

B 3680

PhD TÉZISEK



# **Automatikus térkép interpretáció**

**Dr. Katona Endre**

**Szegedi Tudományegyetem**

**2000**



## 1. Bevezetés

Világszerte igen sok munkaórát fordítanak papírtérképek digitalizálására, vagyis arra, hogy az analóg nyersanyagot vektoros digitális formára alakítsák, ezzel lehetővé téve annak térinformatikai felhasználását. Ezt az eljárást gyakran *vektorizálásnak*, vagyis *raszter-vektor konverzió*nak nevezik, pedig ez megtévesztő. Itt nem egyszerű formátumkonverzióról van szó, hanem a térképet *interpretálni* kell, lokális és globális struktúráját felismerni, mivel csak ennek alapján készíthető el a megfelelő vektoros állomány (Katona, Podolcsák 1992).

Az *automatikus térkép interpretáció* olyan számítógépes eljárást jelent, amely minimális humán támogatással értelmezni tud egy szkennelt raszteres térképet, és így automatikusan előállítja annak helyesen strukturált vektoros megfelelőjét. A világon számos kutatóhely és fejlesztő cég foglalkozik a kérdéssel. A munka eredményeként előálló szoftverek általában nagy bonyolultságú, költséges rendszerek, amelyek ugyanakkor csak bizonyos térképtípusokra és bizonyos feltételek mellett működnek hatékonyan. Néhány fontosabb és jellemző megközelítést említünk az alábbiakban.

Az első komplex, részletesen dokumentált rendszerek közé tartozik a MARIS (MÁp Recognition Input System, Suzuki és Yamada 1990), amely *japán nagyméretarányú térképek* feldolgozására készült. Nyers vektorizálás után a rendszer elkülöníti a különféle vonaltípusokat, felismeri az épületeket, de a megírások felismerésével nem foglalkozik. A feldolgozás során a vektoros adatokat relációs adattáblákban tárolja.

A Boatto et al. (1992) által bemutatott komplex interpretáló rendszer *olasz kataszteri térképeket* dolgoz fel. Az eljárás ún. futam-gráf vektorizálásra és egy speciális képgráf-adatstruktúrára épül, külön modul foglalkozik a vonalkázott területek felismerésével (az olasz térképeken így jelölik az épületeket). A megírásokat raszteresen ismeri fel.

A *közműtérképek* jelentik az egyik legnagyobb kihívást a térkép interpretáció terén. Rajzolatuk gyakran zsúfolt és kusza, gyakori a gyenge minőségű másolat és az utólagos javítások. Shimotsuji et al. (1992) japán földalatti elektromos hálózatok kábelvezetését ábrázoló térképek interpretációjára dolgozott ki eljárást. Különlegessége a vonaltípusok elkülönítésére használt relaxációs módszer.

Az Ebi (1995) által publikált *FRIMAP rendszer* 1:25000 méretarányú német topográfiai térképek feldolgozására készült. A felismerés *szemantikus háló*k segítségével történik (ez egy mesterséges intelligenciában használatos tudásreprezentációs forma). A rendszer rekurzív struktúrák felismerésére koncentrált (szaggatott vonalak, kitöltő minták).

Több kutató törekszik *univerzális megoldásokra*. Ezt az irányt képviseli a *MAGELLAN rendszer* (Sameit, Soffer 1998), amely a térkép jelkulcsainak automatikus megtanulására épül. Ezen megközelítés korlátja, hogy a térképkészítés szabályrendszerét általában komplex szabályzatok rögzítik, pusztán a jelkulcs alapján csak korlátozott interpretáció lehetséges.

A gyakorlatias megközelítések közül a *RoSy rendszert* említjük meg. Itt speciális fejlesztő környezet kialakításával oldották meg a testreszabás lehetőségét (MOSS 1998),

amely az egyes térképtípusokhoz egyedi algoritmusok leprogramozását támogatja. Az automatikus felismerést fejlett raszter-vektor editor egészíti ki a manuális javítások támogatására.

