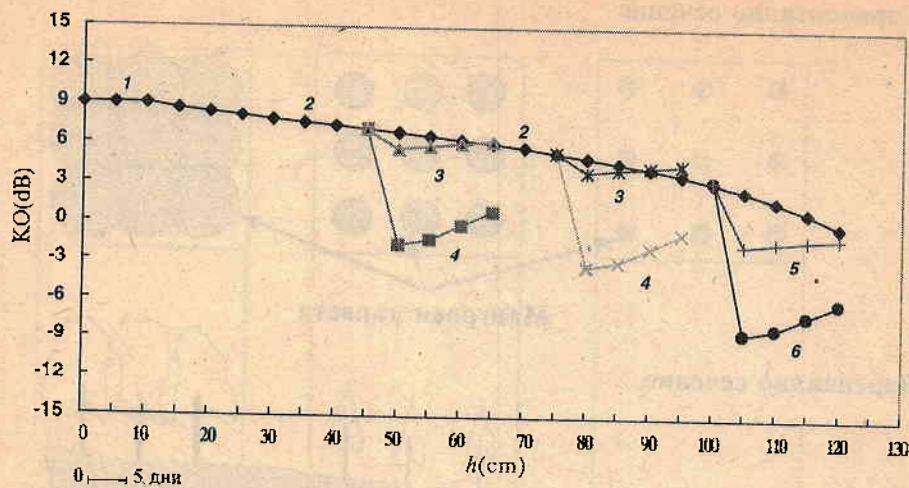
— В 3-ия етап оризовото поле е пред реколта. За да има по-хубави зърна водата е източена. Използваме хомогенния трислоен модел на Улаби и др. [3]: въздух—ориз—почва (влажна и суха).

За определяне диелектричната проницаемост на почвата (в 3-ия етап) използваме модела на Уанг—Шмаге [6], докато за определяне ефективната диелектрична проницаемост на хомогенната среда растителност (оризова покривка) използваме формулата на Френел, показана в книгата на Шутко [5]. Като е определена диелектричната проницаемост на оризовия слой, с известни други входни параметри (физическа температура на растителна покривка— $T_0$ , гъстота  $N$  (брой растения/ $m^2$ ) на растителна покривка (РП), височината на РП— $h$ , биомасата— $Q$ , и т.н.) са определени радиояркостната температура  $T_b(h, Q)$  и коефициентът на обратното разсейване  $KO(h, Q)$  на оризово поле [3, 5].

Въз основа на показаните по-горе модели с използване на статистически данни за оризови полета във Виетнам, в работата са пресметнати „нормалните криви“ за СВЧ излъчване и разсейване на оризово поле, които са показани на фиг. 3 и фиг. 4 ( $T_b(h, Q), KO(h, Q)$ ), в които се включва и аварийна ситуация (през 2-ия етап водата нежелателно липсва, остава влажна или суха подстиляща почва със съответните влажности на почвата  $m_s = 0,4-0,6 g/cm^3$  или  $0-0,1 g/cm^3$ ).



Фиг.3. Зависимост на яркостната температура на надводното оризово поле от височината  $h$  (или биомасата  $Q$ ) със семействата на кривите за аварийни ситуации  $T_0=288K, N=500$  растения/ $m^2$ , „бушно развитие“, Хорл.поляръ.—НН (1—открита вода; 2—ориз над вода; 3,4—ориз над суха почва с влажност на почвата  $m_s=0-0,1g/cm^3$ ; 5,6—ориз над влажна почва с  $m_s=0,4-0,6 g/cm^3$ );  $\lambda=18cm$



