

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
Mosonmagyaróvár**

BIOLÓGIAI RENDSZEREK MŰSZAKI INTÉZETE

**„Precíziós növénytermesztési módszerek” alkalmazott
Növénytudományi Doktori Iskola**

Vezetője:

**Dr. Neményi Miklós intézetigazgató, egyetemi tanár,
az MTA doktora**

Program:

**Termőhelyspecifikus precíziós növénytermesztés műszaki
feltételrendszere**

Programvezető: Dr. Neményi Miklós DSc

Témavezető: Prof. Dr. habil. Kacz Károly egyetemi tanár

A precíziós mezőgazdaság segítése távérzékelte adatokkal

Készítette:

Gyulai István

Mosonmagyaróvár

2009.

1. Bevezetés

A távérzékelés módszere szerteágazó területeken érvényesül: az orvostudománytól kezdve a gépészeti alkalmazásokon át a meteorológiáig. A szerző szűkebb értelemben a légi- és űrfelvételeket tekinti távérzékelte adatnak, amikkel a térkép tartalma időről időre frissíthető. A dolgozat célkitűzései:

1. Egységes geometriai rendszer választás, amelyben térkép, műholdas helymeghatározás, űrfelvétel, légi felvétel, agrártechnika kezelhető.
2. A műholdas helymeghatározás pontosságának vizsgálata (ACT és DGPS max. vevőkkel) terepi körülmények között.
3. Tábla inhomogenitások kimutathatósága űrfelvételekkel. Osztályba sorolás és látványos elkülönítés.
4. Műtrágya program valamint űrfelvételek közötti kapcsolat vizsgálata, esetleges átszámíthatóság a kettő között.
5. A légi felvételek hasznosítása.

2. Anyag és módszer

GNSS (Global Navigation Satellite System) mérések

Az „ACT” és „CSI Wireless DGPS Max” műholdas helymeghatározó készülékek pontossági vizsgálatát végzi a szerző terepi viszonyok között.



1. ábra: A két készülék (b), terepi körülmények (j)

A Nyugat-Magyarországi Egyetem mosonmagyaróvári kísérleti tábláján és környékén (attól Délre) történt a helymeghatározó modulok vizsgálata.



2. ábra: A GNSS mérések helyszíne

A tábla felénél és sarkánál, valamint ettől kissé távolabb jelöli meg pontokat beásott betonkövel és facövekkel. Az egymástól legközelebb lévő pontok távolsága 350 méter, a legtávolabbi pontoké pedig 1900 méter.

Az ACT készülék EGNOS (műhold) adások vételére lett állítva.

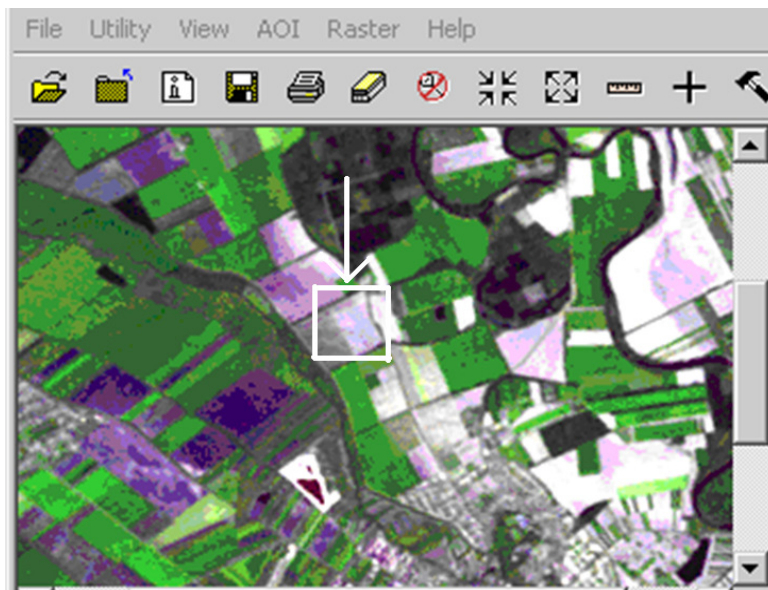
Kijelzés: φ , λ (a tizedesvessző utáni 5 karakter pontossággal, fokban ($^{\circ}$), és a műholdak száma, HDOP. A DGPS max készülék GPS műhold adás és OmniSTAR differenciális korrekciós jelek vételére alkalmas.

Pontosság: földrajzi szélesség φ és hosszúság λ kijelzés a tizedespont után 5 karakter, fokban ($^{\circ}$). Ez kb. 1,1 m pontosságnak felel meg.

A vizsgálat időpontja: 2004. augusztus 30 – szeptember 3 illetve december 13. volt.