Li et al. (1999) a *feliratok és vonalrajz elkülönítését* veszi célba. A vizsgált 1:24000 méretarányú USA topográfiai térképekre jellemzőek a vonalrajzon átirrt utcanevek, a cikk erre a problémára koncentrált. Szétválasztás után az utcahálózatot vektorosan, a megírásokat raszteresen dolgozza fel.

A fent leírtak is motiválták kutatási/fejlesztési munkánkat, amelynek eredményeként jött létre a *MAPINT térkép interpretáló programrendszer* (Katona, Hudra 1999a). A rendszer elsősorban *magyar kataszteri térképek* feldolgozására készült, de a feldolgozási lépések többsége olyan univerzális megoldásokra épül, amelyek más térképtípusoknál is felhasználhatók. Alábbiakban a MAPINT rendszerhez kapcsolódó eredményeinket tekintjük át.

## 2. Raszter-vektor konverzió

Legtöbb interpretáló rendszernél a feldolgozás első lépése egy ún. *nyers vektorizálás*, amely a raszterkép minden részletét – a megírásokat és jelkulcsokat is – vektorok halmazára képezi le (spagetti modell). A vektorizáló eljárások többsége az alábbi három lépésből áll:

1. A vonalak középtengelyének meghatározása. Ez történhet vékonyítással (Lam et al. 1992), futam-gráf elven (Di Zenzo és Morelli 1989), Orthogonal Zig-Zag módszerrel (Wenyin és Dori 1996), vagy más módon.

2. Vonalkövetés a középtengely mentén. A vonal ekkor már leírható elemi vektorok sorozataként.

3. Poligonalizálás. Kritikus pontok (töréspontok) keresése a görbe vonalakon, ezek lesznek a végleges vektorok szögpontjai.

A MAPINT esetén vékonyítás-alapú eljárást alkalmazunk, amelynél a *vonalkövetés módja* jelent újdonságot más publikált módszerekhez képest. Ennek lényege:

- A vékonyított raszterképből először egy *elemi gráfot* képezzük. Az 1-es pixeleket egy gráf szögpontjainak tekintjük, a szomszédsági viszonyokat pedig éleknek: két szögpont akkor van összekötve egymással, ha 8-szomszédság szerint szomszédosak.

- Az elemi gráfban törölünk bizonyos redundáns éleket, ezután csomópontnak tekintünk minden olyan szögpontot, amelyből kettőnél több vagy kevesebb él indul ki.

- Az elemi gráfot járjuk be csomóponttól csomópontig. A vonalkövetést egy (nem véges állapotú) *automatával* végezzük, amely bemenőjelként fogadja az egymás utáni élek iránykódjait, és mindaddig működik, amíg azok eleget tesznek a *digitális egyenesszakasz* kritériumainak. Ha az automata megáll, töréspontot veszünk fel, és újraindítjuk az eljárást.

A fenti eljárás lineáris idejű, és nagyságrenddel csökkenti az elemi élek számát, így a vonalkövetés utáni poligonalizálás ideje már nem számottevő.

### 3. A DG adatmodell

Egy alakfelismerő rendszer hatékonysága szempontjából meghatározó jelentőségű, hogy milyen adatstruktúrát, adatmodellt alkalmaz. A térinformatikában ill. interpretáló rendszereknél használatos fontosabb modellek a következők:

– *Spagetti modell*: vektoros rajzelemek strukturálatlan halmaza. A CAD és egyes GIS rendszerek használják.

– *Topológikus modellek*: a rajzelemek térbeli kapcsolódását is tartalmazzák, az egyes rajzelemeknek egyedi azonosítójuk van. A GIS rendszerek jellemző modellje.

– *Relációs adatmodell*. A relációs adatbázis-kezelők széles körű elterjedtsége miatt a térinformatikában és interpretációnál is használják.

– *Objektumorientált modellek*. Az újabb GIS rendszereknél egyre gyakrabban találkozunk velük.

