

## A TÖBBDIMENZIÓS KÉPFELDOLGOZÁS PROGRAMJAI ÉS OKTATÁSUK

*Kuba Attila, kuba@inf.u-szeged.hu*  
*JATE Alkalmazott Informatikai Tanszék*  
*Fazekas Attila, fattila@math.klte.hu*  
*KLTE Matematikai és Informatikai Intézet*  
*Palágyi Kálmán, palagyi@inf.u-szeged.hu*  
*Nagy Antal, nagy@inf.u-szeged.hu*  
*Nyúl László, nyul@inf.u-szeged.hu*  
*JATE Alkalmazott Informatikai Tanszék*  
*Pethő Attila, pethoe@peugeot.dote.hu*  
*KLTE Matematikai és Informatikai Intézet*

### Abstract

Nowdays, the multidimensional (i.e. higher than 2-dimensional) image processing has been a strongly developing area. One of its most important application areas is the medicine, where numerous diagnostic imaging devices (e.g., CT, MR, SPECT etc.) are able to produce 3- or even higher dimensional images. We have studied the possibility of introduction of multidimensional image processing into the subjects of Image Processing at József Attila University. First, we considered the methods of generation of such images, then the different standards accepted in the medical applications. From the processing algorithms we have dealt with the 3D skeletons, binary operations, reconstruction and registration. These topics are discussed in the education of graduated and PhD students as well.

### 1. Bevezetés

Egyre több olyan alkalmazás van, ahol nem 2-, hanem 3- vagy magasabb dimenziós képeket kell előállítani, megjeleníteni és feldolgozni. Az egyik legjobb példa erre az orvosi képfeldolgozás, ahol a számítógépes tomográfiai leképező eljárások (CT, MR, SPECT, PET) kifejlődésével olyan képforrások jelentek meg, amelyek a vizsgált beteg keresztmetszeti képeit képesek előállítani. A metszeti képek sorozatával pedig az emberi test 3D képét kaphatjuk meg digitális formában. Sőt, arra is van lehetőség, hogy 3D képekből időben változó sorozatot készítsünk, ami 4D felvételt szolgáltat. Mivel ezek az eljárások ma már a rutin orvosi diagnosztika részévé váltak, ezért van szükség a magasabb dimenziós képek matematikai és számítástechnikai vizsgálatára. Természetesen, így szükséges olyan szakemberek képzésére, akik ezen a területen is alkalmazni tudják a számítógépes képfeldolgozást.

Előadásunkban áttekintjük a József Attila Tudományegyetemen és a Kossuth Lajos Tudományegyetemen a többdimenziós képfeldolgozás oktatásával kapcsolatban idáig szerzett tapasztalatokat. Bemutatjuk a JATE-n folyó egyetemi és PhD képzést (a KLTE hasonló tematikájú oktatásáról külön előadás számol be [1]), a kapcsolódó kutatási/fejlesztési munkákat és az oktatásban használt eszközöket.

### 2. Programtervező matematikusok oktatása

A számítógépes grafika és képfeldolgozás 1993 óta szerepelnek önálló tantárgyként a JATE programozóinak és programtervezőinek a hálótervében. (Korábban a Számítógépek nemnumerikus alkalmazásai kurzus keretében hallhattak a hallgatók erről a témáról kb. egy szemeszter harmadában előadásokat.) Azóta a programozó és számítástechnika tanár szakos hallgatók (évente kb. 110 fő) a grafikát III. évben veszik fel heti 3 előadás és 2 óra gyakorlat beosztásban. A második lépcsőbe jutott programtervező

hallgatók pedig a IV. és az V. évben választhatják a képfeldolgozást mint egyikét a kötelezően választható ún. blokkos tárgyaknak (összesen 10 blokkos tárgy van jelenleg), ami heti 3+1 formában valósult meg és két szemeszteren keresztül oktatjuk évente kb. 10-15 főnek. Az első szemeszterben általános képfeldolgozást oktattunk, a másodikban pedig speciális orvosi képfeldolgozást.

### 2.1. Számítógépes grafika

A számítógépes grafika tárgy tematikája lényegében megegyezik a Foley, van Dam és munkatársai által írt könyv [2] fejezeteivel. Így már itt előkerülnek olyan témák, amelyek a 3D testek megjelenítésével kapcsolatosak (projekciók, 3D geometriai transzformációk, látható élek és felszínek, árnyékolás, megvilágítottság, sugárkövetés). A gyakorlatokon C vagy Pascal nyelven készítik a hallgatók a programokat, de a szemeszter második felében megismerik és használják a PostScript nyelvet és a PHIGS-et is.

