

## INTERAKTÍV KÉPFELDOLGOZÁS - KUTATÁS, FEJLESZTÉS ÉS OKTATÁS

**Berke József**, *h594ber@ella.hu*

*PATE Georgikon, Szaktanácsadási, Továbbképzési és Informatikai Központ, Keszthely*

**Kárpáti László**, *h593kar@ella.hu*

*PATE Georgikon, Szaktanácsadási, Továbbképzési és Informatikai Központ, Keszthely*

**Győrffy Katalin**

*PATE Georgikon, Növényvédelmi Intézet, Keszthely*

**Fischl Géza**

*PATE Georgikon, Növényvédelmi Intézet, Keszthely*

### Abstract

Digital image processing is a rapidly evolving field with growing applications in science and engineering. The most important in connection with human and environment is the visual information, because it is very compactness. The application of digital image processing can open new possibilities in research and in developing interactive materials. The rapid development of Personal Computers, the processing of visual information is available for almost everybody. These changes can be observed in the growing number of students and users, who would like to know digital image processing.

In our lecture we are giving a short summary about the following branches: digital image processing /DIP/ in plant protection and cultivation of plants, evaluation of the agriculture experiments with image processing and DIP possibilities in the education.

### 1. Bevezetés

A harmadik évezred küszöbén az információ szelektálásában, feldolgozásában különös jelentőséggel bír a képfeldolgozás. Ismert tény, hogy az ember és a környezete közötti kapcsolatban a vizuális információ a legfontosabb a tömörsége miatt. A digitális képfeldolgozással nyert információk egy interaktív oktató anyag elkészítéséhez egyben vizuális és szöveges adatokat is szolgálnak, egymáshoz szorosan kapcsolódó formában. Szeretnénk áttekintő képet adni az Egyetemünkön folyó, digitális képfeldolgozáshoz kapcsolódó növénytermesztési és növényvédelmi kutatási módszerek fejlesztéséről, valamint az elért eredmények és a digitális képfeldolgozás témakörében létrehozott interaktív tananyag oktatási alkalmazásáról.

Tíz évvel ezelőtt a digitális képfeldolgozás speciális eszközöket (hardware és software is) igényelt. Napjainkban a személyi számítógép alapú eszközök ugrásszerű fejlődése a képi információk feldolgozását is szinte mindenki számára elérhető közelségbe hozza. Mindez a változás érezhető a digitális képfeldolgozás megismerésére jelentkező hallgatói és alkalmazói igény növekedésében is.

### 2. Kutatói és fejlesztői környezet

#### 2.1 Hardware eszközök

A digitális állóképek képek felvételezésére személyi számítógép alapú rendszert használunk. A jelenlegi eszközpark két, alapvetően jól elkülöníthető részre osztható. Az egyik egy Pentium alapú IBM kompatibilis személyi számítógép, a feldolgozásokat megfelelően támogató gyors perifériákkal. A képek felvételezéséhez és memóriában történő tárolásához céleszközöket alkalmazunk. Ezek képezik az eszközrendszer következő

csoportját (AFP-AT 2048x2048x28 bites képműkártya, CCD videokamera, reprodukciós asztal kamerás felvételekhez és grafikus monitor). A digitális állóképek kiértékelése egy DEC Pentium - Windows és egy DEC AXP 3000 - Unix nagyteljesítményű, grafikus gyorsítókkal ellátott munkaállomások segítségével történik.

Digitális mozgóképek valós idejű, teljes képernyős tömörítésére DEC AXP 3000 - Unix alapú, J300 Videó és Audio adapterrel [1] kiegészített munkaállomást használunk /valós idejű JPEG ki- és betömörítés, MPEG-1, M-JPEG, 24 bit RGB kimenet, NTSC, PAL, SECAM kompatibilitás, analóg és digitális audio I/O, 2 videó és 1 audio DMA/. A egyes munkaállomások közötti adatcserét Ethernet alapú hálózati közeg segíti.

## 2.2. Software rendszer

Az állóképek feldolgozása során modulárisan felépített software rendszert használunk, amely a kutatáshoz és oktatáshoz szükséges speciális kiegészítéseket is tartalmazza. Az egyes modulok önállóan is alkalmazhatók és eszközigényük közel azonos.

A kiértékelések egyik software eszköze az PICTRON Számítás- és Videotechnikai Kft. által kifejlesztett PRIMA (PRoper IMage Analysis) általános célú képfeldolgozó rendszer. Alapvető képfeldolgozási funkciókat tartalmaz mint például az input/output műveletek, tömörítés, digitalizáció, aritmetikai és logikai műveletek, statisztika, szűrések, grafikai és geometriai műveletek, stb.

A PRICLA (PRoper Image CLAssification) a PRIMA programrendszerre épülő szegmentáló és alakfelismerő alrendszer. Segítségével azonosíthatjuk a digitális képen található objektumokat, mérhetjük statisztikus jellemzőiket és osztályokba sorolhatjuk őket. Az osztályozás a súlyozott legközelebbi szomszédok módszerével történik, 12 általában hagyományos módon nem mérhető alaktényező alkalmazásával.

A CIPRUS programrendszerben is megtalálhatók az alapvető feldolgozási funkciók (input-output operációk, digitalizálás - három képsíkra, előfeldolgozás alpműveletei, file-konverzió, stb.). Ugyanakkor a program fő modulja színes képek (3x8 bites) három különböző módszer szerint történő osztályozását is végzi:

- legközelebbi szomszédok módszere,
- Box-módszer,
- súlypontkereső klaszterezés.

A FRAMEBASE olyan speciális adatbázis-kezelő rendszer amelyikkel képeket és szövegeket együttesen, egymással összekapcsolva vagy egymástól függetlenül lehet kezelni, tárolni és visszakeresni. Az adatbázis egy logikai egységet (tételt) alkot, amelyet egy file-ban tárolunk és a címükkel azonosítjuk. A visszakeresés tetszőleges kulcsszavak segítségével történik és a használat vagy bevétel során módosíthatók. Definiálásuk hipertext elven történik.

