



Növénytermesztési tartamkísérletek vizsgálata földközeli és légi távérzékelteknológiával

Burai P., Lénárt Cs.

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmányunk célja kis táblaméretű tartamkísérletek távérzékeléssel történő vizsgálata. Két alföldi gazdaságban végeztünk vizsgálatokat, ahol kisparcellás tartamkísérleteket vannak beállítva. A távérzékelte felvételek elemzése során számba vettük a leggyakrabban használt távérzékelte adatforrásokat, ezek használhatóságát a kis parcellaméretetek esetében. Kutatásunk során TETRACAM ADC multispektrális (3 csatornás) kamerával földközeli (0,5-3m), illetve alacsony repülési (300-500m) magasságból készítettünk felvételeket. Megvizsgáltuk a kamerával készített felvételek geometriai pontosságát és elvégeztük a felvételek geometriai transzformációját. Az alacsony repülési magasságból (300-500m) készített felvételekkel nagy térbeli felbontású képeket készítettünk (0,4-0,6m), amelyek kalibrációját földi azonosító pontok használatával végeztük el. A terepi mintavételek során borítás és biomassza vizsgálatokat végeztünk, amelynek pontszerű adatait összehasonlítottuk a felvételekkel. A multispektrális elemzés alkalmával növényi vegetációs indexet (NDVI) számítottunk, amit a terepi mintavétel során mért levélfelület indexsel (LAI), szármagasság, szemtömeggel hasonlítottunk össze.

(Kulcsszavak: távérzékelés, GIS, fotogrammetria, multispektrális elemzés, NDVI)

ABSTRACT

Evaluate small plot-sized long period reserches by airborne and near-field remote sensing

P. Burai, Cs. Lénárt

University of Debrecen, Centre of Agricultural Sciences, Department of Water and Environmental Management
H-4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

The aim of the study was the evaluation of small plot-sized long-period researches by remote sensing. We examined two sites in the Hungarian Great Plain, where small parceled long-period researches are being set. By the analysis of remotely sensed images we defined the most often used remote sensed data sources, the usability of them in the case of the small parcel-sizes. During our research, we took near-field (0,5-3 m) photos in low flying height (300-500 m) by TETRACAM ADC multispectral (3 channels) camera. We analyzed the geometric accuracy of the images taken by the camera and made the geometric transformation of these images. We made high resolution images (0,4-0,6 m) from the photos, which were taken form low flying height (300-500 m). We calibrated them by using ground control points. We made overlay and biomass researches during the terrain sampling, and we compared the pointwise data of them with the images. We calculated NDVI during the multispectral analysis and we compared it with the Leaf Area Index (LAI), stem height and grain mass, which have been measured during the sampling.

(Keywords: remote sensing, GIS, photogrammetry, multispectral analysis, NDVI)

BEVEZETÉS

Növénytermesztési tartamkísérletek során különböző fajtákkal és kezelésekkel (tápanyag, növényvédelem, talajművelés, stb.) végeznek kis méretű parcellákban kísérleteket, ellenőrzött körülmények között. A vegetációs időszakban szükség lehet különböző mérésekre, amely a hagyományos mintavételi eszközökkel nagy munkaigényű, nehezen kivitelezhető. Eredményes vizsgálatokat végeztek különböző távérzékelő eszközökkel, a gyomosodottság (Tamás, 2005) és a növényi betegségek okozta elváltozások (Laudien at al., 2003) precíziós mérésére. Napjainkban a távérzékelte felvételek felhasználásának erőteljes növekedése figyelhető meg. A távérzékelte felvételek elemzésével gyorsabban és olcsóbban nyerhetünk adatokat, mint a földi mintavétel során (Sabins, 1996). A távérzékelési eredmények megbízhatóságát elsősorban a térbeli és a spektrális felbontás határozza meg (Condit, 1970), azonban a különböző adatok felhasználhatóságát a felvételek nagysága, hozzáférhetősége, visszatérési idő nagyban befolyásolja. A távérzékelte adatok elemzésével a talajról és a növényzetről egyaránt nyerhetünk információt (Zilinyi, 2000), amelyek nagy előnye, hogy nem csak pontszerű adatot kapunk, hanem az állományon belüli eltérések térben is értékelhetőek (Seelan at al., 2003). A tanulmányunkban kis táblaméretű tartamkísérletek távérzékeléssel történő vizsgálatát végezzük el TETRACAM ADC digitális multispektrális kamerával. A tanulmány első részében a kamera geometriai és radiometriai vizsgálatát mutatjuk be, majd a terepi mintavételek értékelését ismertetjük.