Úrfelvételek

A NÖVMON során feldolgozott úrfelvételek egyéb hasznosítását vizsgálja a szerző. Alkalmosak-e arra, hogy információt nyerjünk a mezőgazdasági tábla inhomogenitásáról? Segítheti-e ezzel a precíziós gazdálkodást?



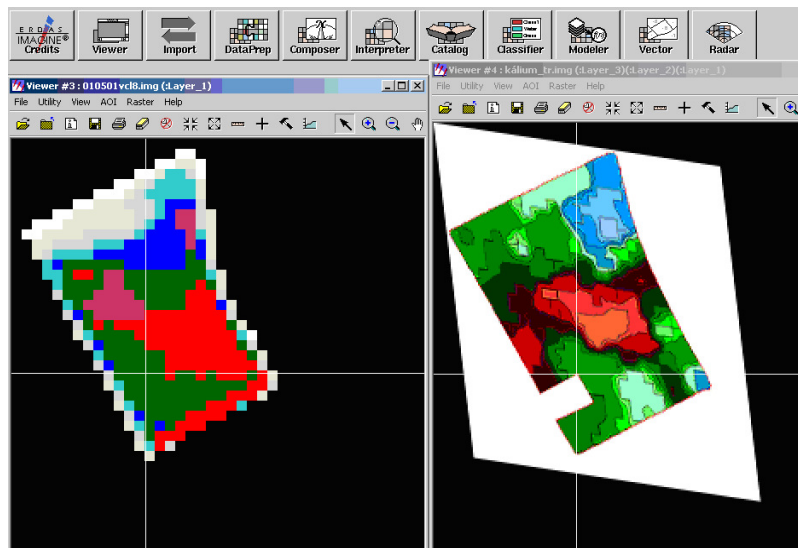
3. ábra: A kísérleti tábla és környezete. Copyright ESA 2001, terjeszti az EURIMAGE, FÖMI archívum adata, Copyright FÖMI, 2001

A tábla területe 15,3 hektár. A helyspecifikus tápanyag kijuttatás úttörő és továbbfejlesztett kísérletei évek óta folynak a Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetében Neményi Miklós professzor és Kacz Károly professzor irányításával. A dolgozat támaszkodik Mesterházi Péter Ákos disszertációjára. A disszertáció összefoglalja a 2001., 2002., 2003. évben végzett kísérleteket. 2001. év novemberében a kísérleti táblán talajmintát vettek, és a későbbi műtrágya kijuttatás érdekében összesen 63 kezelési egységet alakítottak ki.

1. táblázat Kezelési egységek (Managem. units) és műtrágya adagok (N, K₂O, stb. [kg/ha], részlet

Managem. units	2002 spring		2002 autumn		2003	
	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	133	95	45	59	24	91
2	117	95	0	59	0	91
3	117	95	45	49	67	91
4	117	85	45	39	24	91
5	117	85	45	29	67	91
6	117	85	45	29	67	91
7	117	85	77	19	79	91
8	133	75	45	29	24	91
9	133	70	0	23	0	74
10	117	70	45	19	67	91

A tábla heterogenitása az úrfelvételen nem tűnik fel, de ha osztályba sorolással a pixel értékeket csoportokba rendezzük, azon olyan elkülöníthető foltokat szemlélhetünk, amelynek köze lehet a tábla heterogenitásához, a műtrágya adag elosztáshoz. Az osztályba sorolást ERDAS képfeldolgozó programmal végezte a szerző. A több osztályba sorolás során szerzett tapasztalat szerint a 4-6-8 osztály előnyös egy táblára nézve, azzal kiemelhetők az eltérő pixel csoportok.



4. ábra: Összefüggés keresés vizuálisan a műholdas felvétel (balra) és a műtrágya terv (jobbra) között

Egymásból számítás

Az úrfelvételen elkülönülő foltok és a műtrágya program foltok között van-e számszerűen megfogható összefüggés? A tápanyag visszapotlás adatok és az úrfelvétel adatok mennyire simulnak egymáshoz? Felfoghatjuk úgy is, hogy a két táblázat egy-egy felület, s ezen felületek milyen távolságra vannak egymáshoz és hogyan simulnak? Az egymásból számítást a következő formulával írjuk le:

$$g(x) \cong A f(x) + B$$

Keressük azt az A és B értéket ahol az x_i pixel pontokban a

$g(x_i) \cong A f(x_i) + B$ közelítés a legjobb! A legkisebb négyzetek módszere szerint oldjuk meg a feladatot, vagyis hogy az eltérések négyzetösszege minimum legyen!

