

DEBRECENI EGYETEM
Agrártudományi Centrum
Mezőgazdaságtudományi kar
Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék

**INTERDISZCIPLINÁRIS AGRÁR- ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA**

Doktori Iskola vezető:
Prof. dr. Nagy János
MTA doktora

Témavezető:
Dr. Tamás János
egyetemi tanár, MTA doktora

**Távérzékelési módszerek összehasonlító elemzése mezőgazdasági
mintaterületeken**

Készítette:
Burai Péter
doktorjelölt

Debrecen
2007

1. A kutatás előzményei

1.1 A téma aktualitása

Napjaink gyors információ-technológiai fejlődése, olyan módszereket ad a kezünkbe, mint a globális helymeghatározás, térinformatika, távérzékelés, amikkel a földfelszín élő- és élettelen részeit gyorsan, pontosan, olcsón és nagy területeken tudjuk vizsgálni. A távérzékeléssel lehetőségünk nyílik a hagyományos pontszerű földi mintavételi adatok mellett (helyett) nagy területekről egyidejűleg információt nyerni.

Napjainkban az informatikához hasonlóan a távérzékelésben is jelentős fejlődés tapasztalható. Növekszik az adatforrások információtartalma, amelyek segítségével olyan tulajdonságokat is vizsgálhatunk, amelyeket a korábbi eszközökkel még nem volt lehetőség. Új távérzékelési célú üreszközök és, egyre nagyobb geometriai és radiometriai felbontású felvételek jelennek meg, amelyek közül egyes típusok a globális és meteorológiai folyamatok megfigyelésére, mások a precíziós technikákban alkalmazhatóak. A multispektrális szenzorokkal felszerelt műholdak a látható tartományon kívül a közeli- és a középinfra tartományban is tudnak közepes és nagy felbontású felvételeket készíteni. Az elmúlt évtizedben a hiperspektrális távérzékelés és képelemzés a távérzékelés egyik leggyorsabban fejlődő területévé vált. A földközeli és légi szenzorok mellett megjelentek olyan műholdak, amelyek nagy radiometriai és geometriai felbontású felvételek készítésére alkalmas hiperspektrális szenzorokkal vannak felszerelve (pl. HYMAP). A multi- és hiperspektrális távérzékelés esetében a szenzorok tulajdonságainak fejlesztésén túl legalább akkora kihívás az adatfeldolgozás és az adatértékelés.

A környezeti monitoring, és modellek, a precíziós mezőgazdaság egyre pontosabb talaj- és vegetáció térképeket igényelnek, amelyek adatigényét a nagy mintaszám gyors és olcsó elemzésével valamint a távérzékeléssel készített felvételek értékelésével elégíthetjük ki. Az Európai Unióban az űrfelvételek a precíziós mezőgazdaság (pl. FARMSTAR program) és a mezőgazdasági területek ellenőrzésének (MARS) nélkülözhetetlen alapadatai, amelyek hazai alkalmazásaival a FÖMI által koordinált mezőgazdasági parcella azonosító rendszer (MEPAR) és a növénymonitoring (NÖVMON) programban találkozhatunk.

A távérzékelte eszközök rohamos fejlődésével újabb adatforrások és adatfeldolgozási módszerek alkalmazására van lehetőségünk, amelyek számos olyan előnyöket és alkalmazási korlátokat hordoznak magukban, amiket tudományos igényű elemzéssel kell alátámasztani. Az értekezés témaválasztását ez a szakmai kihívás indokolta, remélve, hogy az eredmények hozzájárulnak a szakterület fejlődéséhez.

2. A kutatás célkitűzései

A dolgozatban alföldi mintavételi területeken készített különböző távérzékelte adatokat és módszereket alkalmaztunk, amelyekkel kapcsolatos általános vizsgálati szempontokat az alábbi pontokban határoztuk meg:

- Milyen alkalmazási lehetőségei és korlátai vannak az egyes távérzékelte adatforrásoknak?
- Mely képfeldolgozási módszerrel illetve modellel lehet a pontos adatokat nyerni az általunk alkalmazott felvételek feldolgozása alkalmával?
- Hogyan lehet javítani az alkalmazott távérzékelte adatfeldolgozó módszerek pontosságát és hatékonyságát?

- Melyek azok a vízgazdálkodási paraméterek, amelyek vizsgálhatóak távérzékelte adatforrások alapján?
- Hogyan lehet integrálni a távérzékelte adatokat a különböző GIS adatbázisokkal, vízgazdálkodási modellekkel?

A kutatásunk során cél volt, hogy különböző típusú, geometriai felbontású távérzékelte adatokat alkalmazzunk, mezőgazdasági területek vizsgálatára az alábbi részletes célkitűzések figyelembevételével:

- Az alkalmazott távérzékelte felvételek milyen radiometriai és geometriai tulajdonságokkal rendelkeznek?
- A földközeli távérzékeléssel milyen megbízhatósággal mérhető a különböző növényfajok, illetve gyomosodott állományok borítottsága és levélfelülete, az alkalmazott módszereknek milyen alkalmazási korlátai vannak?
- Intenzív művelésű mezőgazdasági területről készített távérzékelte felvételek spektrális információi alapján hogyan becsülhetőek az agroökológiai és termesztési tulajdonságokat meghatározó biofizikai és talajtulajdonságok térbeli változásai?
- Mely módszerek alkalmasak az alkalmazott adatforrások elemzésével a mezőgazdasági területek kvantitatív vizsgálatára az egyes földhasználati kategóriák parcella szintű meghatározásához?
- Milyen módon lehet a képelemzés osztályozási eredményeinek parcella szintű értékelését végrehajtani úgy, hogy terület alapú információt kapjunk?
- Milyen módszerrel lehet idősoros felvételek képfeldolgozásából nyert adatsorait integrálni nagyobb felbontású távérzékelte adatokkal és más adatbázisokkal?

