

## Digitális ortofotók készítése és alkalmazási lehetőségei

Dr. Barsi Árpád, dr. Detrekői Ákos, dr. Mélykúti Gábor,  
dr. Paláncz Béla, dr. Winkler Gusztáv  
BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék



### Bevezetés

Az Oktatási Minisztérium Kutatás-Fejlesztési Helyettes Államtitkársága (korábbi nevén OMF) Információs és Kommunikációs Technológiák és Alkalmazások (IKTA) KÉPI–2000 pályázatának keretei között Tanszékünk az elmúlt másfél év alatt „Értéknövelt mintatermék előállítás és szolgáltatásfejlesztés digitális képekből” címmel szerteágazó kutatást végzett. A kutatásban elsődlegesen célunk volt egy teljesen nyílt forráskódú szoftver kifejlesztése, amelynek segítségével végre lehet hajtani a differenciális képátalakítást, ugyanakkor ötleteinket szabadon ki tudjuk próbálni. A kifejlesztett rendszerre építve azután több alkalmazási területen vizsgáltuk meg a digitális ortofotók használhatóságát. Cikkünkben néhány érdekesebb példát ragadtunk ki.

### 1. A digitális ortofotó előállítása

A fotogrammetria egyik legérdekesebb eszköze a differenciális képátalakítás. A mai digitális világban ennek megvalósítása számítógépes szoftverekkel történik. A kereskedelmi forgalomban megtalálható szoftverek azonban többnyire „zár-

tak”, legalábbis bővítésük, kiegészítésük nem éppen egyszerű feladat. Többnyire ez a biztonság érdekében előny, nekünk kutatóknak viszont az egyszerű elképzelések megvalósításában, továbbá az oktatásban hátrány.

A projekt megvalósításában ezért egy olyan szoftver kifejlesztésébe fogtunk, amely egyrészt megvalósítja a differenciális képátalakítást digitális képekre, másrészt keretet nyújt egy-egy saját képfeldolgozó eljárás kipróbálására. Mivel Tanszékünk rendelkezik egy *Z/I Imaging ImageStation 2001* nevű korszerű digitális fotogrammetriai munkaállomással [Barsi–Mélykúti 1999], illetve több jól bevált sugárnyaláb-kiegyenlítő programcsomaggal (BLUH, BINGO, ORIENT), amelyek segítségével a digitális mérőkép tájékozási elemeket meg tudjuk határozni, ezért úgy döntöttünk, hogy ezen eszközök felhasználásával csak a képátalakítás megvalósítására szorítkozunk.

Az alkalmazott képek viszonylag nagy mérete miatt célszerű volt a szoftvert C++ (Microsoft Visual C++ 6.0) környezetben megírni. A fejlesztőeszközök segítségével grafikus felhasználói felületet is készítettünk, amelyen keresztül a paraméterek kényelmesen megadhatók. A kifejlesztett szoftver (BORS – Budapesti OrtoRektifikációs

Szoftver) forráskódját tetszőlegesen lehet bővíteni: ki tudunk próbálni többféle forgatási mátrix-felépítést, tesztelni tudunk néhány újramintavételezési (resampling) eljárást, továbbá meg tudtuk mutatni hallgatóinknak, hogyan lehet a leképezés egyenleteit alkalmazni, illetve milyen lehetséges módon tudjuk megadni a digitális képek és felületmodellek raszteres adatait. A szoftver fejlesztése Windows NT 4.0 és 2000 operációs rendszer alatt történt. A képek, valamint a digitális domborzatmodellek fájlformátuma a Jasc cég PaintShopPro szoftverének egyszerű Portable Pixel Map (PPM) formátuma volt.

A szoftver grafikus felhasználói felületét az 1. ábrán mutatjuk be.

