

PhD értekezés tézisei

A térinformatika és a távérzékelés alkalmazása a precíziós
(helyspecifikus) növénytermesztésben

Milics Gábor

Pécsi Tudományegyetem
Természettudományi Kar
Földtudományok Doktori Iskola

Pécs, 2008

A doktori program címe: Földtudományok Doktori Program

Vezetője: Prof. Dr. Tóth József, DSc
egyetemi tanár, a földrajztudomány doktora
Rector Emeritus

A doktori témacsoport címe: Térinformatika

Vezetője: Dr. Nagyvárad László, PhD
egyetemi docens

Tudományága: Térinformatika

Konzulens: Dr. Nagyvárad László, PhD
egyetemi docens

Prof. Dr. Neményi Miklós, DSc
egyetemi tanár, a mezőgazdaságtudomány doktora

1. Előzmények

A kutatásom előzményei a precíziós gazdálkodást Magyarországon meghonosító, és a témakörben ma is egyik legaktívabb kutatóintézet, a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetének mindennapi feladataihoz kötődnek. Az Intézetben 1998 óta folyamatosan vizsgálják a precíziós mezőgazdaság megvalósításának műszaki feltételrendszerét. A műszaki feltételrendszer (speciális gépek, szenzorok, műszerek stb.) kialakítása és vizsgálata mellett a helyspecifikus gazdálkodáshoz szükséges az agrárinformatikai szoftverek ismerete is. Az agrárinformatikai szoftverek térinformatikai alapokon nyugszanak. A térinformatika szorosan kötődik a földrajzhoz, mint tértudományhoz. A Pécsi Tudományegyetemen szerzett földrajzi alapképzettséggel indokolt volt a gyakorlatban is hasznosítható, a jövőben is elengedhetetlen térinformatikai alkalmazások vizsgálata, immár a precíziós gazdálkodás szemszögéből. A helyspecifikus gazdálkodás másik jövőbe mutató eszköze a távérzékelés. A műholdas távérzékelés a precíziós gazdálkodás megbízható adatforrása, hazai viszonylatban azonban mégse terjedt el kellő mértékben az alkalmazása. A műholdas távérzékelés mellett a 2007-es évtől a magyarországi kutatók rendelkezésére áll egy hiperspektrális légitScanner, amelynek előnyös tulajdonságai miatt (spektrális- és geometriai felbontás) indokolt volt annak vizsgálata, hogy a kutatási területemen mekkora sikerrel alkalmazható ez az új távérzékelési eszköz.

A disszertáció bemutatja azokat a kutatási módszereket, amelyeket a földrajz, mint tértudomány szemléletmódját követve a precíziós növénytermesztés gyakorlati megvalósítása során alkalmaztam. Az eredmények ezért nem kizárólag az agrártudományok iránt érdeklődők, hanem a földtudományok művelői számára is adalékul szolgálhatnak.

A precíziós gazdálkodás szemszögéből vizsgált technológiai elemek – távérzékelés, és térinformatika – rohamos fejlődésével egyre tágul azon szolgáltatások köre, amelyek eddig sebességük, bonyolultságuk vagy áruk miatt nem voltak elérhetők. A precíziós gazdálkodás megvalósításához elengedhetetlen a műholdas helymeghatározás, így a dolgozatban annak ismertetésével, saját alkalmazásaival foglalkozom elsőként.

2. Célkitűzések

A disszertáció általános célkitűzése, hogy összegezze a precíziós gazdálkodás megvalósításához szükséges térinformatikai és távérzékelési ismereteket, valamint megvizsgálja a helyspecifikus növénytermesztés számára nélkülözhetetlen műholdas helymeghatározás szerepét. Ennek alapján az egyes kiemelt célok a következők voltak:

2.1. A korszerű műholdas helymeghatározás szerepének vizsgálata a helyspecifikus gazdálkodás megvalósításában, továbbá annak értékelése, hogy a helymeghatározás pontosságának és megbízhatóságának javulásával hogyan fejlődhet tovább a precíziós növénytermesztési technológia.

2.2. A térinformatika jelentőségének elemzése a technológia megvalósításában, valamint a precíziós növénytermesztés során szerzett /térinformatikai/ gyakorlati tapasztalatok ismertetése.

2.3. A műholdas távérzékelés alkalmazási lehetőségének vizsgálata a precíziós gazdálkodás döntés-előkészítő és ellenőrző folyamatában.

