

ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ ПРИ СПЕКТРОМЕТРИЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА РАСТИТЕЛНАТА ПОКРИВКА

Румяна Кънчева

ЦЛСЗВ – БАН
София 1113, България
ул.Акад.Г.Бончев, бл.3
E-mail: rkanchevastil@abv.bg

РЕЗЮМЕ

Разглеждат се характерни особености на растителната покривка като обект на дистанционните изследвания и свързаните с тях източници на вариации на спектрометричните данни. Излагат се произтичащите оттук основни принципи, които трябва да бъдат съблюдавани за правилната интерпретация на данните и достоверното им приложение при решаване на поставените задачи. Анализират се някои изисквания към условията за получаването на спектрометричните данни и тяхното спектрално-биофизичното моделиране.

Едно от най-важните приложения на дистанционните изследвания, което има съществено практическо значение, е растителният мониторинг. В земеделската практика например е необходима редовна и своевременна информация за състоянието на посевите и хода на развитие, за възникването на стресови ситуации и предприемането на съответни мерки, за оценка на очаквания добив. Настоящата работа има за цел да систематизира въпроси, свързани с особеностите на растителността като биологична система и като обект на спектрометричните изследвания и на тази база да анализира редица специфични проблеми, характерни за изследването на растителни обекти, да изтъкне някои трудности, срещани при интерпретацията на данните, да посочи основните подходи за тяхното преодоляване. Разгледана е спецификата на спектралните отражателни характеристики на системата "почва-растителност" като динамична система и като смесен клас обекти, обосновано е използването им като индикатор за състоянието на фитоценозите, базиращо се на адекватната им връзка с растителните биопараметри.

Разпространението на слънчевата радиация в растителната покривка представлява сложен процес, чиито характер зависи както от оптичните свойства на растителността, така и от редица други фактори, които ще разгледаме по-долу. Преминването, поглъщането и отражението на късовълновата радиация имат избирателен характер, т.е. зависят от дължината на вълната, поради което при преноса на слънчевата радиация в растителната покривка се изменя спектрално-енергетичното ѝ разпределение. Това обстоятелство в изключителна степен определя информативността на отражателните характеристики, доколкото спектралният и енергетичен състав на отразената радиация е функция на архитектурата на растителната покривка, която се определя от редица биометрични параметри и зависи от вида и състоянието на растенията.

Основна задача на дистанционния мониторинг, особено по отношение на земеделски култури, е оценка на състоянието на растенията (Kuusk, 1991; Yoder and Waring, 1994). Използват се емпирични регресионни модели, свързващи фитометричните и спектрални характеристики, чрез които се определят растителни биопараметри (Curran, *et al.*, 1992; Кънчева, 1999). При тези изследвания трябва да се имат предвид следните особености на растителните обекти, които лежат в основата на редица методични въпроси, определящи подходите при планиране и провеждане на експериментите, обработката и интерпретацията на данните.

- Видовото многообразие, характеризиращо се с физиологични и морфологични особености, не позволява разпространение на създаден модел, използващ данни за спектралната отражателна способност, върху различни фитоценози.
- Разликата в климатичните, почвени и агротехнически условия за отглеждане на културите, обуславят пространствено-времевите различия в тяхното развитие и спектралните им характеристики.
- Растителността е сложен обект, чиито компоненти в своята цялост (листа, стъбла, репродуктивни органи) определят структурата на посева, оказваща основно влияние върху отражателната способност.
- Спектрометричните данни са многофакторна функция на голям брой растителни параметри (биофизикохимични), характеризиращи моментното състояние на фитоценозите.
- Растителната покривка не може да бъде разглеждана отделно от почвения фон, допринасящ за формирането на измерваните отражателни характеристики на системата "почва-растителност".
- Почвеното влияние върху спектралните отражателни характеристики на фитоценозите не е детерминирано, а варира вследствие различията на почвените типове и

свойства, както и на измененията на почвените параметри.