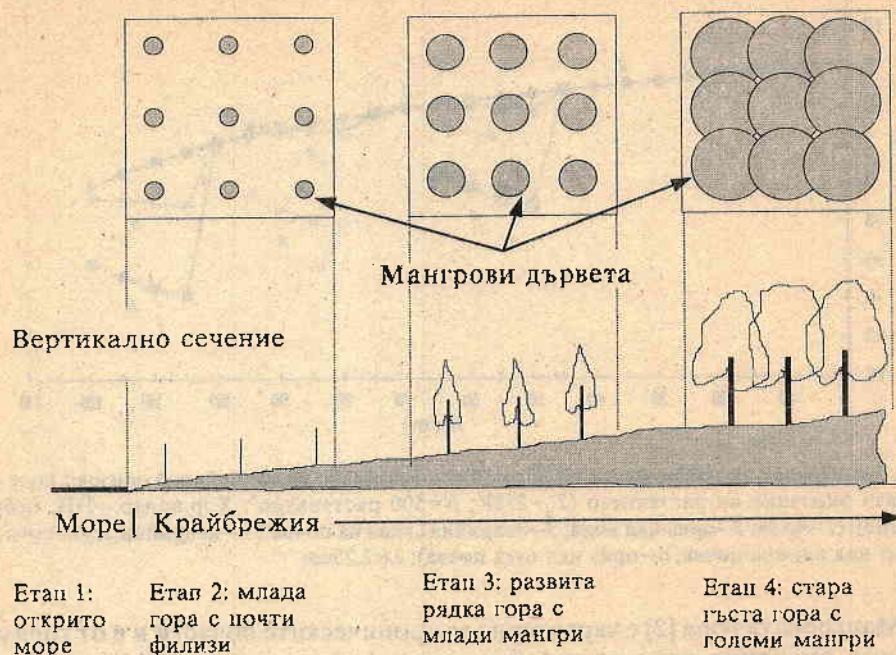
Фиг.4. Зависимост на коефициента на обратното разсейване на надводното оризово поле от средната височина на растението ( $T_0=288\text{K}$ ;  $N=500$  растения/ $\text{m}^2$ ; Хор.поляр.—НН; буйно развитие). (1—вода; 2—ориз над вода; 3—аварийна „влажна почва“; 4—аварийна „суха почва“; 5—ориз над влажна почва; 6—ориз над суха почва);  $\lambda=2,25\text{cm}$

Мангровата гора [2] е характерна за тропическите области и е от голямо локално значение като средообразуващ фактор — разположена като екосистема с еволюция в пространството по посоката море—суша — тя не само укрепва брега, но и напредва, пълзи към морето, завювайки нови пространства за сушата от морето.

Пресметнати са „нормални“ криви за излъчване и разсейване в СВЧ диапазон за крайбрежия с мангрови гори според тяхното пространствено развитие и разпределение в посоката море—суша, състояща се последователно от море—млади филизи—млада гора—сухоземна растителност. Основните ботанически, географски и морфологически данни за пресмятането са данни за мангровите екосистеми във Виетнам.

Типичната картина на двата мангри *Rhizophora mangle* и *Aricennia officinalis* [2], разпространени във Виетнам, и тяхното разположение по оста суша—море са дадени на фиг.5. Моделът на пространственото разпределение на екосистемата мангрова гора, който възприемаме, е онагледен на фиг. 5. Добре се очертават ивиците на морето, младите филизи, младата гора, нормалната мангрова гора. Измерванията на собственото излъчване (радиояркостната температура) и разсейването в СВЧ диапазона са направени с дължини на вълните  $\lambda=18\text{cm}$  и  $l=2,25\text{cm}$  [3]. Данните за излъчването и разсейването от морската повърхност са възприети според най-разпространените и използвани стойности. Случаят за филизите се разглежда по дискретен модел с отчитане на тяхната геометрия и диелектрична проницаемост според данните в [4]. За младата и нормоизрастналата мангрова гора се приемат разположението и размерите, характерни за развитието им във Виетнам, като по-нататък се използва

