

Talajparaméterek vizsgálata feltalaj spektroradiométeres reflektancia tulajdonságainak elemzése alapján

Bakos Károly Livius – Dobos Attila Csaba – Nagy János

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,

Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen

karoly.bakos@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben bemutatásra kerül a Mugello Völgyben Észak-Olaszországban gyűjtött feltalaj reflektancia minták vizsgálatának módszertana, illetve az, hogy hogyan lehet a feltalaj reflektancia értékeit normalizálni, ezzel alkalmassá tétve a talaj átfogó modellezésére. A mintákat 2012 októberében gyűjtöttük terepi munka során. A terepi munkát egy olyan kutatás alapozta meg, amely archeológiai lelőhelyek feltárásával foglalkozik és melyben a lelőhelyeket érintő korábbi talajmozgások és morfológia kulcs szerepet játszik a leletek pontos dátumozásában, illetve további lelőhelyek felkutatásában. A mögöttes projekt célja az, hogy a feltalaj reflektancia paraméterek segítségével a teljes talajra lehessen becsléseket végezni talajfizikai és talajkémiai tulajdonságok mennyiségi és minőségi viszonyainak tekintetében. A munka során több mint 2000 mérési ponton gyűjtöttünk össze a feltalaj, vegetáció vagy teljes talajszelvény jellemzésére szolgáló spektroradiométeres adatot, melyeket spektrális könyvtárba rendeztünk. Ahhoz, hogy az adatok hasznosan elemezhetőek és összehasonlíthatóak legyenek szükséges volt az adatok normalizációja, melynek keretében relatív összehasonlíthatóak lesznek a mért értékek a különböző hullámhossztartományokban. Az eredményeink meglehetősen biztatóak a további vizsgálatok lefolytatásának tekintetében, ugyanis a normalizált mérési adatok már alkalmassá mutatnak a talaj paraméterek modellezésére, ellentétben a nyers mérési adatokkal.

Kulcsszavak: spektroszkópia, talaj, reflektancia, terepi távérzékelés, radiometria

SUMMARY

In this article we are presenting the methodology applied to analyse and interpret the topsoil surface reflectance parameters of multiple samples collected in the Mugello valley area in northern Italy in October 2012. The main aim of the whole project was to discover geomorphological behaviour and situation of the area in order to improve potential for correct dating of certain archaeological artefacts found in the nearby areas. One of the crucial problem researchers are facing in the area is the lack of understanding of the underlying geological and geomorphological processes that were describing and characterizing the area and that played important role not only in the current geography and landscape formation but also in the transportation of various sediments and artefacts. In this particular research the main aim is to examine the possibility of developing a quick way to assess low level properties of the soil using hand held spectrometer and rapid analysis of cross-section using in situ measurement techniques. In this work we collected over 2000 individual samples of topsoil surface reflectance properties that we organized into a spectral library. This library is then to be used to describe physical and chemical processes in the soil. To support the analysis results were compared to analysis results from different kind of assessments in the same area. Our results show a great potential of application of hand held imaging spectrometer in soil property analysis based on the top soil surface reflectance parameters.

Keywords: spectroscopy, soil, reflectance, field based remote sensing, radiometry

BEVEZETÉS

A fizika területén kívül is jelentős a spektroszkópia mint technológia alkalmazása. Miután jelenleg több cég is kínál olyan spektroradiométeres mérőeszközt, melyek alkalmasak és alkalmazhatóak in situ mérések elvégzésére, az agrárkutatások területén is jelentős mértékben javult a technológia alkalmazhatósága. A szakirodalomban számos eredmény született a különböző alkalmazási lehetőségek kapcsán, melyek között szerepel karakterizálás (Mulder et al., 2013), a feltalaj karbontartalmának becslése és előrejelzése (Nocita et al., 2011), valamint ásványi anyag és mennyiségi összetétel vizsgálatok elvégzése (Zhang et al., 2012; Shen et al., 2013; Giguet-Covex et al., 2013; Guo et al., 2013). Ezen munkák a technológia nagyfokú alkalmazhatóságára és a spektroradiometria mint eszköz hasznosságára is jó például szolgálnak. A talajvizsgálatok és talajparaméterek becslése kapcsán is számos tudományos eredmény és publikáció született arról, hogy a spektroradiometriás méréseket szélesebb körben próbáljuk meg alkalmazni

