

ШУМ И НЕОПРЕДЕЛЕНОСТИ В ДИСТАНЦИОННИТЕ СПЕКТРОМЕТРИЧНИ ИЗМЕРВАНИЯ

Валентин Атанасов, Любомира Кралева, Георги Желев

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

Ключови думи: *Дистанционни изследвания, спектрометрични измервания, шум и неопределености.*

Абстракт: *В работата са анализирани източниците на шум и неопределености в спектрометричните измервания, извършена е тяхната систематизация и класификация по различни признаци и са посочени пътищата за минимизиране влиянието им.*

Като правило тези източници са с широк спектър и във всички случаи, когато данните от измерванията ще бъдат използвани за последващи анализи, те трябва да бъдат отчитани, като всеки от тях трябва да бъде локализиран, анализиран и характеризирани. Една част от тях трябва да бъдат определени и взети в предвид още в етапите на проектиране на спектрометричната апаратура, а за друга част трябва да бъдат набелязани процедури за изпълнение по време на измерванията.

Приложените анализ и класификация на източниците на шум и неопределеност, появяващи се в процеса на измерването, позволява не само количественото им определяне, но и планиране на процедури за предварителна обработка с цел изключване или свеждане до минимум влиянието им върху изходните данни, като по този начин се постига една по-добра съпоставимост на тези данни и се подобрява еднозначността на получената информация.

NOISE AND UNCERTAINTIES IN REMOTE SENSING SPECTROMETRIC MEASUREMENTS

Valentin Atanassov, Lubomira Krалеva, Georgi Jeleв

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

Key words: *Remote sensing, spectrometric measurements, noise and uncertainties.*

Abstract: *The paper presents an analysis of the sources of noise and uncertainties in spectrometric measurements, providing a systematic classification of such sources by various indicators, and outlining the approaches for minimizing their influence.*

As a rule, such sources feature a wide spectrum and in any case, when the measurement data will be used for follow-up analyses, they should be accounted for by localizing, analyzing, and characterizing each of them. Part of them should be defined and accounted for yet at the spectrometric equipment's design stage, and regarding the other part, procedures to be observed during the measurement stage should be outlined.

The analysis and classification of the sources of noise and uncertainties during the measurement stage provides not only for their quantitative determination, but also for the planning of preliminary processing procedures aiming to eliminate or minimize their influence on output data, thus ensuring better conditions for juxtaposing such data and reducing the ambivalence of obtained information.

1. Увод

Дистанционните спектрометрични измервания изискват решаване на редица мултидимензионни проблеми, тъй като регистрираната от приборите радиация е не само функция на спектралните отражателни характеристики на изследвания обект, но и на променливи, определящи общата стойност на радиацията на входа на сензора [1], и също така на други фактори, като например свойства на оптичната система, използвана електроника, и др.

Качеството на измерванията е най-трудният проблем на спектроскопията. Извършвани с практически инструменти, които са винаги неидеални, оптически чистите измервания са само приблизителни. Следователно интерпретацията на получените масиви данни е предмет на някаква неопределеност и е често зависима от предположения, които ще бъдат направени за обекта на измерване. Необходимо е да се идентифицират различните елементи на шум и неопределености при

последователността стъпки от формиране на изображения до класификацията на сцената, като се отчитат и неопределеностите и неточностите при самата класификация. Трябва да се отбележи, че този процес не може да бъде използван за отстраняване или компенсиране на евентуални недобри технически характеристики на системата, определени от етапите на конструиране. Крайният резултат от този процес е получаване на един относително независим от сензора и условията на измерване сигнал, който може да бъде използван за бъдещи анализи в дистанционните изследвания.

2. Източници на грешки в спектрометричните измервания

Основен източник на грешки е неопределеността и нестабилността на измерванията, извършвани с такива инструменти, регистриращи отразена радиация. В количествено отношение тази висока неопределеност се обуславя не само от източниците, формиращи общата мощност на пристигания на входа на прибора сигнал, но и от типа на използвания прибор. Изведеният в [2] функционал, отразяващ влиянието на различните съставни на комплексния входен сигнал върху изходния сигнал на сензора, и допълнен с влиянието на параметрите на самия прибор, може да бъде записан във вида:

$$S = f[T_{d,\lambda}, T'_{d,dif,\lambda}, \varphi, \theta, \rho_{g,\lambda}, T_{d,adj,\lambda}, T'_{d,dif,adj,\lambda}, \rho_{g,adj,\lambda}, W_a, T_{u,\lambda}, T'_{u,dif,\lambda}, L_{atm}, R_\lambda, \Delta A],$$

където: S - изходен сигнал на сензора, $T_{d,\lambda}$, $T'_{d,dif,\lambda}$, $T_{d,adj,\lambda}$, $T'_{d,dif,adj,\lambda}$ - коефициенти на пропускане на падаща директно попаднала и дифузна радиация, φ - ъгъл на падане, θ - ъгъл на наблюдение, $\rho_{g,\lambda}$, $\rho_{g,adj,\lambda}$ - коефициенти на отражение, W_a - коефициент на тежест, отчитащ ефекта на близост, $T_{u,\lambda}$, $T'_{u,dif,\lambda}$ - коефициенти на пропускане от изследваната повърхност към сензора, L_{atm} - атмосферна обратно разсеяна радиация, R_λ - спектрална характеристика на чувствителност на прибора, ΔA - изследвана площ във входната апертура на сензора.

Източниците на шум и неопределеност, в зависимост от етапите на появата им, могат да бъдат илюстрирани чрез диаграма, показана в Таблица 1, описваща процесите на формиране на данните и информацията в дистанционните изследвания. При всяка от стъпките в процеса на формиране на данните се идентифицират въвежданите шум и неопределености, които нарушават качеството на данните.