A fenti modellek vizsgálata alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy egy *direkt pontterezésre épülő topológikus modell* biztosítja a leghatékonyabb interpretációt. A MAPINT rendszerünkhöz ilyen jellegű adatmodellt dolgoztunk ki, amelyet DG (Drawing Graph) modellnek neveztünk. Ez mindössze négyféle adattípust használ:

– *NODE*: *csomópont*.  $(x, y)$  koordinátákkal adott, pontszerű objektumot vagy él végpontját jelenti.

– *EDGE*: *él*. Egyenesszakasz, amely két csomópontot köt össze. A NODE és EDGE objektumok együtt *gráf-adatstruktúrát* alkotnak.

– *TEXT*: *felirat*. A rajzon elhelyezett szöveg, vagy speciális karakter(sorozat)ként kezelhető jelkulcsi elem, de rajzi makróhívásként is használható. A TEXT jellemzően felismerés eredményeként keletkezik, de ezen túlmenően is sokoldalúan alkalmazható (például örkeresztek megadására, szintvonal magasságértékének tárolására, stb.).

– *PAT*: *alakzat (pattern)*. Tetszőleges DG-objektumok (rendezett) halmaza. Itt tipikusan élek halmazára kell gondolnunk, amelyek együtt valamilyen alakzaton képeznek, de az adatmodell tetszőleges objektumhalmazt megenged, amelyet sok esetben ki is használunk. Hierarchikus struktúrák is leírhatók, ha egy PAT objektum másik PAT objektumot tartalmaz.

A fenti logikai adatmodell egyszerűbb a szakirodalomból ismert más topológikus modellekénél, ugyanakkor a PAT típus révén univerzális. Ennek igazolására megmutattuk, hogy az OpenGIS konzorcium specifikációjában (OpenGIS 1998) szereplő objektumtípusok – a görbére épülő típusok kivételével – leírhatók DG-ben.

Az adatmodellt gépi adatstruktúra szintjén kidolgoztuk (fizikai adatmodell) és megmutattuk, hogy  $N$  vektor esetén a kezdeti topológia létrehozása  $O(N \cdot \log(N))$  időt, az aktualizálási műveletek pedig konstans időt igényelnek. A keresések gyorsítására az adatmodellt *térbeli indexeléssel* egészítettük ki (grid index). Ennek köszönhetően *gyakorlatilag minden felismerési művelet lineáris időben végezhető*.

Összefoglalva, az egyszerű logikai adatmodellnek olyan fizikai megvalósítása lehetséges, amely hatékonyságban egyenértékű más, összetettebb modellekkel. Az egyszerűség ugyanakkor mind az implementációnál, mind a felhasználó számára számos előnnyel jár.

## 4. Magyar kataszteri térképek interpretációja

Saját fejlesztésű MAPINT rendszerünk a DG adatmodellre épül, és – bár alapelveit tekintve általános célú – elsősorban magyar kataszteri térképanyag feldolgozását támogatja (Katona, Hudra 1999a). Az adatmodell és a felismerő algoritmusok kidolgozását és programozását jelen tézisek szerzője végezte, míg a rendszer felhasználói felületének kialakítása és programozása Hudra György munkája.

Kataszteri szelvények feldolgozásának lépései a MAPINT-tel a következők:

1. *Szkennelés.*

2. *Koordináta-transzformáció.* Az örkeresztek alapján affin transzformációval a szelvénykereten kívüli rész levágásra kerül, és a szelvény a megfelelő vetületi rendszerbe (EOV) transzformálható.

3. *Nyers vektorizálás.* Eredményeként DG adatstruktúra áll elő, amely kezdetben csak NODE és EDGE objektumokat tartalmaz. A későbbi felismerések során ez az adatstruktúra PAT és TEXT objektumokkal bővül.

4. *Szaggatott vonalak* felismerése. A megoldás térbeli keresésekre épül, ezért hatékony végrehajtásához térbeli indexelés szükséges. Grid index segítségével a felismerés lineáris időben végezhető.

5. *Szimbólumok* elkülönítése adott mérethatárok közé eső alakzatok leválogatásával. Szimbólumon az önállóan elhelyezett jelkulcsi elemeket és a megírások karaktereit értjük. Verem alkalmazásával az algoritmus lineáris idejű.