A BORS teszteléséhez érdekes tesztképálmányt választottunk: a Magyarország Légitel-mérése projekt keretében elkészített budapesti képek közül a Gellért-hegy környezetét ragadtuk ki. A képek valódi színes, közel 60 cm-es terepi felbontású felvételek voltak, képméretarányuk 1:30 000. A képek tájékoztatóhoz a FÖMI-től megkaptuk a légitelnyképező kamera (Wild RC20) főbb adatait, az illesztőpontokat 1:10 000 méretarányú topográfiai térképről vettük. A tájékoztató lépéseket a digitális fotogrammetriai munkaállomáson hajtottuk végre. A tájékoztatót követően a digitális képekből *matching* eljárással digitális fel-

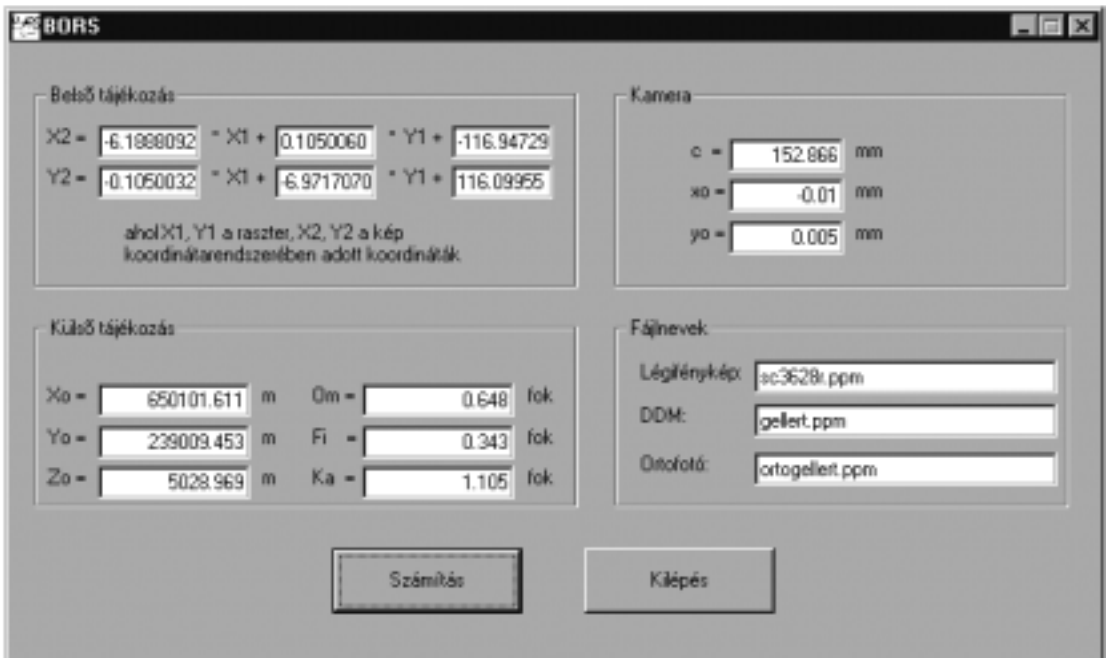
színmodell (DFM) vezettünk le. Az így előállított DFM magasság szerinti színezett képe a 2. ábrán látható. A digitális képet, valamint a felszínmodellrel a már említett saját formátumba mentettük le, és vittük át az ortorektifikációs szoftverbe.

A BORS segítségével egy megközelítően 1003x930 pixel nagyságú kép átalakítása 74 másodpercig tartott az ImageStation munkaállomáson. A kapott transzformátum pixelei síkrajzi értelemben a helyükön vannak, így a kapott kép a további feldolgozásban alapadatként szolgálhat. [Detrekői-Barsi 2001]

## 2. A digitális képek tömörítésének néhány korszerű módszere

A kutatásunk során merült fel az a kérdés, hogy milyen megoldással célszerű tárolni a feldolgozandó légitelnyképeket, illetve az eredményül kapott ortofotókat.

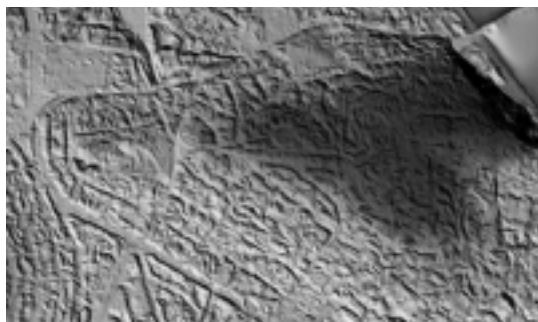
A gyakorlatban megtalálható tárolási formátumok alkalmazhatóságának vizsgálata helyett alaposan elemeztük a népszerű JPG formátum megoldását, majd az algoritmus analízisét követően teszteltük a használt kép- és más kétdimenziós adattranszformációs eljárásokat. Ebben az inkább elméleti modulba a következő eljárások kerültek be: diszkrét Fourier transzformáció (DFT), diszk-



1. ábra Az ortorektifikációs szoftver (BORS) grafikus felhasználói felülete

rét koszinusz transzformáció (DCT), diszkrét wavelet transzformáció (DWT).