3. A kutatás módszerei

3.1 A vizsgálati területek bemutatása

A vizsgálataink alkalmával különböző méretű és földrajzi elhelyezkedésű mintaterületen folytattuk vizsgálatainkat. A vizsgálatok túlnyomó többségét a tedeji puszta-területen (1500ha) és a Szolnok-Túri-sík mintaterületen (~100000 ha) végeztük. A *tedeji puszta-terület* az Észak-Alföldi Régióban, Hajdúböszörménytől északra található. Az 1500ha-os mintaterületen az összefüggő, nagy parcellákon intenzív mezőgazdasági művelést folytatnak, amelynek termesztéstechnológiai adatait tartalmazó táblatorzskönyvi adatokból és a nagy felbontású digitális talajtérképből integrált adatbázist készítettünk. A táblatorzskönyv adatai és a terepbejárás alapján a távérzékelt felvétel készítésének időpontjában 43 fizikai blokkot különítettünk el a mintaterületen, amelyet 6 csoportba soroltunk: szántás, tarló (gabona-és lucerna), lucerna, kukorica, cukorrépa, gyepek. A pontos lehatárolásra azért volt szükség, hogy az aktuális állapotot mutassuk be és a szegélyek, csatornák, műtárgyak, stb. spektrális zavaró hatását csökkentjük.

A *Szolnok-Túri-sík mintaterület* a Jász-Nagykun-Szolnok megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Szolgálat (NTSZ) működési területén belül Mezőtúr, Túrkeve, Örményes közigazgatási területeket, illetve kis mértékben Fegyvernek és Kétpó területeket érinti. A mintaterület kijelölését az NTSZ munkatársai által GPS készülékkel 2003-ban felmért fizikai blokkok alapján határoztuk meg.

A fajtakísérleti és növényvédelmi kísérletek mintaterületeinek borítottság vizsgálataihoz készítettünk különböző helyszíneken felvételeket, amelyek fontosabb paramétereit az alábbiakban ismertetjük.

A *Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep* területén 6 kukoricahibridnek vizsgáltuk a levélfelületét. A kísérleti

telepen több különböző növénytermesztési tartamkísérletet folytatnak, ahonnan 5 különböző kisparcellás kísérletbe állított hibridet választottunk ki a vizsgálat céljára. A Pannon Egyetem Georgikon karának a **keszthelyi mintaterületén** beállított növényvédelmi kísérleti parcelláin készítettünk felvételeket. A mintaterületen vizsgálják a gyomosodottság összetételét (borítás és fajösszetétel), különböző hatóanyagtartalmú NPK műtrágyával és szervestrágyával kezelik a kukorica- őszi búza- őszi árpa vetésforgóba beállított parcellákat. A kezelések és a gyomfelvételezés részletes leírását Lehoczky et al. (2006) publikálta. További növényvédelmi célú vizsgálatot folytattunk a Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) 2005. évi „pollen információs rendszer program” referenciaterületeinek felvételezése alkalmával az Észak-Alföldi Régióban kijelölt **újfahértói mintaterületen**. A részletes gyomfelvételezés céljára egy, a régióra jellemző átlagos parcellaméretű, 7 ha-os gyomos és egy kontroll napraforgó táblát jelöltünk ki, ahol a savanyú homoktalajon a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*) volt az uralkodó gyomfaj. A részletes gyomfelvételezést 2005.06.18. végeztük el.

3.2. A vizsgálatok során alkalmazott távérzékelési adatok

Vizsgálataink alkalmával különböző geometriai és spektrális felbontású adatokat alkalmaztunk a földközeli szélessávú, 3 csatornát (kék, vörös és közeli infra) tartalmazó multispektrális TETRACAM ADC digitális kamerával készített felvételeken keresztül a kis geometriai felbontású MODIS űrfelvételekig. A kutatási alapanyagul szolgáló űrfelvételek többségénél archív alapanyagot dolgoztunk fel, a felvétel készítésének pontos időpontjában in situ mintavételre nem minden alkalommal volt lehetőség. Az általunk alkalmazott TERTACAM ADC multispektrális kamera esetében a felvételekkel egyidejűleg lehetőség nyílt a terepi mintavételek pontos tervezésére és kivitelezésére. Az *1. táblázat* azoknak az adatforrásoknak az alapadatait tartalmazza, amelyeket a dolgozatban alkalmaztunk. A MODIS esetében csak a kutatás során alkalmazott, 250m-es terepi felbontású csatornákat ismertetem.

1. táblázat A kutatás során alkalmazott távérzékelt adatforrások rövid ismertetője

Távérzékelt felvétel	Képméret (km)	Terepi felbontás	Csatorna szám	Csatornák (µm)	felvétel készítés időpontja
MODIS	2330 (sáv-szélesség)	250m	36	1. 0,62-0,67 ¹ 2. 0,84-0,87 ¹	2003.03.01-2003.09.30 (30 db)
LANDSAT 7 ETM+	170×183	MS: 30m TIR: 60m PAN: 15m	7+1 (PAN)	1. 0,45-0,515, 2. 0,525-0,605, 3. 0,63-0,69, 4. 0,75-0,90 5. 1,55-1-75 6. 10,40-12,50 7. 2,08-2,35	2002. 08. 19
SPOT 5	60×60	MS: 10m PAN: 5/2,5 m	4	1. 0,50-0,59 2. 0,61-0,68 3. 0,78-0,89 4. 1,58-1,75	2003. 05. 08. 2003. 08. 11.
DAIS - 7915	3,99×8,73 ²	5m ²	80	1.-32. 0,40-1,00 (Si) ⁴ 33.-40. 1,50-1,80 (InSb) ⁴ 41.-72. 2,00 – 2,50 (InSb) ⁴ 73. 3,00-5,00 (InSb) ⁴ 74.-79. 8,00-12,60 (MCT) ⁴	2002. 08. 19
TETRA-CAM ADC	0,42×0,50 ³	0,5m ³	3	1. 0,52-0,60 2. 0,62-0,75 3. 0,75-0,95	-