2.4. A hiperspektrális /légifényképes/ képalkotás alkalmazhatóságának vizsgálata a precíziós gazdálkodás megvalósítása során, illetve hogy az milyen módon járulhat hozzá a helyspecifikus növénytermesztés további fejlődéséhez, hogyan hasznosíthatók az új eljárással nyert adatok más tudományágak, pl. a földrajz számára.

2.5. A hagyományos (multispektrális, műholdas) és modern (hiperspektrális, légifényképes) távérzékelési eljárások összehasonlítása, tanulmányozva az egyes technológiák előnyeit és hátrányait.

2.6. Az eltérő forrásokból származó fedvények geostatistikai módszerekkel elvégzett **összevetése**, az egyes adatgyűjtési eljárások és az azokból származtatott előrejelzések, becslések megbízhatóságának és szerepének elemzése a precíziós gazdálkodás szemszögéből.

3. Kutatási módszerek

A műholdas helymeghatározás során a mindenkor elvárt aktuális pontossági követelményeknek megfelelő eszközt alkalmazva vizsgáltam meg a helymeghatározás pontosságát. A kézi adatgyűjtés során kézi GPS vevőt, a betakarítás során szubméteres pontosságú differenciál GPS-t, az 1 méteres képpont élességű hiperspektrális légifelvétel georeferálásához bázisantennát igénylő eszközt alkalmaztam, amelynek mérési adatait utófeldolgozással lehetett pontosítani. A helymeghatározó eszközök által mért koordinátákat az (EEHHTT: EUREF-EOV hivatalos-helyi térbeli transzformáció, röviden: EHT²) szoftver segítségével a WGS-84 rendszerből a hazai polgári térképészetben elfogadott Egységes Országos Vetületi Rendszerbe (EOV) transzformáltam.

A pontszerűen megjelenő, kézi mintavételezéshez illetve a betakarításhoz köthető adatok alapján az ArcView/ArcMap térinformatikai szoftvert alkalmazva készítettem el a fehérjetartalom- és a hozamtérképeket (fedvényeket). Megvizsgáltam több interpolációs eljárás alkalmazásának, valamint a kimeneti képelemméret (pixel) megválasztásának hatását az eredménytérképekre.

A rendelkezésre álló műholdképek alapján létrehoztam a vegetációs indexeket megjelenítő raszteres képeket, majd a 2001-es év műholdképei alapján kukorica növény betakarítási adatait használva megvizsgáltam a hozambecslés megbízhatóságának változását az idő függvényében. A 2007-es évben árpára végeztem el a hozambecsléshez szükséges összehasonlító elemzéseket, kiegészítve fehérjetartalom meghatározással és becsléssel is.

Együttműködve több hazai kutatóintézettel, a hiperspektrális légifelvétel vizsgálatát a felvétel elkészítésétől végigkísérve követtem az AISA (Airborne Hyperspectral Imaging System) Dual rendszer képalkotási eljárását. A 400-2450 nm között 359 eltérő spektrális sávban készített kép spektrális görbéi alapján az ENVI szoftver segítségével meghatároztam az árpa minőségi paramétereinek (elsősorban fehérjetartalmának) becsléséhez alkalmazható hullámhosszokat. Az egy méteres geometriai felbontású légifelvétel alapján elkészítettem továbbá a hiperspektrális

vegetációs indexek fedvényeit, amelyeket a későbbi geostatistikai elemzések során lehetett hasznosítani.

Az eltérő forrásokból származó adatokból raszteres fedvényeket készítve előkészítettem a mérési adatokat a geostatistikai összevetéshez. Az összehasonlító elemzéseket az IDRISI Kilimanjaro szoftverrel végeztem. Az elemzések során regresszióanalízist, valamint összetett regresszióanalízist alkalmazva megvizsgáltam az eltérő interpolációs technikák okozta eltéréseket, összevettem a betakarítás térképeit a multispektrális és hiperspektrális hozambecslés és fehérjetartalom-becslés adataival, valamint megvizsgáltam a kézi mintavételezésből létrehozott fedvények és a távérzékeléssel nyert képek közötti összefüggéseket.