A tesztelésben a Mathematica szoftver segítségével megvalósítottuk az imént felsorolt megoldásokat, majd mintaképekre alkalmaztuk a kidolgozott eljárásokat. Megállapítottuk, hogy a nevezett



2. ábra A Gellért-hegyről készült digitális felszínmodell

három módszer közül a legkevésbé hatékony megoldásnak a Fourier-féle változat (DFT) tekinthető, a legnagyobb tömörítési arány pedig a wavelet-ek (DWT) segítségével érhető el. Az elméleti vizsgálatok tehát igazolják azt, hogy miért fűznek sokan annyi reményt a mostanában megjelent új tárolási formátumokhoz. A JPEG2000, a MrSID vagy az ECW megoldásokban egyaránt alkalmazott wavelet-technika megvalósítása és tesztje igazolta várakozásainkat. Az elméleti vizsgálatok után néhány próbát tettünk a fenti konkrét megvalósításokkal is. [Triglav 1999]

A transzformációs megoldások tesztelése után további tömörítési módszereket is vizsgáltunk. Ezek között szerepelt a fraktálokra alapuló eljárás is. Megmutattuk, hogy a fraktáloknál használt iterált függvényrendszerek (IFS) nem csupán egyetlen úton, hanem többféle eljárással is előállíthatók. Ennek az a következménye, hogy a fraktál alapú képtárolás is több megoldás szerint képzelhető el. Véleményünk szerint tehát a fraktálokra épülő megoldások még tartogatnak újdonságot a közeljövő számára.

A fejlesztés és kutatás talán legmeghökkenőbb eljárását a mesterséges neurális hálózatok alkalmazása jelenti. Ezek az új eszközök már több képfeldolgozási eljárásban és térinformatikai feladat megoldásában sikerrel kerültek felhasználásra. Kutatásunk folyamán igazolni tudtuk azt az elképzelést, amely szerint a neurális hálózatok függvényapproximációs képessége a képtömörítés során is alkalmazható. Ennek átfogó vizsgálá-

tát azonban még szeretnénk folytatni. [Detrekői et al. 2002]

### 3. Alkalmazási terület: navigáció

Napjaink közlekedésében egyre növekvő méretű, járművekből és gyalogosokból álló tömeg vesz részt. Számukra az a legfontosabb feladat, hogy a rendelkezésre álló eszközökkel a lehető leggyorsabban és legolcsóbban jussanak el uticéljukhoz. A navigáció ebben a törekvésükben támogatja a közlekedőket. Ahhoz, hogy feladatát minél jobban el tudja látni, pontos és naprakész térképi háttérrel kell rendelkeznie.

A navigációban a térképi háttérrel kívül természetesen szükség van a pillanatnyi pozíció, illetve esetlegesen a forgalom nagyságának megállapítására szolgáló mérőberendezésekre. E két témakörrel nem foglalkoztunk, vizsgálódásainkban célunk a térképi háttér előállítása és alkalmazása volt.

A digitális ortofotók kapcsán megállapíthatjuk, hogy azok két területen nyerhetnek alkalmazást, nevezetesen a navigációs rendszerek háttéréként, illetve azok térképi adatbázisának előállításában vehetnek részt. Az első alkalmazás gyakorlatilag a *megjelenítés*, ami éppen azt a tulajdonságot használja, hogy az ortorektifikált felvételek pixelei síkrájzilag a „helyükön vannak”.

Az ortofotók „képtérképek”, amelyek a térképi információt tónusos formában hordozzák. A javasolt útvonalat ezen a térképen feltüntetve gyorsabban fel tudjuk ismerni a megközelített folyókat, nagyobb épületeket, vasutakat vagy az erdőket. Ez a tartalom tehát a terepen való eligazodásunkban segít. Reményeink szerint ezért a jövő navigációs rendszerei nem csupán a kanyarodási irányokat, mint egyszerű vonalas grafikát fogják mutatni, hanem a háttérben ilyen termékek megjeleneni.

