Spectral libraries as spectral data source

Margarita Goranova, Denitsa Borisova

Space Research and Technology Institute-Bulgarian Academy of Sciences /SRTI-BAS/
Sofia, 1113, Acad. G. Bonchev str. bl. 1, dborisova@stil.bas.bg

Key words: Earth observations, remote sensing, laboratory and field spectrometric measurements, spectral data, spectral library

Abstract
Remote sensing is regularly used in Earth observations. Increasing the interpretation accuracy of remotely sensed data of the studied subjects requires performing measurements of reference spectra. Laboratory and field remote sensing spectrometric measurements provide a significant part of the spectral data for interpreting spectral images with different spatial resolution and for creating spectral libraries. Including data from different experiments in an accessible reference spectral library promises their continued exploitation, provides a basis for their qualitative assessment and allows the data to be exchanged between specialists from different scientific and applied areas.

Спектралните библиотеки - източник на данни за спектрите на природни обекти

Маргарита Горанова, Деница Борисова

Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките / ИКИТ-БАН/,
София, 1113, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 1; dborisova@stil.bas.bg

Ключови думи: наблюдения на Земята, дистанционни изследвания, лабораторни и полеви спектрометрични измервания, спектрални данни, спектрални библиотеки

Резюме
При наблюденията на Земята дистанционните изследвания са често използвани. За повишаване на точността при интерпретация на данните от дистанционните изследвания на изучаваните обекти се изисква провеждането на измервания на еталонни спектри. Лабораторните и полеви дистанционни спектрометрични измервания осигуряват значителна част от спектралните данни за интерпретиране на спектрални изображения с различна пространствена разделителна способност и за създаване на спектрални библиотеки. Включването на данни от различни експерименти в достъпна референтна спектрална библиотека гарантира тяхната продължителна експлоатация, осигурява основа за тяхната качествена оценка и позволява получените данни да се обменят между специалисти от различни научни и приложни области.