Ma már különböző térbeli felbontású és spektrális összetételű távérzékelte adatforrásokat használhatunk a mezőgazdasági és környezetvédelmi célú vizsgálatokhoz (Mucsi,2004). Az 1. táblázat azoknak az adatforrásoknak az alapadatait tartalmazza, amelyeket a Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszéke mezőgazdasági és környezetvédelmi célú elemzésre alkalmaz.

1. táblázat

A kutatás során alkalmazott távérzékelte adatforrások tulajdonságai

Távérzékelte felvétel (1)	Képméret (2)	Terepi felbontás (3)	Csatornák száma (4)	Csatornák (µm) (5)	Felvétel készítés időpontja (6)
LANDSAT 7 ETM+	170×183 km	MS: 30m TIR: 60m PAN: 15m	7	1.-5.: 0,45-1,75 7.: 2,08-2,35 6.: 10,40-12,50 PAN: 0,52-0,90	16 naponta (7)
SPOT 5	60×60 km	SWIR: 20m MS: 10m PAN: 5/2,5 m	4	MS: 1. 0,49-0,79; 2. 0,61-0,89; 3. 0,61-1,58;4. 0,68-1,75; PAN: 0,49-0,69	-
DAIS - 7915	3990 m × 8735 m*	5m*	79	1.-32.: 0,40-1,00 (Si)** 33.-40.: 1,50-1,80 (InSb)** 41.-72.: 2,00 – 2,50 (InSb)** 73.: 3,00-5,00 (InSb)** 74.-79.: 8,00-12,60 (MCT)**	az időjárási viszonyoktól függ (8)
TETRACAM ADC	420×500 m***	0,5m	3	1.-4.: 0,45-0,89	az időjárási viszonyoktól függ

*2000m-es repülési magasságnál (2000m aircraft altitude); **DAIS szenzortípusok (DAIS sensors); ***300m-es repülési magasságnál (300m aircraft altitude);

Table 1: Technical information of the applied images

Image type(1), Image size(2), Pixel size(3), Bands number(4), Bandwith and sensors(5), Revisit time(6), 16days(7), Depending on the weather(8)

Az 1. táblázatban szereplő felvételek közül a Landsat és Spot adatok jól alkalmazhatók a nagyobb méretű területek idősoros vizsgálatában (Sabins, 1996), azonban a kis méretű táblák elemzése a nagy pixelméret (10-30m) miatt, még a szubpixeles elemzéssel sem ad megbízható eredményt (1. ábra). 2002-ben a Hysens program keretében alföldi mintaterületeken is készítettek DAIS 7915 hiperspektrális felvételeket, amelyek az 5m-es terepi felbontásnak és a nagy csatornaszámnak (79) köszönhetően jól alkalmazható földhasználat osztályozás és kvalitatív vizsgálatokra, például a talajdegradációs folyamatok vizsgálatában (Pechmann et al., 2003).