4. Eredmények

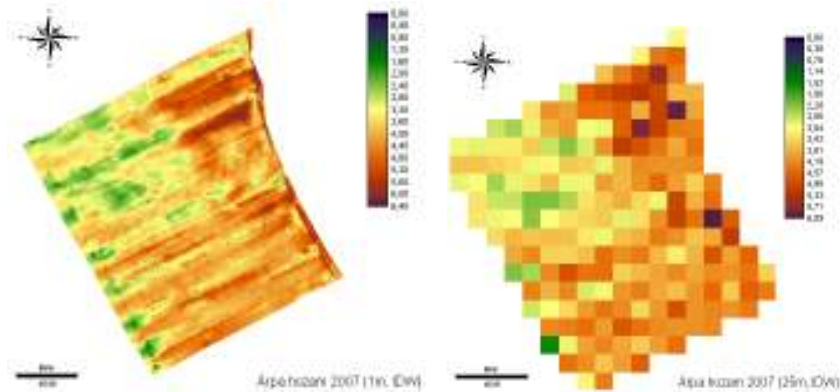
4.1. A korszerű műholdas helymeghatározás szerepe a helyspecifikus gazdálkodás megvalósításában.

Vizsgálataim alapján megállapítottam, hogy a korszerű műholdas helymeghatározás pontosságának és megbízhatóságának javulása pozitív hatással van a precíziós gazdálkodás technológiai fejlődésére. Mára a műholdjelek vétele 99 %-os valószínűséggel biztosított. A disszertáció elkészítése során alkalmazott műholdas helymeghatározást minden esetben az adott munkafolyamatnak megfelelő pontossággal sikerült megvalósítani. Kézi GPS használata esetén 2-5 méteres pontosságot értem el. A hozam adatok gyűjtése betakarítás során, illetve a tápanyagkijuttatás a méteres hibahatáron belül maradt. A hiperspektrális légifénykép georeferálásához a tábla határainak bemérése utófeldolgozással néhány centiméteres hibahatáron belüli pontosságot ért el. Megállapítottam, hogy amennyiben a precíziós gazdálkodás egy adott munkafolyamata megkívánja, a helymeghatározás pontossága akár 2-3 cm-re is növelhető. Ebben az esetben már a sorközművelés is elvégezhető műholdas helymeghatározó eszköz segítségével. A technológia további folyamatos vizsgálata indokolt, az újabb kihívást az önálló európai helymeghatározó műholdrendszer (Galileo) integrálása jelenti a technikai eszközök számára.

4.2. A térinformatika gyakorlati szerepe a precíziós gazdálkodásban.

A helyspecifikus növénytermesztés során a térinformatika legalább olyan szereppel bír, mint a műholdas helymeghatározás. A két rendszer kiegészíti egymást, a technológia megvalósításához mindkét eszköz alkalmazására szükség van. A térinformatika mind a raszteres, mind a vektoros szoftverek alkalmazása során oly mértékben járul hozzá az adatok feldolgozásához, hogy mára a döntés előkészítés megkerülhetetlen eszközévé vált. Szem előtt kell tartani ugyanakkor, hogy az egyes szoftverek használata során a mérési adatokból – nem megfelelő alkalmazás esetén – hibás fedvények is létrejöhetnek, amelyek eredményként hibás döntések szülehetnek.

Az interpolációs eljárások alkalmazásánál a kimeneti cellaméret megválasztásakor minden esetben az összevethetőséget szem előtt tartva kell a műveletet elvégezni. A kimeneti cellaméret az eredménytérképre nagy hatással van (1. ábra).



1. ábra: Az 1 m /balra/ és a 25 m /jobbra/ élességű hozamtérképek (saját szerkesztés)

4.3. A műholdas távérzékelés alkalmazási lehetősége a precíziós gazdálkodás döntés-előkészítő és ellenőrző folyamatában.

A műholdas adatgyűjtést – amennyiben a Landsat program műholdképeit kívánjuk hasznosítani – a pályaadatok alapján meghatározott 16 napos visszatérési idő és az esetleges felhőborítottság korlátozhatja. Amennyiben az időjárási feltételek megfelelőek, a műholdas távérzékelés a precíziós gazdálkodás egyik meghatározó adatforrása lehet.

A műholdképek megjeleníthetők sávonként illetve az egyes sávok összevonása révén származtatott fedvényként is. A megfelelő sávok kiválasztásával (R, G, B, NIR, MIR) és alkalmazásával normál- és hamisszínes felvételek is megjeleníthetők, aminek segítségével akár első pillantásra is megállapíthatók a mezőgazdasági táblán belül jelentkező különbségek. A műholdfelvételek megjelenítése raszteres formában, térképszerűen nyújt információt a precíziós gazdálkodás számára.

Az eltérő fedvények (egy vagy több sáv) illetve a vegetációs indexek alapján mind a várható hozam, mind a minőségi paraméterek becsülhetők. A felvételezés időpontja az egyes növények vegetációs periódusának függvényében jelentősen befolyásolhatja a becslés eredményét.