- Агроценозите са динамична система, чиито параметри се изменят във времето в течение на вегетационното развитие. Това определя динамиката на спектралните характеристики и необходимостта от моделно описание на връзката им с фотопараметрите в различни фенологични фази.
- Различните параметри на растителната покривка, определящи нейното състояние, са същевременно фактори за отражателната ѝ способност. Тяхното влияние върху спектралните характеристики е едновременно, което създава нееднозначност при интерпретацията на данните и налага необходимостта за тяхното отчитане.
- Развитие на агроценозите е процес, зависещ от външни фактори (метеорологични условия), чието залагане в прогностични модели е затруднено от техния случаен характер.
- Създаването на модели, описващи състоянието на селскостопански култури изисква отчитането на антропогенни влияния, такива като химическо наторяване, замърсяване на почвата с токсични елементи и пр.

Като следствие от тези особености произтичат някои трудности за постигане на достоверни и точни резултати, причина за които са главно: динамиката и случаяният характер на процесите в биосистемите; нееднородността на природо-климатичните и агротехническите условия; нееднаквите условия на регистрация на данните (атмосферни, апаратурни); големият брой фактори (смушващи и информационни), влияещи върху спектралните отражателни характеристики на системата "почва-растителност"; непълна съпътстваща информация и пр. Към недостатъците на провежданите изследвания могат да бъдат отнесени: ограниченото използване на данни от пълния вегетационен цикъл на растенията, липса на повтаряемост на изследванията и оценка за устойчивостта и прогностичната точност на предлаганите модели, недостатъчна застъпеност на изследванията, свързани с влиянието на антропогенни въздействия.

От казаното следват редица условия за получаването, обработката и използването на спектрометрични данни при изследване на растителни обекти, които намаляват многофакторната неопределеност на данните и нееднозначността на резултатите. Ще се спрем на някои основни принципи, които са от значение за правилния подход към постановката на изследванията и анализа на спектрометричните данни.

Процесът от регистрацията до тематичната интерпретация на спектралните данни съдържа елементи на неопределеност, като по отношение на биофизикохимични параметри на фитоценозите тя е обусловена от междувидовите и естествените вариации в рамките на дадена агросистема, както и от изменение на състоянието (фенологична фаза, стресови фактори), а при радиационните характеристики неопределеност внасят различията в условията на измерване (визиране и осветеност), влияние на околния фон, нехомогенност на

обекта; различия на апаратурните характеристики. Свързани с обработката на данните са: непълнота на априорната информация, погрешности на модела и пр.

Важен момент е пространството от влияещи фактори да бъде разделено на две категории: ● смушващи фактори, които нямат отношение към нужната информация и представляват шум (външни), ● информационни фактори, които имат отношение към нужната информация и представляват сигнал (вътрешни). Първата група характеризира условията на експеримента: апаратурни (брой канали, дължина на вълната, спектрална разделителна способност, зрителен ъгъл), условия на визиране (височина, посока на наблюдение), осветеност (зенитен и азимутен ъгъл на Слънцето, състояние на атмосферата, топография на обекта, съотношение между пряката и разсеяна радиация), влиянието на околните обекти. Втората група е свързана с относително постоянни или променливи биофизикохимични характеристики на обекта. За ефективното използване на спектрометричните данни при определяне на интересующи ни параметри на фитоценозите е необходимо елиминирани на зависимостта на спектралните характеристики от "шумовите" фактори. Това се постига в известна степен чрез съблюдаване на определени условия при провеждане на изследванията.

Зависимостта на отразената от обекта радиация от посочените външни фактори е причина често да се измерват относителни характеристики на отражателната способност на обектите, а не абсолютната стойност на излъчването, чрез което се намалява влиянието на тези фактори. Така например бавните изменения на атмосферните условия не се отразяват съществено при измерване на спектралните коефициенти на отражение, доколкото обектът и еталонната повърхност се намират при едни и същи условия на осветеност. Относителните измервания имат и предимството, че съдържайки информация за признаците на обекта, могат да служат за наблюдаване на измененията в неговото състояние поради сравнимост на измерванията, извършени в различни моменти от време.

Изменението на ъгловите координати, т.е. на посоката на визиране и направлението на падащата радиация води до изменение на измерваното отражение от системата "почва-растителност" дори при постоянство на оптичните свойства на нейните компоненти, морфологията на растителната покривка и характеристиките на почвата. Това е свързано с анизотропността на индикатрисата на отражение (особено в зоните на силно хлорофилно поглъщане) и изменящите се пропорции между осветените и засенчени компоненти. Необходимото елиминирани се постига чрез спазване на пълното или частично (достатъчно в рамките на експеримента) постоянство на тези фактори, като например измервания в обедните часове при малки изменения на зенитния ъгъл на Слънцето.