1.ábra

Különböző parcellaméret és távérzékelt felvétel pixelméreteinek összehasonlítása

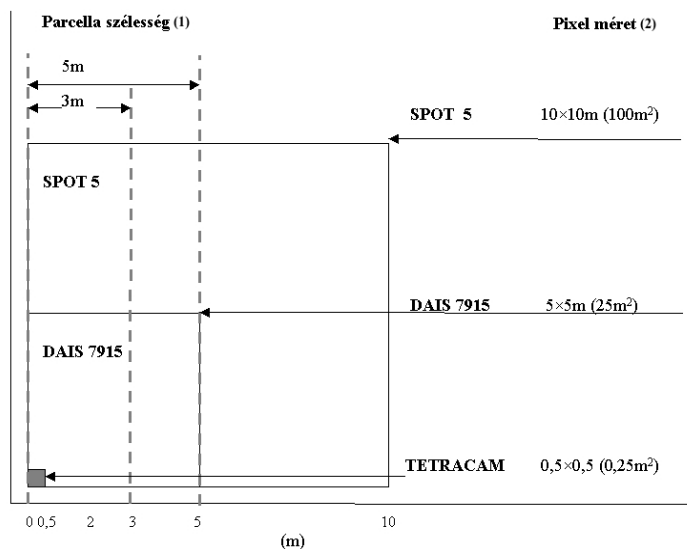


Figure 1: Comparing different parcell sizes and pixel sizes of remote sensing data

Parcell size(1), Pixel size(2)

ANYAG ÉS MÓDSZER

TETRACAM ADC digitális multispektrális kamera és az optika technikai paramétereit

- csatornák: zöld (520-600nm), vörös (620-750nm), közeli infra (750-950 nm)
- digitális felbontás: 1280×1020pixel = 1,3 Megapixel (Motorola CMOS)
- optika: 8,5mm; 1:1,3, 2/3'

A kamerában használt CMOS szenzor működését tekintve a széles körben elterjedt CCD (Charged Coupled Device) szenzorokhoz hasonlít, azonban alacsonyabb ára, kisebb energiái igénye, alacsony zajszintje, a felvételek előnyös geometriai és radiometriai tulajdonságai miatt, egyre inkább teret nyer a digitális képalkotás technológiában (Samadzadegan et al., 2004). A kamera kalibrációját a helyszínen kell elvégezni. Egy fehér színű etalon lapról kell referencia felvételt készíteni, amelyet később a képek kalibrációhoz használunk.

2. ábra

TETRACAM ADC kamera



Figure 2: TETRACAM ADC digital camera

Adatok feldolgozása

A digitális kamerával készített felvételeket, a készülék szoftverével (Briv 32) TIFF formátumban tudjuk az adatokat letölteni. A felvételek feldolgozására Briv32, ENVI és ArcGIS térinformatikai szoftvereket használtunk

Mintaterület, mintavétel

A mintaterületeket a Hajdúböszörmény mellett fekvő Tedej Rt. tulajdonában lévő 1500 ha-os Pusztaszer területen és a Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti telepén jelöltük ki.

A mintaterületeken a vizsgált parcelláknak a szélessége: 1,5-3 - 5-30 m, azonban a 3 és az 5 méter széles parcellák a legjellemzőbbek. A háttéradatok mérését a felvételek készítésének időpontjába végeztük el. A földközeli mérések esetében a 1×1m-es mintavételi keretet használtunk. A légi felvételek értékeléséhez a háttéradatokat meghatározásához pontoszerű mintavételt alkalmaztunk. A mintavételi helyek pozícióját precíziós DGPS méréssel határoztuk meg. A teszt felvételeket cukorrépa, kukorica és búza állományokról készítettük.