Kukorica esetén (a 2001-es év) a május végén végzett becslés minimális mértékben tért el a legjobb eredményt adó júniusi hozam előrejelzéstől ($r=0,6336$ / $n=205$ /).

A 2007-ben árpára elvégzett becslés során a június közepén készített kép eredménye adta a legjobb korrelációt ($r=0,6241$ / $n=206$ /). A minőségi paraméterek becslése során jobb eredményt lehet elérni, mint a hozambecslés során.

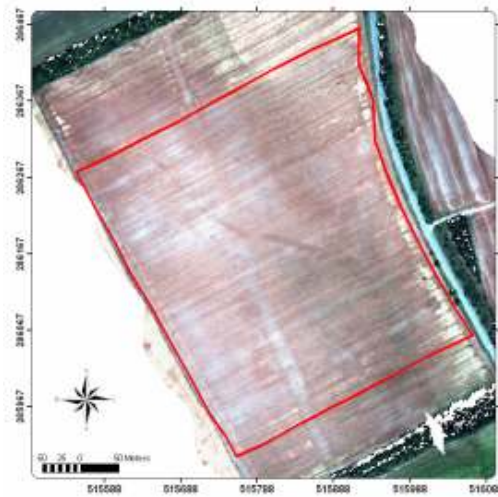
A multispektrális műholdkép összetett regresszió analízise a fehérjetartalom becsléséhez a gyakorlatban jó eredménynek számító $R^2=0,7$ körüli korrelációt mutatott. A június elején készült műholdkép alapján végzett összehasonlítás $r=0,8701$, / $n=206$ / értéket eredményezett.

Ebben az esetben az inverz távolságok súlyozásának módszerével (IDW) interpolált térkép mutatott szorosabb összefüggést a becsült adatokkal.

4.4. A hiperspektrális /légifényképes/ képalkotás szerepe a helyspecifikus növénytermesztés további fejlődése szempontjából. A hiperspektrális felvételezéssel nyert adatok szerepe az egyéb tudományágak pl. a földrajzi alkalmazások számára.

A hiperspektrális felvételek előnyei, hogy pontosabban tervezhető a felvételezés időpontja, a geometriai felbontás 1 méteres pontosságot ér el, illetve a spektrális felbontás miatt az egyes sávok kombinálása jóval több variációs lehetőséget hordoz magában.

A geometriai és spektrális felbontás nagymértékű javulása miatt a korábban nem észlelt befolyásoló tényezők is kimutathatóvá váltak már a látható fény tartományban a



vizsgált területen. Megfigyelhető a felvételen a táblát keresztüljelző földalatti vonalas létesítmény (csővezeték), illetve a vízgazdálkodást, kimosódást és ezzel tápanyaggazdálkodást befolyásoló eltemetett meder is (2. ábra). Ezek a minőségbeli különbségek a távérzékelésben megbízható adatforrássául szolgálhatnak a földrajztudomány megfelelő alkalmazásaihoz is.

2. ábra: A 80/1-es tábla B65-ös, B30-as és B 14-es hiperspektrális sávok alapján készített RGB kompozíció (Forrás: MILICS G., 2007)

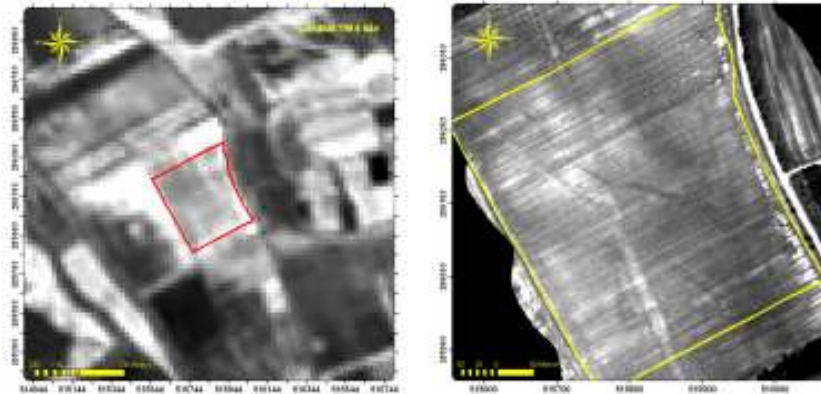
4.5. A hagyományos (multispektrális, műholdas) és modern (hiperspektrális, légifénykép) távérzékelési eljárások összehasonlítása.