DEC AXP 3000 UNIX workstation környezetben az ERDAS IMAGINE 8.2 képfeldolgozó rendszer több modulját is használjuk digitális állóképek feldolgozására. Az ERDAS IMAGINE Production teljes mélységben biztosít funkciókészletet a térinformatikai és képfeldolgozási elemzésekhez, s magában foglalja az alábbi modulokat: Lekérdező, Térképszerkesztő, Állománykezelő, Képkiiigazító, Képelemző, Osztályozó, Térbeli Modellező és számos kiegészítő modul.

Interaktív oktatási anyagok fejlesztéséhez Asymetrix Multimedia ToolBook 3.0 CBT fejlesztői rendszert alkalmazunk.

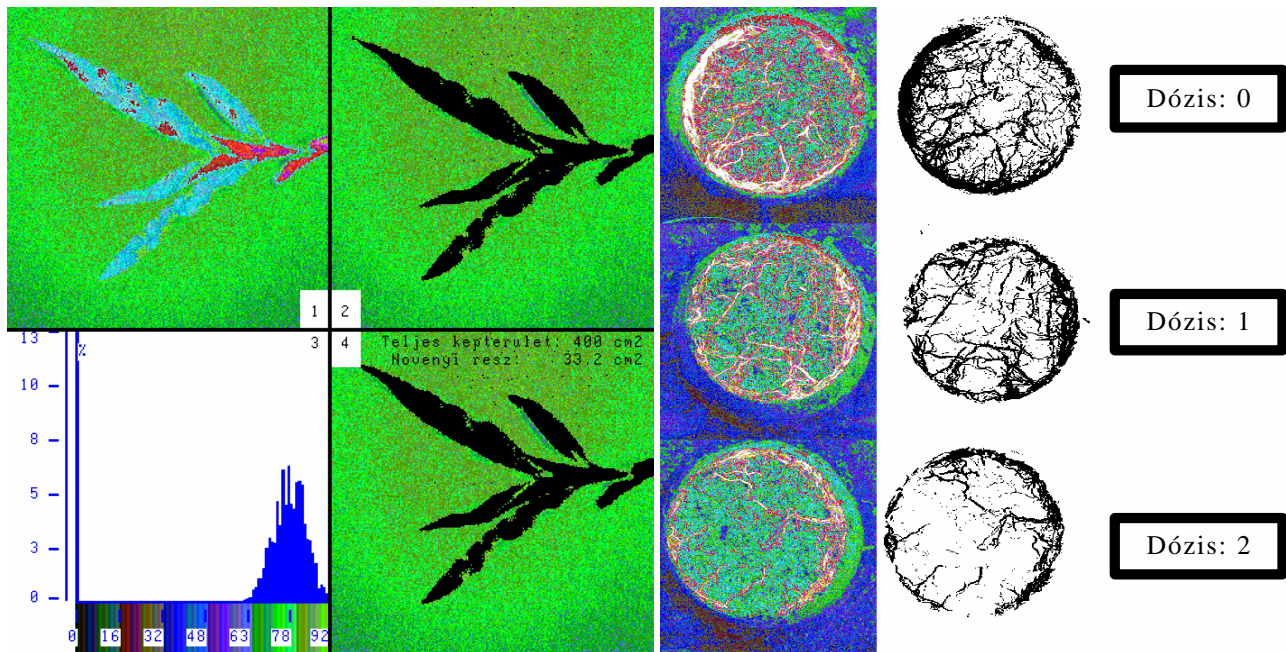
A UNIX alapú munkaállomáson futó videó és audio digitalizáló rendszer softwareként a Digital MME programcsomagját [2] alkalmazzuk elsősorban digitális mozgó videó anyagok létrehozására.

## 3. Kutatás-fejlesztési területek

### 3.1. Herbicidek fitotoxikus hatásának mérése

Vizsgálataink során a herbicidek kultúrnövényre (kukorica) kifejtett esetleges fitotoxikus hatását és tolerancia szintjét analizáltuk. A károsodást hagyományos módszerekkel nehéz elemezni. A károsodásokra jellemző paraméter a növény gyökerének és zöld-részének felülete (1. ábra). A digitális képfeldolgozás segítségével mérhető egyes herbicidek fitotoxikus hatása és annak mértéke a tenyészedényes kísérletek során. A Herbológiai Tanszék kísérleteire épülve [3] a primisulfuron, rimriduron hatóanyagú herbicidek valamint a klóracetanilid herbicidek és az MG 191-es antidótum hatását vizsgáltuk kukorica gyökerére [4], [5]. Az

általunk alkalmazott mérési módszer teljesen új, erre a feladatra eddig nem alkalmazott mérési és értékelési eljárásokat tartalmaz [5], [6].