$$\text{Hiba} := \text{hiba}(A, B) = \sum (g_i - (A f_i + B))^2$$

A minimum szélsőértékre felírt egyenletek:

$$\frac{\partial \text{hiba}}{\partial A} = 2((\sum f_i^2)A + (\sum f_i)B - \sum f_i g_i) = 0$$

$$\frac{\partial \text{hiba}}{\partial B} = 2((\sum f_i)A + nB - \sum g_i) = 0$$

A és B számítása

$$A = \frac{n \sum (f_i g_i) - (\sum f_i)(\sum g_i)}{n(\sum f_i^2) - (\sum f_i)^2} \quad B = \frac{1}{n} \sum g_i - \frac{1}{n} (\sum f_i)A$$

Szerző a vizsgálatokat elvégezte nemcsak a műtrágya programra, hanem egyes talaj adatokra is.

Ortofotók értékelése

A MePAR elkészítésével és fenntartásával kapcsolatosan arra számíthatunk, hogy 3 éves frissítési periódussal készülnek ortofotók hazánk területéről. A tábla inhomogenitás vizsgálat szempontjából arra használhatók, amire eredetileg is szánták: a földterületek azonosítására és a termőrészek elkülönítésére. Egyrészt interpretációs célokra, elemző módszerrel hasznosítható, másrészt alkalmas tervezésre, geometriai adatok nyérésére, 0,5 m pontossággal, EOVS rendszerben.

3. Eredmények

GNSS mérések

2. táblázat: ACT eredmények

pont szám	Mérés db	φ földrajzi szélesség átlaga	φ középhiba	λ földrajzi hosszúság átlaga	λ középhiba
1	6	47,906953	$\pm 0,000010$	17,248208	$\pm 0,000008$
2	4	47,902295	$\pm 0,000006$	17,252255	$\pm 0,000203$
3	6	47,903835	$\pm 0,000026$	17,256448	$\pm 0,000077$
4	6	47,908958	$\pm 0,000013$	17,253512	$\pm 0,000008$
5	6	47,892225	$\pm 0,000011$	17,258892	$\pm 0,000079$
átlag			$\pm 0,000013$		$\pm 0,000075$
méter			$\pm 1,43$ m		$\pm 5,60$ m

Általános irányban az eltérés: $\pm 5,8$ méter.

Az átlagot fenntartással kell kezelni, mert durva hiba (a mérési pontosságot meghaladó hiba) fordul elő benne, s azt feldolgozáskor ki

kell hagyni! A kísérlet során viszont a fellépő hibák érdekesek, azért maradtak benne.

3. táblázat: DGPS max mérések

Pont száma	mérés db	földrajzi szélesség átlag	Középhiba φ	földrajzi hosszúság átlag	Középhiba λ
1	6	47,906943	0,000008	17,248207	0,000008
2	4	47,902298	0,000017	17,252358	0,000009
3	6	47,903803	0,000020	17,256500	0,000009
4	6	47,908952	0,000008	17,253520	0,000010
5	6	47,892213	0,000008	17,258935	0,000024
Átlag			0,000012		0,000012
Méter			$\pm 1,3$ m		$\pm 0,9$ m

Általános irányú átlagos eltérés: $\pm 1,6$ méter

A mérések alatt a DGPS max differenciál jelek vételére alkalmas állapotban volt.

A szerző átszámította EOV rendszerbe a földrajzi koordináták átlagát és összehasonlította a pontok EOV koordinátaival.

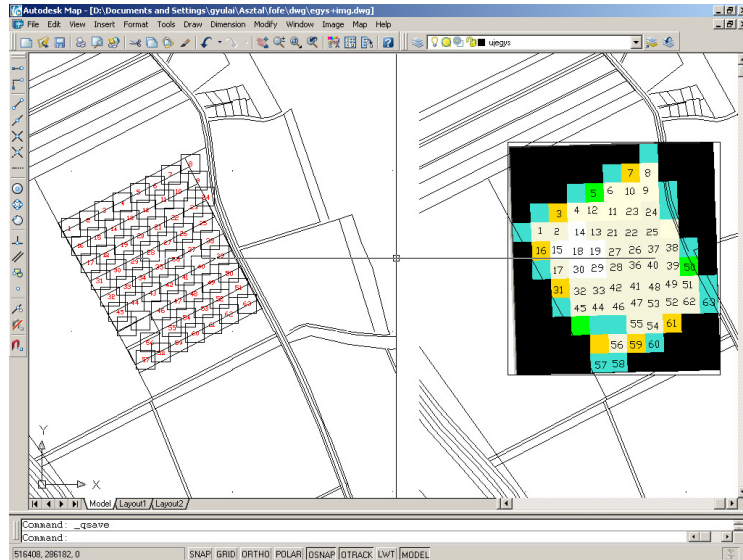
4. táblázat: EOV koordináták eltérése

Pont	ACT geodéziai r	DGPS MAX geodéziai r.
1	1,9	0,96
2	7,9	2,1
3	5,7	0,6
4	2,8	1,5
5	4,7	0,8
Átlag	4,65	1,21