Зависимостта на отражателните характеристики от условията на осветеност включва също съотношението между пряката и дифузна радиация, поради което трябва да се избягват измервания при силно изменяща се

осветеност (променлива облачност).

При дистанционните изследвания в оптичния диапазон основен проблем са атмосферните изкривявания. Освен от отразената от обекта радиация, регистрираното излъчване зависи от състоянието на атмосферата (аерозолни частици, газов състав), което определя процесите на поглъщане и разсейване и атмосферния фон. Въпросът за атмосферни корекции не стои пред наземните изследвания, както и на практика при измервания от нисколетящи аероносители. Това е основание за използването им при моделните експерименти.

Необходимостта от приземни изследвания е обусловена също от редицата методични въпроси, които се решават с тяхна помощ и касаят въпроси, свързани с: репрезентативността на данните, периодичността и оптималните срокове за провеждане на измерванията (в зависимост от обекта и решаваната задача), информативността на различни спектрални диапазони и спектрални преобразувания, динамиката на отразителните характеристики под влияние на различни съчетания на въздействащите фактори (почвени, антропогенни) и свойства на обекта (вид, състояние), състава на съпътстващата информация.

За получаването на достоверни резултати е от значение използването на съпоставими данни, получени както при еднакви геометрични и радиационни условия, така и посредством една и съща или аналогична спектрометрична апаратура с близки технически параметри (спектрална разделителна способност, зрителен ъгъл и пр.). Повишаване на спектралната разделителна способност на спектрометричната апаратура способства установяването на слаби изменения в състоянието на системата "почва-растителност" които служат като ранен индикатор за изменения в структурата и функционирането ѝ.

Някои от начините за намаляване на влиянието на нежелателни фактори са свързани с методите за обработка на данните. Редица радиометрични проблеми могат да бъдат преодолені например посредством използването на отношения на регистрирания сигнал в два или повече спектрални канала или други преобразувания на първичните спектрометрични данни.

При съблюдаване на условията за минимизиране на "шумовите" вариации на спектралните данни за оценка на точността на резултатите от изследванията ще се вземат предвид само имащите отношение към задачата фактори, които са свързани с естествените вариации на спектралните и биофизични характеристики на системата "почва-растителност" и с погрешностите, присъщи на използваните методи за обработка.

Информационно-съдържателните фактори, които влияят върху отразителните характеристики на системата "почва-растителност", включват: биотични (видов състав, фенологична фаза, пигментна концентрация, влагосъдържание, биомаса), архитектоника (проективно покритие, гъстота, височина, ориентация на фитоелементите), почвени характеристики (тип,

минерален и органичен състав, влажност на повърхностния слой, микрорелеф, деградационни процеси - ерозия, засоляване). Тук стои въпросът за подходящ избор на диагностични показатели за състоянието на растителността, които едновременно да са съществени фактори за отразителната способност; избор на спектрални интервали и спектрални преобразувания, даващи най-достоверна информация, пригодна за количествено определяне на растителните параметри.

Системата "почва-растителност" е типичен и най-често срещан пример на смесен клас. Това е характерно за земеделските култури, които в своето развитие минават от етапа на гола почва до плътна растителна покривка. Задължително условие е да се има предвид, че наред с почвата растителността представлява единна система както от физиологична гледна точка, така и по отношение формирането на спектралните класове. Отражателните характеристики на системата зависят от вида и състоянието на компонентите ѝ и от дяловото им участие в смесения клас (проективното покритие). Отчитане на влиянието на почвения фон върху интегралната спектрална характеристика на смесения клас е от изключително значение за правилната интерпретация на спектрометричните данни. За минимизиране на влиянието на променливи почвени свойства (влажност и др.) също се използват различни преобразувания на първоначалните спектрални измервания, получили общото название вегетационни индекси и представляващи най-често отношения от коефициентите на отражение за различни дължини на вълните, производни и др. (Chappelle, *et al.*, 1992; Gamon, *et al.*, 1992; Thenkabail, *et al.*, 1994).