1. ábra

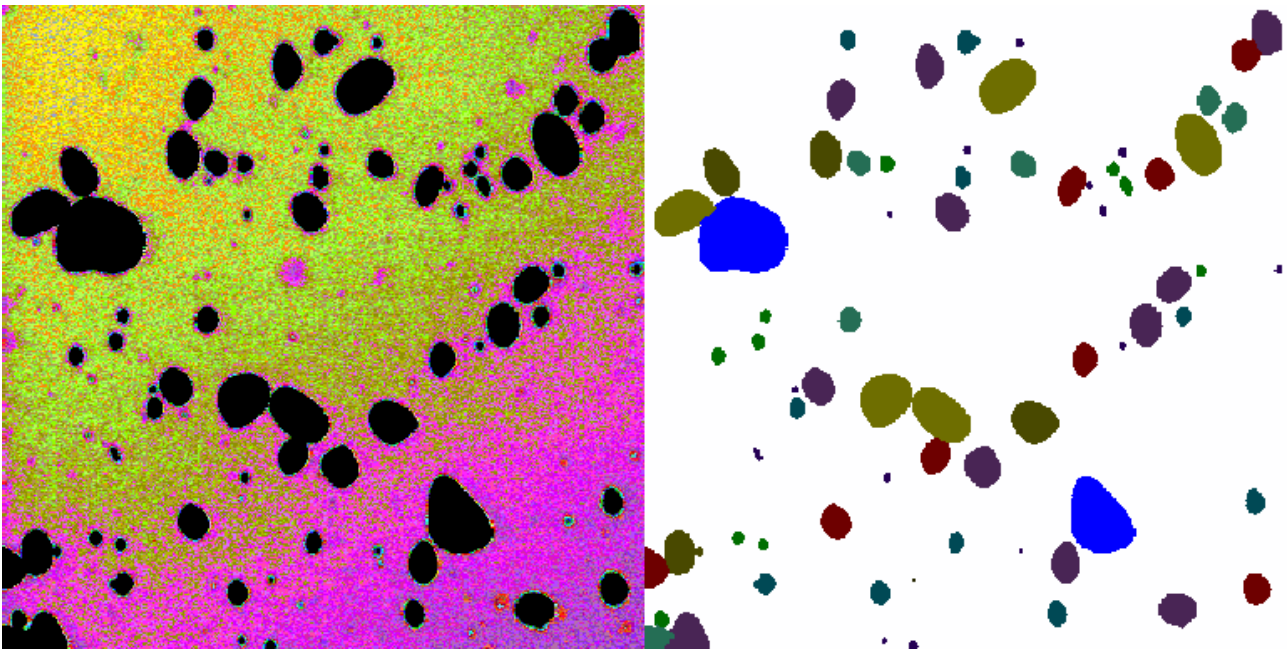
Herbicidek kultúrnövényre (kukorica) kifejtett fitotoxikus hatásának mérése.

### 3.2. Kártevők okozta elváltozások időbeli mérése

A képi információk feldolgozásának a kísérletek lefolyásához viszonyított gyorsasága lehetőséget nyújt a folyamatok megfelelő időbeli nyomon követésre. A mintavétel gyorsasága CCD kamerával készített felvételek esetén 25 kép/másodperc. A valós idejű feldolgozó rendszerekben a képeket digitalizálás után közvetlenül feldolgozzuk, értékeljük esetleg döntéseket hozunk. A képeket általában nem tároljuk a feldolgozások után. Hasonló működésűek bizonyos mezőgazdasági robottechnikai látórendszerek. Ezek a mintavételezési gyorsaságok lehetővé teszik növényi kártevők által okozott strukturális és felületi elváltozások időbeli nyomon követését és számszerűsítését. Példaként említjük a káposztalepke /*Pieris brassicae* L./ hernyó táplálkozásának nyomon követését. Felvételeket készítettünk meghatározott idő ( 5 percenként) elteltével majd a képeket eltároltuk. A feldolgozásokat a kísérletek lefolyása után értékeltük. A feldolgozott képek alapján megállapítható volt a hernyó időbeli táplálkozása [6], [7] természetes környezetének megváltoztatása nélkül.

### 3.3. Burgonyagumók szövettani és kórszövettani vizsgálata

A burgonyagumók kórszövettani vizsgálatánál hat Magyarországon termesztett fajta és öt Keszthelyen nemesített törzs gumóinak elemzését végeztük. A vizsgálatok egy részét képezték a digitális képfeldolgozással történő mérések és kiértékelések [8], így a parahéjvastagság mérés, az átlagos keményítőszemcse mérés és a keményítőszemcse osztályozás (2. ábra), [9]. Az átlagos keményítőszemcse-méret vizsgálatánál kíváncsiak voltunk arra, hogy a köztudottan eltérő finomságú (méretű) keményítőszemcsék és a különböző fajták/törzsek fogékonysága között milyen összefüggés állapítható meg [10], [11]. A statisztikai értékelésekhez STATGRAPHICS 3.0 és STATGRAPHICS Plus programcsomagokat alkalmaztunk.



2. ábra

Keményítőszemcse méretének meghatározása és keményítőszemcse osztályozás.

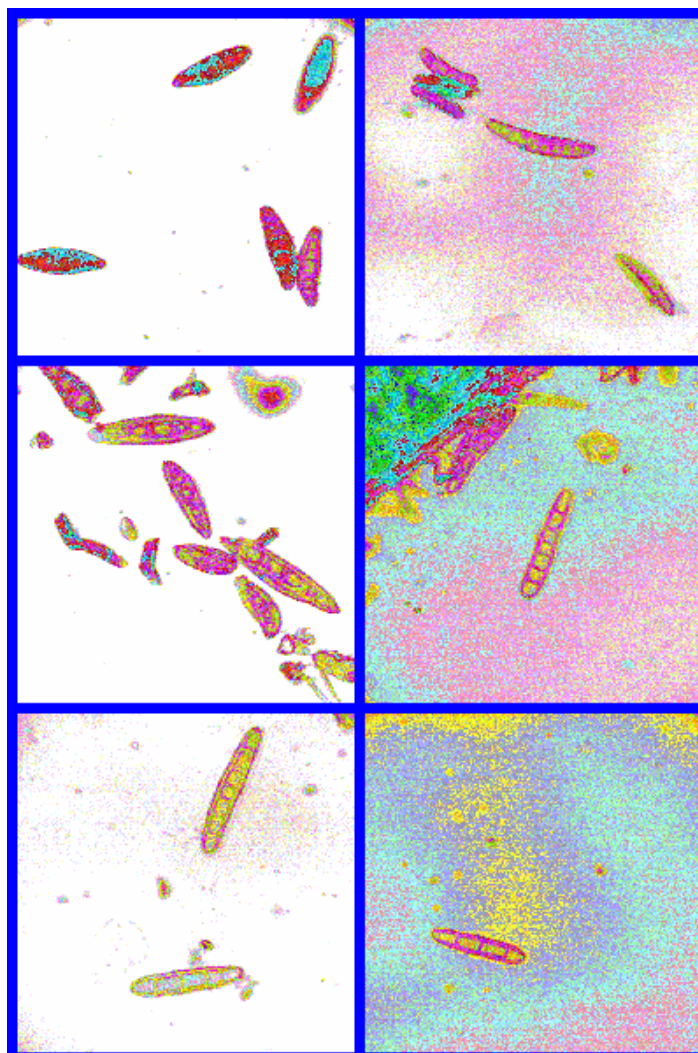
### 3.4. Fitopatogén gombák számítógéppel támogatott felismerése