6. *Hátszámok és helyrajzi számok* felismerése. Először az egy megírást alkotó karaktercsoportokat keressük meg, majd meghatározzuk azok elforgatási irányát. A felismerés karakterenként történik: először az adott karaktert (vektorosan) alaphelyzetbe forgatjuk, majd egy 17-elemű jellemző-vektor számítása után a tényleges felismerést egy *feedforward neurális háló* végzi. Az interaktív javítás során észlelt hibákból összeállított tananyag segítségével a hálózat tanítható (back-propagation algoritmus).

7. Az épületek területi hovatartozását kifejező *kapcsolójelek* felismerése. Az algoritmus bizonyos csomópontok környezetének lokális vizsgálatára épül, lineáris idejű.

8. Az állandósított részletpontok jelölésére szolgáló *nullkörök* felismerése. Itt kisméretű konvex poligonokat keresünk. Megmutattuk, hogy a DG adatmodell poligon-struktúrája lineáris időben bejárható, így a nullkörök felismerése is lineáris időben végezhető.

9. *Épületek földrészelek* felismerése. Az eljárás meglehetősen összetett: a felismert kapcsolójelek és helyrajzi számok alapján, többszöri poligon-struktúra bejárással, sziget-poligonokat is vizsgálva határozzuk meg az épület- és földrészeletpolygonokat. Megmutattuk, hogy megfelelően méretezett grid-indexszel a felismerés a térbeli keresések ellenére is lineáris időben végezhető.

Jó átlagminőségű nyersanyag esetén a MAPINT a számok felismerésénél 85%, minden más objektumok esetén 90% feletti felismerési arányt produkál.

Összevetve a MAPINT-et más interpretáló rendszerekkel az alábbiak állapíthatók meg:

– A MAPINT *hasonlít* más rendszerekhez a nyers vektorizálással induló feldolgozásban, a szimbólumok elkülönítésének módjában és egyes gráf-alapú algoritmusokban.

– A MAPINT *eltér* más rendszerektől a DG adatmodell használatában, az örkeresztekre épülő koordináta-transzformáció megoldási módjában, a magyar kataszteri térképekre vonatkozó specialitásokban (például kapcsolójelek és poligon struktúra), és a megírások vektoros alapú, neurális hálójával történő felismerésében.

## 5. Alkalmazás: A PHARE Land Consolidation projekt

A projekt célja: a hazai földhivataloknál már rendelkezésre álló tulajdonilap-adatbázishoz egy, az egész országot lefedő nagyméretarányú digitális térkép előállítása rövid átfutási idővel, és betöltése a földhivatali TAKAROS rendszerbe. Erre a Phare projekt kettős megoldást javasol (Omaszta, Szabó 1999):

1. *A már vektoros formában meglévő digitális térképfoltok betöltése a TAKAROS rendszerbe megfelelő konverzióval.*

2. *Szkennelt nyilvántartási térképek betöltése.* Ez a földhivatalok által használt, az egész országot lefedő papírtérkép-állomány szkennelését és felvitelét jelenti *raszteres formátumban*, erre – mint háttérképre – rávetítve jelennének meg a vektoros digitális foltok.

Az Omaszta és Szabó (1999) által leírt technológiának része a MAPINT is, szerepe a szkennelt kataszteri szelvények feldolgozására irányul. A szelvények MAPINT-tel való koordináta-transzformációját egy ún. örkereszt fájl támogatja. Ezután a helyrajzi számok automatikus felismerése következik, amely egyben meghatározza a megírások helyének megfelelő EOVS koordinátákat is. A felismerés eredményeként a MAPINT egy szövegfájlt szolgáltat, amelynek minden sora egy

helyrajzi szám, *X*-koordináta, *Y*-koordináta

hármast tartalmaz. Ezen szövegfájl segítségével a tulajdonilap-adatbázisba felvihetők a koordináták (geokódolás), és ezáltal a szkennelt raszteres térképek térinformatikai kapcsolatba hozhatók a tulajdoni lapokkal (Katona, Hudra 1999b).