(Miralles et al., 2012; Arfaoui et al., 2012; Staunton et al., 2012; Alexis et al., 2012; Roth et al., 2012; Rovira et al., 2012; Cârstea et al., 2012; Solomon et al., 2012). Amíg Cârstea et al. (2012) azt állapította meg, hogy a spektroradiométeres vizsgálatok nagyon hatékonyak addig Arfaoui et al. (2012) azt is állítja, hogy nem csak időben gyorsabbak a vizsgálatok, de a jelenlegi technológiával sokkal költséghatékonyabb is. A spektroradiométeres vizsgálatok két módon történhetnek. Egyfelől úgy, mint Shen et al. (2013) által végzett abszolút mérések eredményeinek kiértékelése alapján, vagy pedig relatív kiértékelés útján, ahogyan azt Zhang et al. (2012) illusztrálja. Jelen vizsgálatok esetében az utóbbi relatív mérési eredmények alkalmazásával foglalkoztunk és a kutatás tárgyát a terepi munkavégzés során idő és költség limitációk által korlátozott adatok normalizálása és annak módszertana képezi.

A terepi munka 2012. október 1. és október 8. között került elvégzésre Észak-Olaszországban a Mugello-völgyben található Borgo Saint Lorenzo területen. A kutató munka során az ASD FieldSpec 3 terepi spektro-

radiometriás mérőműszerrel gyűjtöttünk a talajfelszín, a feltalaj és a horizontális és vertikális talajminták jellemzésére alkalmas spektrális könyvtárba anyag-színképeket. A FieldSpec JR mérőműszer a 350 és 2500 nanométeres tartományban képes a spektrális reflexancia értékeket megmérni és rögzíteni 10–20 mikronos spektrális felbontás mellett. Ez meglehetősen komplex anyagvizsgálatra ad lehetőséget, mely a különböző keskeny hullámhossztartományokban mérhető energia visszaverődések mérésén alapul. A műszer kifejezetten terepi munka végzésére lett fejlesztve így jelentősen megkönnyíti a mozgás közbeni mintavételezést, és az eszköz meglehetősen kompakt is. Az eredmények kiértékelése és az analízis szoftveres környezetben történik, ahol lehetőség van a spektrumok grafikus megjelenítésére és vizuális összehasonlítására is.

A területen archeológiai kutatásokat folytatnak, és már eddig is jelentős leleteket tártak fel. Jelen mérések célja, hogy a korábbi években lefolytatott geomorfológiai és talajtani vizsgálatokat egyszerűbb és gyorsabb spektrometriás méréssel helyettesítsük, illetve a geo-elektromos méréseket, valamint a talaj hidrológiai paramétereinek vizsgálatát spektrometriás mérésekkel segítsük. Ennek kezdeti lépése a mérések tervezése, a kalibráció, a mérési eredmények validálása és normalizálásának kidolgozása.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A munka során a mérőeszköz a terepi környezetbe került kitelepítésre és a mérési protokolloknak megfelelő módon kalibrálás után kerültek a mérések elvégzésre. Különös gondot fordítottunk a mérőműszer megfelelő bemelegítésére, miután laboratóriumi mérések végzése során világossá vált, hogy a nem megfelelő üzemi hőfokon elindított mérések az eredményeket negatív módon befolyásolják, minthogy a műszer az üzemi hőfok elérése előtt instabil. Emellett a protokollnak megfelelően minden mérés előtt a műszer saját zaját rögzítettük a "Dark Current" mérése segítségével, valamint a mérést referencia panel segítségével kalibráltuk. Ez igen nagy kihívás terepi környezetben tekintettel arra, hogy az atmoszferikus viszonyok roppant gyorsan változnak. Mindezek mellett, minthogy a mérések október folyamán történtek a helyszín révén a fényviszonyok még megfelelőek voltak, de az égővnek megfelelő klimatikus viszonyok, valamint az évszaki sajátosságok nagymértékben hátráltatták a jó minőségű mérési eredmények képzését. Ezek fényében a mérések az 1. ábra szerint zajlottak.

Miután a mérések a fent leírtak miatt meglehetősen kihívás elé állítottak, illetve hogy a munka fajlagos költségeit csökkentésük a mérések a már korábbi évek során terepi mintával rendelkező területen lettek elvégezve. A 2. ábrán bemutatott térkép a mérések helyszínét és annak környezetét mutatja be.