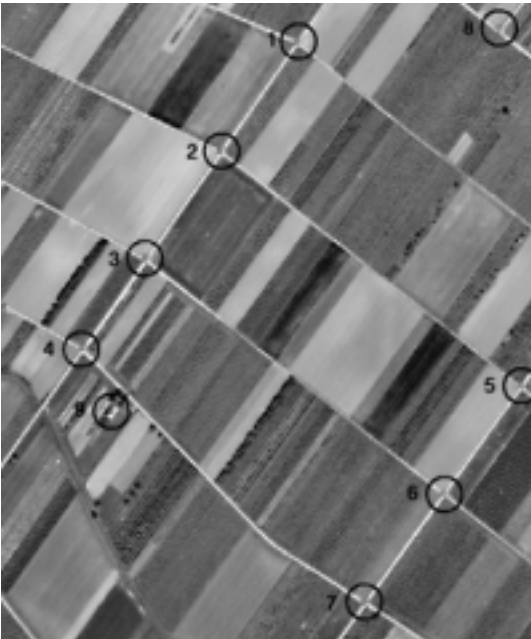
A második alkalmazási terület már napjainkban is igen nagy fontossággal bír. A navigációhoz szükséges úthálózat térképének, gráfjának elkészítésében az ortofotó szintén igen hatékonyan alkalmazható. A kutatás olyan területekre terjed ki, mint az automatikus objektumfelismerés vagy a változás-detektálás. Az úthálózat objektumainak – az útszakaszoknak, az útkereszteződéseknek és egyéb létesítményeknek – térképezése egyike a legizgalmasabb mai kutatási témáknak.

A 3. ábrán bemutatunk egy térképrészletet, amit Budapest egyik forgalmas csomópontjáról készült kép alapján, manuális kiértékeléssel állítottak elő. [Bakos 2001] A térképen szereplő úthá-



3. ábra Forgalmas budapesti csomópont kiértékelése légifelvételén

lázat topológiailag korrigált, vagyis az útszakaszok csatlakozása, megfelelő keresztezése biztosított. A manuális munka kiváltása érdekében rengeteg erőfeszítés történt. Az automatikus útfelismerés témájában ezért a szakirodalom igen gyorsan bővül, változik. A lehetséges megoldások között különféle speciális képperátorok (pl. „Müncheni iskola”), snake-eljárások (pl. „Zürichi isko-



4. ábra Neurális hálózattal felismert útkereszteződések

la”) vagy Kalman-szűrő-alkalmazás (pl. „Delfti iskola”) fejlesztése szerepel.

Az úthálózat csomópontjainak automatikus detektálásával tanszékünk is aktívan foglalkozott. Eljárásunk alapját a mesterséges neurális hálózatok képezték, amelyeket alkalmasan kiválasztott képrészletekkel (akár textúraként is) tanítottunk. A neurális hálózat bemeneteként különböző, képfeldolgozási operátorokkal és műveletekkel előállított tulajdonság, jellemző szerepelt. A hálózat egy képkivágatra vonatkozó ablakban kimenetként megjelölte a lehetséges útkereszteződéseket. Ilyen neurális hálózati technikával felismert útkereszteződéseket mutatunk be a 4. ábrán. Mivel a felismerés automatizált megoldása még meglehetősen bizonyult, ezért az eljárás csak a kevésbé összetett külterületeken működik. A módszer fejlesztését azonban mindenképpen folytatni kívánjuk.

#### 4. Az ortofotók árvízi és környezeti alkalmazása

A digitális ortofotók – tónusos információtartalmuk révén – kiválóan alkalmasak arra, hogy a földfelszínen megtalálható folyamatokról információt gyűjtsünk. Ezek a folyamatok többnyire a környezetünkben megtalálható indikátorokon, vagyis közvetítő jelenségeken keresztül nyomon követhetők. Ilyen indikátor lehet például maga a növényzet, amelynek kis változása (pl. területi eloszlásában, fejlettségében stb.) az ortofotókon, illetve légifényképeken szofisztikált számítógépes módszerekkel kimutatható. Többidőpontú (multitemporális) feldolgozással így akár korábban megtörtént természeti eseményeket (pl. árvizeket) is rekonstruálni tudunk. (Ábrát lásd a címlapon.)