За агрофитоценозите е присъща изявена сезонна динамика, проявяваща се във физиологични и морфологични промени на растенията в процеса на онтогенеза. Тъй като отразителните свойства зависят от измененията на състоянието вследствие на фенологичното развитие (или възникнали аномалии), то моделирането на връзките между биометричните и спектрални характеристики трябва да се извършва за отделните фенофази, а при използването на дистанционни данни да се има предвид освен вида на системата "почва-растителност", така и фазата на развитие.

Освен това нужната информация често се съдържа именно във времевите изменения на отразителната способност. Те са полезни за регистрация на настъпили промени в състоянието, при избора на оптимален период за събиране на данни. Наличието на разгъната във времето информация, т.е. многомерното спектрално представяне в различни моменти повишава спектралната разделителност на обектите и точността на класификацията.

Един съществен подход е използването на спектрално-времеви признаци, при който се отчитат измененията на спектралните характеристики на растителността в течение на пълния вегетационен цикъл. Тези данни се използват за видова идентификация (Badhwar, 1985), определяне на фенологичната фаза (Galo and Fleisch, 1989) и оценка на очаквания добив (Кънчева и Георгиев, 2000).

Освен поради междувидовото разнообразие (съставните

компоненти на системата "почва-растителност") спектралните отражателни характеристики" варират като функция от приложените антропогенни въздействия. Затова актуални и наложителни са изследванията, свързани с условията на отглеждане (изкуствено наторяване (Penuelas, *et al.*, 1994), замърсяване с токсични елементи (Kancheva, *et al.*, 1992; Kancheva, *et al.*, 2001; Mehandjiev, *et al.*, 2000)), целящи индикацията по спектрални данни на стресови влияния. Тук трябва да изтъкнем необходимостта от допълнителна априорна информация, поради сходните изменения на отражателните свойства на растителността вследствие различни влияния (например воден и хранителен дефицит (Penuelas, *et al.*, 1994; Shibayama, *et al.*, 1993)).

Обобщавайки казаното, можем накратко да изредим някои по-основни изисквания към спектрометричните изследвания на растителната покривка: ● еднакви условия на регистрация на спектралните данни (постоянство на условията на визиране и осветеност, апаратурните характеристики); ● минимизиране на влиянието на атмосферата; ● отчитане на конкретния вид на системата "почва-растителност"; ● висока спектрална разделителна способност на измервателната апаратура; ● използване на информативни спектрални признаци; ● наличие на априорна информация (необходима при обработката и интерпретацията на спектрометричните данни); ● периодичност на изследванията, използване на данни от разновременни измервания (за оценка на изменения в състоянието на посевите, включително за идентификацията на стресови ситуации), наблюдения в течение на пълния цикъл на вегетационното развитие; ● отчитане на различните условия за отглеждане на земеделските култури (природно - екологични, агротехнически); ● повтаряемост на изследванията, чиято необходимост е обусловена от случайния характер на процесите в биосистемата "почва-растителност" (за статистическа оценка и репрезентативност на данните); ● оценка на прогностичната точност на предлаганите модели, на възпроизводимостта им и условията (ограниченията) на тяхното приложение.

В заключение още веднъж ще подчертаем, че отражателните характеристики на растителната покривка са многофакторна функция, което определя от една страна високата им информативност, но от друга страна е причина за тяхната нееднозначност. Затова при спектрално-биофизичното моделиране и използването на дистанционни спектрометрични данни се изисква вземането предвид на различни фактори, които притежават времева и пространствена динамика, случайни комбинации, съвместно влияние върху измерваните отражателни характеристики на обекта. Това налага да се знаят условията, при които се извършват измерванията, тъй като тяхното неотчитане води до съществени неточности и погрешни заключения.