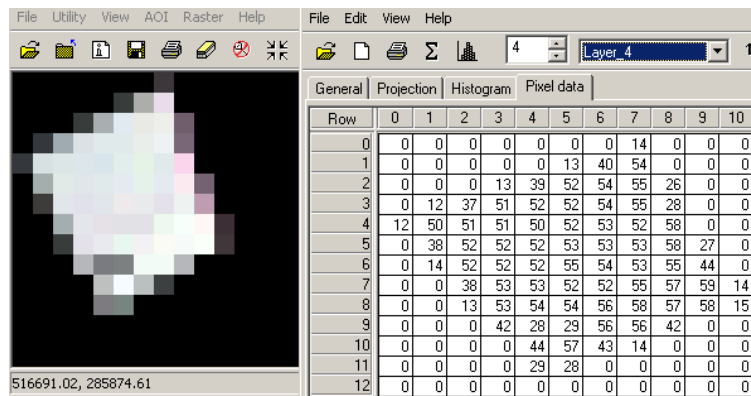
Megállapíthatjuk, hogy az 1,1 m pontosságú vevőkkel a statikus visszaállítás pontossága terepi valós környezetben leromlott, sőt akadt értékelhetetlen mérés is.

Úrfelvételek

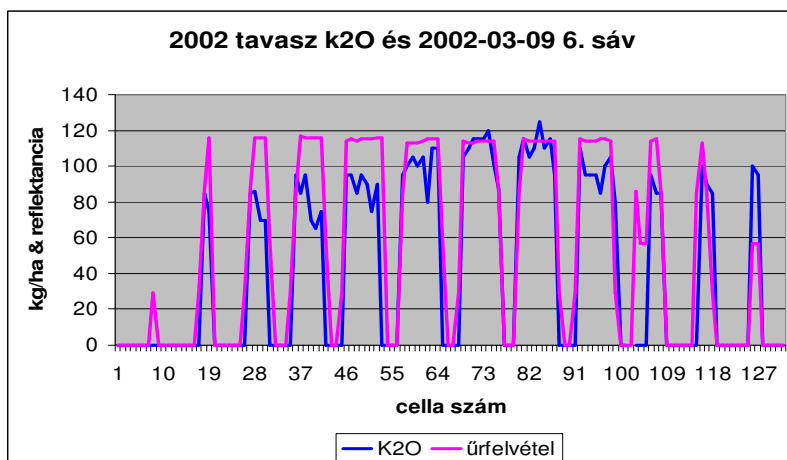
Az úrfelvételeket és a kezelési egységeket egységes rendszerbe hozta a szerző. Pixel méret: 50x50 méter. A kezelési egységeket táblázatba foglalta, az úrfelvétel sávjainak pixel értékét exportálta táblázatba rendezve. A táblázatokat Excel programmal dolgozta fel.



5. ábra: Az eredeti és az összehasonlítható formába hozott kezelési egységek



6. ábra: Úrfelvétel és az exportra előkészített 4. sáv. A fekete háttér pixelek értéke: 0.



7. ábra: Kálium műtrágya és 2002.03.09. dátumú űrfelvétel 6 sz. sáv együttfutása. Korrelációjuk: 0.8945

Az űrfelvétel sávjai és a 2002 tavasz K₂O műtrágya javasolt adag közötti korrelációk:

1. sáv 0,8956
2. sáv 0,8998
3. sáv 0,9027
4. sáv 0,8974
5. sáv 0,9028
6. sáv 0,8945
7. sáv 0,9082

Korreláció átlag: 0,9001, szórás: 0,0048 < 1 %

A 0,9 körüli korrelációk azt mutatják, hogy az adatszerkezet jó, az adatok együtt vannak, zérus helyek és az adat felfutások összerendeződnek. További vizsgálatra bátorítanak: van-e kapcsolat a műtrágya kezelés és az űrfelvelelek között? Esetleg kiszámítható egyik adat a másiktól?