1: A 250m-es terepi felbontású csatornák

3: 300m-es repülési magasságnál

2: 2000m-es repülési magasságnál

4: DAIS szenzortípusok

3.3 Egyéb térképi adatforrások

A *tedeji minaterület*ről készített távérzékelt felvételek geometriai korrekciójához felhasználtuk a 79-112, 79-121, 89-334, 89-343 szelvényszámú 1:10000 méretarányú EOTR topográfiai térképek digitális változatait illetve a 2000. évi légifelvételezés 0,60 m terepi felbontású számú ortofotóit. A területről 2000-ben készült el a megújított talajinformációs rendszer, amely tartalmazza a főbb fizikai és kémiai talajtulajdonságokat, amelyet a feltárt talajszelvények mintái alapján a Hajdú- Bihar Megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Szolgálatnál vizsgálták

be, majd az adatokból elkészítettek egy részletes talajgenetikus térképet. A felvételek osztályozásához és a kvalitatív vizsgálathoz ortofotó segítségével meghatároztuk a táblahatárokat. A táblatörzskönyv és a terep bejárása során gyűjtött adatokkal feltöltöttük a vektorizált állományt. A mintaterületről részletes GIS adatbázis állt rendelkezésünkre, amely tartalmazza a talajtani, növénytermesztési, tápanyag-gazdálkodási paramétereket. A **Szolnok-Túri-sík** mintaterület geometriai korrekciójához, a GCP pontok meghatározásához DTA-50 digitális adatbázist alkalmaztunk. Az egyéb mintaterületeknél alkalmazott földközeli felvételekhez nem volt szükség más térképi adatbázisra.

3.4 Terepi mintavételi adatok

A *Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepen* a földközeli felvételekhez a felületszámítást növényegyedenként Montgomery (Petrasovits, 1988) módszerrel végeztük el. A teljes levélfelület mellett megmértük a fotoszintetikusan aktív zöld és a száraz levélfelületet. Az *újfahértói mintaterületen* a FÖMI által meghatározott szabályos 70×70 m-es kvadrátokon belül random módon jelöltük ki a vizsgálati pontokat. A pozíciókat szubméter pontosságú DGPS eszközzel jelöltük meg. A gyomfelvételezésre a Balázs-Újvárosi (Újvárosi, 1973) módszert alkalmaztuk és TETRACAM ADC kamerával készítettünk a kijelölt 1×1 m-es mintaterületeken felvételeket. A pontszerű gyomfelvételezés eredményeiből krigezással, ArcGIS geostatistikai algoritmusával alkalmazásával gyomtérképet készítettünk a kivágat és a LANDSAT pixel értékeinek megfelelően. További levélfelület vizsgálatot végeztünk különböző gyomfajokkal, ahol lehetőség volt a felvételek készítése után a levelek leszedésére és pontos felületmérésre síkágvas szkener segítségével.

A *tedeji puszta mintaterületen* a földhasználat és vegetáció elemzés céljából kialakított parcellák és a táblatörzskönyvi adatokon kívül terepi mintákat is gyűjtöttünk. A P5 vizsgálati területen sótartalom-változás vizsgálatra vettünk

talajmintákat, vizsgáltuk a növényzet egyes paramétereit, amelyet ellenőrzés céljából kiegészítettünk a korábban vizsgált P8-as vizsgálati terület adataival.

A P5-ös táblán kijelölt 100×250 m-es vizsgálati területen az őszi búza állomány betakarítása után (2004. augusztus 02.) geodéziai mérést és talajmintavételt alkalmaztunk. A területet 10×10 m-es rácshálóra bontottuk, és a rácsháló pontjainak magassági értékeit szintező műszerrel mértük, az x,y koordinátákat Trimble DGPS készülékkel rögzítettük. A sótartalom meghatározására 0-0,3 m mélységből bolygatott talajmintát vettünk laboratóriumi elemzésre. A légszáras darált talajmintákból 1:2,5 talaj:víz arányú szuszpenziót készítettünk és ebben mértük szabvány szerint a pH-t és az elektromos vezetőképességet ($EC_{2,5}$). A vizsgálati területen a felszíni sótartalom eloszlása hasonló térszíni fekvést mutatott, mint a P8-as táblánál, ami megerősíti a Tóth (2002) munkájában részletesen ismertetett szikesedési jelenséget.

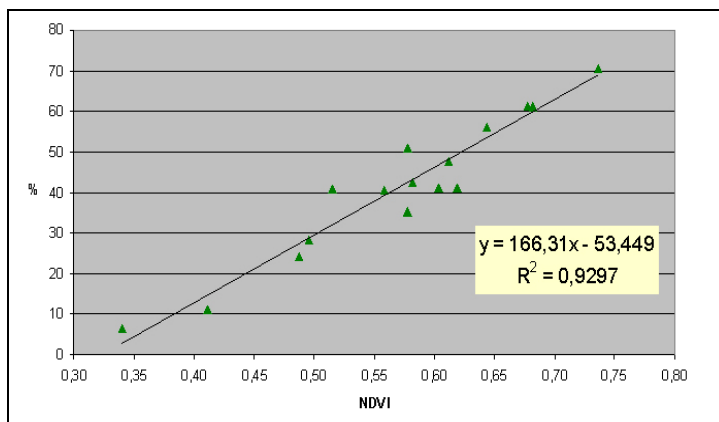
A P8-as táblán lehatárolt cercospóra vizsgálati területen folytatott nagyparcellás lombvédelmi kísérleteknél rizómánia toleráns fajtát (Triplex), alkalmaztak azonos kezelés mellett minden egyes parcella esetében. A kísérlet a felhasznált szerek kezelési időpontjainak, kezelési számainak változtatásának, illetve különböző fungicidek alkalmazásának hatásait vizsgálta. A cercospóra levélfoltosság (*Cercospora beticola*) megállapításának értékelésére bonitálást alkalmaztak, úgy hogy minden parcellánál 10 m-es távolságokban értékelték az állományt, majd átlag értéket képeztek.