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

A felvételek geometriai értékelése

A felvételek lineáris torzítási viszonyainak vizsgálatára 11×13 pontból álló (5cm x,y távolságú) alapháló használtunk. Az alapháló szomszédos pontjai között távolságmérést alkalmaztunk. Megmértük az x, y és átlós irányú (c) távolságokat, majd összehasonlítottuk a valódi x, y, c (standard) távolságokkal (2. táblázat)

A legnagyobb eltéréseket a standard távolságtól ($x_{\max}-x_s$), ($y_{\max}-y_s$), ($c_{\max}-c_s$) a képszéleken mértük (3. táblázat)

Jelentős eltéréseket tapasztaltunk a kép szélső területein, ezért a felvételek értékelésénél feltétlenül szükséges a geometriai korrekció. A légi felvételek elemzése esetében földi azonosító pontokat alkalmaztunk (Ground Control Point, GCP) a geometriai korrekció során. Referencia értéknek földi illesztőpontok EOVS koordinátáit adtuk meg, amelyek pozícióját precíziós (cm-pontos) GPS-méréssel mértük a terepen.

Mivel a vizsgált parcellák sík területen találhatóak (a képen maximális szintkülönbség 3m), jelentős domborzati hatással nem kellett számolni, a transzformáció során elsőrendű polinominális korrekciót használtunk. A polinominális transzformáció könnyen alkalmazható, kis számítási igényű és a sík mintaterület esetében hatékonyan alkalmazható (Jensen, 1996).

2. táblázat

A vizsgált felvétel torzításának statisztikai adatai

Távolság (1)	Standard érték (2)	Szórás (3)	CV % (4)
X	1,13	0,064	5,67
Y	1,13	0,045	4,05
C	1,59	0,076	6,75

Table 2: The distortion statistic of the analysed image

Directon(1), Standard value(2), Standard deviation(3), Variation coefficient(4)

3. táblázat

A vizsgált felvétel maximális torzítása x,y,z irányba

Eltérés (1)	Δt_{\max}	$\Delta t_{\max}\%$
$(x_{\max}-x_s)$	0,13	11,50
$(y_{\max}-y_s)$	0,09	7,96
$(c_{\max}-c_s)$	0,49	30,81

Table 3: The maximal distortion of x,y,z directon

Deviation(1)

A földi illesztőponok és a felvétel közötti geometriai különbséget az X és Y értékekből számított rmse (root mean square error) értékkel adhatjuk meg, ahol:

$$\text{rmse} = [(X' - X)^2 + (Y' - Y)^2]^{1/2} \quad (1)$$

ahol: X,Y: földi azonosító pont (GCP) EOVS koordináta

X',Y': transzformált kép EOVS koordináta

A geometriai transzformáció után a légifelvételek rmse = 1,1-2 között mozgott. A hiba javítását a földi referenciapontok növelésével érték el. A földközeli mintavételeknél a szabályos mintavételi keret sarokpontjainak a koordinátáit kell megadni, illetve a kép szabályos kivágásával lehet a térbeli torzítást javítani. A felvételeket lehetőség szerint állványról, a felszínre merőlegesen kell elkészíteni.

Radiometriai és statisztikai vizsgálatok

Radiometriai és statisztikai elemzésre a tedeji 200×150m-es mintaterületről 300m-es repülési magasságból 2004. május 17.-én készített légi felvételt alkalmaztunk. A felvétel egy olyan búzatábláról készült, ahol homogén állományt (azonos fajta, sortáv, ezermagtömeg, kezelés) természetek különböző sőtartalmú területen. A sőtartalom a mintaterület É-D tengelyében csökken, amelyet a növényállomány biomasszaváltozása jelez (3. ábra).

3. ábra

A közeli infra(1), zöld(2) vörös(3) és a csatornák reflektancia értékei a mintaterület É-D tengelyében