A mérési stratégia úgy került meghatározásra, hogy minden mérési ponton a "Dark Current" és fehér referencia értékek mellett öt egyéni mérés került elvégzésre. Ez azért került így lebonyolításra, mert jelen kutatások egyik célja a megfelelő mérési módszer kidolgozása

volt, így pedig megfelelő mérési szám állhatott rendelkezésre a mérési hibák modellezésére a későbbiekben, illetve statisztikailag megfelelően korrigálhatóak a mért eredmények. A gyorsan változó környezeti paraméterek miatt a kiértékelések során ennek ellenére is jelentős mennyiségű mérési adatot kellett törölni extrém értékek miatt. Az így előállított spektrális adatbázis egy mérési pont esetén a 3–4. ábrán kerül bemutatásra és grafikus szemléltetésre a mintavételezési stratégia jobb szemléltetése okán.

1. ábra: A spektrometriás mérések általános menete a terepi munka során

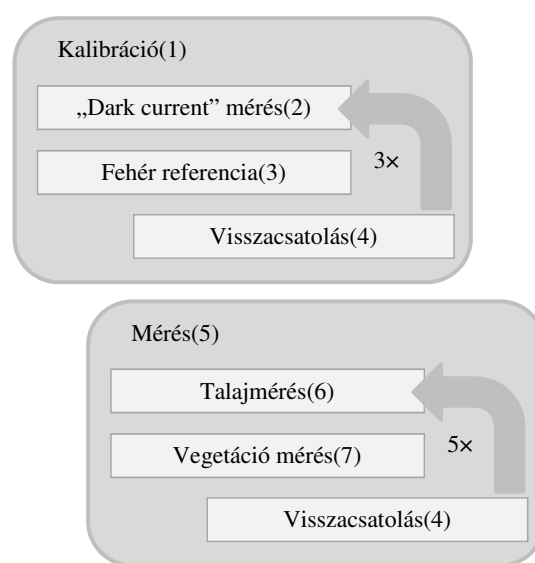
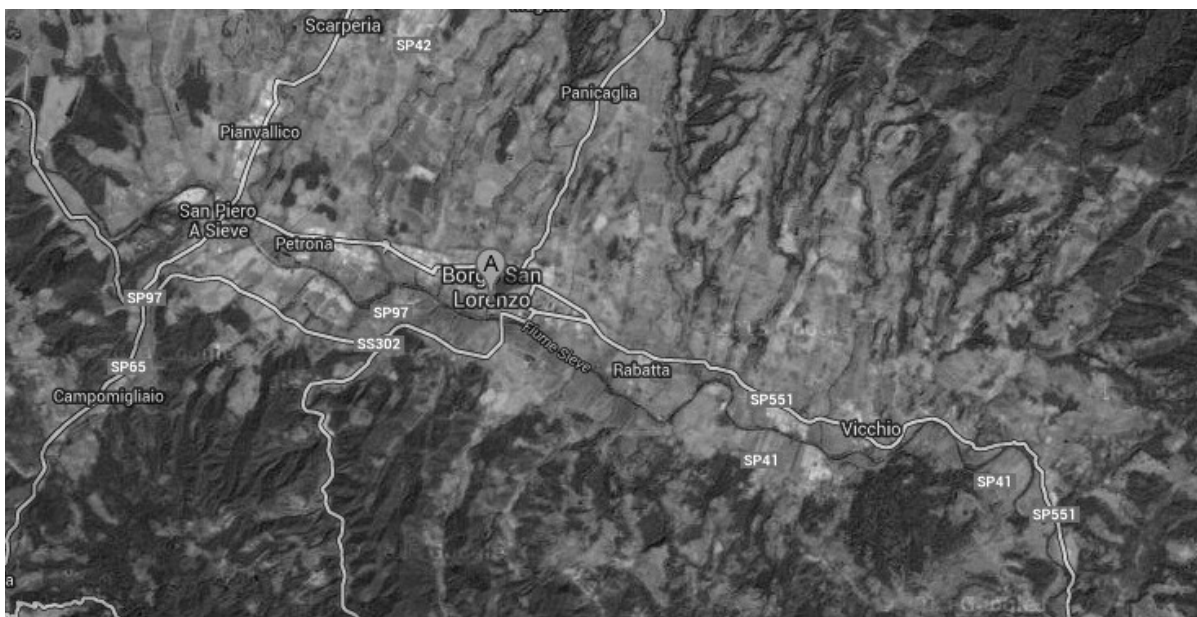