## 6. Szintvonalrajz interpretációja

A kataszteri térképek egy része domborzati réteget is tartalmaz. Ha eltekintünk bizonyos speciális jelkulcsoktól (horhos, omladék, védőtöltés, stb.), a domborzat-ábrázolás a különféle térképtípusokon viszonylag egységes, így ennek interpretációja általában is vizsgálható. Megmutattuk, hogy a MAPINT rendszer és a DG adatmodell a domborzati réteg interpretációjára is alkalmas:

- *alapszintvonalak* egyszerű vonalkövetéssel felismerhetők,
- *főszintvonalak* vonalvastagság-vizsgálattal detektálhatók,
- *felező és negyedelő szintvonalak* a szaggatott vonal felismerő algoritmusmal kezelhetők,

- eséstüskék a kapcsolójel-felismerő algoritmus kis mértékű módosításával ismerhetők fel,

- *szintvonalszámok, magassági pontok* felismerése a házszámokhoz és helyrajzi számokhoz hasonlóan történik.

A felismerés során minden szintvonalhoz egy

$$\text{PAT}(\text{TEXT}_1, \text{TEXT}_2, \text{EDGE}_1, \dots, \text{EDGE}_n)$$

alakzat kerül felvételre, ahol  $\text{TEXT}_1$  a szintvonal *magasságértéke*,  $\text{TEXT}_2$  az *orientációja* (azt adja meg, hogy a szintvonal melyik oldalán van a lejtő),  $\text{EDGE}_1, \dots, \text{EDGE}_n$  pedig a szintvonalat alkotó egyenesszakaszok.

## 7. DEM előállítására szintvonalrajzból

Kérdés, hogy a domborzati réteg vektorizálása, jelkulcsok felismerése tekinthető-e a domborzat teljes körű interpretációjának. Mivel a szintvonalak között semmilyen magassági információ nincs, így álláspontunk szerint nem, ehhez terepmodellell kell.

A vektoros (TIN) és raszteres (DEM) terepmodellek közül az utóbbiaktól várható a felszín pontosabb leképezése. Megvizsgáltuk a fontosabb DEM-generáló eljárásokat, úgymint a távolság inverzével súlyozott mozgóátlag, a polinomiális interpoláció, a végeeselemes módszer, valamint a GRASS, az IDRISI és az Arc/Info térinformatikai rendszerek által használt eljárásokat. Ezek közül az Arc/Info TOPOGRID modulja által is használt végeeselemes eljárás bizonyult a legjobbnak (Hutchinson 1989), ezzel foglalkozunk a továbbiakban.

Az eljárás alapja egy *vékonylemez modellre épülő variációs spline illesztés* (Terzopoulos 1983), vagyis olyan felület előállítása, amely illeszkedik a szintvonalakra és a megadott magassági pontokra, továbbá amelyre az

$$E_f^2 = \iint (f_{xx}^2 + 2f_{xy}^2 + f_{yy}^2) dx dy \quad (1)$$

integrál értéke minimális. A variációs feladat megoldása végeeselemes módszerrel célszerű: négyzetrács szerint felosztjuk a síkot, az  $f(x, y)$  függvény helyett egy  $Z[i, j]$  mátrixot veszünk, ahol  $z_{ij}$  az  $f$  függvény átlagértéke az  $(i, j)$  négyzeten. Az (1) integrál ekkor a  $z_{ij}$ -k függvényébe megy át, amely ott veszi fel szélsőértékét, ahol valamennyi  $z_{ij}$  szerinti parciális derivált nulla.