Препоръчана за публикуване от
катедра "Приложна геофизика", ГПФ

ЛИТЕРАТУРА

- Badhwar, G., 1985. Classification of corn and soybeans using multitemporal thematic mapper data. - *Remote Sensing Environ.*, vol.16, 175-181.
- Chappelle, E., Kim, M., McMurtrey, J., 1992. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): an algorithm for the remote estimation of the concentrations of chlorophyll A, chlorophyll B, and carotenoids in soybean leaves. - *Remote Sensing Environ.*, vol.39, 239-247.
- Curran, P., Dungan, J., Gholz, H., 1992. Seasonal LAI in slash pine estimated with Landsat TM. - *Remote Sensing Environ.*, vol.39, 3-13.
- Gallo, K., Flesch, T., 1989. Large-area crop monitoring with the NOAA AVHRR: estimating the silking stage of corn development. - *Remote Sensing Environ.*, vol.27, 73-80.
- Gamon, J., Penuelas, J., Field, C., 1992. A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. - *Remote Sensing Environ.*, vol.40, 75-85.
- Kancheva, R., Krumov, A., Boycheva, V., Ilieva, V., 1992. Remote sensing technique in crop heavy metal pollution studies. - *Compt. Rend. Acad. bulg. Sci.*, T.45, No 7, 49-52.
- Kancheva, R., Borisova, D., Kapchina-Toteva, V., Chankova, S., Naidenova N., 2001. Effects of Cadmium Pollution in *Pisum sativum* Depending on the Growing Conditions. - *Compt. Rend. Acad. bulg. Sci.*, T.54, 5, 21-26.
- Kuusik A., 1991. The determination of vegetation canopy parameters from optical measurements. - *Remote Sensing Environ.*, vol.37, 207-218.
- Mehandjiev, A., Chankova, S., Todorova, Y., Noveva, S., Mishev, D., Kancheva, R., Borisova, D., Hristova, R., Kapchina-Toteva, V., 2000. Cytogenetic and spectrometric study on cadmium pollution in peas. - *Compt. Rend. Acad. bulg. Sci.*, T.53, 4, 39-42
- Penuelas, J., Gamon, J., Fredeen, A., Merino, J., Field, C., 1994. Reflectance indices associated with physiological changes in nitrogen- and water-limited sunflower leaves. - *Remote Sensing Environ.*, vol.48, 135-146.
- Shibayama, M., Takahashi, W., Morinaga, S., Akiyama, T., 1993. Canopy water deficit detection in paddy rice using a high resolution field spectroradiometer. - *Remote Sensing Environ.*, vol.45, 117-126.
- Thenkabail, P., Ward, A., Lyon, J., Merry, C., 1994. Thematic mapper vegetation indices for determining soybean and corn growth parameters. - *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol.60, No 4, 437-442.
- Yoder, B., Waring, R., 1994. The normalized difference vegetation index of small Douglas-fir canopies with varying chlorophyll concentrations. - *Remote Sensing Environ.*, vol.49, 81-91.
- Кънчева, Р., 1999. Оценка на състоянието на системата почва-растителност чрез използване на спектрометрични данни. *Докторски труд*, София, 144.
- Кънчева, Р., Георгиев, Г., 2000. Връзка между спектралните характеристики на земеделски култури и добива. *Юбилеен сборник "30 години организирани космически изследвания в България"*, ИКИ-БАН, София, 146-14

MAIN PRINCIPLES IN VEGETATION SPECTROMETRIC STUDIES

Rumiana Kancheva

STIL - BAS
Sofia 1113, Bulgaria
Acad.G.Bonchev str.,bl.3
E-mail: rkanchevastil@abv.bg

ABSTRACT

Characteristic peculiarities of vegetation covers as objects of remote sensing are summarized and the associated with them sources of variation of spectral reflectance data. The resulting main principles which should be observed for correct data interpretation and implementation are discussed. Some requirements to the conditions of reflectance measurements and their spectral-biophysical modeling are analyzed.

An essential application of remote sensing with significant importance for practice is vegetation monitoring. In agriculture for instance regular and timely information is needed about crop state and development, about the occurrence of stress situations for undertaking of respective measures, and etc. This paper has the goal to summarize issues related to vegetation peculiarities as a biological system and as an object of spectrometric studies, and on this ground to analyze a number of specific problems typical in vegetation monitoring, to point out some difficulties that data interpretation runs on, to suggest some approaches for their overcoming. Spectral reflectance specifics of the soil-vegetation cover as a dynamical system and a mixed class is scrutinized, the use of reflectance properties as an indicator of plant state is substantiated basing on their adequate relationship with plant bioparameters.

Sun radiation interaction with vegetation covers is a complicated process, which depends on vegetation optical properties and a great number of factors discussed below. Short-wave radiation transmission, absorption and reflectance are selective i.e. depend on the wavelength. That's why sun radiation transference in vegetation covers changes its spectral and energy distribution. This fact determines the informative abilities of measured reflectance, as it is a function of vegetation biostructural parameters, which are associated with plant type and status.