A különböző fitopatogén gombák meghatározásának egyik klasszikus módszere a gombák szaporítóképleteinek morfológiai összehasonlítása. Kutatásaink célja egy ismeretlen gombafaj, szaporító képlet alapján történő azonosítását támogató rendszer létrehozása volt [12], [13]. A számítógépes képanalízis alkalmazásának első lépésében, 12 gombanemzetségből mintegy 14 morfológiailag eltérő faj került az adattárba.

A kutatások következő lépésében megkíséreltük a *Helminthosporium* nemzetség néhány fajának azonosítását, melyeket előzőleg a hagyományos módon fajsinten meghatároztunk. A vizsgálatba 12 morfológiailag hasonló (3. ábra) fajt vontuk be.

Az osztályozások során használt legtöbb jellemző hagyományos módszerekkel nem mérhető, meghatározásuk számítógépet igényel [14].





3. ábra

A Helminthosporium nemzetség néhány morfológiailag hasonló faja.

### 3.5. Morfológiai paraméterek kiértékelése

A mérési eredmények alapján megpróbáltunk az alkalmazott osztályozási eljárások és paraméterek hatékonyságára megfelelő matematikai módszerek alkalmazásával következtetni. Ezért a gyakorlati eredmények helyességét lényegtömörítésnek (Karhunen-Loeve transzformációnak) megfelelő matematikai statisztikai feldolgozás (SPSS/PC+ 4.0 - faktor analízis) segítségével ellenőriztük [6]. A statisztikai feldolgozások során két, három, négy, öt és hat faktorra végeztünk főkomponens analízist 63 minta 12 előző pontban vázolt paramétereinek mérési eredményeit felhasználva.

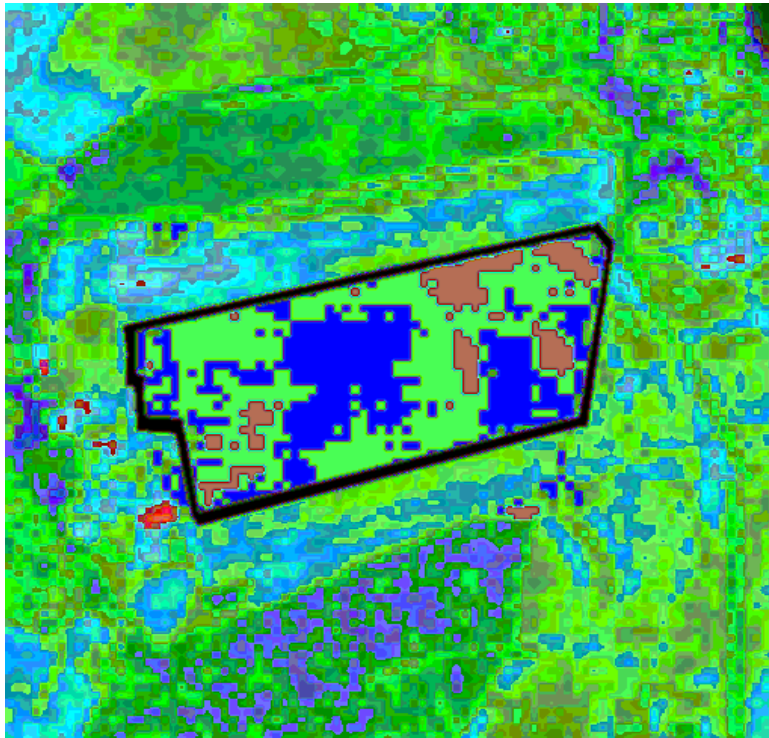
Eredményeink négy független paraméter esetén adtak maximálisan hatékony felismerést [14].

### 3.6. Digitális műholdfelvételek mezőgazdasági alkalmazásának lehetőségei

Az Informatikai Központ digitális képfeldolgozó rendszerének oktatásban való első alkalmazását egy gyakorlati feladat megoldása [15] és egy diplomadolgozat elkészítése [16] közösen jelentette. A munka kitért az űrfelvételek feldolgozásán alapuló jelentősebb alkalmazások ismertetésére, összefoglalva azok jelentőségét a világ mezőgazdasági jellegű feldolgozásaiban. Konkrét példákon keresztül bemutatott néhány alkalmazási lehetőséget [17]:

- táblatérképek aktualizálása, pontosítása űrfelvételek alapján,
- bizonyos növénykultúrák egyszerű elkülönítése,
- táblán belüli inhomogenitás vizsgálat.

Referenciaterületként az Óbudai TSZ adatait és területeit használtuk. A feldolgozásokhoz Landsat TM és SPOT P űrfelvételek kerültek alkalmazásra.