Ezen feltétel egy lineáris egyenletrendszerhez vezet, amelynek megoldása iterációs módszerrel célszerű. Ha Jacobi-iterációt alkalmazunk, akkor a megoldás konvolúciók sorozatára vezethető vissza, és a konvergencia Fourier-analízissel vizsgálható. Ennek alapján határoztuk meg az

$$\frac{1}{32} \begin{bmatrix} & & & -1 & & & \\ & & & -2 & 8 & -2 & \\ & -1 & 8 & 12 & 8 & -1 & \\ & & -2 & 8 & -2 & & \\ & & & & & & -1 \end{bmatrix} \quad (2)$$



iterációs maszkot, amely a középű elem kivételével csupa 2-hatványt tartalmaz, így gyors számítást tesz lehetővé.

A konvergencia sebessége *multigrid relaxációval* gyorsítható (Terzopoulos 1983). Ennek lényege, hogy egyre finomodó felbontási fokozatokban végzünk iterációt, ahol minden egyes fokozat az előző relaxált fokozatból kap kezdőértéket.

A fenti eljárásra építve tisztán raszteres technológiát dolgoztunk ki DEM előállítására (Katona 1995). Ennek lényege, hogy a szkennelt szintvonalrajzot nem vektorizáljuk, hanem mindvégig raszteres műveletek sorozatával jutunk el a – szintén raszteres – DEM terepmodellhez. A feldolgozás lépései:

1. *Vékonyított szintvonalrajz előállítása.* A szkennelt raszterkép manuális tisztítása és a szintvonalak algoritmikus vékonyítása után egy  $B$  bináris mátrix jön létre, amelyre – a vékonyításnak köszönhetően – topológikus ellenőrzések végezhetők.

2. *Szintvonalmátrix előállítása.* A bináris  $B$  mátrixot először egy  $W$  szavas mátrixszá alakítjuk, ahol a szintvonalak pontjait azonosító számokkal helyettesítjük (connected component labelling algoritmus). Ezután minden szintvonalhoz magasságértéket rendelünk, amelyet a szintvonal minden pontja felvesz, majd felvisszük az egyedi magasságpontokat is. így kapjuk a  $Z$  szintvonalmátrixot.

3. *Szintvonalmátrixból DEM generálása.* A fent leírt végeselemes módszerrel határozzuk meg  $Z$ -ben a definiálatlan pontok értékét, ezzel áll elő a végső DEM.

Rámutatunk, hogy az eljárás jobb minőségű terepmodellt állít elő, mint a vektorizálásra épülő módszerek. Megmutattuk, hogy a raszteres eljárással szemben felhozott ellenérvek inkább az elérhető szoftverek szolgáltatásaiból adódó gyakorlati, mint elvi jellegűek, ugyanis a feldolgozás kritikus lépései (topológia ellenőrzés, szintvonal értékadás) raszteresen is hatékonyan végezhetők.

## 8. Multigrid relaxáció szintvonalritkító redukcióval

Az előző pontban leírt raszteres terepmodell-generáló eljárás kritikus pontja a multigrid relaxáció. A terepmodell minőségét ugyanis drasztikusan befolyásolja, hogy milyen algoritmussal készítjük a durva felbontású relaxációhoz szükséges kicsinyített (redukált) fedvényeket.

Egyszerű (*nearest neighbour*) redukció esetén jó eredményt kapunk csak magassági pontokból álló fedvény esetén, de szintvonalas fedvénynél erőteljes teraszthatás lép fel. Küszöböléses redukció esetén a teraszthatás általában csökken, de a magassági pontoknál torzulások jelentkeznek, és szintvonalak hosszabb szakaszon eltűnhetnek. Ezért dolgoztunk ki a *sztintvonalritkító redukciót*, amelynek lényege a következő.

1. A  $Z$  mátrixon  $q/2$  pixeles övezetképzést végzünk, ahol  $q$  a redukció mértéke ( $q \times q$  méretű négyzetet helyettesítünk egyetlen pixellel).

2. Meghatározzuk a  $0 < k_1 < k_2 \leq 1$  küszöbértékeket:  $k_1 = (q+1)/2q$ ,  $k_2 = (3q+2)/4q$ .

3. Kezdeti redukált mátrix előállítás. Legyen  $n$  egy  $q \times q$  méretű négyzetbe eső definiált pontok darabszáma, ekkor a megfelelő redukált pixelhez az alábbi  $j$  jelzőkódot határozzuk meg:

- ha  $n/q^2 < k_1$ , akkor  $j := 0$ ,
- ha  $k_1 \leq n/q^2 < k_2$ , akkor  $j := 1$ ,
- ha  $k_2 \leq n/q^2$ , akkor  $j := 2$ ,
- ha a  $q \times q$  méretű négyzet magassági pontot tartalmaz, akkor  $j := 3$ .