4. Az értekezés főbb megállapításai

Mezőgazdasági mintaterületeken távérzékelt felvételekkel vizsgáltuk a növényzet biofizikai változóink a tér és az időbeni eltéréseit, amelyek a hagyományos mintavételi eljárásokkal szemben térbeli értékelésre ad lehetőséget. A vizsgálatok

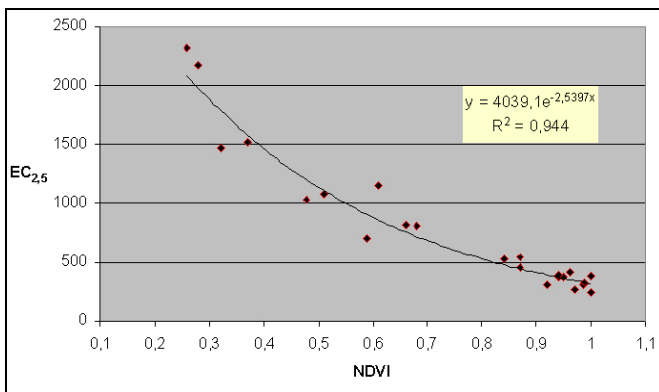
elsősorban a vízgazdálkodási tulajdonságokat leginkább meghatározó növényi levélfelület, biomassza, felszíni hőmérséklet, szikesedés, földhasználati tulajdonságok vizsgálatára terjedtek ki. A biofizikai változók és talajtani paraméterek vizsgálatánál hasonló jelenségeket tapasztaltunk, különböző geometriai és spektrális felbontású távérzékelte felvételek használatával, azonban az eltérő radiometriai és geometriai tulajdonságok különböző adatfeldolgozási módszereket igényeltek.

A TETRACAM ADC multispektrális kamerával készített földközeli felvételek, megfelelő alkalmazással, pontszerű vegetáció és kis területek légítérképezésében bizonyultak eredményesnek. A különböző növényfajokról készített felvételeknél, 5-80% tényleges borítottság között a borítottság (%) és NDVI között szoros pozitív regressziót tapasztaltunk. A kamera a gyomosodott állományok borítási vizsgálatában eredményes eszköz volt (1.ábra), amely a megfelelő kalibrációval gyors, pontos, és olcsó felvételezést tesz lehetővé. A módszer szélesebb körű használata kiegészítheti a hagyományos gyomfelvételezési és borítottság vizsgálatokat, csökkentve a vizuális felvételezés szubjektivitását.



1. ábra TETRACAM ADC kamerából számított NDVI és a borítás(%) között a lineáris regresszió a keszthelyi mintaterületen

A TETRACAM ADC multispektrális kamerával készített felvételek további feldolgozásával, különböző alakzat-felismerési eljárásokkal akár faj szintű értékelésre is sor kerülhet. A kamera szabványszerű alkalmazása javasolt a vegetáció vizsgálatban, mivel a felvételezés és az adatok feldolgozás gyors és pontos adatnyerésre alkalmas. A kamera légi alkalmazása során készített felvétellel mezőgazdasági parcella biomassza-változását vizsgálatuk, a közeli infra és vörös csatornák reflektancia értékeiből számított NDVI felhasználásával. Az NDVI index hatékony eszköznek bizonyult az őszi-búza állomány biofizikai paramétereinek (levélfelület, szármagasság és szemtermés) meghatározására, és közvetett módon a feltalaj vezetőképességének térképezésére (2.ábra). A feltalaj sótartalom növekedésével csökkent a növényi biomassza (növénymagasság, termés) mennyisége, amelyet az alacsony magasságból TETRACAM ADC multispektrális kamerával készített felvétel feldolgozásával meg tudunk határozni. A kamera új generációs, nagyobb felbontású változatait a precíziós mezőgazdaságban légi alkalmazás során nagyobb területek vizsgálatára is lehetne alkalmazni.



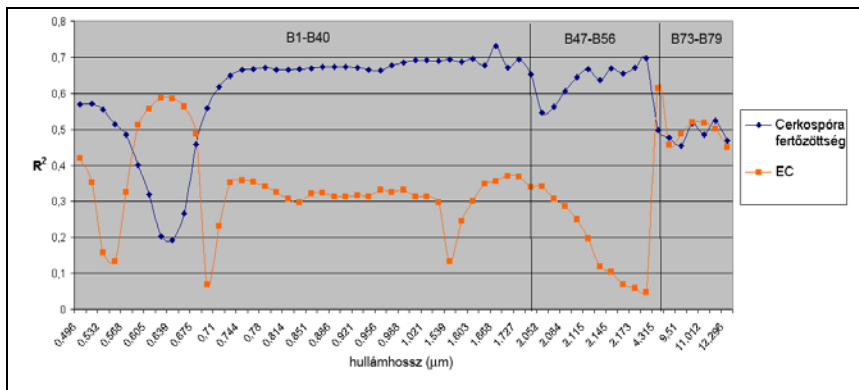
2. ábra A TETRACAM ADC-ból számított NDVI és a sótartalom közötti regresszió

Abban az esetben, ha a növényzet és a bizonyos talajtani tulajdonságok a parcellán belüli térbeli változatosságát szeretnénk vizsgálni, a több csatornát tartalmazó és

nagy térbeli felbontású felvételek alkalmazására van szükség. A kvantitatív vizsgálatoknál eredményes eszköznek bizonyultak a DAIS 7915 hiperspektrális felvétel feldolgozásából nyert adatok. Eredményeink rámutattak a helyes előfeldolgozás fontosságára. A vizsgált növényi indexek nem minden esetben adnak többlet információt a vizsgált tulajdonságról. Sok esetben egyetlen megfelelő csatorna kiválasztásával hasonló vagy jobb eredményt érhetünk el, mint az összes spektrum, vagy annak egy transzformált változatával.