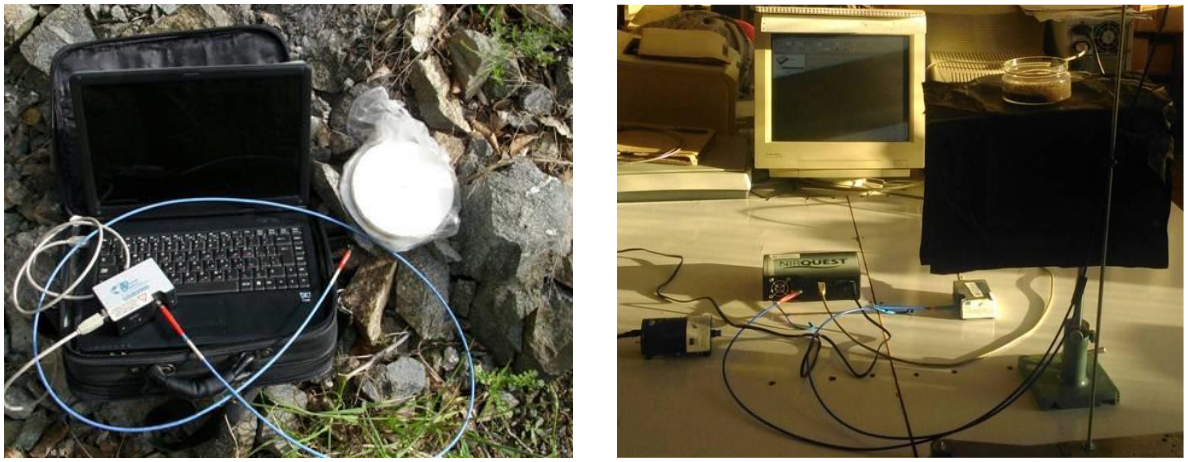
Спектрални библиотеки

In-situ референтните спектрални данни са много важни при наблюденията на Земята и при планирането на бъдещите спътникови мисии. Дистанционните спектрометрични измервания, направени in-situ (в лаборатория и на терен), предоставят полезна информация за изследователски проучвания и анализи на данни от сензори, разположени на аеро- и спътникови платформи. Анализът на лабораторните и полеви спектрални данни и от различни други платформи изисква база от знания, която се състои от различни спектрални данни за различни добре описани обекти на изследване.
В спектралната библиотека на Геоложката служба на САЩ (USGS) е описана структурата на библиотеката, съдържаща основна информация за описание и картографиране на материали и се представят важни стандарти за оформление (Kokaly et al., 2017). Спектралната библиотека USGS е най-голямата и е свързана с наблюденията на Земята и с планирането на спътниковите мисии. Като част от спектралната библиотека USGS и в същото време като независими тематични спектрални библиотеки са: Jet Propulsion Laboratory (JPL) (JPL, 2018), Университета Джон Хопкинс (JHU) (JHU, 2018), Щатският университет на Аризона (ASU) (ASU-TES, 2018; ASU, 2018), проектите ASTER / ECOSTRESS (ASTER, 2018), събират спектрални данни от лабораторни и полеви спектрометрични измервания. Библиотеките JPL и JHU съдържат отражателни спектри, библиотеката ASU съдържа излъчвателни спектри и библиотеката ASTER съдържа и двете. Друга спектрална библиотека за съхранение на спектрални данни и свързаните с това метаданни е базата със спектрални данни SPECCHIO (Hueni et al., 2011).

За обработка на спектралните данни от спектралната библиотека ASTER и спектралните библиотеки ENVI Spectral Python (SPy) се използва модул Python. SPy е безплатен софтуер с отворен код, разпространяван под лиценз GNU General Public License (ASTER and ENVI, 2018). Тематичните спектрални библиотеки в софтуера ENVI могат да бъдат създадени чрез Spectral Library Builder от различни спектрални източници, включително: ASCII файлове; спектрални файлове от специализирания софтуер на спектрометрите; други спектрални библиотеки; спектрални характеристики и графики (ENVI, 2018).
Спектралната библиотека USGS съдържа информация за спектралните характеристики предимно на минерали, скали, почви, растителност и други. Въз основа на спецификата на изследвания обект е започнало създаването на тематично ориентирани спектрални библиотеки (Ruby and Fischer, 2002). В областта на почвознанието са създадени и са в непрекъснат динамичен прогрес тематични спектрални библиотеки, включващи спектрални характеристики на почвите във връзка с техния компонентен и химически състав (Shepherd and Walsh, 2002; Rivard et al., 2008; Terra et al., 2015; Viscarra Rossel et al., 2016; ICRAF-ISRIC, 2018). За изучаване на растителността се провеждат изследвания, използващи спектрални измервания и допълнителна специфична информация за растителния тип, фенологията, съдържанието на хлорофил и т.н., които се включват в тематични спектрални библиотеки с постоянно активно развитие (Dudley et al., 2015; Clark, 2017). При изследването на водите също се създават и използват тематични спектрални библиотеки (Jay et al., 2017; Fang et al., 2009).
Тематичните спектрални библиотеки имат значително приложение при комбинирането на получените in-situ спектрални данни, специфичните свойства на изследваните обекти и спектралните данни от дистанционните изследвания (Tits et al., 2013). Използването на спектралните библиотеки при различните методи за обработка и интерпретация на спектрални данни се прилага по-често (Rivard et al., 2008; Terra et al., 2015; Dudley et al., 2015; Clark, 2017; Jay et al., 2017; Xu et al., 2018).
Авторите на това изследване целят да проучат възможностите на спектралните библиотеки като източник на спектрални данни за различни природни обекти. Също така планират да съберат в спектрална библиотека спектрални данни като се базират на опита от предишни експерименти (Kancheva, 1999; Stoimenov et al., 2014; Borisova and Petkov, 2014; Borisova, 2015) и като проведат нови спектрометрични измервания и дистанционни изследвания за създаване на тематична спектрална библиотека. Тя се състои от спектрални данни с метаданни и допълнителна информация за по-добро интерпретиране на изображения с различна пространствена разделителна способност от територията на България.