4. Szintvonalpontok ritkítása. A fentiekben beállított nemnulla jelzőkódok számát csökkentjük négy "visszatörlési ciklusban". Igazolható, hogy ennek eredményeként nem keletkezhetnek egy pixelnél vastagabb szintvonalak, ugyanakkor szintvonal nem szakadhat meg két pixelnél hosszabb szakaszon (ilyen mértékű szakadás még nem rontja a terepmodell minőségét).

A fenti eljárás biztosítja, hogy a szkennelés felbontásában előállított, vékonyított szintvonalakat és magassági pontokat vegyesen tartalmazó raszteres fedvényre a multigríd relaxáció teraszhatástól mentes, jó minőségű DEM-et generál.

## 9. Alkalmazás: a DDM-10 projekt

A fentiekben ismertetett, tisztán raszteres domborzatmodell-előállító eljárásunk gyakorlati alkalmazásra került a Magyar Honvédség DDM-10 projektjében (Bakó, 1994), amelynek során Magyarország egész területét lefedő, akkor legnagyobb felbontású domborzatmodelljét állították elő. Az elkészült adatállomány pontosságai vizsgálatát a Geomatic Kft végezte. A munka első megrendelője és anyagi támogatója a Frekvenciagazdálkodási Intézet volt.

Tekintettel az akkori számítógépek mérsékeltteljteljesítményére, a projekthez gyorsítóprocesszort – úgynevezett *sejtprocesszort* – alkalmaztunk, amely a konvolúciós műveleteknél jelentős teljesítménynövelést tett lehetővé (Katona 1992, 1993).

Megjegyezzük, hogy a DDM-10 projektben a (2) iterációs maszk helyett az

$$E_f^2 = \iint (f_x^2 + f_y^2) dx dy$$

energiafüggvényből levezethető, gyorsabb számolást lehetővé tevő alábbi maszkt használtuk:

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} & & -1 & & & & \\ & & 4 & & & & \\ -1 & 4 & 4 & 4 & -1 & & \\ & & 4 & & & & \\ & & & & & & -1 \end{bmatrix}$$

A generált terepmodell *gyakorlatilag nem különbözik* a (2) maszkkal generálttól, amiből azt az érdekes következtetést lehet levonni, hogy az eljárás többi eleme (multigríd technika, szintvonalritkító redukció) erőteljesebben befolyásolja az eredményt, mint maga a konvolúciós maszk.

## 10. Új eredmények összefoglalása

1. *Vonalkövető eljárás* a raszter-vektor konverziós algoritmusban (2. pont), amely a MAPINT rendszerben került felhasználásra.

2. *A DG adatmodell* logikai és fizikai szintű kidolgozása (3. pont), és hatékonyságának bizonyítása a felismerő algoritmusokon.

3. *Magyar kataszteri térképek interpretációja* a MAPINT rendszerrel (4. pont), és alkalmazása a Phare Land Consolidation projektben (5. pont).

4. *Szintvonaltérkép interpretációja* a MAPINT rendszerrel (6. pont).

5. *DEM terepmodell előállítás tisztán raszteres eljárással* (7. pont), és alkalmazása a DDM-10 projektben (9. pont).

6. *Szintvonaltérkép redukció* kidolgozása szintvonalas fedvényekből multigríd technikával történő DEM előállításához (8. pont), és alkalmazása a DDM-10 projektben (9. pont).

## Irodalom

Bakó Z. (1994): Digitális térképészeti adatbázis fejlesztések a Magyar Honvédség Kartográfiai Üzemében. *Térinformatika Magyarországon*. NCGIA Core Curriculum melléklete, szerk.: Márkus Béla, EFE FFFK, Székesfehérvár.