Figure 1: Generic framework of the measurements applied in the research by hand held spectrometer

Calibration(1), "Dark current" measurement(2), White reference(3), Feedback loop(4), Measurement(5), Soil measurement(6), Vegetation measurement(7)

Ahhoz, hogy az adathalmazt normalizáljuk (Baber et al., 2011) az adatokat részletesen meg kellett vizsgálni. A rendelkezésre álló referenciaméréseket az esetleges korrigációkra is használtuk amennyiben annak szükségessége mutatkozott, illetve a kirívó mérési hibákkal rendelkező mérési eredmények törlésre kerültek az adatbázisból. Ezután, az adatok természete, illetve az elemzés alapján a hisztogram párosításon alapuló normalizálási eljárás (Shuang et al., 2011) mutatta a legnagyobb mértékű alkalmazhatóságot az adott problémára. Ennek során két spektrumot használtunk. Egy referenciát és egy mintát, melyek hisztogramját számítógépes eljárással számoltuk ki. Ezek után a kumulatív eloszlási függvényét is meghatároztuk a két spektrum hisztogramjának, mint $F_1()$, a referencia spektrum és $F_2()$, cél spektrum esetében. Ezek után minden $G_1 \in [0,255]$, szürke érték esetén megkerestük azt a G_2 értéket, amire $F_1(G_1)=F_2(G_2)$ igaz. Ennek eredménye a hisztogram párosítási függvény: $M(G_1)=G_2$. Végül pedig az $M()$ függvényt alkalmaztuk minden egyes mért spektrum esetén.

2. ábra: A mintaterület és környezetének térképe (Mugello-völgy, Észak-Olaszország)



Forrás: Google térkép

Figure 2: Map of the area in concern with Borgo San Lorenzo (A) in the middle

Source: Google's map

3. ábra: Mérési minták szemléltetése egy adott mérési pont esetében [Feltalaj (a), Festuca Pratensis (b), Poa Pratensis (c), Festuca Rubra (d)]