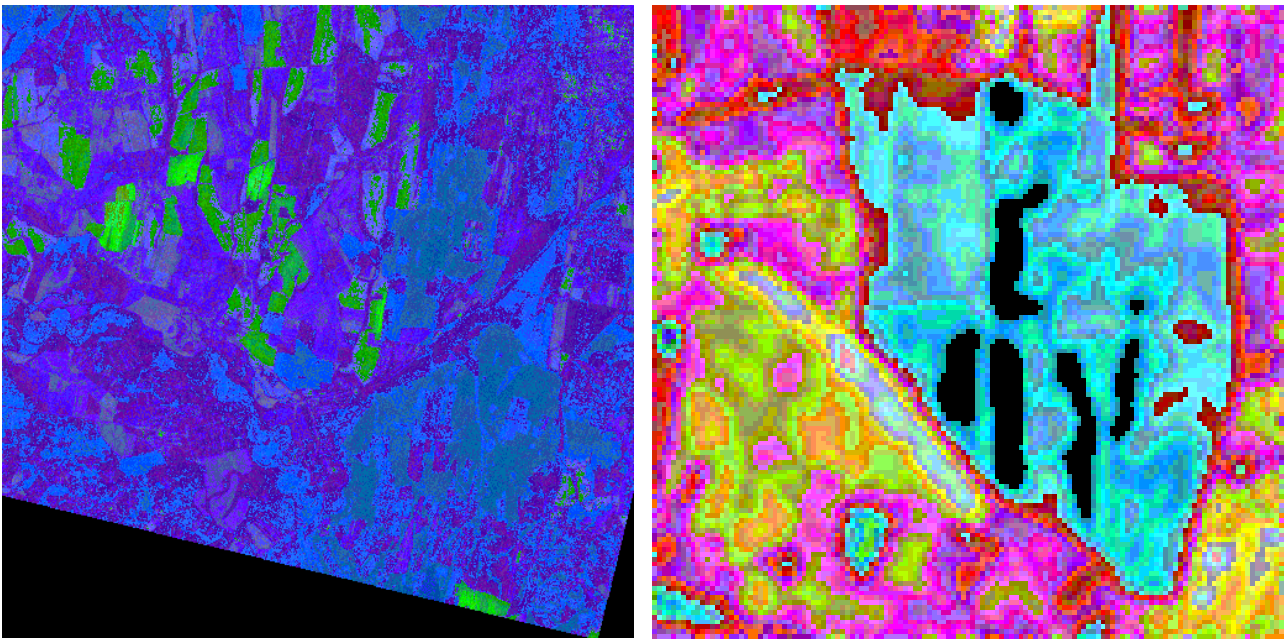
4. ábra

Növénykultúrák táblán belüli inhomogenitásának vizsgálata

### 3.7. Meliorációs utóvizsgálatok

Multispektrális SPOT űrfelvételek alapján elvégeztük melioráció utáni talajnedvesség-viszonyok analízisét, adott területen. Referenciaadatokat közvetlenül a gazdálkodó szervezettől kaptunk [18].

Az értékelésekből megállapíthatóvá vált az alagsövezés hatása. Kimutatható volt a kevésbé hatásosan működő drainek lokális elhelyezkedése [15], [10]. Az 5. ábra bal oldali felvételén a fekete (sötét) foltok mutatják a nem működő drainek elhelyezkedését.



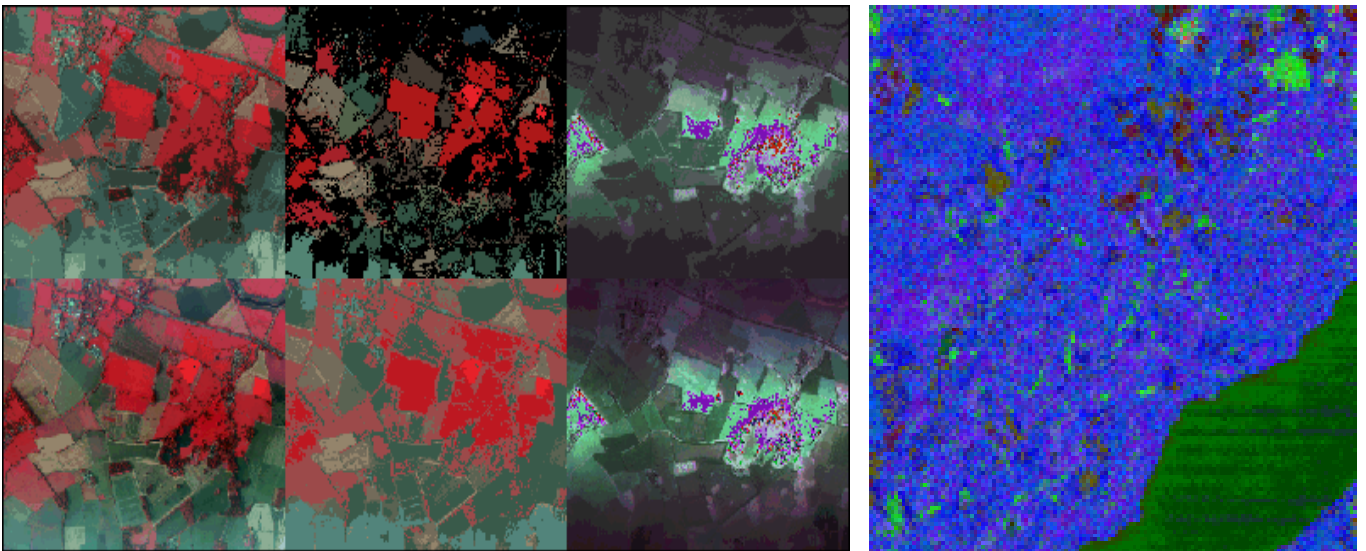
5. ábra

Melioráció előtti és utáni talajnedvesség-viszonyok analízise

### 3.8. Képosztályozó eljárások összehasonlítása digitális légifelvételeken

Digitális (Daedalus Scanner) légifelvételek és Landsat TM űrfelvételek alapján vizsgáltuk a különböző spektrális sávokban hasonló intenzitású, de eltérő növénykultúrák [19], valamint terméshozam szempontjából különböző [20] növénykultúrák szétválaszthatóságát.