### 2.2. Számítógépes képfeldolgozás

A számítógépes képfeldolgozás tematikájának kialakításában elsősorban Gonzales és Wintz könyvét [3] vettük alapul. Habár itt elsősorban 2-dimenziós képfeldolgozásról van szó, ez a tematika megteremti az alapokat a későbbi tananyag oktatásához is. Azért, hogy biztosítsuk az átmenetet a következő félévi általános többdimenziós képfeldolgozáshoz, már az első szemeszterben megismertetjük a hallgatókat a vetületekből végzett képrekonstrukció matematikájával és algoritmusával. Ugyanis a képrekonstrukció adja az elméleti alapját a különféle tomográfiai leképező eljárásnak. A rekonstrukció elméletébe való bevezetés pedig egyúttal azt is megköveteli, hogy a hallgatók megismerjék a többdimenziós konvolúciót és Fourier-transzformációt. Az első félévben a gyakorlatokon a hallgatók a Khoros képfeldolgozó rendszert használják.

### 2.3. Orvosi képfeldolgozás

A második félévben kerülnek sorra a különféle orvosi diagnosztikai leképező eljárások: radiológia, CT, nukleáris medicina, mágneses rezonancia leképezés (MR), SPECT (Single-Photon Emission Computerized Tomography), PET (Positron Emission Tomography) és az ultrahang leképezés. A tematika kialakításában nagy mértékben támaszkodtunk nemzetközi kapcsolatainkra és a nyugati egyetemeken már bevezetett hasonló kurzusok anyagaira és tapasztalataira, amit az egyik TEMPUS pályázatunk keretében tudtunk megszerezni. A gyakorlatokon a hallgatók konkrét képfeldolgozó rendszerekkel is megismerkedhetnek.

### 2.4. Speciálkollégiumok

A speciálkollégiumok kialakításában általában két tényező szokott döntő szerepet játszani. Az egyik az, hogy előadók éppen milyen (kutatói) témával foglalkoznak, érthető, hogy az általuk amúgy is ismert (és szeretett) témákról szívesen írnak ki kurzusokat. A másik, hogy melyek azok a témák, amelyek az idő előrehaladtával bizonyítják létjogosultságukat a tananyagban, de az oktatásban valamilyen oknál fogva még nincs helyük és ekkor először megjelennek mint speciálkollégiumi anyag, majd később kerülnek be az előírt tanrendbe.

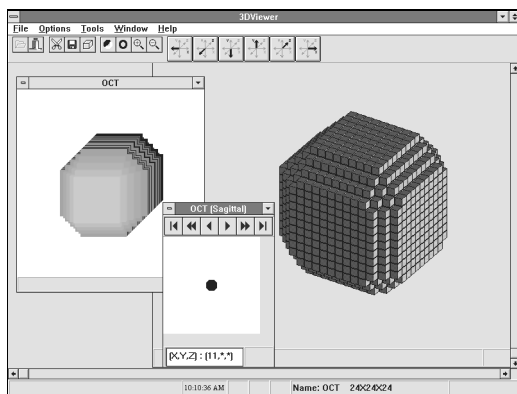
A *Képfeldolgozó rendszerek* speciálkollégium elsősorban a gyakorlati kérdések iránt érdeklődő hallgatóinknak volt kedvelt kurzusa. Itt ismertettük először a Khoros rendszert, majd a nagy érdeklődésre és a rendszerrel kapcsolatos jó tapasztalatokra való tekintettel tettük át ezt az oktatási anyagot a Számítógépes képfeldolgozás tárgy gyakorlati anyagába.

A *Matematikai morfológia* tárgy most, az 1996/97-es tanévben fog indulni. Természeténél fogva tartalmaz a többdimenziós képfeldolgozásra vonatkozó tudnivalókat.

A *Képrekonstrukció vetületekből* kurzus "igazi" többdimenziós képfeldolgozási témával foglalkozik. Elméleti és gyakorlati kérdésekkel egyaránt foglalkozik, alaposabb betekintést ad a számítógépes tomográfiában használatos kérdésekbe.