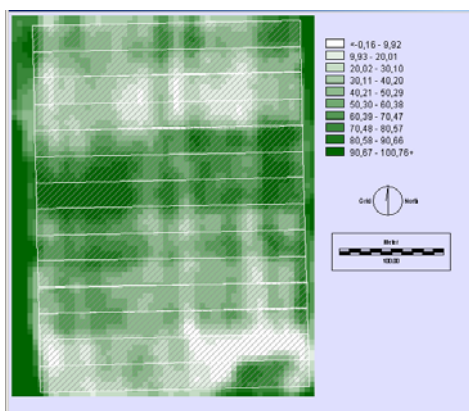
Térben változó sótartalmú, kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságú szikesedett mezőgazdasági terület vizsgálatánál, megállapítottuk, hogy a hiperspektrális felvételek MIR és TIR tartományának bizonyos hullámhosszai kevésbé érzékenyek a vegetáció-változásra, így jobb becslést adnak akkor is, ha a feltalaj sótartalom változását a növényzet kevésbé indikálja. A reflektancia / radiancia értékekből számított regressziós modellek csak a vizsgált területen alkalmazva adnak pontos becslést a vizsgált tulajdonságról.

A tedeji mintaterületen nagyparcellás növényvédelmi kísérlet keretein belül vizsgáltuk a cukorrépa levélfelület térbeli változékonyságát. Az egyes lombvédelmi kezelések térbeli mintázatát meg tudtuk állapítani a főkomponens analízis során számított, a növényzet változékonyságát reprezentáló első főkomponens értékeiből. A regresszió számítás alkalmával megállapítottuk, hogy a NIR csatornák mindegyikével jól becsülhető a levélfelület változása, azonban a MIR és TIR tartomány kevésbé érzékeny a vegetáció- változásra. Több csatorna együttes használata, illetve a legnagyobb variációt mutató főkomponensek nem adtak jobb becslést, mint egy tetszőlegesen kiválasztott csatorna a NIR tartományból (0,71-1,72 μm). Az NDVI és vörös él pozíciót (VEP) számítva becslésünk megbízhatósága nem haladta meg a legszorosabb regressziót mutató 1,668 μm tartományból számított iterációs modell ($R^2 = 0,731$, $p < 0,05$) értékét (3. ábra).



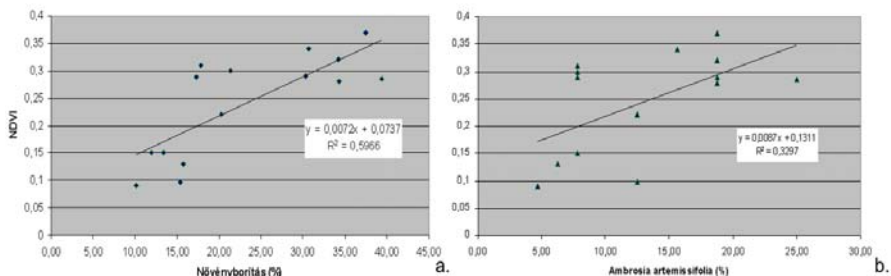
3. ábra Cercospora fertőzöttség (%), elektromos vezetőképesség ($EC_{2,5}$) és a DAIS csatornák determinisztikus együtthatója (R^2)

A közeli infra csatornából számított lineáris regresszió alapján, a geometriailag transzformált felvétel pixeleit behelyettesítve elkészítettük a mintaterület cercospróra fertőzöttségi térképét, amely segítségével az egyes parcellákon belül térben is értékelhető a fertőzöttség (4. ábra).



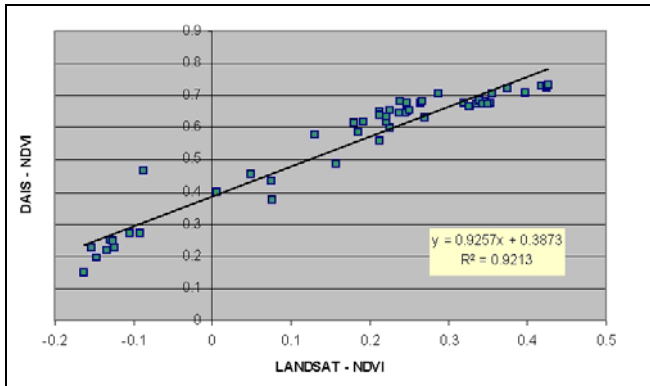
4.ábra A B36-os csatorna reflektancia értékéből számított fertőzöttség térkép a parcellákkal

A közepes felbontású LANDSAT ETM+ idősoros felvételek reflektancia adatai felhasználásával el tudtuk különíteni a gyomosodott, nagyobb biomassza értékű és gyommentes parcellát. A táblán belüli, pixel szintű vizsgálatnál a számított NDVI adatok és a teljes borítás között gyenge determinisztikus kapcsolatot számítottunk (5. ábra), azonban a növényzet faj szintű becslését a vizsgált parcellán nem lehetett LANDSAT adatokból számítani.



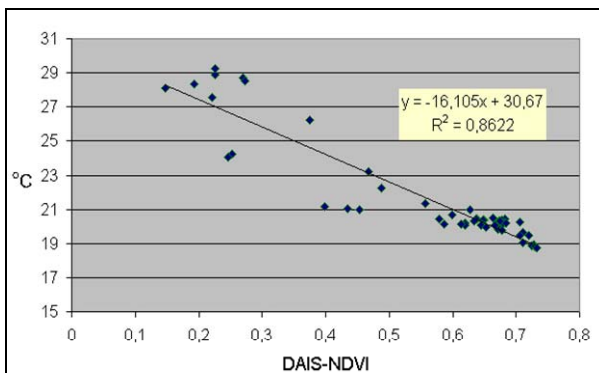
5. ábra A Landsat felvételtől számított NDVI és a borítás (canopy) (%) lineáris regressziója (n=15) (a.), illetve az *Ambrosia artemisiifolia* borítási értékének lineáris regressziója (n=15) (b.).

A különböző magasságból és felvételezési módszerrel készített, eltérő radiometriai és geometriai felbontású de azonos időpontban készített felvételek összehasonlítása során megállapítottuk, hogy a megfelelő atmoszférikus és geometriai transzformáció alkalmazásával az általunk vizsgált teljes spektrális sávban azonos módon változott a vizsgált felszín reflexió / radiancia értéke (6. ábra).