Crop status assessment is an important task of agriculture remote sensing monitoring (Kuusk, 1991; Yoder and Waring, 1994). Regression models are

used relating reflectance features to plant phytoparameters (Curran, *et al.*, 1992; Кънчева, 1999). In such studies the following vegetation peculiarities lying in the root of a number of methodological issues and determining the approaches of experiments performing, data processing and interpreting should be considered.

- Vegetation diversity with its physiological and morphological specifics does not allow the extrapolation of spectral-biophysical models developed for a certain soil-vegetation cover upon different vegetation types.
- Meteorological, soil and agricultural growth conditions are the reason of spatial and temporal crop development and spectral reflectance variance.
- Vegetation is a compound object whose elements in their entity (leaves, stems, reproductive organs) determine crop structure which has essential influence on spectral reflectance features.
- Spectrometric data are multiple function of a number of phytoparameters that characterize plant status.
- Vegetation covers can not be treated without taking in view soil background, which participates in the forming of integral reflectance characteristics of soil-vegetation mixtures.
- Soil effect on vegetation spectral reflectance is not determined but varies due to different soil types and properties.
- Agricultural species are dynamic systems whose parameters change during plant development. The respective reflectance changes impose spectral-biophysical modeling to be performed for different phenological stages.

- Bioparameters determine plant status and at the same time are factors of the reflectance ability. Their effect is simultaneous that causes data interpretation ambiguity.

- Plant growth is a process, which depends on external factors (meteorological conditions) whose input to prognostic models is impeded by their stochastic nature.

- The development of models describing crop status requires considering of anthropogenic impacts such as fertilization, soil toxic contamination, etc.

As a result of these peculiarities, some difficulties follow for achieving precise and faithful results. The main reasons are the dynamic and stochastic nature of processes in biosystems; variety of environmental and agricultural conditions; different data registration conditions (atmospheric, measurement devices); large number of factors (noise and informational) that influence soil-vegetation spectral reflectance; incomplete ground-true data, etc. The following shortcomings in vegetation studies can be mentioned: limited use of multitemporal data throughout plant growing period; lack of experiment repetition and evaluation of models prognostic accuracy and reliability; insufficient studies of anthropogenic factors impact.

Considering all this, some conditions can be recommended in regard to spectrometric data registration, processing and application. These recommendations are supposed to decrease data multifactor inderminateness and results ambiguity. Some main principles will be discussed that are of importance for proper investigation performance and spectral data analysis.

The process from registration to thematic interpretation of spectral data contains elements of inderminateness. In regard to plant bioparameters it is caused by vegetation diversity and natural variations within a given agrosystem, as well as by plant status changes (phenological growth, stress impacts). Reflectance features inderminateness is due to varying measurement conditions (view, illumination), surrounding background, object non-homogeneity, different parameters of measurement devices. Concerning data analysis the reasons are incomplete a priori information, model errors, etc.

It is very important the factors to be divided into two groups: • external factors which have no relation to useful information and are noise, •

internal factors which have relation to useful information and are signal. The first group characterizes the conditions of the experiment - measurement device (number of channels, wavelengths, spectral resolution, view angle); measurement conditions (height, direction); illumination (zenith and azimuth solar angles, atmospheric conditions, topography, direct to scattered irradiance ratio); surrounding background effects. The second group is relevant to biophysical parameters. For the effective implementation of reflectance data elimination of noise factors influence on spectral features is needed. This is achieved to some extent by observing certain requirements as far as data acquisition is concerned.

The dependence of spectral features on external factors is the reason relative reflectance to be preferably measured which decrease noise factors influence. For instance, slow atmospheric changes do not considerably effect reflectance coefficients as far as the object and the reference surface are under the same illumination conditions. Relative measurements, containing information about the object, have also the advantage of being comparable in temporal studies and thus used for monitoring of object status changes.

The variance of angle coordinates, i.e. view and incident light directions, effects soil-vegetation reflectance even when the optical properties of the mixture components, plant canopy morphology and soil parameters are constant. The reason is the anisotropic backscattering (especially in chlorophyll absorption spectral bands) and the varying proportion of shadowed and illuminated elements. Needed elimination is achieved by adhering to full or partial (sufficient for the experiment) constancy of these factors, for instance, measurements during noon hours when the sun zenith angle does not change considerably.