Matematikai vizsgálat, egymásból számíthatóság: hiba= $\sum(g_i - (A * f_i + B))^2$

Eredmény:

2002-03-09 űrfelvétel 6. sáv K₂O esetén

A=1,0069 egyhez közeli a simulás, B= 7,9102

A hiba= 82375 → átlagos eltérés= 25

Elvégezve N-re is a számolást:

2002-03-09 űrfelvétel 6. sáv és Nitrogén adag

A=0,8298 az 1-hez közeli simulás,

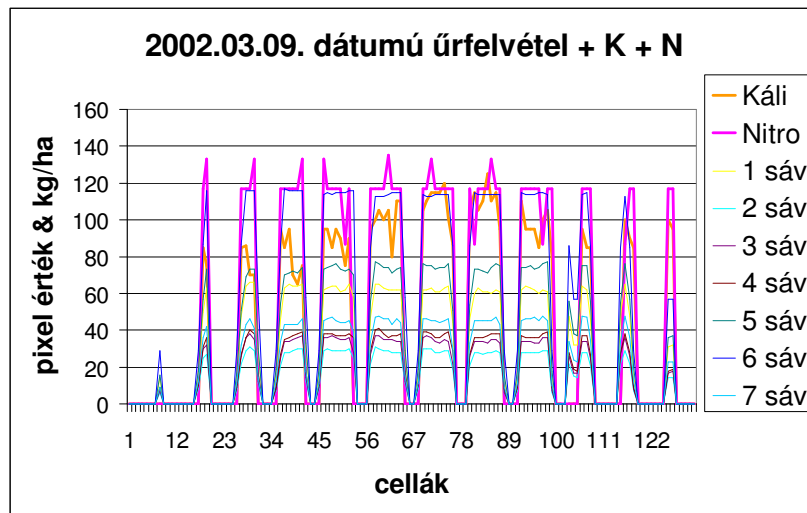
B= -1,6579 az egymástól való távolság

A hiba= 96826 → átlagos eltérés= 27

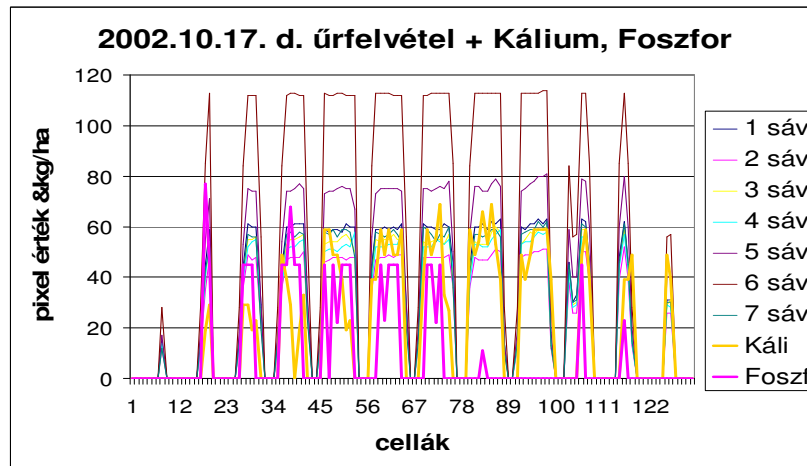
A hiba nagyságrendekkel meghaladja a (20-120 közötti) táblázati értékeket, az átlagos eltérés 44 – 48 %, tehát az egymásba való átszámítás nem lehetséges, nem írható fel kapcsolat az űrfelvétel és a műtrágya adagok között.

Együttfutás vizsgálat

A helyspecifikus beavatkozás visszatükröződik-e az űrfelvételen?



8. ábra: Kezelés előtti állapot, Kálium, Nitrogén és a sávok együttfutása



9. ábra: A 2002. évi tavaszi kezelések utáni állapot a 2002. évi őszi kezelés Kálium és Foszfór adaggal összehasonlítva

A 8. ábrából az állapítható meg, hogy

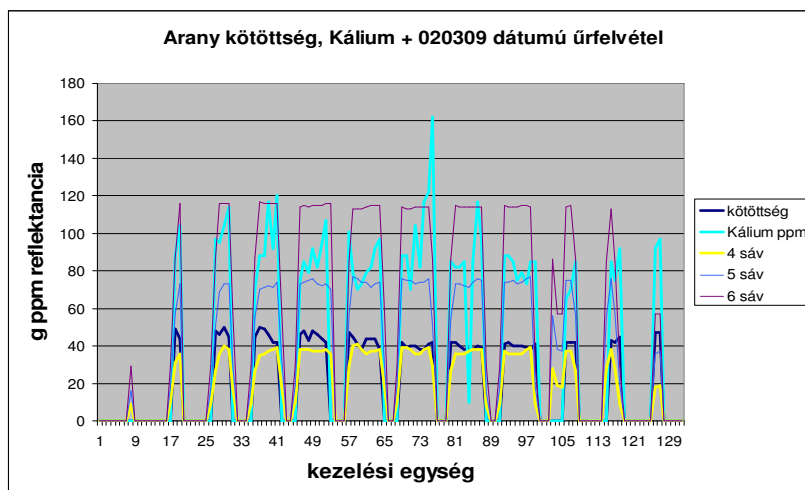
- nagyságrendileg a N adag a 6. sávhoz (termális infra) áll legközelebb
- a 6. sáv adja a legnagyobb visszaverődést, a 2. sáv a leggyengébbet, a többi közte van
- a visszaverődés a tábla nagy részén kiegyensúlyozott.
- a Kálium görbe nem simul annyira a 6. sávhoz, mint a nitrogéné.