6. ábra LANDSAT 7 ETM+ felvétélből számított NDVI és DAIS 7915 csatornák reflektancia értékeiből számított szélessávú NDVI közötti lineáris regresszió

A DAIS 7915 felvétélből számított felszíni hőmérséklet a vizsgált időpontban szoros korrelációt mutatott a növényzet változását indikáló NDVI-vel, a csökkenő biomassza mennyisége növelte a felszíni hőmérséklet értékeit a vizsgált területen (7. ábra). A LANDSAT ETM+ felvétel kis terepi felbontású TIR csatornája már kevésbé megbízhatóan jelezte a hőmérséklet változását.



7. ábra A DAIS 7915 hiperspektrális felvétélből számított NDVI és a felszíni hőmérséklet közötti lineáris regresszió

A földhasználat vizsgálatnál a LANDSAT ETM+ felvételek osztályozása során közel hasonló pontosságot tapasztaltunk, mint a nagyobb geometriai és radiometriai felbontású DAIS-7915 felvételek elemzésével. Az osztályozások pontosságát a vizsgálatba bevont területek maszkolásával és a *K-means* módszernél az ismétlések számának emelésével tudtuk növelni. A hiperspektrális felvétel esetében az ellenőrzött osztálybasorolás során a főkomponens analízissel (PCA) számított főkomponensek alkalmazásával nem csak az adatfeldolgozás sebességét, hanem az osztályozás pontosságát (56,6 %-ról 77,27 %-ra) is tudtuk növelni. Az osztályozási módszerek közül a *maximum likelihood* módszer adta a legmegbízhatóbb eredményt, az átlagos pontosság a LANDSAT esetében 78,22% volt, míg a DAIS 7915 esetében 85,52% (2. táblázat).

2. táblázat Az osztályozott felvételek hibamátrixa

Osztályozási módszer	Felvétel típusa	Pontosság	tarló	szántás	lucerna	gyep	kukorica	cukor-répa	Teljes pontosság	Kappa érték
K-Means * +mask	LANDSAT	Production	89,04	73,44	50,65	0,69	92,52	0,15	66,97	0,56
		User	96,85	10,46	83,49	15,72	71,95	0,89		
K-Means * +mask	DAIS	Production	86,00	9,96	38,64	19,00	71,69	20,71	57,87	0,43
		User	89,63	7,57	99,56	27,66	55,35	14,21		
K-Means *** +mask	LANDSAT	Production	96,29	35,79	59,84	72,43	98,84	92,26	74,97	0,68
		User	45,73	16,89	93,55	98,24	53,01	96,68		
K-Means *** +mask	DAIS	Production	69,98	21,10	67,30	27,74	64,33	3,22	56,64	0,43
		User	91,48	9,77	95,38	21,30	59,70	2,15		
K-Means *** +mask	DAIS (PCA)	Production	98,01	96,37	67,27	37,85	68,18	89,69	77,27	0,71
		User	97,67	41,01	94,27	10,76	88,34	80,34		
Maximum likelihood	LANDSAT	Production	94,62	81,83	73,11	70,67	85,72	73,48	78,22	0,72
		User	95	85,55	98,85	97,5	14,55	99,88		
Maximum likelihood	DAIS	Production	93,14	81,22	78,51	91,43	84,84	84,68	85,52	0,81
		User	98,84	100	99,7	20,28	99,01	99,89		

*ismétlés = 1, **ismétlés = 10

A Szolnok-Túri-sík mintaterületen regionális szintű földhasználat elemzést végeztünk. A vizsgálathoz egy tavaszi és egy őszi időszakban készített közepes felbontású SPOT-5 multispektrális felvételek alkalmaztunk. A felvételek osztályozásánál az ellenőrzött osztálybasorolással tudtuk a legpontosabb

eredményt elérni. A két időpont közül a kora őszi időszak osztályozásával kaptunk pontosabb eredményt, amelyet a két időpont összevonásával tovább tudtunk növelni (3. táblázat).

3. táblázat

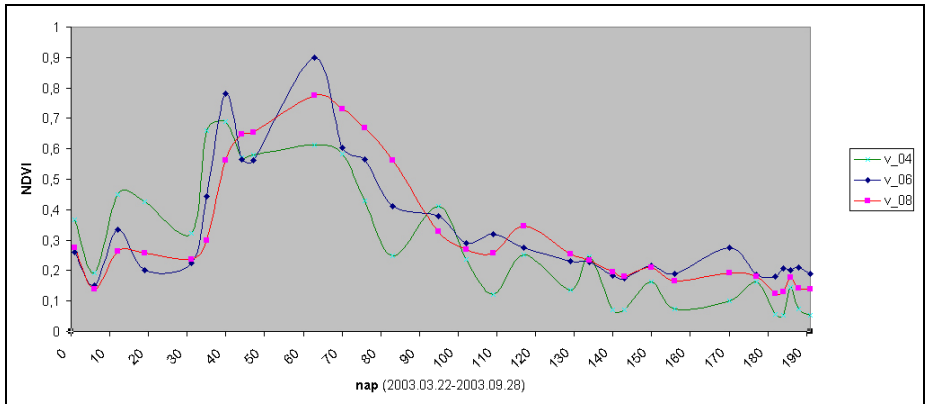
Osztályozás	Felvétel	Pontosság	Borsó	Cukorrépa	Gyep	Kukorica	Lucerna	Napraforgó	Őszi búza	Repece	Rizs	Tavaszi árpa	Teljes pontosság
Maximum likelihood	SPOT02	Production	31,68	82,7	69,14	55,85	75,11	45,9	68,03	34,01	55,94	48,03	57,79
		User	16,52	71,66	94,4	68,68	57,15	59,09	76,54	18,59	67,18	16,54	
Maximum likelihood	SPOT01	Production	43,86	82,79	62,22	12,69	67,84	46,25	30,65	30,82	69,26	58,71	34,35
		User	22,47	20,92	84,03	46,7	37,68	31,18	81,94	5,7	15,73	17,24	
Maximum likelihood	SPOT0102	Production	50,51	83,26	66,49	64,48	77,3	64,08	71,54	20,29	54,7	58,4	66,73
		User	54,67	83,43	94,66	69,96	64,21	49,34	85,84	61,33	98,95	35,37	
K-Means	SPOT0102	Production	26,17	86,86	77,79	34,75	69,01	32,43	35,84	17,69	0,02	1,85	35,94
		User	8,5	26,72	21,96	56,82	67,6	42,66	84,72	1,67	0	1,04	