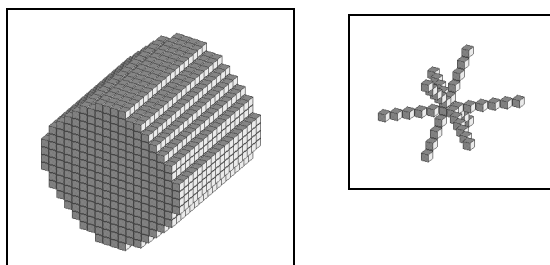
### 2.5 Szakdolgozatok és diplomamunkák

A szakdolgozatok és a diplomamunkák különösen fontos részei a képzésnek. Tapasztalataink szerint a hallgatók nagy kedvvel fognak hozzá olyan munkákhoz, amelyek a többdimenziós képekkel kapcsolatosak. Ezek közül talán a legkedveltebbek és egyben a leglátványosabbak a 3-dimeziós megjelenítések. Gyakran próbálnak a hallgatók "újra felfedezni" bizonyos témákat (pl. sugárkövetés). Itt fontos, hogy a témavezető kellő határozottsággal tudja irányítani a lelkes, de egyébként az egyetemen rendelkezésre álló programozási eszközökről még nem tudó hallgatót. Ami megvan, azt nem kell újra felfedezni. De itt hadd említsünk meg néhány olyan témát, amit az utóbbi években készítettek a hallgatók 3- vagy magasabb dimenziós megjelenítésekről: Tóth Bagi János: n-dimenziós bináris mátrixok megjelenítése, Oltyán Gábor: 3D bináris képek megjelenítése (1. ábra), Olajos Péter: grafikus felület a POV sugárkövető használatához, Schön Roland: Autosztereogram készítése.



1. ábra.  
3D bináris képek megjelenítése. Látható felszín, keresztmetszeti kép és egységkockás ábrázolás.

A többdimenziós képfeldolgozás más kérdései is előjöttek diplomamunka vagy szakdolgozati témaként. A legjobbak közül néhány: 3D bináris képfeldolgozó rendszer (Alb Péter, Tanács Attila), 3D bináris mátrixok rekonstrukciója vetületekből (Rozgonyi Borus Ferenc), általános képfeldolgozó rendszer (PicKit, készítettek: Nyúl László, Nagy Antal, Molnár Péter), 3D felületek redukciója (Halmi Csongor) és a 3D vázkijelölés (2. ábra) és vékonyítás, amely problémával debreceni hallgatók és kollégák is foglalkoznak.



2. ábra.  
3D bináris objektum és váza.

### 3. PhD hallgatók oktatása

A JATE-n 1994-ben indult be az Informatika PhD program Dr. Gécseg Ferenc vezetésével. A PhD hallgatók 6 alprogram közül választhatnak, ezek között az Alkalmazások alprogramban szerepel a képfeldolgozás és a grafika hasonló tantárgyi felosztásban mint az egyetemi hallgatók képzésénél. Eddig 3 olyan PhD hallgatónk volt, akik a képfeldolgozás valamelyik ágával foglalkozik, kettő közülük olyan kutatási témát választott, ami közvetlenül kapcsolódik a többdimenziós képfeldolgozáshoz (3D vázkijelölés ill. impedancia tomográfia)

### 4. Egyéb oktatási formák

#### 4.1. TEMPUS

Az Informatikai Tanszékcsoport 1993-ban nyert egy TEMPUS pályázatot, amelynek a célja a képfeldolgozás oktatásának a bevezetése ill. korszerűsítése különös tekintettel az orvosi és robotikai alkalmazásokra. A projekt 6 egyetemet kapsolt össze (University College London, Institute Gustave Roussy, Parizs, University of Aveiro, University of Ljubljana, University of Lodz és JATE). Ennek a TEMPUS projectnek a hatása alapvető fontosságú volt a szegedi képfeldolgozás oktatásban. Évente 3-4 hallgatót tudunk kiküldeni 3-4 hónapra a nyugati egyetemekre, 3 kollegánk járt tanulmányúton és ismerkedett meg az oktatási módszerekkel, jelentős mértékben tudtuk javítani a hardver és szoftver ellátottságot, oktatási anyagokat gyűjthettünk.