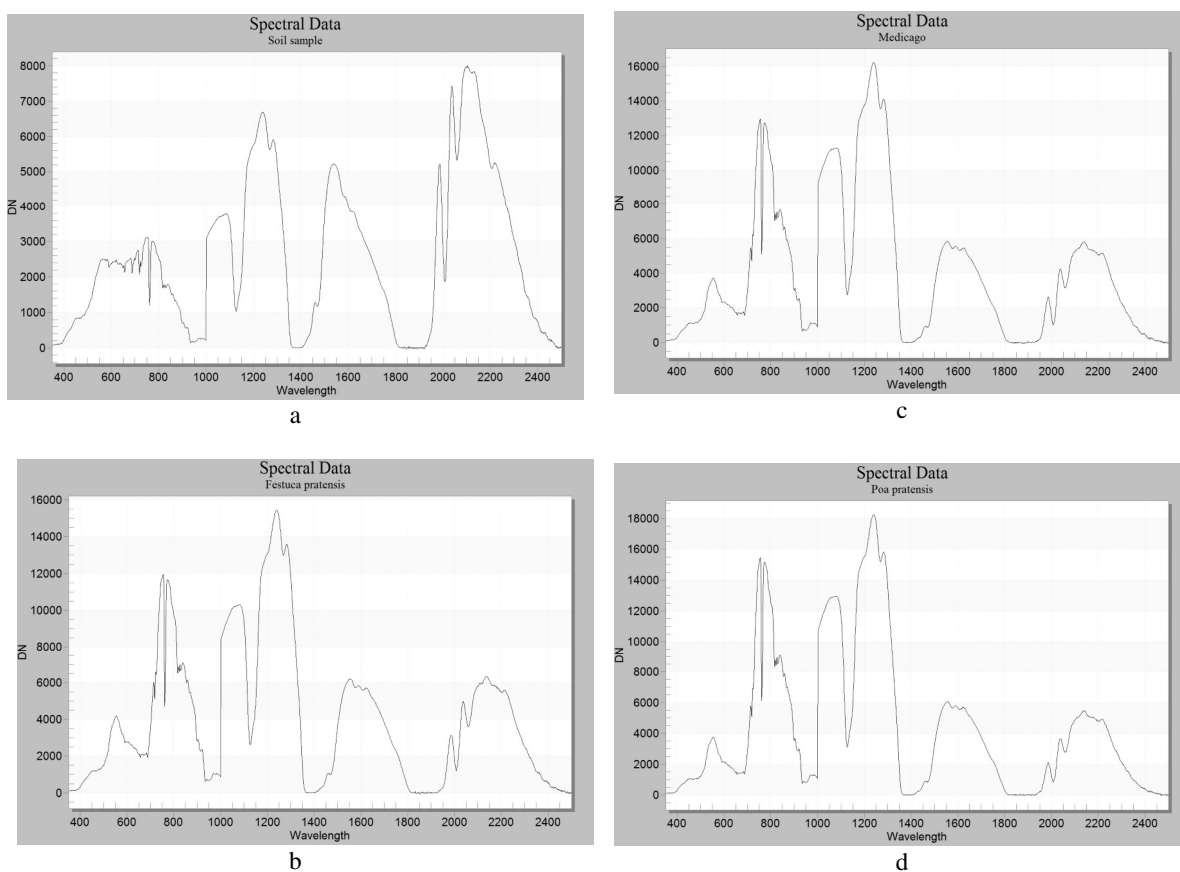
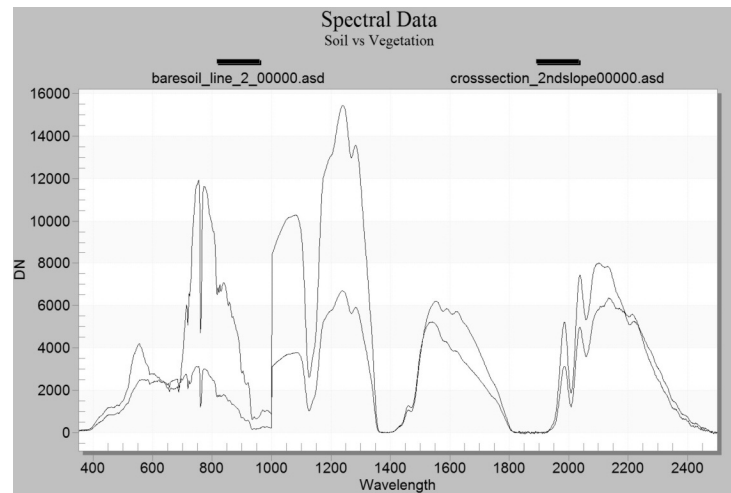
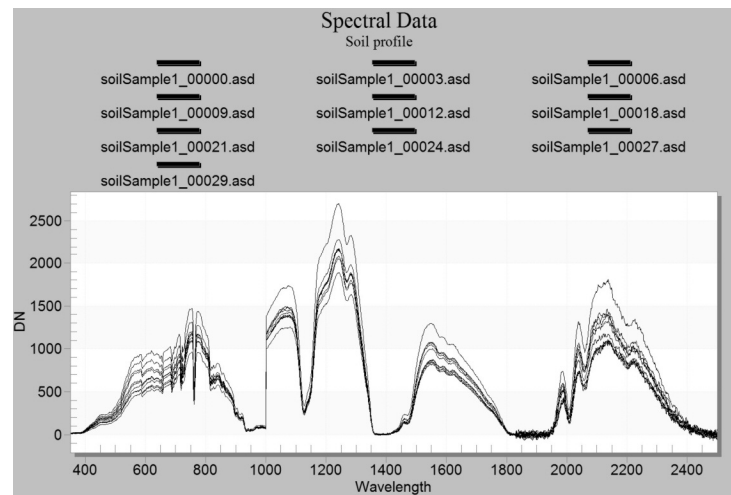


Figure 3: Samples collected at a single spot. Top Soil (a) Vegetation 1 (b) Vegetation 2 (c) Vegetation 3 (d)