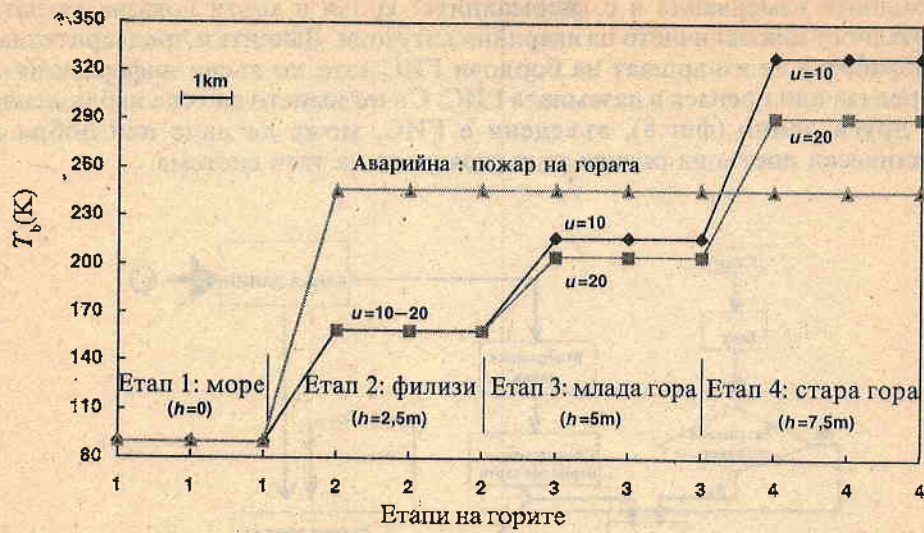
## Хоризонтално сечение



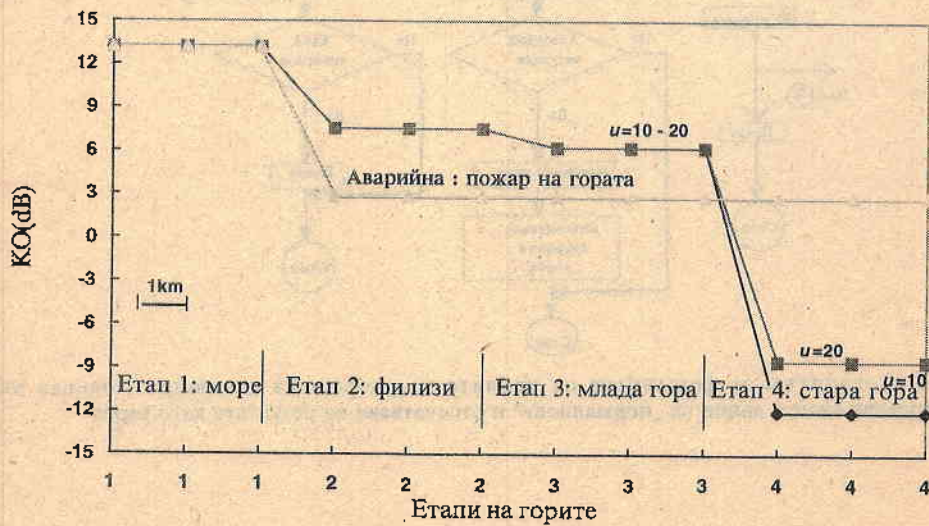
Фиг.5. Представяне на мангрови гори в развитие, пресметнато по пространственото разпределение на горския пояс в сравнение с море

трислойният модел на Улаби [3], с пресмятане на диелектричната константа според данните за мангрови растения като разпределение листа—стъбла, и моделът на Уанг—Шмаге [6] и данните за почвите във Виетнам при оценка на диелектричната константа на подстилащата повърхност (влажна почва). На фиг.6 е показана графика на изменение на радиояркостната температура на мангрова гора тип *Rhizophora mangle* [2] по трасето море—филизи—млада (рядка) гора—стара гора, а на фиг.7 е показано изменението на коефициента на отражение. И в двете фигури е показано поведението на параметрите при аварийна ситуация — обезлистяване.

Намерените (пресметнатите) криви заемат очаквания строго монотонен ход и в отделни свои части качествено съвпадат с резултати на други автори (които обикновено измерват величините само за стари гори)[2,4]. Тези криви имат устойчив характер и висока идентификационна способност — те могат да се използват като нормални криви за СВЧ дистанционен мониторинг на мангрови екосистеми. Алгоритъмът е както следва — с обикновена СВЧ апаратура на борда (напр. както в [2]) самолет прелита по трасето море—суша в паралелни полети според географското разположение на екосистемата. По-нататък от тези измерени стойности се определят