Спектрометрични системи

Спектрометричните измервания за получаване на спектрални данни се извършват в лабораторни и полеви условия със спектрометри. Авторите използват спектрометри, които работят в дължини на вълните, обхващащи спектралните диапазони от видимата /VIS/ до късовълната инфрачервена /SWIR/. Планира се използването на две различни спектрометрични системи за измерване на спектрите, които да бъдат включени в спектралната библиотека: (1) тематично ориентиран многоканален спектрометър /TOMS/, с работен спектрален диапазон от 0,4 до 0,9 микрона и (2) спектрометър NIRQuest с висока разделителна способност, с работен диапазон от 0,9 до 2,5 микрона, и двата модела на Ocean Optics Inc. Спектрометричните измервания на образци от минерали, скали, почви, растителност ще се извършват в лабораторни и полеви условия. В някои случаи пробите са пречистени, така че уникалните спектрални характеристики на изследваните обекти могат да бъдат свързани с тяхната типична структура. TOMS (Фигура 1а) е проектиран и асемблиран в секция “Системи за дистанционни изследвания” в Института за космически изследвания и технологии - БАН в сътрудничество с Алабамския държавен университет USA (Petkov et al., 2005).
Високопроизводителната оптична пейка, електрониката с нисък шум и различните опции за решетка правят NIRQuest Spectrometers най-добрият избор за модулно NIR-спектрометриране. Както при повечето разработки на Ocean Optics Inc., NIRQuest може да бъде персонализиран за специфично приложение с различни опции за решетка, процеп и огледало. NIRQuest е идеален за приложения, вариращи от анализиране на съдържанието на влага в храни и напитки до анализирането на следи от метали в отпадни води и характеризиране на лазери. NIRQuest с висока разделителна способност (Фигура 1б) се използва при лабораторни спектрометрични измервания (Ocean Optics, 2018).
В спектралните библиотеки всяка спектрална характеристика има описание, наречено също метаданни, асоциирано с получения спектър. Метаданните описват какво е измерено и могат да включват подробности за направените измервания и друга съпътстваща информация за естеството и състава на изследваните обекти. Въвежда се и допълнителна информация за проведените спектрометрични измервания.



(а) (б)

Фигура 1. Спектрометрични системи: (а) TOMS; (б) NIRQuest

Изводи

In-situ (лабораторни и полеви) дистанционни измервания осигуряват значителна част от спектралните данни за интерпретиране на спектрални изображения с различна пространствена разделителна способност и за създаване на тематични спектрални библиотеки. Включването на данни от различни експерименти в достъпна спектрална библиотека гарантира тяхната продължителна експлоатация, осигурява база за тяхната качествена оценка и им позволява да бъдат обменяни между специалисти от различни научни и приложни науки. Затова е необходимо допълването на спектралните библиотеки за кратки периоди в зависимост от предмета на изследването. Създаването, актуализирането и поддържането на спектрална библиотека изисква периодични лабораторни и полеви експерименти, включително спектрометрични измервания. Получените спектри могат да се използват за класификация на изображения и да се сравнят резултатите с данни от други спектрални библиотеки.

Благодарности

Работата е финансирана от субсидията за издръжка на обучението на докторантите в БАН за 2018 г.

Литература

ASTER and ENVI, http://www.spectralpython.net/, (accessed 1 October 2018).

ASTER, https://speclib.jpl.nasa.gov/, (accessed 1 October 2018).

ASU, http://speclib.asu.edu/, (accessed 1 October 2018).

ASU-TES, http://tes.asu.edu/spectral/library/index.html, (accessed 1 October 2018).

Borisova, D., 2015, Study of spectral reflectance characteristics of rocks PhD thesis, pp. 105.

Borisova, D., Petkov, D., 2014, “Analysis of spectrometric optical data from different devices”, Proc. SPIE 9245, pp. 92450B-1-92450B-7.

Clark, M.L., 2017, “Comparison of simulated hyperspectral HyspIRI and multispectral Landsat 8 and Sentinel-2 imagery for multi-seasonal, regional land-cover mapping”, Remote Sensing of Environment, 200, pp. 311-325.

Dudley, K., Dennison, P., Roth, K., Roberts, D., and Coates, A., 2015, “A multi-temporal spectral library approach for mapping vegetation species across spatial and temporal phenological gradients”, Remote Sensing of Environment, vol. 167, pp. 121-134.

ENVI, https://www.harrisgeospatial.com/docs/spectrallibraries.html, (accessed 1 October 2018).

Fang, L., Chen, S., Zhou, X., Liao, S., and Chen, L., 2009, “A web-based spectrum library for remote sensing applications of Poyang lake wetland” Geographic Information Sciences, vol. 13(1-2), pp. 3-9.

Hueni, A., Malthus, T., Kneubuehler, M., and Schaepman, M., 2011, “Data exchange between distributed spectral databases”, Computers & Geosciences, vol. 37(7), pp. 861-873.