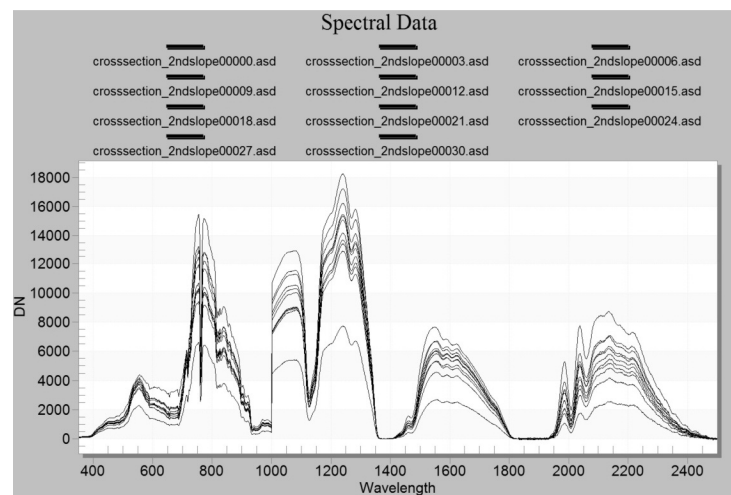
4. ábra: Horizontális szelvény összehasonlítása különböző spektrumok esetében
 [Talaj és vegetáció kontraszt (a), horizontális feltalaj profil (b) és vegetációs horizontális profil (c)]



a



b



c

Figure 4: Comparison of certain spectra collected along the line of a cross-section. Soil against the surrounding vegetation (a) Soil profile along the cross-section (b) and vegetation profile along the cross-section (c)

EREDMÉNYEK

A kutatás fő kimeneti eredménye egy olyan spektrális könyvtár adatbázis, mely a különböző feltalajok és keresztaszvélvények spektrális reflektancia értékeit, illetve tulajdonságait normalizált módon tárolják az adott Mugello-völgyi terület esetében. A mérések összhangban vannak a geo-elektromos és talajinfiltrációs mérések eredményeivel, így azokkal a későbbiek folyamán már direkt módon összevethetőek, illetve kereszt-kalibrálhatóak. Ezzel lehetőség nyílik majd a mérések tényleges kiváltására. Az 5. ábrán bemutatjuk a normalizált és normalizálás előtti mérési adatokat az összevethetőség okán.

A normalizálás során a cél, hogy a mérési eredmények összevethetőek legyenek azáltal hogy a torzítások melyek a különböző ún. "gain" és "offset" eltolási

értékekből fakadnak. Ezek jelentős része az eltérő környezeti viszonyokat, nem pedig az eltérő mért adatokat tükrözik, ezért eltávolításuk segíti a helyes elemzések elvégzését.

A fentiek alapján a kutatás eredménye továbbá, hogy a jövőben lehetőség nyílik tényleges és realiztikus talajelemzések és hosszszelvénvizsgálatok elvégzésére spektroradiometriás mérések segítségével, ugyanis ezen adatok már ténylegesen összevethetőek. Ez egy következő lépésben lehetővé teszi, hogy a feltalaj színképelemzése révén következtetéseket vonjunk le a mélyebb talajrétegek fizikai jellemzőire, a talajrétegek eloszlására, illetve a hidrológiai tulajdonságokra vonatkozóan, amennyiben az adatbázist kereszt-kalibráljuk a geo-elektromos mérésekkel, illetve a hidrológiai mérések eredményeivel, ami egy következő kutatási cél.

5. ábra: Különbségek a feltalaj ,profil esetében a normalizálás előtt (a), szórás és átlag négy minta esetéb (b) és normalizált adathalmaz (c)