The dependence of reflectance features on illumination conditions includes also the ratio of direct to diffuse solar radiation following from which is the requirement measurements to be evaded under changing illumination (variable cloudiness).

A basic problem of remote sensing measurements in the optical spectral band are atmospheric effects. Registered data depends not only on the reflected by the object radiation but also on the atmospheric conditions (aerosol particles, gas content) which determine the process of incident light

transformation (absorption, scattering) and the atmospheric background. The problem of atmospheric corrections does not stay in the case of field or low-height airborne measurements. This is a ground for their use in modeling studies.

The necessity of ground-based experiments is dictated also by a number of methodological issues which are worked out through such experiments and consider: data representativity, regularity and optimal time of data acquisition (depending on the studied object and the task to be solved), different spectral bands and spectral transformations informativity, multiple dependence of reflectance on a variety of properties (type, status), and other factors (anthropogenic) and their combinations, apriori information content.

For achieving of reliable results it is important to use comparable data acquired under similar geometric and radiance conditions as well as by spectrometric devices with identical or close characteristics (spectral resolution, view angle, etc.). High spectral resolution helps the establishment of subtle biochemical changes that serve as an early indicator of structural and functioning changes.

Some of the ways for decreasing unwanted influences refer to data processing methods. A lot of radiometric problems can be resolved using ratios of the registered signal in two or more channels or other transformations of measured reflectance.

Observing the requirements for minimizing 'noise' variations of reflectance data only relevant to the solved task factors will be taken into account when evaluating the accuracy of the results. Such are the natural variations of soil-vegetation spectral and biophysical features and the inherent errors of data analysis methods.

Information-containing factors that influence soil-vegetation spectral reflectance include: biotic features (type, phenological stage, pigment concentration, water content, biomass amount), architectonics parameters (canopy coverage, density, height, orientation of phytoelements), soil properties (type, mineral composition, water and organic matter content, microrelief, degradation processes – erosion, salinity). Here stays the question of proper choice of crop state diagnostic parameters which at the same time determine plant reflectance ability as well as the choice of spectral bands and the development of spectral indices that

give most reliable information for plant parameters estimation.

Soil-vegetation objects are most common example of mixed classes. It's especially typical for agricultural species which during their development pass through the stages of bare soil to full-cover plant canopy. It's obligatory to have in view that soil and vegetation form an undivided system both physiologically and as far as spectral reflectance is concerned. The latter depends on mixture component type, properties and portion participation (canopy coverage). Considering soil background effects on vegetation reflectance is of essential importance for proper interpretation of spectral data. To minimize the influence of varying soil parameters (humidity) spectral transformations (ratios, sums, normalized differences, derivatives) are used called vegetation indices (Chappelle, *et al.*, 1992; Gamon, *et al.*, 1992; Thenkabail, *et al.*, 1994).

An expressed seasonal dynamics is inherent for agricultural crops manifesting itself in vegetation physiological and morphological changes during ontogenesis. As spectral reflectance depends on plant status changes due to phenological development (or stress anomaly), the modeling of the relationships between spectral and biometric features should be performed for given phenological stages. The same refers to remote sensing data implementation.

Besides, spectral reflectance temporal variance often contain the needed information. They are useful for registration of plant status changes and revealing of data acquisition optimal periods. The availability of temporal data and spectral multidimensional presenting in different moments increases the spectral separability of land covers and classification accuracy.

An essential approach is the use of spectral features temporal behaviour during the whole growth period. They are applied for vegetation classification (Badhwar, 1985), phenological stage assessment (Gallo and Flesch, 1989), yield prediction (Кънчева и Георгиев, 2000).

Besides soil-vegetation diversity a reason for spectral reflectance variance are anthropogenic factors. That is why actual and necessary are studies devoted to plant growing conditions (fertilization (Penuelas, *et al.*, 1994), contamination (Kancheva, *et al.*, 1992; Kancheva, *et al.*, 2001;

Mehandjiev, *et al.*, 2000)), and aiming at stress impact identification. The necessity of a priori information should be pointed out here because of similar plant reflectance changes due to different impacts (for instance water and nutrient deficit (Penuelas, *et al.*, 1994; Shibayama, *et al.*, 1993)).