A 9. ábrán a visszaverődési görbék kiegyensúlyozottak, de eltérnek a műtrágya adagoktól.

Az együttfutás vizsgálatból nem derül ki a kezelés szignifikánsan.

Vizsgálat a talajmintákra

A 17 fajta talajminta (ami a műtrágya program kiinduló adata volt) közül az Arany-féle kötöttség és Kálium tartalom lett vizsgálva.



10. ábra: 2002.03.09 dátumú ürfelvétel 4, 5, 6 sávjának valamint az Arany-féle kötöttség és a K_2O_5 ppm együttfutása

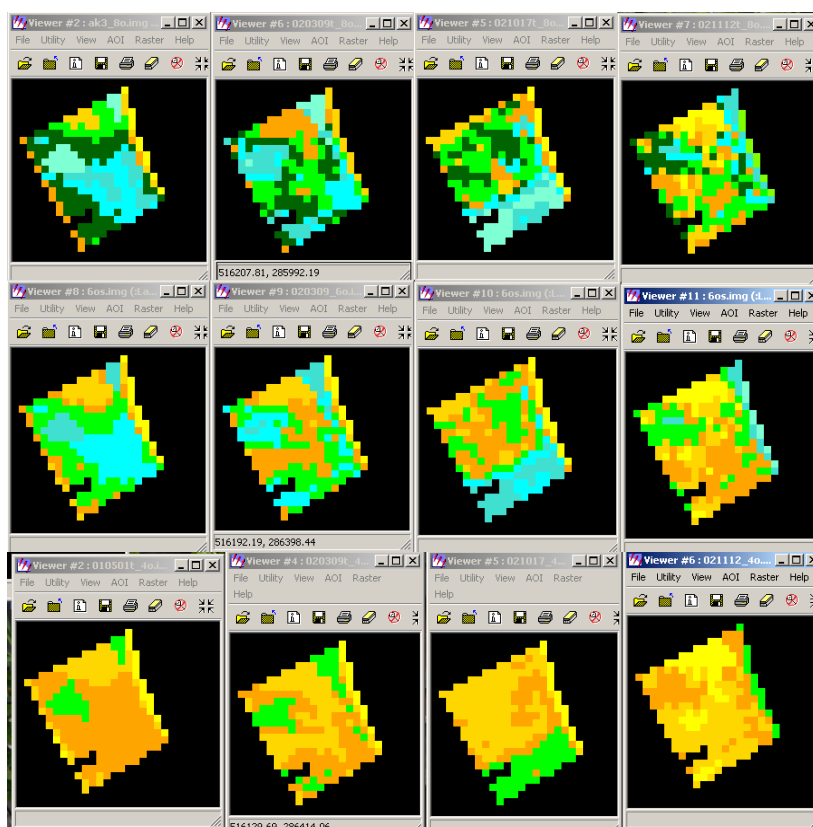
A 4 sz. sáv és az Arany-féle kötöttség elég közel vannak, de nem annyira közel, mint azt láttuk a Nitrogén adag és ugyanezen ürfelvétel 6 sz. sávja között, amire egymásból való számítás próba is volt. A korábbi tapasztalatokra támaszkodva tehát ebben az esetben sem várható egymásból kiszámíthatóság.

Osztályba sorolás

Spontán osztályba sorolás után interpretálta szerző a 4 időpontban készült ürfelvételeket, arra keresve a választ, hogy kimutatható-e talaj változási tendencia? Egyszerre idősoros és osztályos elemzést végzett a szerző.

Sorrendben az időpontok:

1. 2001. május 1. fedetlen tábla, kukorica vetés után
2. 2002. március 9. fedetlen tábla, kukorica aratás után és talajmintavétel után
3. 2002. október 17. fedetlen tábla, tavaszi műtrágya kezelés után, őszi kezelés előtt, kukorica betakarítás után
4. 2002. november 12. tavaszi és őszi kezelés után



11.ábra: Osztálybassorolt úrfelvételek, 8, 6, 4 osztály felülről lefelé

A tábla szélén mindig található eltérő pixel értékű helyek, de időben egyre homogénebbé válik a tábla.

A 8 osztályos (felül) rendezés azt mutatja, hogy az időben első nagyobb foltokban inhomogén, majd fokozatosan mozaikossá válik. Érdekes a tábla DK-i sávja, amely minden felvételen jól elkülöníthető és homogenitást mutat.