A műholdas távérzékelés geometriai felbontása és a műholdpálya adottságok miatti rossz időbeli felbontása miatt jóval elmarad a hiperspektrális felvételezés kínálta lehetőségektől. A műholdfelvételek 25 méteres pixelmérete a légifelvételek akár 1 méteres pixelméteréhez viszonyítva igen rossz (3. ábra). Mivel a Landsat műholdak esetén a visszatérési idő 16 nap, a légifénykép készítése pedig csupán a felhőborítottság függvénye a hiperspektrális légifénykép készítés kiszámíthatóbb és pontosabb.

A spektrális felbontás, valamint a radiometriai felbontás további érvként szolgál a hiperspektrális felvételeket készítő rendszer mellett. A Landsat műholdkép csupán 7 széles sávban, míg a hiperspektrális képalkotó rendszer jelen esetben 359 keskeny sávban készített felvételeket. A műholdkép 8 bites színmélységéhez képest a

hiperspektrális rendszer 12 illetve 14 biten készíti a felvételeket, ami a szürkeskálán megjelenő 256 árnyalattal szemben 16384 színárnyalatot eredményez.

Meg kell jegyezni azonban, hogy a geostatistikai elemzések nem bizonyították a spektrális felbontás javulásától elvárt hozam és fehérjetartalom becslés megbízhatóságának növekedését.



3. ábra: A műholdfelvétel és a légifénykép geometriai felbontása közötti különbség
(Forrás: MILICS G., 2007; Háttér: Copyright: ESA, feldolgozta az EURIMAGE és a FÖMI, 2007)

4.6. A geostatistikai módszerekkel összevetett, eltérő forrásokból származó fedvények elemzése, az egyes adatgyűjtési eljárások és az azokból származtatott előrejelzések, becslések megbízhatóságának szerepe a precíziós gazdálkodásban.

Az interpolációs technika alkalmazásának függvényében (IDW és krigelés) a hozamtérképeket egymással összevetve a Landsat műholdképnek megfelelően 25 méteres élhosszúságú pixelekkal 206 elkülönült képelemen a két fedvény közötti regresszió $R^2=0,8946$ / $n=206$ /. A két kép között a korreláció igen szoros ($r=0.9458$). Az 1 méteres felbontással készített hozamtérképek esetén a hasznos képpontok száma 155.350-ra növekedett. Az IDW és a krigeléssel készített képek közötti korreláció: $r=0,9431$. A regresszió $R^2=0,8896$ / $n=155350$ /.

A kukorica hozama a középső infravörös sávokat használó indexekkel már május végén becsülhető. Kukorica esetén a legjobb eredményt a június végén készített

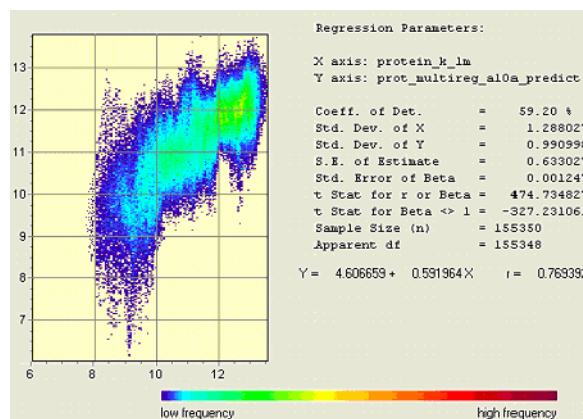
műholdkép mutatta ($r=0,6336$ / $n=205$ /), míg árpában a június közepén készített kép mutatott jobb korrelációt ($r=0,6241$ / $n=206$ /).

A felvételezés időpontja az egyes vegetációs indexeket, valamint alkalmazhatóságukat erősen befolyásolja.

A minőségi paraméterek becslése során mind a műholdképek, mind a hiperspektrális felvételek elemzésekor jobb eredményt lehet elérni, mint a hozambecslés során.

A multispektrális műholdkép összetett regresszió analízise a fehérjetartalom becsléséhez a gyakorlatban jó eredménynek számító $R^2=0,7$ körüli korrelációt mutatott, a korreláció $r=0,8701$ / $n=206$ /.

A hiperspektrális légifényképezéssel gyűjtött 359 spektrális sávból kiválasztva az értékelhető információtartalommal rendelkező keskeny sávokat az összetett regresszió analízis eredményeként $R^2=0,6$ / $n=155350$ / értéket lehetett elérni (4. ábra).



4. ábra: A regressziós paraméterek hiperspektrális kép elemzésekor
(saját szerkesztés)

A megfelelően megválasztott időpontban készített hiperspektrális légifénykép alapján tehát megbízhatóan elvégezhető a minőségi paraméterek becslése.