Sok esetben kínálkozik az a lehetőség is, hogy kihasználva a domborzat csekély mértékű megváltozását, korábbi légifelvételek és domborzatábrázolások, -térképek alapján készítsünk ortofotót, majd azt vetjük össze a napjainkban fejlett technikával születő ortofotóval. Ennek a technikának az alkalmazásával vízfelületek, mocsarak s azok változásának vizsgálatát végezhetjük el. Ezek a vizsgálatok azután a régészeti rekonstrukciókban játszhatnak fontos szerepet. Érdekes példa a fenti alkalmazásra a mocsarak keresése vagy a folyószabályozás, valamint annak hatásának tanulmányozása. A környezeti változások értékelésének eredménye adott esetben egy vízfelületi térkép lehet. Ennek a térképnek a pontosításában a patakok, vízfolyások esési adatai jöhetnek szóba.

A környezet vizsgálatának igen lényeges momentuma a különböző döntések hatásainak mérle-

gelése. Ezekben a munkákban sokszor az aktuális állapot, illetve korábbi dokumentumok alapján környezeti rekonstrukciót végeznek, amelyekből kiindulva a különféle hatások is tanulmányozhatók. Szennyező gócok, források deríthetők fel, az elterjedés mértéke határozható meg, majd ezek alapján esetlegesen (óv)intézkedések tervezhetők, és hajthatók végre. A pontos információ felhasználása tehát a környezet védelmében is lényeges.

A vizsgálatoknak azonban a mesterséges környezetre gyakorolt hatások elemzésében is megkülönböztetett szerepe van. A mezőgazdasági termelés szabályozására válik alkalmassá a képi információs technológia: a talajpusztulás, a kemizálás, a növénybetegségek, a fagykárak, és még hosszan lehetne sorolni az alkalmazási lehetőségeket.

## 5. Összefoglalás

A projektben igen összetett vizsgálatokat, fejlesztéseket valósítottunk meg. Ennek a munkának eredményeképpen azt tapasztaltuk, hogy a digitális ortofotók a gyakorlati életben igen lényeges szereppel bírnak, a járműnavigáció támogatásától a környezet, a természet változásainak tanulmányozásáig. A fejlesztésben saját készítésű keretszoftver biztosította azt a rugalmasságot, amit az egyes feladatok különbsége igényelt. Az alkalmazásokból egyértelműen kiderült, hogy az ortofotók lehetséges felhasználói köre igen széles, sok még a kiaknázatlan terület, továbbá az oktatásban szintén sikeresen lehet hasznosítani azokat a tapasztalatokat, illetve keretszoftvereket, amelyek a kutatásból származnak.

### **Producing digital orthoimages and their application possibilities**

*Á. Barsi–Á. Detrekői–G. Mélykúti–  
B. Paláncz–G. Winkler*

#### *Summary*

In the finished research project we developed a frame software environment (Budapest OrthoRectification Software – BORS) for generating digital orthoimages. The frame software is flexible enough to perform different experiments, or fits to the extension requirements. The development had a strong theoretical phase, where e.g. the image data storage (formats, algorithms, efficiency etc.) was tested. Based on BORS we produced several

orthoimages, then the resulting images were applied to different purposes. One of the interesting test was a navigational application, where an automated road junction extraction was realized. Further successful innovation was the application for environmental analysis or mapping flood effects.

## IRODALOM

*Barsi, Á.–Mélykúti, G. (1999):* Épülethomlokzat kiértékelés digitális fotogrammetriai környezetben, Geodézia és Kartográfia, Budapest, Vol. LI, No. 5, pp. 8–14

*Triglav, J. (1999):* MrSID – A Master of Raster Image Compression, Geoinformatics, Vol. 2, Jul.–Aug., pp. 36–41

*Detrekői, Á.–Barsi, Á. (2001):* Ortofotó-készítés, Szakmai jelentés, Oktatási Minisztérium Kutatás-Fejlesztési Helyettes Államtitkárság, Budapest, p. 18

*Bakos Gábor (2001):* Járműnavigációs rendszer létrehozása térinformatikai környezetben, Diplomamunka, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

*Detrekői, Á.–Barsi, Á.–Juhász, A.–Mélykúti, G.–Paláncz, B.–Winkler, G. (2002):* Értéknövelt mintatermék előállítás és szolgáltatásfejlesztés digitális képekből, Összefoglaló beszámoló, Oktatási Minisztérium Kutatás-Fejlesztési Helyettes Államtitkárság, Budapest, p.130