Summarizing all this we shall mention briefly some main requirements to vegetation spectrometric studies performance: ● identical conditions of reflectance data registration; ● minimizing atmospheric effects; ● taking into account soil-vegetation diversity; ● high spectral resolution; ● development of informative spectral indices; ● a priori information (needed for spectral data analyses and interpretation); ● temporal data acquisition (for assessment of plant status changes, development trend monitoring and stress situations identification); ● considering plant growth conditions (environmental, ecological, agricultural); ● repeated experiments imposed by the stochastic nature of bioprocesses (for data representativeness and statistical analysis); ● evaluation of the prognostic accuracy of spectral-biophysical models, their reliability and usage limitations.

In conclusion we shall point out again that vegetation cover spectral reflectance is a multiple function of many variables. This determines on one hand the high informativity of spectrometric data but on the other hand is the reason for their ambiguity. That is why different factors, which are temporally and spatially varying, and effect plant spectral features in various combinations should be taken into account. This imposes the necessity experiment conditions to be known and considered for evading significant errors and wrong results.

REFERENCES

- Badhwar, G. 1985. Classification of corn and soybeans using multitemporal thematic mapper data. - *Remote Sensing Environ.*, 16, 175-181.
- Chappelle, E., Kim, M., McMurtrey, J. 1992. Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): an algorithm for the remote estimation of the concentrations of chlorophyll A, chlorophyll B, and carotenoids in soybean leaves. - *Remote Sensing Environ.*, 39, 239-247.
- Curran, P., Dungan, J., Gholz, H. 1992. Seasonal LAI in slash pine estimated with Landsat TM. - *Rem.Sens.Env.*, 39, 3-13.
- Gallo, K., Flesch, T. 1989. Large-area crop monitoring with the NOAA AVHRR: estimating the silking stage of corn development. - *Remote Sensing Environ.*, 27, 73-80.
- Gamon, J., Penuelas, J., Field, C. 1992. A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. - *Remote Sensing Environ.*, 40, 75-85.
- Kancheva, R., Krumov, A., Boycheva, V., Ilieva, V. 1992. Remote sensing technique in crop heavy metal pollution studies. - *Compt. Rend. Acad. bulg. Sci.*, 45, 7, 49-52.
- Kancheva, R., Borisova, D., Kapchina-Toteva, V., Chankova, S., Naidenova, N. 2001. Effects of Cadmium Pollution in *Pisum sativum* Depending on the Growing Conditions. - *Compt. Rend. Acad. bulg. Sci.*, 54, 5, 21-26.
- Kuusik A. 1991. The determination of vegetation canopy parameters from optical measurements. - *Rem. Sens. Env.*, 37, 207-218.
- Mehandjiev, A., Chankova, S., Todorova, Y., Noveva, S., Mishev, D., Kancheva, R., Borisova, D., Hristova, R., Kapchina-Toteva, V., 2000. Cytogenetic and spectrometric study on cadmium pollution in peas. - *Compt. Rend. Acad. bulg. Sci.*, 53, 4, 39-42
- Penuelas, J., Gamon, J., Fredeen, A., Merino, J., Field, C. 1994. Reflectance indices associated with physiological changes in nitrogen- and water-limited sunflower leaves. - *Remote Sensing Environ.*, 48, 135-146.
- Shibayama, M., Takahashi, W., Morinaga, S., Akiyama, T. 1993. Canopy water deficit detection in paddy rice using a high resolution field spectroradiometer. - *Remote Sensing Environ.*, vol.45, 117-126.
- Thenkabail, P., Ward, A., Lyon, J., Merry, C. 1994. Thematic mapper vegetation indices for determining soybean and corn growth parameters. - *Photogr. Eng. & Rem. Sens.*, 60, 437-442.
- Yoder, B., Waring, R. 1994. The normalized difference vegetation index of small Douglas-fir canopies with varying chlorophyll concentrations. - *Remote Sensing Environ.*, 49, 81-91.
- Кънчева, Р., 1999. Оценка на състоянието на системата почва-растителност чрез използване на спектрометрични данни. Докторски труд, С., 144 с.
- Кънчева, Р., Георгиев, Г. 2000. Връзка между спектралните характеристики на земеделски култури и добива. - Юб. сб. 30 години организирани космически изследвания в България, ИКИ-БАН, С., 146-149.

*Recommended for publication by Department
Applied Geophysics, Faculty of Geology and Prospecting*