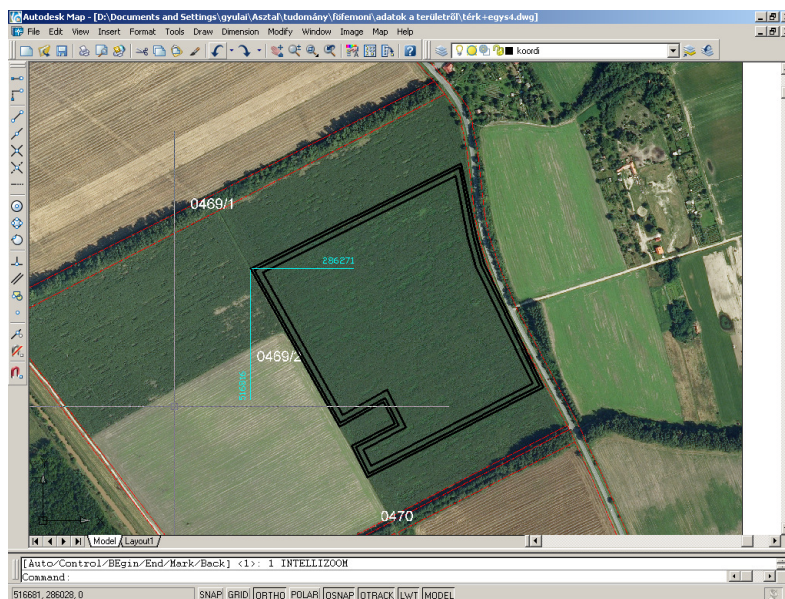
A második és harmadik sor a 6 és 4 osztályos rendezést mutatja. A műtrágya kezelésekk előtti markáns, nagyobb foltok (első két kép)

kiolvasható, a kezelések utáni kettő pedig mozaikossá válik, átrendeződik.

Összefoglalva: interpretációval a sokosztályostól (8) haladva a kevesebb (6-4) osztályos felé a markáns, nagyobb inhomogenitás folt megállapítható az 1. időpontra. A tábla időben homogénebbé válása nem kizárt.

Légi felvételek

A táblaillesztésnél segített a 2000. évi felvétel. Az űrfelvétel kivágást úgy kellett végrehajtani, hogy a legnagyobb terület maradjon, de a zavaró táblaszéli pixelek lehetőleg ne kerüljenek be a kivágásba. Hogy kis mértékben bekerültek, ez az osztályba sorolásnál látszik. A 30 méteres felbontású űrfelvételen a bokrok, utak nem látszanak, míg a légi felvételen ezek jól elkülöníthetők. Miután a szerző elkülönítette: egy kivágandó kerettel, a keret koordinátáit lekérdezve és a kivágó szoftverrel ezek alapján megszerkesztette a táblakivágást.



12. ábra: Kivágó keret szerkesztés

4. Új tudományos eredmények (tézisek)

1. A mezőgazdasági táblára megállapított műtrágya adag (kg/ha) és az űrfelvétel pixel érték egységes rendszerbe és formába hozható. Így azok kapcsolata matematikai és interpretációs módszerrel vizsgálható.
2. Az 1. szerinti egységes adatszerkezet jó: 0,9 körüli korrelációt mutat.
3. A legkisebb négyzetek módszerével vizsgált 1. kapcsolat egymásba nem átszámítható kapcsolatnak minősül. Az együttfutással vizsgált kapcsolatnak nincs számszerű információ tartalma.
4. A több osztályba sorolás módszer interpretációs szinten alkalmas önmagában a tábla inhomogenitás változásának idősoros elemzésére.

5. Összegzés

A Nyugat-Magyarországi Egyetem Mosonmagyaróvári Karán több éve folyó kutatási munka egy részterületével foglalkozik a tanulmány.

A 2001. novemberében évben gyűjtött talaj adatokra támaszkodva MTA TAKI műtrágya programot készített, amit 2002 tavaszán, őszén és 2003-ban végrehajtottak. A szerző Mesterházi Péter Ákossal és a munkát irányító oktatókkal együtt részt vett a program végrehajtásában.

A kutatás célkitűzéseit és megvalósulásukat a szerző alábbiakban foglalja össze.

1. Egységes geometriai rendszer választás, amelyben térkép, műholdas helymeghatározás, űrfelvétel, légi felvétel, agrártechnika kezelhető.

A földhivatali térkép, a FÖMI által rendelkezésre bocsátott űrfelvételek, a FÖMI-től vásárolt légi felvételek EOVS rendszerben voltak adottak. A szerző a kezelési egységeket beillesztette, a GNSS méréseket átszámította EOVS-ba. Ezzel az egységesítés sikerrel járt.