Az on-line fehérjemérő rendszer alkalmazása árpában a 2007-es évben nem volt sikeres. Ennek oka a kalibráció pontatlansága, illetve a műszer (Zeltex AccuHarvest On-Combine Grain Analyzer) betakarítás során történt folyamatos elszennyeződése volt.

5. A kutatás további irányai

A 2007/2008-as gazdasági évben a vizsgált táblára tervezett növény kukorica. Az őszi műtrágya kijuttatás már megtörtént, a tavaszi kijuttatást differenciáltan kell elvégezni. A hozambecslés megbízhatóságának vizsgálatához május vége és augusztus vége között legalább négy hiperspektrális légifényképezéses adatgyűjtés lenne indokolt. Az adatgyűjtés során készített kép geometriai felbontása a precíziós gazdálkodás számára sem indokolja az 1 méteres felbontást, ezzel tehát ki lehet terjeszteni a vizsgálatokat a környező táblákra is, ugyanakkor javasolt a precíziós (helyspecifikus) gazdálkodás legalább egyes technológiai elemeinek bevezetése a szomszédos táblákra is. A javasolt geometriai felbontás 4 méter.

A betakarítás során alkalmazható minőségi paramétereket mérő műszer kalibrálása és üzemeltetése a további kutatások kiemelt prioritásai közé tartozik. Amennyiben a kellő tapasztalatokat megszerezzük, a műszer a precíziós gazdálkodás újabb eszközévé válhat.

A kukorica betakarítása során, a tárolás miatt különös jelentősége van a szemnedvesség-tartalom mérésének. A kapacitív elven mérő műszer és a közeli infravörös sugarakat használó Zeltex műszer adatait összevethetővé kell tenni az egyes mérési eljárások eredményességének vizsgálata céljából. A térinformatika eszköztárát alkalmazva elemezni kell a műszerek mérési adataiból létrehozandó térképeket, amennyiben különbségek lépnek fel rajtuk, meg kell állapítani annak okát.

Publikációk

a.) A disszertáció témájához kapcsolódó publikációk

MILICS G. – CSIBA M. – BURAI P. – LÉNÁRT CS. – TAMÁS J. – NEMÉNYI M. 2008: *Szemtermés minőségi paramétereinek előrejelzése és térképezése hiperspektrális légfelvételéssel*. MTA AMB XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő. Nr. 32. (In print)

MILICS G. 2007: *Szenzortechnikai fejlesztések a kemikáliák precíziós-helyspecifikus kijuttatásához*. In: Jávor A. – Kovács J. (szerk.): *A korszerű tápanyaggazdálkodás műszaki feltételei*. Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen, pp. 143-148.

MILICS G. – TAMÁS J. 2007: *Helymeghatározás*. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. (szerk.): *A precíziós mezőgazdaság módszertana*. JATE Press-MTA TAKI, Szeged, pp. 15-38.

MILICS G. – SZABÓ J. – PÁSZTOR L. 2007: *Térinformatika a precíziós mezőgazdaságban*. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. (szerk.): *A precíziós mezőgazdaság módszertana*. JATE Press-MTA TAKI, Szeged, pp. 39-62.

MILICS G. – NEMÉNYI M. 2007: *Adatgyűjtés műszaki és informatikai háttere*. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. (szerk.): *A precíziós mezőgazdaság módszertana*. JATE Press-MTA TAKI, Szeged, pp. 139-159.

CSATHÓ P. – HORVÁTH J. – MESTERHÁZI P. Á. – MILICS G. – NAGY L. – NEMÉNYI M. – NÉMETH T. – PECZE ZS. – SZABÓ J. 2007: *Hazai gyakorlati tapasztalatok*. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs. (szerk.): *A precíziós mezőgazdaság módszertana*. JATE Press-MTA TAKI, Szeged, pp. 229-240.

NEMÉNYI M. – MILICS G. 2007: *Precision agriculture technology and diversity*. Cereal Research Communications, Akadémiai Kiadó, Vol. 35, Nr. 2, 2007, pp. 829-832.

MESTERHÁZI P. Á. – MILICS G. – NEMÉNYI M. – MANIAK S. 2007: *Accuracy of Panoramic Annular Lens in Precision Agriculture*. Pollution and Water Resources, Columbia University Seminar Proceedings, Environmental Problems in US and Central Europe including social Aspects of Both Areas, Vol XXXVII, in cooperation with Slovak Academy of Sciences, Institute of Hydrology, Bratislava, Slovakia, pp. 294-303.