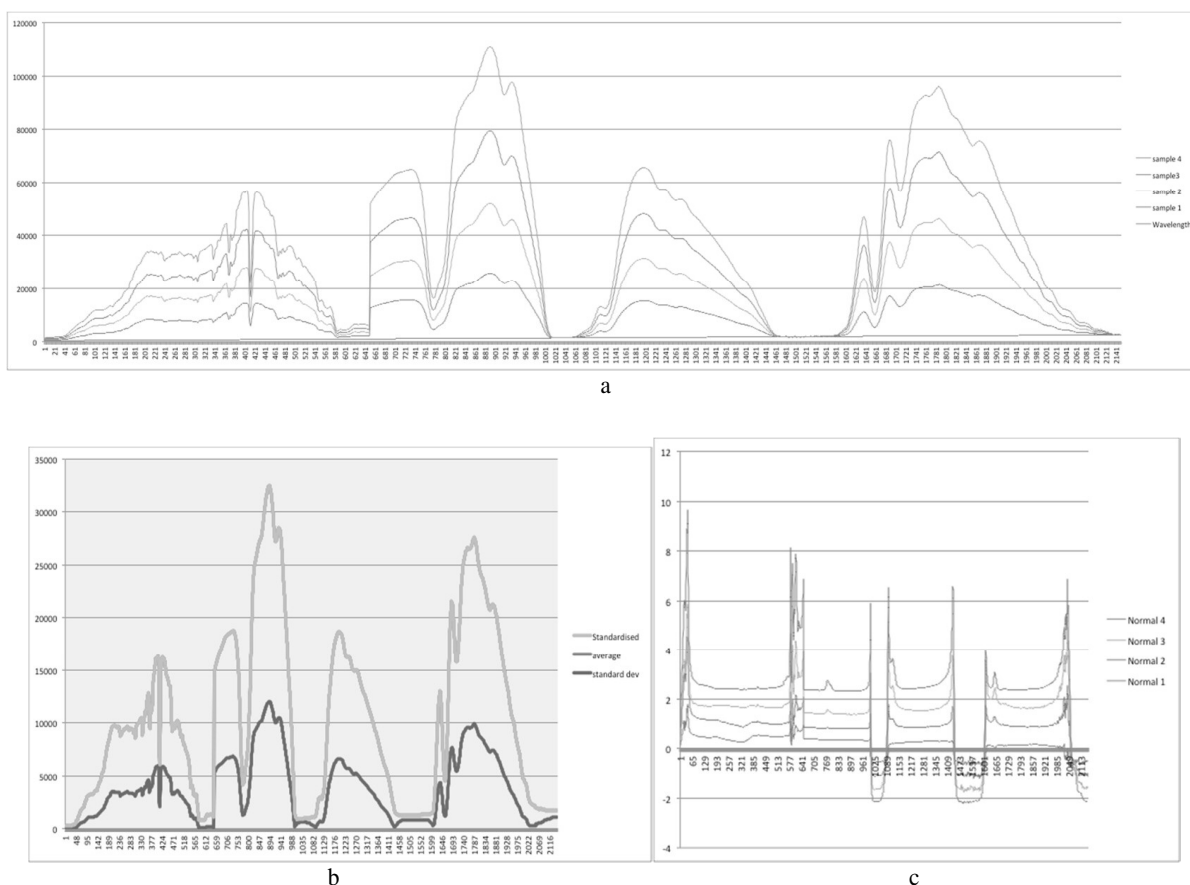


Figure 5: Differences of top soil reflectance properties before (a) the deviation and average values of 4 samples (b) normalisation of the datasets (c)

ÉRTÉKELÉS

A cikkben bemutatásra került, hogy hogyan lehetséges terepi spektroradiometriás méréseket normalizálni, ezzel összehasonlíthatóvá és elemezhetővé tenni. Az adattanszformáció révén, illetve a normalizált adatbázis előállítás után a mért adatok már egymással is

összehasonlíthatóak, illetve a későbbiek folyamán, ahogy bemutatásra került alkalmazhatóak lesznek egyéb talajparaméterek vizsgálatára is. További labormérések segítségével az is lehetővé válik, hogy a talaj-paraméterek szempontjából fontos hullámhossz-tartományokat határozzunk meg, melyek alkalmasak a talaj hasonló leírására. Ezt például főkomponens analízis, vagy füg-

getlen komponens becslés révén is el lehet érni. Ez a későbbiekben lehetőséget nyújtana arra, hogy spektrálisan kevésbé részletes, de például nem pontmérésen alapuló "frame based" szenzor segítségével multi-spektrális képeket értékeljünk ki. A munka során bizonyossá vált, hogy a mérések során nagy hangsúlyt kell hogy kapjon a mérés tervezése, illetve a spektrometriás mérések során az éghajlati különbözőségek kiküszöbölése. Következő lépés jelen kutatási terü-

leten a létrehozott spektrális adatbázis segítségével történő tényleges paraméter becslés, illetve modellek generálása.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését az FP7-REGPOT-2010-1 UD_AGR_REPO projekt támogatta.