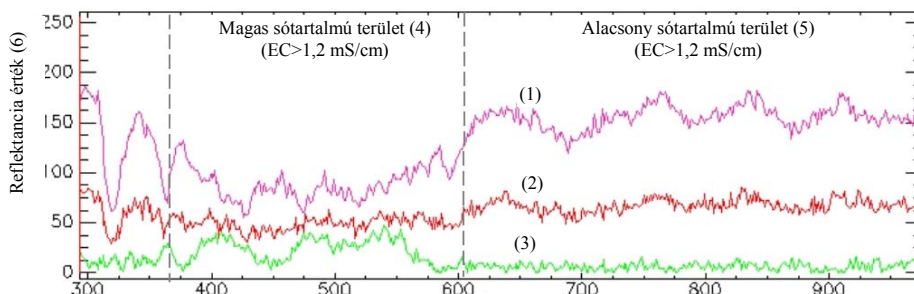


Figure3. The reflectance value of the investigated area of the vertical profile

Near infrared(1), Green (2), Red band(3), High EC area(4), Low EC area(5), The values of the reflectance(6)

A képfeldolgozás során megvizsgáltuk a légi felvétel általános statisztikai paramétereit

4. ábra

A vörös(a) zöld(b) és közeli infra(c) csatornák hisztogramjai

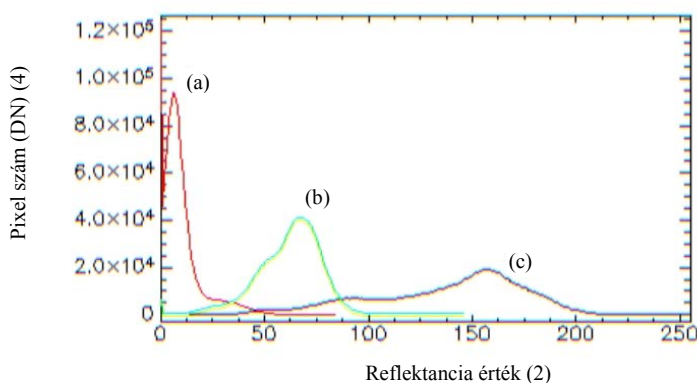


Figure 4. Histogram of the values of the red (a), green (b) and near infrared (c) bands

Pixel number(1), Reflectance value(2)

A csatornák hisztogramjainak elemzése során a vörös csatornánál erőteljes asszimmetria figyelhető meg, a hisztogram lefutása a minimumértékek irányába nem egyenletes (4. ábra). A közeli infra tartomány erőteljes szórást mutat, amit a heterogén növényállomány reflektancia-értékeinek változása okoz. A korrelációs mátrix az egyes csatornák közötti kapcsolatot mutatja meg. Szoros kapcsolat van a felvétel reflektanciáértékeinek vörös és közeli infra csatornái között (4. táblázat).

4. táblázat

A vizsgált felvétel csatornáinak között számított kovariancia és korrelációs mátrix

Csatornák (1)	Min	Max	Átlag (2)	Szórás (3)
1	0	255	137,209	37,912
2	0	84	9,872	9,649
3	0	146	61,878	15,018

Kovariancia mátrix (3)				Korrelációs mátrix (4)			
Csatornák	1	2	3	Csatornák	1	2	3
1	1437,325	-177,479	499,971	1	1	-0,48514	0,878083
2	-177,479	93,114	-36,781	2	-0,48514	1	-0,2538
3	499,971	-36,781	225,561	3	0,878083	-0,2538	1

Table 4. Covariation and correlation matrix between the bands of the analysed image

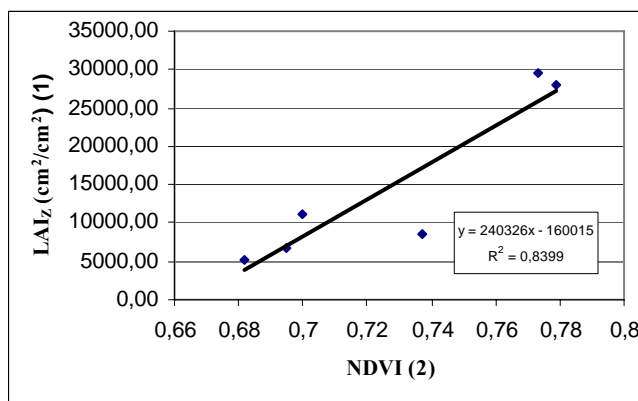
Bands(1), Average(2), Standard deviation(3), Covariation matrix(4), Correlation matrix(5)