2. A műholdas helymeghatározás pontosságának vizsgálata (ACT és DGPS max. vevőkkel) terepi körülmények között.

A valós terepi körülmények között végzett ACT és RDS max DGPS mérések azt mutatták, hogy az 1,1 m pontos kijelzővel ellátott készülékekkel 1,6 m pontosságot lehetett elérni, de akadt értékelhetetlen mérés is.

3. Tábla inhomogenitások kimutathatósága űrfelvételekkel. Osztályba sorolás és látványos elkülönítés.

Először célszerű a környezetéből kivágni a táblát. 15 hektáros táblaszinten a kivágás és 4 – 6 - 8 osztályba sorolás látványos eredményt adott, interpretálható volt a helyspecifikus műtrágya program térképes megjelenítésével.

3. Mútrágya program valamint ūrfelvételek közötti kapcsolat vizsgálata, esetleges átszámíthatóság a kettő között.

A szerző a mútrágya programot, a talaj jellemzőket és az ūrfelvételeket táblázatos formában kezelte. A mútrágya adag és ūrfelvétel egymásba számíthatóságát a legkisebb négyzetek módszere szerinti illesztéssel vizsgálta. Megállapítása: gyakorlatba bevezethető pontossággal nem számíthatók át egymásba. Ugyanez volt a tapasztalat a 2001. novemberében felvett talaj jellemzőkre.

4. A légi felvételek hasznosítása.

Az ortofotót numerikus pontosításra és interpretációra alkalmasnak találja és felhasználja az elemzésre. Koordináták 0,5 m pontosságó levételére, szerkesztésre, pl. táblakivágás tervezésre kiválóan alkalmas volt.

5. A disszertáció témaköréhez kapcsolódó publikációk

Előadás, konferencia kiadvány

Neményi M. - Mesterházi P. Á. - Gyulai I. (2001): A kemikáliák helyspecifikus kijuttatásának műszaki feltételrendszere az agrárgazdaságban, Győr, Széchenyi István Főiskola, Tudományos Napok

Gyulai I. - Neményi M. - Kacz K. - Mestererházi P.Á. (2002): GIS alkalmazások, XXIX. Óvári Tudományos Napok, előadás és CD kiadv.

Gyulai I. (1997): GIS studies for environmental engineers, előadás PROCEED program keretében, Győr-Deventer, kézirat

Gyulai I. (2000): Környezetelemzés távérzékeléssel, előadás, kiadvány, a Magyar Tudomány Napja, Környezettudományi tanácskozás, Győr, Széchenyi István Főiskola

Gyulai I. (2008): Távérzékelés: a fenntartható erőforrás eszköze, VI. Környezet tudományi Tanácskozás, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2008. nov. 7.

Gyulai I. - Zajovics Gy. (2002): Szennyezőforrások felderítése, nyilvántartása, Környezettudományi Tanácskozás, Széchenyi István Egyetem, Győr

Gyulai I. (2008): Precíziós kitűzések, MTESZ előadás, Győr, 2008. október 28., kézirat

Gyulai I. (1981): A geodézia új irányjai, digitális térkép, MTESZ előadás, Győr, kézirat

Folyóirat

Gyulai István - Horváth Richárd - Dr. Oláh Ferenc (2005): Elektronikus térkép, információ a városi közlekedésben, Városi Közlekedés folyóirat, 2005/1

Lektorált jegyzet

Gyulai I. - Bulla M. (2002): Távérzékelés, egyetemi jegyzet, SZIF-Universitas Kft.

Bulla M. - Domokos E. - Gyulai I. - Harkányiné Székely Zs. - Konrád R. - Kovács B. - Kovács E. - Lénárt L. - Madarász T. - Mucsi L. - Németh N. - Szabó I. - Szűcs P. - Tóth A. - Winkler G. (2007): Környezeti informatika, HEFOP elektronikus jegyzet, Veszprém

Bulla M. - Gyulai I. - Ónodi G. - Payer J. - Radnainé Gy. Zs - Pestiné Rácz Éva - Rédey Á. - Zseni Anikó (2007): Környezetállapot-értékelés, monitorozás, Magyarország környezeti állapota, HEFOP elektronikus jegyzet, Veszprém

Alexay Z. - Bulla M. - Buruzs A. - Gyulai I. - Nagy G. - Koren E. - Papp Z. - Szalay D. - Szalay Z. - Tóth P. - Zseni A. - Pestiné Rácz Éva (2006): Környezetvédelem, elektronikus jegyzet, Humán erőforrás-fejlesztési Operatív Program, (HEFOP), Veszprém