IRODALOM

- Alexis, M. A.–Rasse, D. P.–Knicker, H.–Anquetil, C.–Rumpel, C. (2012): Evolution of soil organic matter after prescribed fire: A 20-year chronosequence. *Geoderma*. 189–190: 98–107.
- Arfaoui, A. E.–Sayen, S.–Paris, M.–Keziou, A.–Couderechet, M.–Guillon, E. (2012): Is organic matter alone sufficient to predict isotoproturon sorption in calcareous soils? *Science of The Total Environment*. 432: 251–256.
- Baber, I.–Tamby, J. P.–Manoukis, N. C.–Sangaré, D.–Dombia, S.–Traoré, S. F.–Maiga, M. S.–Dembélé, D. (2011): A python module to normalize microarray data by the quantile adjustment method. *Infection, Genetics and Evolution*. 11. 4: 765–768.
- Cârstea, E. M.–Ghervase, L.–Pavelescu, G.–Iojă, C. I. (2012): Correlation of Dissolved Organic Matter Fluorescence and Several Metals Concentration in a Freshwater System. *Procedia Environmental Sciences*. 14: 41–48.
- Giguët-Covex, C.–Poulenard, J.–Chalmin, E.–Arnaud, F.–Rivard, C.–Jenny, J. P.–Dorjoo, J. M. (2013): XANES spectroscopy as a tool to trace phosphorus transformation during soil genesis and mountain ecosystem development from lake sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 118: 129–147.
- Guo, X. J.–Yuan, D. H.–Jiang, J. Y.–Zhang, H.–Deng, Y. (2013): Detection of dissolved organic matter in saline–alkali soils using synchronous fluorescence spectroscopy and principal component analysis. *Spectrochimica Acta. Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 104: 280–286.
- Miralles, I.–van Wesemael, B.–Cantón, Y.–Chamizo, S.–Ortega, R.–Domingo, F.–Almendros, G. (2012): Surrogate descriptors of C-storage processes on crusted semiarid ecosystems. *Geoderma*. 189–190: 227–235.
- Mulder, V. L.–de Bruin, S.–Weyermann, J.–Kokaly, R. F.–Schaepman, M. E. (2013): Characterizing regional soil mineral composition using spectroscopy and geostatistics. *Remote Sensing of Environment*. 139: 415–429.
- Nocita, M.–Kooistra, L.–Bachmann, M.–Müller, A.–Powell, M.–Weel, S. (2011): Predictions of soil surface and topsoil organic carbon content through the use of laboratory and field spectroscopy in the Albany Thicket Biome of Eastern Cape Province of South Africa. *Geoderma*. 167–168: 295–302.
- Roth, E.–Mancier, V.–Fabre, B. (2012): Adsorption of cadmium on different granulometric soil fractions: Influence of organic matter and temperature. *Geoderma*. 189–190: 133–143.
- Rovira, P.–Romanyà, J.–Duguay, B. (2012): Long-term effects of wildfires on the biochemical quality of soil organic matter: A study on Mediterranean shrublands. *Geoderma*. 179–180: 9–19.
- Shen, Z. Q.–Shan, Y. J.–Peng, L.–Jiang, Y. G. (2013): Mapping of Total Carbon and Clay Contents in Glacial Till Soil Using On-the-Go Near-Infrared Reflectance Spectroscopy and Partial Least Squares Regression. *Pedosphere*. 23. 3: 305–311.
- Shuang, Z.–Gang, J.–Yu-ping, Q. (2011): Gray Imaging Extended Target Tracking Histogram Matching Correction Method. *Procedia Engineering*. 15: 2255–2259.
- Solomon, D.–Lehmann, J.–Wang, J.–Kinyangi, J.–Heymann, K.–Lu, Y.–Wirrick, S.–Jacobsen, C. (2012): Micro- and nano-environments of C sequestration in soil: A multi-elemental STXM–NEXAFS assessment of black C and organomineral associations. *Science of The Total Environment*. 438: 372–388.
- Staunton, S.–Razzouk, R.–Abadie, J.–Quiquampoix, H. (2012): Water-extractable soil organic matter inhibits phosphatase activity. *Soil Biology and Biochemistry*. 55: 14–16.
- Zhang, A.–Chen, Z.–Zhang, G.–Chen, L.–Wu, Z. (2012): Soil phosphorus composition determined by ³¹P NMR spectroscopy and relative phosphatase activities influenced by land use. *European Journal of Soil Biology*. 52: 73–77.0