A TETRACAM ADC kamera földközeli alkalmazásai:

A biomassza vizsgálatra a közeli infra és a vörös csatornák reflektancia értékeiből számított Normalizált Vegetációs Indexet (NDVI) használtuk. Az vegetációs index NDVI használata széles körben elterjedt a vegetáció elemzésben, földhasználat értékelésben (David et al., 1999; Running et al., 1995). Az NDVI index értékeiből a levélfelület index (LAI) is nagy biztonsággal meghatározható (Jordan et al, 1969).

A Látóképi Tangazdaság területén kukorica hibridek levélfelület indexét (LAI) mértük és hasonlítottuk össze a kb. 3 m magasról készített felvételekből számított NDVI-vel. A levélfelület mérésénél a zöld, fotoszintetikusan aktív levélfelületet mértük (LAI_Z). Az NDVI és LAI között szoros korrelációt számítottunk, majd elvégeztük a lineáris függvény illesztését (5. ábra, 5. táblázat).

5. ábra

NDVI – LAI_Z korreláció kukorica hibridek vizsgálatánál (n=6)Figure 5. Correlation between NDVI and LAI_Z (n=6)

Green Leaf Area Index(1), Normalized Difference Vegetation Index(2)

5. táblázat

A vizsgált kukorica hibridek LAI és NDVI adatai

Hibridek (1)	LAI (cm ² /cm ²) (2)	NDVI (3)
Káma	29441.66	0.773
Vilma	27998.14	0.779
Madona	11199.01	0.7
Debreceni 377SC	8668.423	0.737
Uranus	6806.499	0.695
Szegedi SC352	5056.934	0.682

Table 5. LAI and NDVI data of the analysed corn hybrids

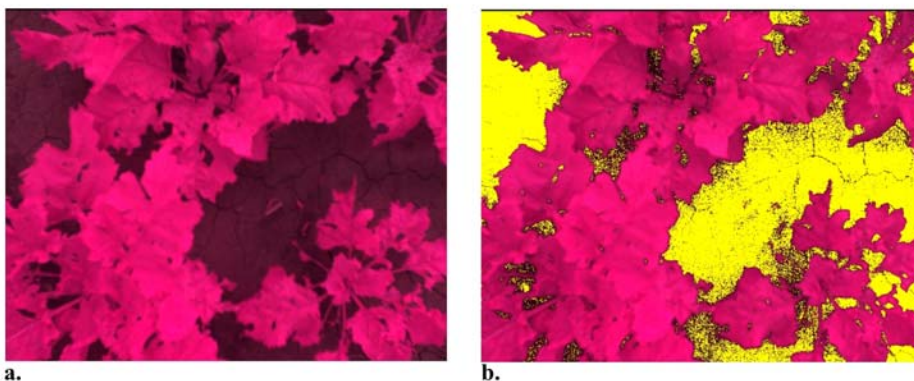
Hybrids(1), Green Leaf Area Index(2), Normalized Difference Vegetation Index(3)

Cukorrépa állományban a tényleges borítást vizsgáltuk (canopy %), amely számítását a Briv 32 szoftver a talaj színképének megadása után automatikusan kiszámít. (6. ábra)

Az eljárás előnye a gyors és pontos borítás vizsgálat (a pontos terület kiszámítása), továbbá lehetőség van az árnyékkompenzáció alkalmazására.

6. ábra

Cukorrépa földközei hamisszínes felvétele (a) és a kiszámított felszínborítás (b)



r: közeli infra, g: vörös, b: zöld csatorna (r: near-infrared g: red b: green) (canopy=74,8%)

Figure 6. False color (a) and canopy (b) ground closed images of sugar beet are taken by TETRACAM ADC

A TETRACAM ADC kamera alkalmazása légi felvételek készítésére:

Búza állomány vizsgálata tedeji mintaterületen:

A légifelvételtől számított NDVI értékeket összehasonlítottuk a 2004. júliusi terepi mintavétel (n=11) szemtermés (g/m²) értékével, ahol szoros korrelációt mutattunk ki (R²=0,90) (7. ábra, 6. táblázat).