Boatto L., Consorti V., Buono M., Zenzo S., Eramo V., Esposito A., Melcarne F., Meucci M., Morelli A., Mosciatti M., Scarci S., Tucci M. (1992): An Interpretation System for Land Register Maps. *Computer*, Vol. 25, No. 7, pp. 25-33.

Di Zenzo S., Morelli A. (1989): A useful image representation. *Proc. of 5th Internat. Conf. on Image Analysis and Processing*, World Scientific Publishing, Singapore, pp. 170-178.

Ebi N. B. (1995): Image Interpretation of Topographic Maps on a Medium Scale Via Frame-based modelling. *International Conference on Image Processing*, IEEE Press, California, Vol. I., pp. 250-253.

Hutchinson M. F. (1989): A new procedure for gridding elevation and stream-line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology*, 106, pp. 211-232.

Lam L., Lee S. W., Suen C. Y. (1992): Thinning methodologies – a comprehensive survey. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 14, No. 9, pp. 869-887.

Li L., Nagy G., Samal A., Seth Sh., Xu Y. (1999): Cooperative Text and Line-art Extraction from a Topographic Map. *Internat. Conf. on Document Analysis and Recognition*, IEEE Press, Los Alamitos, California, pp. 467-470.

MOSS (1998): *EASI – Erweiterbarer Applikations-Sprach-Interpreter*. (A RoSy rendszer EASI nyelvének referencia kézikönyve.) M.O.S.S. Ltd.

Omaszta S., Szabó J. (1999): TAKAROS lehetőségek az EU csatlakozás tükrében. *Geodézia és Kartográfia* 1999/6 szám.

- OpenGIS (1998): *Simple Features Specification for OLE/COM, Revision 1.0*. OpenGIS Consortium Inc., <http://www.opengis.org>.
- Samet H., Soffer A. (1998): MAGELLAN: Map Acquisition of GEographic Labels by Legend ANalysis. *International Journal on Document Analysis and Recognition*, Vol. 1, pp. 89-101.
- Shimotsuji S., Hori O., Asano M., Suzuki K. (1992): A Robust Recognition System for a Drawing Superimposed on a Map. *Computer*, Vol. 25, No. 7, pp. 56-63.
- Suzuki S., Yamada T. (1990): MARIS: Map Recognition Input System. *Pattern Recognition*, Vol. 23, No. 8, pp. 919-933.
- Terzopoulos D. (1983): Multilevel Computational Processes for Visual Surface Reconstruction. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Vol. 24, pp. 52-96.
- Wenyin L., Dori D. (1996): Sparse Pixel Tracking: A Fast Vectorization Algorithm Applied to Engineering Drawings. *Proc. of 13th Internat. Conf. on Pattern Recognition*, IEEE Press, Los Alamitos, California, pp. 808-812.

### A szerzőnek az értekezés témájában megjelent közleményei

- Katona E. (1992): Cellular Processing. In: *Fuzzy, Holographic and Parallel Intelligence*. By Branco Soucek and the IRIS Group, John Wiley & Sons, Inc., New York, pp.215-230.
- Katona E., Podolcsák Á. (1992): Az automatikus térképdigitalizálás lehetőségei. *Geodézia és Kartográfia*, 1992/6, pp. 424-427.
- Katona E. (1993): Gyorsítóprocesszorok a digitális térképészetben. *Térinformatika* 1993/2, pp. 8-9.
- Katona E. (1995): Digitális terepmodell számítása multigríd relaxációs eljárással. *Geodézia és Kartográfia* 1995/5, pp. 20-25.
- Katona E., Hudra Gy. (1999a): An Interpretation System for Cadastral Maps. *Proceedings of 10th International Conference on Image Analysis and Processing (ICIAP 99)*, IEEE Press, pp. 792-797.
- Katona E., Hudra Gy. (1999b): Kataszteri adatfeltöltés automatikus térkép felismeréssel. *Térinformatika*, 1999/8, pp. 12-13.