Таблица 1

ЕТАПИ	ПРОЦЕСИ	ИЗТОЧНИЦИ НА ШУМ
1. Спектрални характеристики на изследвания обект в полезрение IFOV и спектралните канали на прибора	Взаимодействие източник - обект	Естествени вариации на характеристиките в рамките на определен клас или смесени класове в полезрение на IFOV, $\Delta\rho_{g,\lambda}$
2. Падаща радиация върху изследваната повърхност като функция от директна и разсеяна слънчева радиация	Пропускане, разсейване	Преминала през атмосферата и променена слънчева радиация, $T_{d,\lambda}$, $T'_{d,dif,\lambda}$
3. Радиация върху изследваната повърхност като функция от ъгъла на падане и ъгъла на наблюдение на повърхността и особености на самата повърхност	Отражение и/или излъчване	Топографски въведени вариации (ъгъл на падане, ъгъл на наблюдение), особености на повърхността, емисионни ефекти, φ , θ , ΔA
4 Радиация от съседни области на изследваната повърхност като функция от падаща и отразена слънчева радиация и/или излъчване и	Сумиране, ефект на близост	Разсеяна радиация породена от радиацията, която се отразява от съседни площи на изследваната повърхност и след това се сумира в основния лъч, $T_{d,adj,\lambda}$, $T'_{d,dif,adj,\lambda}$

5. Обратно преминаване на отразената радиация през атмосферата	Пропускане, разсейване	Вариации в затихването при преминаване през атмосферата, разсеяна радиация, $T_{u,\lambda}$, $T_{d,dif,\lambda}$, $\rho_{g,adj,\lambda}$, W_a
6. Разсейване от атмосферата	Разсейване	Атмосферна обратно разсеяна радиация, която не оказва въздействие върху изследваната повърхност, L_{atm}
7. Формиране на изображение	Оптико-електронно преобразуване	Неидеалност на оптичната система, движение на изображението, шум в детектора, радиометрични и геометрични грешки от калибрирането, Δu , Δu_{dc} , Δr , Δg , ΔR_λ
8. Цифроване на изображението	Дискретизация. квантоване	Грешки от дискретизацията и квантоването, Δc , Δu_q
9. Цифрова обработка на изображенията	Алгоритми за обработка	Загуба на радиометрична и геометрична точност вследствие на процесите на обработка, Δr_p , Δg_p
10.Класификация	Алгоритми за класификация	Нехомогенност, грешки от позициониране, Δx , Δy
11. Вероятни характеристики на изследвания обект		

Източниците на нестабилност, в зависимост от произхода на генерирания шум, могат да бъдат разделени условно на две основни групи –

♦ източници на нестабилност, генерирани от външни за прибора фактори, към която група могат да бъдат причислени:

- вариации в оптичното отражение на изследвания обект предизвикани от ефектите на поглъщане, отражение, разсейване, излъчване;

- влияние на фона върху формиране на пълната мощност на лъчението, регистрирано от сензора;

- промени в оптичната проводимост на атмосферата, предизвикани от вариации в температура, налягане, количество водни пари и разпределение на молекули, влияещи на ефектите на поглъщане, отражение, разсейване;

- влияние на направлението на наблюдение на изследвания обект върху формиране на пълната мощност на лъчението, регистрирано от сензора;

♦ източници на нестабилност, генерирани от самия прибор, към която група могат да бъдат причислени:

- неидеалност на оптичната система;

- неидеалност на апаратурата, участваща в процеси на формиране на изображение, шумове в детектора, цифроване на данните.

Като допълнение може да се посочи, че значително влияние върху определяне на метричните характеристики на системата оказва качеството на електрониката и параметрите на апаратурата за обработка на данните.

Приложените класификации на източниците на шум и неопределености, появяващи се в процеса на измерването, позволяват не само количествено определяне, но и прилагане на предварителна обработка на данните с цел изключване или свеждане до минимум влиянието им върху изходните резултати, с цел по-добра съпоставимост на тези данни и подобряване на еднозначността на получената информация.

3. Резултати и изводи

1. Извършена е систематизация и класификация по различни признаци на източниците на шум и неопределености в дистанционните спектрометрични измервания.

2. Подходящата идентификация на източниците на шум и неопределености, появяващи се в процеса на измерването, позволява количественото им определяне и изключване от получените данни и една по-добра съпоставимост на тези данни, както и подобряване на еднозначността на получената информация. Този процес също демонстрира нуждата от предварителна обработка на данните преди да бъдат използвани в класификационните алгоритми.

3. С цел минимизиране влиянието на източниците на шум и неопределености една част от тях трябва да бъдат анализирани и взети в предвид още в етапите на проектиране на спектрометричната апаратура, а за друга част трябва да бъдат набелязани процедури за изпълнение по време на измерванията с цел минимизиране влиянието им.

4. Идентификацията на източниците на шум и неопределеност дава възможност за дефиниране на оптимални изисквания към параметрите и характеристиките на разработваните спектрометрични системи, като по този начин се оказва значително влияние върху усложняването и цената на бъдещите сензорни системи

5. Източниците на грешки в спектрометричните изследвания са с широк спектър и във всички случаи, когато данните от измерванията ще бъдат използвани за последващи анализи, те трябва да бъдат взети в предвид, като всеки от тях трябва да бъде локализиран, анализиран и характеризирен.

Литература:

1. S l a t e r, Ph. Remote Sensing. Optics and Optical Systems. London, 1980.
2. А т а н а с о в В., Г. Ж е л е в, Л. К р а л е в а. Уравнение на измерване в спектрометрични системи. Трета научна конференция с международно участие SENS 2007, 27 – 29 юни 2007 г. Варна.