7. ábra

A különböző búza állományról készített normalizált vegetációs index (NDVI) és szemtermés (g/m^2) közötti összefüggés (n=11)

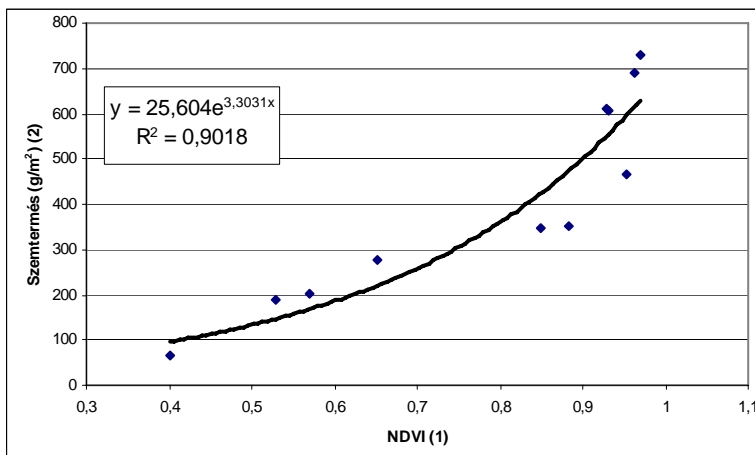


Figure 7: Correlation between NDVI and yield (g/m^2) in winter wheat (n=11)

Normalized Difference Vegetation Index(1), Yield (2)

6. táblázat

A minták szemtermés és NDVI adatai

Minták (1)	Szemtermés (g/m^2) (2)	NDVI
1	353.5	0.883
2	466.55	0.952
3	275.1	0.651
4	201.25	0.571
5	606.9	0.932
6	689.15	0.962
7	188.65	0.53
8	67.2	0.401
9	347.55	0.85
10	610.75	0.93
11	728.35	0.97

Table 6: The data of the samples of the yields and NDVI

Samples(1), Yield(2), Normalized Difference Vegetation Index(3),

Az $25,604e^{3,3031x}$ függvény x tagja helyére behelyettesítettük a mintaterületből számított NDVI képet, amelynek pixel-értékéből kiszámítható a mintaterület termésterképe.

KÖVETKEZTETÉSEK

A növénytermesztési tartamkísérletek kis parcellamérete (3-5m széles parcellák) a nagy felbontású távérzékelte felvételek használatát indokolják. Tanulmányunkban TETRACAM ADC digitális kamerával készített felvételeket vizsgáltunk föld közeli és légi felvételezésre. Alacsony repülési magasságból (300-500m) a felvételek 0,4-0,6m geometriai felbontásúak. A földközeli és légi felvételeket vizsgálva megállapítható, hogy a kamerába beépített nagy látószögű optika jelentős torzítást okoz, amelyet geometriai transzformációval tudunk csökkenteni. A légi felvételek esetében a geometriai korrekció során célszerű növelni a földi azonosító-pontok számát. A geometriai torzítás miatt a földközeli felvételeknél is célszerű elvégezni a transzformációt. A felvételek radiometriai tulajdonságait vizsgálva a pixel értékek minden csatorna esetében dinamikusan változtak, a vegetáció reflexiók tulajdonságainak megfelelően.