NEMÉNYI M. – MESTERHÁZI P. Á. – MILICS G. 2006: *An Application of Tillage Force Mapping as a Cropping Management Tool*. Biosystems Engineering, Academic Press, Elsevier Science Ltd. Vol. 94, Iss. 3, July 2006, pp. 351-357.

MILICS G. 2006: *Thermal mapping using Landsat-7 satellite data*. Pollution and Water Resources Columbia University Seminar Proceedings, Vol. XXXVI, New York, USA, pp. 218-222.

b.) A disszertáció témakörében tartott előadások

Machine Vision for On-line Weed Identification. 16th IFAC World Congress, International Federation of Automatic Control, Prague, Czech Republic, 2005. július 4.

Precision – Site specific plant production in Hungary. North Dakota State University, Fargo, North Dakota, USA, 2006. július 21.

Development of Continuous Soil Moisture Measurement Method. 8th International Conference on Precision Agriculture Conference, Marriott Hotel, Minneapolis, MN, USA, 2006. július 24.

Site specific plant production and soil moisture measurement. University of Minneapolis, Saint Paul, MN, USA, 2006. július 27.

A possible solution for speeding up Machine Vision-based Weed Monitoring. World Congress: Agricultural Engineering for a Better World, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, Germany, 2006. szeptember 4.

c.) Egyéb publikációk

MILICS G. – CSIBA M. – BURAI P. – LÉNÁRT CS. – TAMÁS J. – NEMÉNYI M. 2008: *Szemtermés minőségi paramétereinek előrejelzése és térképezése hiperspektrális légfelvételezéssel és betakarítás során mért adatok alapján.* MTA AMB XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő. Az előadások és konzultációs témák tartalmi összefoglalói. 19. p.

CSIBA M. – STÉPÁN ZS. – **MILICS G.** – NEMÉNYI M. 2008: *Continuous soil draft measurements – new developments.* (ISTRO Nemzetközi talajtani konferencia előadás, közlésre elfogadva)

MILICS G. – NEMÉNYI M. 2008: *Geothermal Energy Resources: Thermodynamics and Utilization.* (Renewable Energy Textbooks, Vol. 3.), NYME-MÉK, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete, Mosonmagyaróvár, 100 p., ISBN 978-963-9364-95-0

CSIBA M. – STÉPÁN ZS. – **MILICS G.** – NEMÉNYI M. 2008: *Folyamatos talajellenállás mérés – új fejlesztések.* MTA AMB XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő. Az előadások és konzultációs témák tartalmi összefoglalói. 19-20 p.

NEMÉNYI M. – **MILICS G.** 2008: *Infraszenzor alkalmazása a növényvédelemben.* XVIII. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum. 2008. január 31. – február 01. Keszthely, 55-59 pp.

NEMÉNYI M. – **MILICS G.** – KOVÁCS A. J. 2008: *Comments on IPCC Report and Hungarian Renewable Energy Situation.* (Renewable Energy Textbooks, Vol. 1.), NYME-MÉK, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete, Mosonmagyaróvár, 100 p., ISBN 978-963-9364-93-6

VARGA Z. – VARGA-HASZONITS Z. – ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E. – **MILICS G.** 2007: *Éghajlati változékonyság hatása a kajsziarack fejlődésére.* Kertészet és szőlészet, 56. évf., 5. szám, pp. 6-7.

NAGY V. – STEKAUEROVA V. – NEMÉNYI M. – **MILICS G.** – KOLTAI G. 2007: *The role of soil moisture regime in sustainable agriculture in both side of river Danube in 2002 and 2003.* Cereal Research Communications, Akadémiai Kiadó, Vol. 35, Nr. 2, pp. 821-824.

VARGA Z. – VARGA-HASZONITS Z. – ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E. – **MILICS G.** 2007: *Az éghajlati változékonyság hatása a szőlő termesztésére.* Kertgazdaság. 39. (2), pp. 27-34.

VARGA Z. – VARGA-HASZONITS Z. – ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E. – **MILICS G.** 2007: *Az éghajlati változékonyság hatása a sárgabarack (Armeniaca vulgaris Lam.) termesztésére.* Acta Agronomica Óváriensis. 49. (1), pp. 15-28.

NEMÉNYI M. – **MILICS G.** 2007: *Renewable Energy Sources – Hungarian Aspects.* The role of renewable energy in Central and Eastern European countries, International Conference organized by Energiepark Bruck/Leitha, Vienna University of Technology – Center for Continuing Education, mecca Environmental Consulting, Gallbrunn, Austria, 2007. April 22-24. Konferencia CD.