Az alkalmazott képfeldolgozási eljárások közül a színkompozitok osztályozását és az index analízist használtuk. A tesztterületeket Sutton Bonington és környéke, (Anglia) és a Balaton északi víz gyűjtője képezte, amelyekről földhasználati referencia adataink álltak rendelkezésre [21]. Index analízis és néhány képosztályozási módszer /NN, BOX, CLUSTER/ együttes alkalmazásával a nagyfelbontású légifelvételeken sikerült megfelelő pontossággal elkülöníteni az egyes spektrális sávokban azonos, de a valóságban eltérő növénykultúrákat (6. ábra).



6. ábra

Hasonló intenzitású, de eltérő növénykultúrák (bal oldali felvétel), valamint termés hozam szempontjából különböző növények (jobbra) szétválaszthatóságának vizsgálata

### 3.9. Térinformatikai adatbázis építése

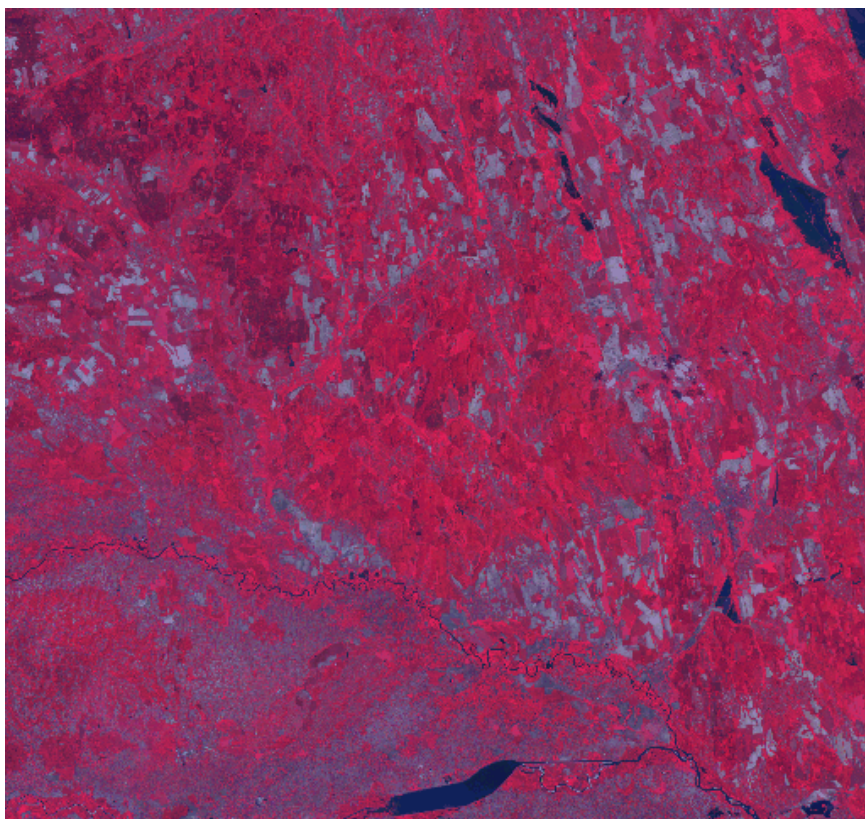
Az Informatikai Központban működő térinformatikai rendszerrel GIS adatbázis építését végeztük. A Mapinfo for Windows térinformatikai program és a Magyar Közigazgatási Térinformatikai Adatbázis (MATÉRIA) felhasználásával Zala megye talajterképének adatai alapján a talaj kilenc jellemző adattípusát rögzítettük [22]. Ezek a: talajtípus, talajképző közet, talaj kémhatása és mészállapota, talajértékszám, szervesanyag készlet, termőréteg vastagság, talaj vízgazdálkodási tulajdonsága és fizikai jellemzők két csoportban.

### 3.10. Károsodott erdőrészek meghatározása SPOT űrfelvételek alapján

A Toulous-i PURPAN Mezőgazdasági Főiskola közreműködésével, SPOT űrfelvételek értékelését és osztályozását végeztük. Speciális kutatási területünk az erdők vizsgálata volt [23]. Referenciákat a vizsgált terület közel 1 %-ának, terepen történő felméréseivel gyűjtöttük. Közel 80 darab véletlenszerűen kiválasztott területet kerestünk fel és vizsgáltunk meg [24] (pl. fenyő hó töréses károsodása, kiszáradt éger állomány, szelídgesztenye pusztulás, nagyfokú rovarkár következményei vizsgálata).

A SPOT Multispectral űrfelvételen digitális képfeldolgozó (PRIMA) és osztályozó (ERDAS IMAGINE, PRICLA) programcsomagok segítségével, a referenciák felhasználásával elkülönítettük, majd azonosítottuk az egyes növénykultúrákat több osztályozó módszert is kipróbálva. Munkánk befejezéseként elvégeztük a felvételek és a begyűjtött információk elemzését a leghatásosabb osztályozó algoritmusok tesztelésével. Az egyes eljárások oktatásban való alkalmazhatóságára mintapéldák készültek [25] .





7. ábra

Zalai erdők károsodásának vizsgálata - a teszterületek

### 3.11. Képfeldolgozás és környezetvédelem

A digitális képfeldolgozás környezetvédelmi alkalmazásának eredményeit és lehetőségeit vizsgáltuk a University of Nottingham egy végzős agrármérnök hallgatójának bevonásával [26]. A környezetvédelmi feladatok felmérésében és megoldásának egyes fázisaiban a digitális képfeldolgozásnak az alkalmazhatóságát vizsgáltuk. A kapott információk közvetlenül multimédia oktató tananyag részét képezik.