SPOT01: 2003. 08. 11.-én készített SPOT 04 felvétel, SPOT02: 2003. 05. 08.-án készített SPOT 04 felvétel

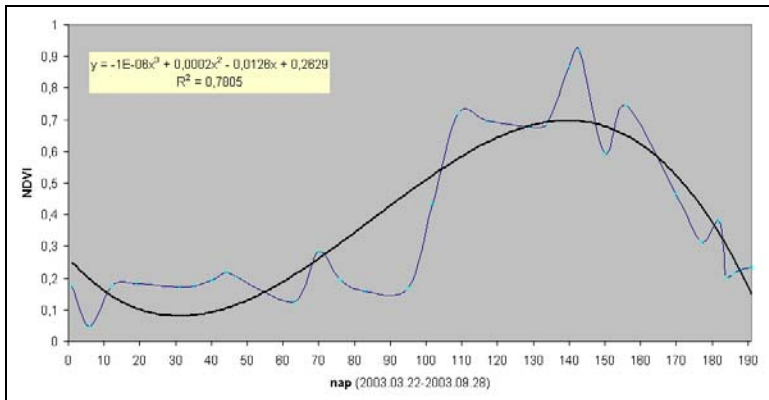
SPOT0102: A SPOT01 és SPOT02 felvételek összevonásából készített felvétel

Az osztályozott parcellák vizsgálatánál a hiba jelentős része a geometriai korrekcióból, a parcella méréséből és a szegélyhatásból származik. Az osztályozás értékelésére bevezettünk egy módszert, amely a hagyományosan alkalmazott hibamátrixszal szemben parcellánként vizsgálja az osztályozás pontosságát, és az eredmények parcellánként is lekérdezhetőek.

A regionális vizsgálatnál alkalmazott MODIS felvételtől a felhős területek maszkolása után számított NDVI-ből a vegetációs időszakban a nagy méretű parcellák növényzetének (kukorica, őszi búza, lucerna, tavaszi árpa) biomassza-változásának idősoros dinamikáját számítottuk (8.ábra). A vizsgált területek NDVI értékeiből elvégeztük a trendvonal felvételt. A trendfüggvény illesztésére a görbe jellege miatt a harmadfokú polinom módszert alkalmaztuk, ahol a független változó az idő (9.ábra).



8. ábra Különböző területen elhelyezkedő búza táblák NDVI időszora



9. ábra Kukorica tábla NDVI változása a vizsgált időszakban

A kis felbontású MODIS felvételek az ismétlésszám és a gyors hozzáférhetőség miatt alkalmasak a nagyobb táblaméretű mezőgazdasági területek biomassza-változásának vizsgálatára, valamint a feldolgozott adatok beépíthetőek különböző vízgazdálkodási modellekbe.

6. Új tudományos és a gyakorlatban hasznosítható eredmények

Új és újszerű tudományos eredmények

Doktori munkám során elért eredmények alapján az alábbi új és újszerű tudományos eredményeket fogalmaztam meg:

- I. Meghatároztam a TETRACAM ADC digitális multispektrális kamera földközeli alkalmazási lehetőségeit és korlátait a növényborítás és a levélfelület (LAI) vizsgálatában.
- II. Az alacsony magasságban készült felvételekből számított NDVI index alapján az őszi-búza állomány egyes biofizikai paramétereit és közvetett módon a feltalaj elektromos vezetőképességének térképeztem.
- III. Megállapítottam, hogy az általam vizsgált közép-infra (MIR) és termális infra (TIR) spektrumokból, mely hullámhossz tartományok érzékenyek a talaj elektromos vezetőképességének a változására, abban az esetben is, ha a növényzet a látható (VIS) és a közeli-infra (NIR) tartományokban kevésbé jelzi azt.
- IV. Lombvédelmi kezelések hatásának térbeli mintázatának értékelése során megállapítottam, hogy a NIR csatornák mindegyikével jól becsülhető a levélfelület változása.
- V. Távérzékelte felvételek osztályozásának értékelésére kidolgozott módszerem, a hagyományosan alkalmazott hibamátrixszal szemben parcellánként határozza meg az osztályozás pontosságát, parcellánként lekérdezhető módon.

Gyakorlatban hasznosítható eredmények

Doktori munkám során elért eredményeim alapján a következő, a gyakorlatban hasznosítható eredményeket fogalmaztam meg:

- I. Különböző távérzékelt felvételek összehasonlítása során értékeltem, hogy a megfelelően feldolgozott hiperspektrális felvételek pontosabb becslést adnak a vizsgált talajtani és vegetációs paraméterek estében, mint a közepes felbontású (LANDSAT ETM+) felvételek, ezért javaslom a szélesebb körben való alkalmazását az agrár-környezetvédelmi vizsgálatokban.
- II. Az adatfeldolgozás során eredményeim rámutattak a helyes előfeldolgozás fontosságára, azaz a megfelelő csatorna vagy csatornák kiválasztásával hasonló vagy jobb eredményt érhetünk el, mint az összes spektrum, vagy annak egy transzformált változatával.
- III. Megállapítottam, hogy a kis felbontású MODIS felvételekből számított növényi vegetációs indexekkel jól modellezhető a szántóföldi növények fejlődése a nagy táblaméretű mezőgazdasági területeken.

PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

1. **Burai P.** (2005): Távérzékelt adatforrások alkalmazása az agrár-környezetvédelmi indikátorok meghatározásában. pp. 66-75. In: Tamás J., Németh T. (szerk.) Agrárkörnyezetvédelmi indikátorok elmélete és gyakorlati alkalmazásai. Debreceni Egyetem, Debrecen, 138 p.
2. **Burai P.** (2006): Földhasználat-elemzés és növény-monitoring különböző adattartalmú és térbeli felbontású távérzékelt felvételek alapján, Agrárközlemények, Acta Agraria Debreceniensis, Debreceni Egyetem. 2006/22, pp. 7-12.