#### 4.2. Képfeldolgozó Nyári Iskola

Ugyancsak a TEMPUS támogatásával kezdtük el rendszeresen megrendezni a *Képfeldolgozó Nyári Iskolát* 1993-tól kezdve. Idén a negyedik ilyen rendezvényünk lesz Szegeden (bár közben ez a TEMPUS project már befejeződött). Az Iskola angol nyelven folyik, 8-12 napos. Délelőttönként előadások folynak a résztvevő egyetemek oktatóinak a közreműködésével, amit délutánonként gyakorlati foglalkozás követ. A gyakorlatokon a hallgatók nemzetközi összetételű csapatokban oldanak meg érdekes képfeldolgozási feladatokat. Az eredményről az utolsó napon számolnak be és a legjobbakat díjakkal jutalmazzuk. A rendezvény sikerét jelzi, hogy évente kb. 25-35 hallgatónk van (többségük külföldről), több mint 10 országból érkeztek eddig a résztvevők. A Nyári Iskolák hatása többszörös: kiváló lehetőség a hallgatók számára, hogy a szakma új eredményeivel és művelőivel megismerkedhessenek, kapcsolatot tudnak kialakítani más egyetemekkel, tapasztalatot szereznek a csoportban folytatott munkáról és gyakorolhatják az angol nyelvet.

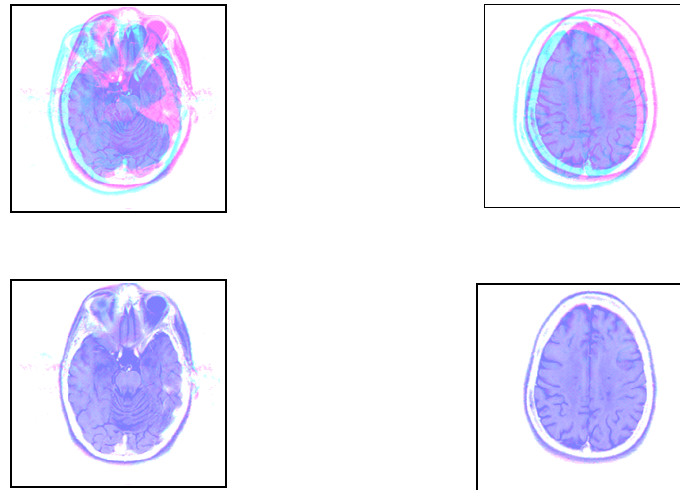
#### 4.3. TDK

A Tudományos Diákköri Konferenciáknak rangja és tekintélye van. A képfeldolgozás pedig látványosságánál fogva mindig is csábította a lelkes hallgatókat arra, hogy itt mutassák meg tudásukat. Ezért érthető, hogy Szegeden és Debrecenben is hagyományosan sok képfeldolgozási téma van a Diákköri Konferenciákon, amelyek közül több is foglalkozott többdimenziós képfeldolgozással. Itt említünk meg olyan sikeres dolgozatokat, amelyek pl. a 3D bináris mátrixon végezhető műveletek programrendszere (Alb Péter, Tanács Attila), 3D bináris mátrixok megjelenítése (Oltyán Gábor), 3D vázkijelölő algoritmusok (Rózsahegy Róbert, Loós Attila, Bodnár Gábor) vagy bonyolult felszínű 3D testek redukciója (Halmai Csongor).

#### 4.4. Kutatási/fejlesztési feladatokban való részvétel

A tehetséges hallgatók számára különösen csábító dolog, ha valamilyen egyetemi kutatási/fejlesztési munkában tudnak résztvenni. Debrecenben és Szegeden is igyekszünk megtalálni a lehetőségét ennek. Az ilyen irányú erőfeszítések sokszor többszörösen megtérülnek, nem egyszer így tettünk szert új kollégákra. Hallgatók bevonásával oldottunk meg olyan többdimenziós képfeldolgozást is igénylő feladatokat mint a SEGAMS-rendszer fejlesztése [4], a SZOTE számára készülő képarcarchiváló és -továbbító rendszer [5], az MKM

megbízásából végzett kutatási projekt [6] és a University of Pennsylvania Orvosi Képfeldolgozó Csoportjával közösen végzett regisztrációs kutatás (3. ábra).



3. ábra.

MR 3D agyvizsgálatok regisztrációja. A felső sorban a regisztráció előtti, az alsóban a regisztráció utáni metszeti képek láthatóak.