ICRAF-ISRIC, http://www.worldagroforestry.org/sites/default/files/Description_ICRAF-ISRIC%20Soil%20VNIR%20Spectral%20Library.pdf, (accessed 1 October 2018).

Jay, S., Guillaume, M., Minghelli, A., Deville, Y., Chami, M., Lafrance, B., and Serfaty, V., 2017, "Hyperspectral remote sensing of shallow waters: Considering environmental noise and bottom intra-class variability for modeling and inversion of water reflectance", Remote Sensing of Environment, vol. 200, pp. 352-367.

JHU, https://speclib.jpl.nasa.gov/documents/jhu_desc, (accessed 1 October 2018).

JPL, https://speclib.jpl.nasa.gov/documents/jpl_desc, (accessed 1 October 2018).

Kancheva, R., 1999, "State assessment of the soil-vegetation system using spectrometric data", PhD thesis, pp. 142.

Kokaly, R., Clark, R., Swayze, G., Livo, K., Hoefen, T., Pearson, N.., Wise, R., Benzel, W., Lowers, H., Driscoll, R., and Klein, A., 2017, "USGS Spectral Library Version 7: U.S. Geological Survey Data Series 1035", 61.

Ocean Optics, https://oceanoptics.com/wp-content/uploads/OEM-Data-Sheet-NIRQuest.pdf, (accessed 1 October 2018).

Petkov, D., Nikolov, H., Georgiev, G., 2005, "Thematically Oriented Multichannel Spectrometer (TOMS)," Aerospace Research in Bulgaria, vol. 20, pp. 51-54.

Rivard, B., Feng, J., Gallie, A. and Sanchez-Azofeifa, A., 2008, "Continuous wavelets for the improved use of spectral libraries and hyperspectral data", Remote Sensing of Environment, vol. 112(6), pp. 2850-2862.

Ruby, J., and Fischer, R., 2002, "Spectral signatures database for remote sensing applications", Proc. SPIE 4816, pp. 156-163.

Shepherd, K.D. and Walsh, M.G., 2002, "Development of reflectance spectral libraries for characterization of soil properties", Soil Science Society of America Journal, vol. 66(3), pp. 988-998.

Stoimenov, A., Koleva, R., Dimitrov, V., Tepeliev, Y., Lubenov, T., and Kroumova, J., 2014, "Satellite mapping of Bulgarian land cover – CORINE 2012 project", Forestry ideas, vol. 20(2), pp. 189–196.

Terra, F.S., Demattê, J.A.M. and Viscarra Rossel, R.A., 2015, "Spectral libraries for quantitative analyses of tropical Brazilian soils: Comparing vis–NIR and mid-IR reflectance data", Geoderma, vol. 255–256, pp. 81-93.

Tits, L., Somers, B., Stuckens, J., Farifteh, J., and Coppin, P., 2013, "Integration of in situ measured soil status and remotely sensed hyperspectral data to improve plant production system monitoring: Concept, perspectives and limitations", Remote Sensing of Environment, vol. 128, pp. 197-211.

Viscarra Rossel, R.A., Behrens, T., Ben-Dor, E., Brown, D.J., Demattê, J.A.M., Shepherd K.D., Shi, Z., Stenberg, B., Stevens, A., Adamchuk, V., Aïchi, H., Barthès, B.G., Bartholomeus, H.M., Bayer, A.D., Bernoux, M., Böttcher, K., Brodský, L., Du, C.W., Chappell, A., Fouad, Y., Genot, V., Gomez, C., Grunwald, S., Gubler, A., Guerrero, C., Hedley, C.B., Knadel, M., Morrás, H.J.M., Nocita, M., Ramirez-Lopez, L., Roudier, P., Rufasto Campos, E.M., Sanborn, P., Sellitto, V.M., Sudduth, K.A., Rawlins, B.G., Walter, C., Winowiecki, L.A., Hong, S.Y. and Ji, W., 2016, "A global spectral library to characterize the world's soil", Earth-Science Reviews, 155, pp. 198-230.

Xu, X., Li, J., Wu, C., and Plaza, A., 2018, "Regional clustering-based spatial preprocessing for hyperspectral unmixing", Remote Sensing of Environment, vol. 204, pp. 333-346.