### 4. Kutatásokra épülő tananyagok alkalmazási lehetőségei

A kutatási eredmények egyik alkalmazási lehetőségeként elkészítettünk egy interaktív képfeldolgozást oktató rendszert /TANKÉP - 8. ábra/ [25, 27]. A program lehetőségeinek rövid összefoglalója mellett elsősorban az eddigi oktatási tapasztalatokra és alkalmazási lehetőségekre térnénk ki bővebben.

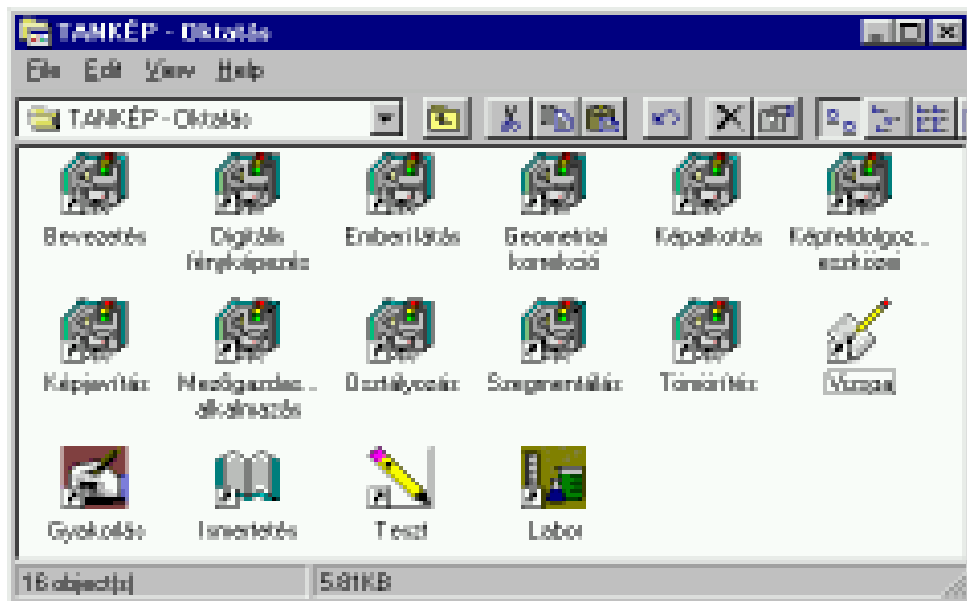
A tananyag felépítésére jellemző, hogy az alapszintű ismeretanyag nyolc fejezetben került összefoglalásra [28]. A rendszer tartalmazza az egyes interdiszciplinák köré csoportosított alkalmazások bemutatását is. Az elméleti részek gyakorlására külön program modul található [29, 30]. A tanulás folyamatát és a számonkérést közel fél ezer ellenőrző kérdés segíti.

A digitális képfeldolgozást mint tantárgyat a TANKÉP alapján oktattuk a felsőfokú informatikai szakképzésben, a nappali tagozatos oktatásban (gazdasági agrármérnök szak, szakirány orientáltan) és a Gábor Dénes Műszaki Informatikai Főiskola Keszthelyi tagozatán.

A tantárgy szerepel a Ph.D. képzésben is, az „Integrált növényvédelmi módszerek elméleti alapjai” A-típusú főprogram keretein belül.

A hallgatók visszajelzéseit összegezve megállapítható, hogy azon hallgatók akik rendszeresen dolgoznak vagy részt vesznek grafikai jellegű alkalmazásokban, fejlesztésekben kimondottan hasznosnak ítélték az elméleti

megalapozást és az egyes eljárások gyakorlásának lehetőségét. A csupán érdeklődő hallgatók elsősorban az egyes alkalmazásokat - szakirányhoz illeszkedően - tartották kiemelten fontosnak.



8. ábra

A digitális képfeldolgozást interaktív módon oktató program rendszer egyes moduljai

A teljesség igénye nélkül álljon itt néhány kiragadott példa az digitális képfeldolgozást interaktív módon bemutató rendszer lehetséges alkalmazására:

- távoktatás,
- önálló tanulás,
- face-to-face rendszerű oktatás
- felsőfokú nappali oktatás, szakképzés, Ph.D. képzés
- szakemberek és szakoktatók

## 5. Irodalomjegyzék

- [1] CORRELL, K.W., - ULICHNEY, R.A., (1995): The J300 Family of Video and Audio Adapters: Architecture and Hardware Design. Digital Technical Journal, vol. 7, no. 4: 20-33.
- [2] BAHL, P., (1995): The J300 Family of Video and Audio Adapters: Architecture and Hardware Design. Digital Technical Journal, vol. 7, no. 4: 34-51.
- [3] BUDAI, P. (1992): A kukorica gyökerén végzett tolerancia vizsgálatok szulfonilurea herbicidekkel hagyományos és digitális képfeldolgozási technika segítségével, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, /diplomadolgozat/.
- [4] BERKE, J. - GYÖRFFY, K. (1993): Digitális képfeldolgozással „Gombakalap és krumplihéj”. Alaplap, 11:12, 3-4.
- [5] GYÖRFFY, K. - BERKE, J. (1990): Számítógépes képfeldolgozás felhasználásának lehetősége a növényvédelmi kísérletek értékelésében. 36. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest.
- [6] BERKE, J. (1994): Digitális képfeldolgozás alkalmazása mezőgazdasági kísérletek értékelésében. Magyar Tudományos Akadémia, kandidátusi disszertáció.
- [7] BERKE, J. - GYÖRFFY, K. - FISCHL, G. - KÁRPÁTI, L. - BAKONYI, J. (1993): The application of digital image processing in the evaluation of agricultural experiments, 5<sup>th</sup> International Conference CAIP'93 Budapest. Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science, 719:780-787.