A TETRACAM ADC kamera jól alkalmazható a pontos növényi borítás, biomassza vizsgálatban, elsősorban a közeli infra és a vörös csatornák reflektancia értékeiből számított NDVI index használatával. A szántóföldi kultúrákban végzett terepi mérések eredményeit összehasonlítva a számított NDVI értékekkel szoros korreláció számítottunk a biomassza, a levélfelület index (LAI), szármagasság, és a szemtömeg között. A nagy felbontású felvételek lehetőséget adnak az állományon belüli kis kiterjedésű folyamatok térbel vizsgálatára. A kamera alkalmazásának nagy előnye a terepi alkalmazhatóság, könnyű kezelhetőség, gyors adatnyerés. A nagy felbontású légi felvételek esetében a kis képméret az optika kedvezőtlen geometriai paraméterei miatt az eszköz csak kisebb területek felvételezésére alkalmas.

IRODALOM

- Condit, L. (1970). The spectral reflectance of American soils. In: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 36. 955-966.
- David P.T., Warren B.C., Robert E. K., Karin S.F., John M.B. (1999). Relationships between Leaf Area Index and Landsat TM Spectral Vegetation Indices across Three Temperate Zones Sites. In: Remote Sensing of Environment, 70. 52-68.
- Janseen, L.L.F., Jaarsma, M.N., van der Linden, E.T.M. (1990). Integrating Topographic data with Remote Sensing for Land-Cover Classification. In: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 56. 11. 1503-1506.
- Jensen, J.R. (1996). Introductory digital image processing: a remote sensing perspective. Second edition. Prentice-Hall, Upper Sadle River, New Jersey
- Jordan, C.F. (1969). Deviation of leaf-area index from quality of light on the forest floor. In: Ecology 50. 663-666.
- Laudien, R., Bareth, G., Doluschitz, R. (2003). Analysis of hyperspectral field data for detection of sugar beet diseases. In: Proceedings of EFITA 2003 Conference, Debrecen.
- Mucsi, L. (2004). Műholdas távérzékelés. Libellus kiadó : Szeged
- Pechmann I., Tóth T., Tamás J., Kardeván P., Róth L., Burai P., Katona Zs. (2003). Eltérő talajszótartalmú növényzeti foltok elkülönítése hiperspektrális technológiával (Földminősítés és földhasználati információ, Keszthely)
- Running, S.W., Loveland, T.R., Pierce, L.L., Nemani, R.R., Hunt Jr., E.R., (1995). A remote sensing classification logic for global land cover analysis. In: Remote Sensing of Environment, 51. 39-48.

- Sabins, F.F. (1996). Remote Sensing. Principles and Interpretation. W.H. Freeman and Co. : Los Angeles
- Samadzadegan, F., Hahn, M., Sarpulaki, M., Mostofi, N. (2004). Geometric and radiometric evaluation of the potential of a high resolution CMOS – camera. In: Proceedings of ISPRS XXth Congress, Istanbul
- Seelan, S.K., Laguette, S., Casady, G.M., Seielstad, G.A. (2003). Remote sensing application for percision agriculture: A learning community approach. In: Remote Sensing of Environment, 88. 157-169.
- Tamás, J. (2005). Széles spektrumú kézi kamera alkalmazhatósága a terepi gyomfelvételezésekre. In: Növényvédelem 41. 2. 53-59.
- Turner, D.P., Cohen, W.B., Kennedy, R.E., Fassnacht, K.S., Briggs, J.M., (1999). Relationships between Leaf Area Index and Landsat TM Spectral Vegetation Indices across three temperate zone sites. In: Remote Sensing of Environment, 70. 52-68.
- Zilinyi V. (1995). Természetes felszínek spektrális reflexiós tulajdonságai, és hasznosításuk az optikai távérzékelés interpretációjában. Egyetemi Doktori Értekezés, DATE, MTK, Debrecen

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Burai Péter

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar

Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék

4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

University of Debrecen, Centre of Agricultural Scienses

Department of Water and Environmental Management

H-4032 Debrecen Böszörményi út 138.

Tel.: 36-52-508-444

e-mail: pburai@gissserver1.date.hu