3. **Burai P.**, Pechmann I. (2005): Talajdegradációs folyamatok vizsgálata nagy felbontású távérzékelt adatforrások alapján. Agrárközlemények, Acta Agraria Debreceniensis, Debreceni Egyetem. 2005/16, pp. 145-149.
4. **Burai P.**, Pechmann I. (2003): Különböző spektrális felbontású távérzékelt adatforrások alkalmazási lehetőségei az agrár-környezetvédelemben. Agrárközlemények, Acta Agraria Debreceniensis, Debreceni Egyetem. 2004/13, pp. 123.-126.
5. **Burai P.**, Lénárt Cs. (2005): Növénytermesztési tartamkísérletek vizsgálata földközeli és légi távérzékelt technológiával. Acta Agraria Kaposvariensis. 10 (1), pp. 1-11.
6. Pechmann I., Tamás J., Kardeván P., Vekerdy Z., Róth L., **Burai P.** (2003): Hiperspektrális technológia alkalmazhatósága a mezőgazdasági talajvédelemben (EU Konform Mezőgazdaság és Élelmiszerbiztonság, Gödöllő, Hungary)
7. **Burai P.**, Tomor T., Bíró T., Lénárt Cs. (2003): Mértékadó belvízhozam meghatározása térinformatikai eszközökkel. Erdei Ferenc II. Tudományos Konferencia, Kecskemét, pp. 342-345.
8. Bíró T., Lénárt Cs., Tamás J., **Burai P.** (2003): Belvízcsatornák hidraulikai modelljei. Erdei Ferenc II. Tudományos Konferencia, Kecskemét, pp. 359-364.
9. Pechmann I., Tóth T., Tamás J., Kardeván P., Róth L., **Burai P.**, Katona Zs. (2003): Eltérő talajsótartalmú növényzeti foltok elkülönítése hiperspektrális technológiával. Földminősítés és földhasználati információ, Keszthely, pp. 309-320.
10. Tamás J., Katona Zs., **Burai P.**, Tanyi P. (2003): Hiperspektrális technológiák alkalmazása a vegetáció-térképezésben. „A környezetállapot értékelés korszerű módszerei” tudományos konferencia, Gyöngyösorszi

11. Tomor T., **Burai P.** (2002): Integrált környezetvédelmi adatbázis megalapozása a Berettyó folyó vízgyűjtő területén. Nemzetközi Környezetvédelmi Szakmai Diákkonferencia kiadványkötet, Mezőtúr
12. Tomor T., **Burai P.** (2002): A környezetgazdálkodást támogató integrált térinformatikai rendszer kialakítása alföldi mintaterületen XI. Térinformatika a felsőoktatásban szimpózium, konferencia-kiadvány, CD
13. Nagy, A., Tamás, J., **Burai, P.** (2007): Application of advanced technologies for the detection of pollution migration. Cereal Research Communications 35, pp. 805-809.
14. Tamas, J, Nagy, I, **Burai, P.** (2006): Dynamic data exchange in agricultural water management strategy. Cereal Research Communications 34 (1), pp. 57-60.
15. Tamas, J., Reisinger, P., **Burai, P.**, David, I. (2006): Geostatistical analysis of spatial heterogeneity of *Ambrosia artemisiifolia* on Hungarian acid sandy soil. Journal of Plant Diseases and Protection. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Special Issue XX, pp. 227-232.
16. Lehoczky, É., Tamas, J. Kismányoki, A., **Burai, P.** (2006): Comparative study of fertilization effect on weed biodiversity of long term experiments with near field remote sensing methods. Journal of Plant Diseases and Protection. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Special Issue XX, pp. 801-807.
17. Juhász, Cs., Tamás, J., Pechmann, I., **Burai, P.** (2005): Application of the life cycle analysis as an agri-environmental protection tool for the sustainable land use. Cereal Research Communications 33 (1), pp. 77-80.
18. Biro, T., **Burai, P.**, Lenart, Cs. (2005): Development of regional groundwater monitoring system based on integrated database in Bihar-Plain. Cereal Research Communications 34 (1), pp. 13-16.

19. **Burai P.**, Tamas J., Lénárt Cs., Pechmann I. (2004): Usage of different spectral bands in agricultural environmental protection. ISPRS-Proceeding, Istanbul, CD
20. Tamás J., Lénárt Cs., **Burai P.** (2004): „Using Spatial Information Technology in Agri-Environmental Management to Protect Natural Resources in North-Eastern Hungary”, CIGR International Conference Proceeding, Peking, CD
21. **Burai P.**, Tamás J., Kovács E. (2004): Evaluation of erosion risk at abundant heavy metal mining site. IV. International Congress of the ESSC, Budapest, pp. 226-228.
22. **Burai P.**, Tamás J. (2003): Hyper- and multispectral remote sensing technologies in precisional agricultural water management. III. Alps-Adria Scientific Workshop. Dubrovnik, pp. 54-57.
23. Juhász Cs., Tamás J., **Burai P.** (2003): Case study to evaluate good ecological status of Berettyó river watershed. III. Alps-Adria Scientific Workshop. Dubrovnik, pp. 58-61.

Felhasznált Irodalom

1. Lehoczky, É., Tamás, J., Kismányoki, A., Burai, P. (2006): Comparative study of fertilization effect on weed biodiversity of long term experiments with near field remote sensing methods. Journal of Plant Diseases and Protection. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz. Special Issue XX, pp.801-807.
2. Petrasovits, I. (1988): Az agrohidrológia főbb kérdései. Akadémiai Kiadó, Budapest. 228 p.
3. Tóth T. (2002): Szikes talajok tér- és időbeli változatossága. MTA Doktori Értekezés, Budapest, 187 p.
4. Ujvárosi, M. (1973): Gyomnövények, gyomirtás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 785p.