- [8] KÖRÖS, L. (1991): Burgonya genotípusok és a *Phoma exigua* var. *foveata* gazda-parazita kapcsolat vizsgálata, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, /diplomadolgozat/.
- [9] BERKE, J. - FISCHL, G. - KÖRÖSI, L. (1992): Digital Image Processing of Potato Bulbs. A 2-Science and Technology in the Alpine-Adriatic Region, 2:15.
- [10] BERKE, J. - GYÖRFFY, K. - FISCHL, G. - KÁRPÁTI, L. (1992): The application of image processing in the evaluation of agricultural experiments. Ist Alps-Adria Workshop on Satellite Data Evaluation and GIS Technologies, Keszthely, XV.
- [11] BERKE, J. - GYÖRFFY, K. - FISCHL, G. - KÁRPÁTI, L. - TIMS, K. I. (1993): Számítógéppel támogatott képfeldolgozás alkalmazási lehetőségei, Informatika a felsőoktatásban, Debrecen, 533-541.
- [12] J. BERKE - G. FISCHL, (1992): Possibilities of using computer analysis in identification of phytopathogenic fungi, 38<sup>th</sup> Plant Protection Days, Budapest, 78.
- [13] J. BERKE - L. KÁRPÁTI - K. GYÖRFFY - G. FISCHL, (1994): Applied Digital Image Processing Methods in the Evaluation of Agricultural Experiments, A 2-Science and Technology in the Alpine-Adriatic Region, 5:8-10.
- [14] BERKE, J. (1995): Applied Statistical Pattern Recognition for the Identification of the Phytopathogenic Fungi and Determination Morphologically Features, Computational Modelling and Imaging in Biosciences - COMBIO'95, Kecskemét, Hungary, I.3-9.
- [15] KÁRPÁTI, L. - BERKE, J. (1990): Applicability of information obtained by remote sensing in Agriculture. XXXIIth Georgikon Scientific Conference, Keszthely, 71-78.
- [16] PAPP, T. (1990): Digitális műholdfelvételek PPC alapú elemzése és a mezőgazdasági alkalmazás lehetőségei, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, /diplomadolgozat/.
- [17] KÁRPÁTI, L. - BERKE, J. (1990): Közeli távérzékelés. Magyar Mezőgazdaság, 45:40, 7.
- [18] NÉMETHNÉ HÚSZ, É. (1991): Műhold- és légifelvételek digitális feldolgozásának néhány mezőgazdasági alkalmazási lehetősége, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, /diplomadolgozat/.
- [19] TIMS, K. I. (1992): Agricultural Image Processing Applications, Pannon University of Agricultural Sciences, Georgikon Faculty of Agronomy, Keszthely, Nottingham, /TEMPUS project/.
- [20] SZABÓ, B. (1992): A távérzékelés alkalmazása a termőhelyi adottságok meghatározásához és a gazdaságos termelés megszervezéséhez, Pannon Agrártudományi Egyetem, Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar, Keszthely, /egyetemi doktori értekezés/.
- [21] SZABÓ, B. - BERKE, J. (1992): Practical uses for Remote Sensing and Image Processing in Agriculture. Ist Alps-Adria Workshop on Satellite Data Evaluation and GIS Technologies, Keszthely, V.
- [22] LACROUZADE, A. (1993): Geographic Information System, Pannon University of Agricultural Sciences, Georgikon Faculty of Agronomy, Keszthely, Toulouse, /TEMPUS project/.
- [23] CALLEDE, V. - CHEMINEAU, E. (1994): The Organization of the Forests in Hungary. Pannon University of Agricultural Sciences, Georgikon Faculty of Agronomy, Keszthely, Toulouse, /TEMPUS project/.
- [24] CALLEDE, V. - CHEMINEAU, E. (1994): Classification of the Hungarian Zala Forest, using a Spot Image, Pannon University of Agricultural Sciences, Georgikon Faculty of Agronomy, Keszthely, Toulouse, /TEMPUS project/.
- [25] BERKE, J. - SZABÓ, J. - KELEMEN, D. - HEGEDŰS, GY. CS. (1996): Digitális képfeldolgozást oktató multimédia szoftver rendszer /TANKÉP 1.0/, PATE Keszthely, PICTRON Kft., Budapest.
- [26] COLE, M. (1994): Image processing and Environmental Monitoring, Pannon University of Agricultural Sciences, Georgikon Faculty of Agronomy, Keszthely, Nottingham, /TEMPUS project/.
- [27] SZABÓ, J. - HEGEDŰS, GY. CS. - KELEMEN, D. - BODROGI, H. - BERKE, J. (1996): „TANKÉP” számítógépes oktató, gyakorló és vizsga rendszer a képfeldolgozás tanításához, Informatika a felsőoktatásban '96, Debrecen, /preprint/.
- [28] BERKE, J. - SZABÓ, J. - KELEMEN, D. - HEGEDŰS, GY. CS. (1995): Digitális képfeldolgozást oktató rendszer fejlesztése, Képfeldolgozási és térinformatikai alkalmazások, Keszthely, 16-18.

- [29] BERKE, J. - SZABÓ, J. - KELEMEN, D. - HEGEDŰS, GY. CS. (1996): Digitális képfeldolgozást oktató multimédia rendszer /TANKÉP 1.0/, Térinformatikai a regionális fejlesztésekben „Workshop”, Debrecen.
- [30] SZABÓ, J. - HEGEDŰS, GY. CS. - KELEMEN, D. - BODROGI, H. - BERKE, J. (1996): „TANKÉP” computerised educational, exercising and examiner system for teaching digital image processing, Mesterséges látási rendszerek alkalmazása a mezőgazdaság műszaki fejlesztésénél „Workshop”, PATE Kaposvár.