MILICS G. – NEMÉNYI M. – CSIBA M. – ÁSVÁNYI L. – STÉPÁN ZS. 2007: *A precíziós technikára alapozott szemestermény betakarítása különös tekintettel a bioetanol célú felhasználásra.* Az előadások és konzultációs témák tartalmi összefoglalói. MTA AMB XXXI. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, pp. 14-15.

MILICS G. – MESTERHÁZI P.Á. – CSIBA M. – MANIAK, S. – NEMÉNYI M. 2007: *Development of yield data collection accuracy and yield mapping*. 6th ECPA – European Conference on Precision Agriculture., Skiathos, Greece, 2007 06. 3-7. Poster paper proceedings, Conference CD, 4 p.

M. NEMÉNYI – **G. MILICS** – P. Á. MESTERHÁZI 2006: *Precision – site specific crop production – possibilities on water regime control*. VI. International conference: Influence of anthropogenic activities of lowland territory, Institute of Hydrology of the Slovak Academy of Sciences, Michalovce, Vinianske jazero Conference proceedings CD, 12 p.

MILICS G. – NEMÉNYI M. – STÉPÁN ZS. – ÁSVÁNYI L. 2006: *A szemtermés tulajdonságainak mérése betakarítás során*. XXXI. Óvári Tudományos nap, Élelmiszer alapanyag-előállítás – Quo Vadis? Előadások és poszterek összefoglalója, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Konferencia CD, 5 p.

MESTERHÁZI P. Á. – **MILICS G.** – MANIAK, S. – NEMÉNYI M. 2006: *Development of Continuous Soil Moisture Measurement Method*. Eight International Conference on Precision Agriculture Conference Abstracts, Minneapolis, MN, USA. p. 48.

NAGY V. – STEKAUEROVÁ V. – NEMÉNYI M. – **MILICS G.** – KOLTAI G. 2006: *A talajnedvesség szezonális alakulása a növénytermesztés szempontjából a Duna mindkét oldalán a 2002 és a 2003-as években*. Napjaink környezeti problémái - globálistól lokálisig, Sérülékenység és alkalmazkodás, Nemzetközi konferencia, Keszthely, konferencia CD

VARGA Z. – VARGA-HASZONITS Z. – ENZSÖLNÉ GERENCSÉR E. – **MILICS G.** 2006: *Rövidebb tenésztidő és korábbi érés (szőlőtermesztés)*. Kertészet és szőlészet, 55. évf., 48. szám, p. 14.

NAGY, V. – STEKAUEROVA, V. – **MILICS G.** 2006: *Evaluation of soil moisture according to climate change*. In: Láng I. – Faragó T. – Iványi Zs. (eds): International Conference Climate Change: Impacts and Responses in Central and Eastern European Countries, 5-8 November 2005, Hungary, Conference proceedings, Hungarian Academy of Sciences, The Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe, Hungarian Ministry of Environment and Water, pp. 100-107.

MESTERHÁZI P. Á. – **MILICS G.**; – MANIAK, S. – NEMÉNYI M. 2005: *Application of Panoramic Annual Lens (PAL) for weed monitoring*. 5th ECPA – European Conference on Precision Agriculture. Uppsala, Sweden. Book of Abstracts 5 ECPA – 2 ECPLF. pp. 199-200.

KOPÁRI L. – LANTOS X. – **MILICS G.** 2004: *Az erdei iskola, mint a fenntartható fejlődés egyik lehetséges alapja Magyarországon*. – In: Barton G. – Dormány G. – Rakonczai J. (szerk.): Földrajzi kutatások 2004. A II. Magyar Földrajzi Konferencia Szeged, absztrakt kötet, SZTE TTK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, p. 128.

MILICS G.- NAGY V. – ŠTEKAUEROVÁ V. 2004: *GIS applications for groundwater and soil moisture data presentations*. In: Čelková A. – Matejka F. (eds.) 12. Posterový deň s medzinárodnou účasťou a Deň otvorených dverí na UH SAV. Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra, 25. november 2004, Ústav hydrologie SAV-GFÚ, Račianska 75, Bratislava, Slovenská Republika, Konferenčné CD, pp. 316-323.

MILICS G. – ADAMKOVÁ J. – VELČICKÁ L. 2004: *Využitie GIS aplikácií pri riešení úloh súvisiacich s budúim hodnotením stavu povrchových vôd*. - 12. Posterový deň s medzinárodnou účasťou a Deň otvorených dverí na UH SAV. Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra, 25. november 2004, Ústav hydrologie SAV, Račianska 75, Bratislava, Slovenská Republika, Konferenčné CD.