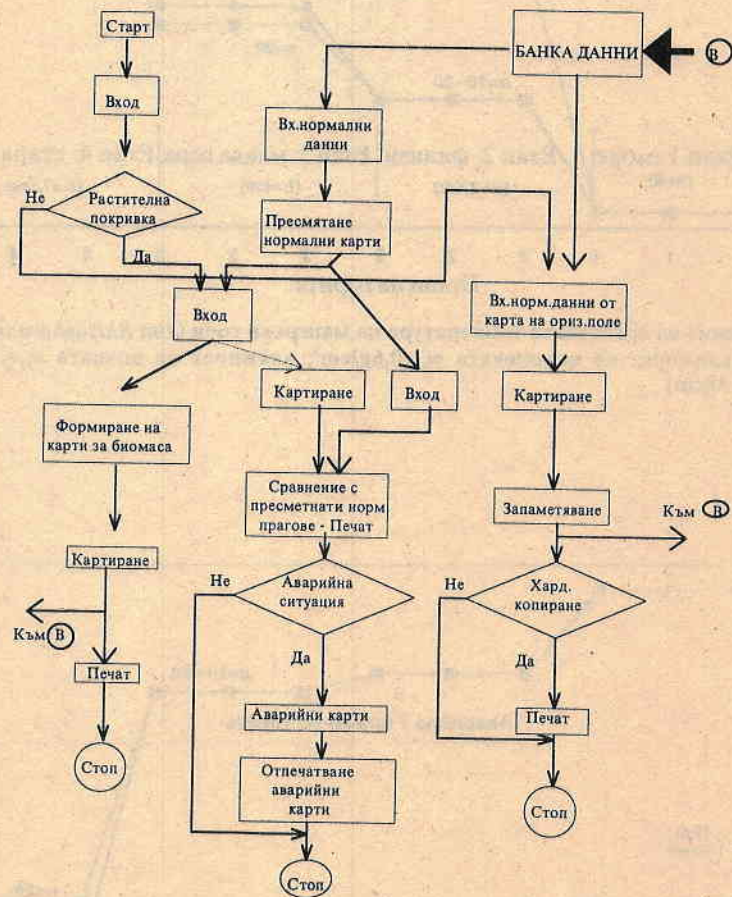


Фиг.6. Изменение на яркостната температура на мангрови гори (тип *Rhizophora mangle* [5]) по трасето (влажност на покривката  $m_v=0,6\text{g/cm}^3$ ; влажност на почвата  $m_s=0,4\text{g/cm}^3$ ;  $T_0=288\text{K}$ ;  $\lambda=18\text{cm}$ )



Фиг.7. Изменение на коефициента на обратното разсейване на мангрови гори (тип *Rhizophora mangle* [5]) по трасето на поясите с  $\lambda=2,25\text{cm}$

пространствените профили и картите на величините. Сравнението им с преходните измервания и с „нормалните“ криви и карти показва тяхната нормалност или наличието на аварийни ситуации. Данните и предварителната обработка се извършват на бордови ГИС като по-късно информацията се предава или пренася в наземната ГИС. Съчетаването на това наблюдение със други данни (фиг.8), въведени в ГИС, може да даде най-добра и практически достъпна оценка за състоянието на тази система.



Фиг.8. Алгоритъм за формиране на кривите на „нормална еволюция“, оценка на експерименталните данни на „нормалност“ и отпечатване на резултата като карта



## Литература

1. Seidel, K., M. Keller. Development of a geographic information system with the aid of digital image processing techniques. — Proc. of IGRASS 88 Symposium, Edinburgh, Scotland, 13—16 Sept. 1988. Ref. ESA SP-284 (IEEE 88CH2497-6) - ESA Publications Division, August 1988.
2. Nguyen thuong Hung, Pham trung Luong. Report of the pilot project on coastal zone studies in Vietnam. — Report on Appl. of Remote Sens. Tech. to Coastal Studies and Envir. Monitor. in Vietnam. 1989, 23—29.
3. Ulaby, F. T., R. K. Moore, A. K. Fung. Microwave Remote Sensing: Active and Passive. Vol. 1. Addison Wesley, Reading Mass - Microwave Remote Sensing Fundamentals and Radiometry - Radiometer System, 1981.
4. Chauhan, N. S., R. S. Lang. Microwave modelling of orchard canopy. IGRASS'88, Edinburgh, Scotland, 13—16 Sept. 1988. Ref. ESA SP-284 (IEEE 88 CHC2497-6) - p. 1757—1759 - ESA publication division, August 1988.
5. Шутко, А. М. СВЧ-радиометрия водной поверхности и почвогрунтов. М., Наука, 1986.
6. Wang, J. R., T. J. Schmugge. An empirical model for the complex dielectric permittivity of soil as a function of water content. — IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, GE-18, № 4, October 1980.

Поступила на 26.VI.1997г.

### The normal evolution signatures method for remote sensing monitoring of vegetation

*Mikhail Mikhalev, Zoan Min Chung*

(Summary)

A new signature method for Remote Sensing Monitoring of the vegetation on evolution cycle is proposed. The signature is named evolution curve and is calculated as a microwave radiation or scattering coefficient of the object under observation versus the evolution parameters. The method consists of the comparison and evaluation of the difference between the measured signature with the established normal one. The normal evolution curves are calculated for rice fields and mangroves as a vegetation canopy on water with typical evolution cycle. The possibilities to use those signatures for remote sensing monitoring in normal or emergency cases are discussed.