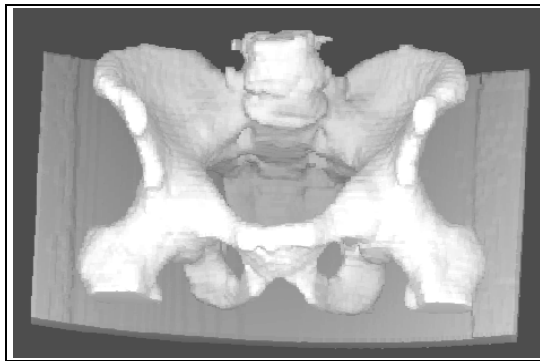
## 5. Oktatási eszközök

### 5.1. Hardver

A képfeldolgozás oktatására is alapvetően az egyetemi számítógépes hálózat és a hozzákapcsolt gépek állnak rendelkezésre. A már említett TEMPUS pályázat tette lehetővé, hogy egy grafikus munkahelyet (színes nyomtatóval, scannerrel, kamerával) tudjunk kialakítani, amit elsősorban a szakdolgozó és diplomamunkát végző hallgatók használhatnak. Ugyancsak ebből a forrásból fizettük a hallgató kabinetben található X-terminálok PAX licenzeit és a hozzá szükséges memóriabővítéseket. Sajnos, a hardveres háttér nem a legjobb és szükség lenne nemcsak a hálózat bővítésére, de a megfelelő teljesítménnyel rendelkező szerverekre is.

### 5.2. Szoftver

A képfeldolgozás oktatásában használjuk az általánosan elterjedt képfeldolgozó és grafikus rendszereket (PhotoStyler, ImageMaker, CorelDraw, PHIGS). Azonban a képfeldolgozás gyakorlati oktatásában a Khoros bizonyult nálunk a legjobbnak. A többdimenziós képfeldolgozást azonban még ez a rendszer sem támogatja. Megint csak a TEMPUS segítségével tudtunk olyan speciális, többdimenziós feldolgozást is lehetővé tevő szoftvert megvenni mint a 3DVIEWNIX (4. ábra). Itt saját fejlesztési munkát is végeztünk, amelynek révén a szabványos orvosi képformátumok közötti konverziót már meg tudjuk oldani, illetve többdimenziós bináris mátrixokat tudunk kényelmesen megjeleníteni.



4. ábra.  
CT 3D medencecsont megjelenítése a 3DVIEWNIX rendszerben.

### 5.3. Oktatási kabinetek

A gyakorlati oktatásunkhoz a legfontosabb feltétel a megfelelő számú és minőségű géppark megléte. Ebből a szempontból mindkét intézményben a helyzet kielégítőnek mondható. A JATE-n az oktatói kabinetek (PC és UNIX) jelenleg még biztosítják a kellő színvonalat, a további fejlesztések csak különféle pályázatokból látszanak elképzelhetőnek.

### 5.4. Könyvtár

A könyvekkel, folyóiratokkal való ellátottság most nem rossz. A legfontosabb kézikönyveket biztosítani tudjuk és - ugyancsak a TEMPUS révén - sikerült az utóbbi években a kutatáshoz szükséges könyvek nagy részét beszerezni.

## 6. Összefoglalás

Bevezettük a számítógépes képfel dolgozás oktatását az egyetemi hallgatók és PhD hallgatók részére. Ez a speciális képzés a programtervező hallgatók tanrendjében mint blokkos tárgy szerepel. Külön hangsúlyt fektettünk arra, hogy a képzésben a többdimenziós képfeldolgozás is kellő szerepet kapjon.

További terveinkben szerepel komplex oktatási segédanyagok (példatárak, programozási segédeszközök, számítógépes anyagok) elkészítése, amellyel hatékonyabban lehet az ismereteket átadni és elsajátítani, valamint a multimédiás oktatási formák bevezetése.

## **Irodalom**

- [1] Fazekas A., Fazekas G., Kormos J.: A digitális képfeldolgozás oktatása a Kossuth Lajos Tudományegyetemen  
Informatika a Felsőoktatásban '96, Debrecen, 1996. augusztus 27-30.
- [2] J.D. Foley, A. van Dam, S.K. Feiner, J.F. Hughes: Computer Graphics. Principles and Practice  
Addison-Wesley, Reading, 1990.
- [3] R.C. Gonzales, P. Wintz: Digital Image Processing  
Addison-Wesley, Reading, 1987.
- [4] A. Kuba, Á. Makay, E. Máté, L. Csernay: Data processing system for nuclear medicine images  
Int. J. Imaging Systems and Technology **4**, 51-56 (1992).
- [5] Kuba A., Alexin Z., Nagy A., Nyúl L., Csernay L.: Képarchiváló és -továbbító rendszer szoftverének fejlesztése (SZOTE-PACS)  
Networkshop'96, Országos Konferencia, Debrecen, 1996. augusztus 27-30.
- [6] MKM 442/94. sz. pályázat: A többdimenziós képfeldolgozás programrendszerének a kialakítása  
JATE, Alkalmazott Informatikai Tanszék, Szeged, KLTE Matematikai és Informatikai Intézet, Debrecen.