

DIGITÁLIS TÉRKÉPEK ELŐÁLLÍTÁSA ÉS FELÚJÍTÁSA – AZ OHIO ÁLLAMI MÓDSZER (2)

Bevezető

Az 1998. évi 6. számban már beszámoltam a GISOM projectről, arról a módszerről, amit az Ohio Állami Egyetem Center for Mapping kutatóintézetében fejlesztettek ki a papír alapú térképek digitális átalakítására. Ez a módszer rendkívül hatékonnak és gazdaságosnak bizonyult. Ezen második részben az ily módon elkészült digitális térképek felújítására kidolgozott eljárásokat szeretném bemutatni.

Ez a project kisebb nagyságrendű volt, mint a digitalizáló project, inkább pilot project jellegű. Ezen belül elsősorban a lehetőségek felmérése és azon belül egy gazdaságos és lehetőség szerint automatizált módszer kidolgozása volt a cél. Így részletes adatokkal a felhasználás hatékonyságáról nem tudok jelenleg szolgálni, azonban a kidolgozott stratégiáról a projectben résztvevőként jó pozícióból tudok beszámolni.

A térképek felújítása Magyarországon ugyanolyan fontos feladat, mint a világ más részein. A Magyar Térkép Program (MTP) keretében ez egyértelműen megfogalmazott és egy dinamikusan fejlődő országban, mint hazánk, ennek sürgősségét senki sem vitatja. Azonban egy ilyen nagyméretű feladat komoly anyagi háttérrel kíván. Noha a technika fejlődésével a felújítás folyamata egyre inkább leegyszerűsödik, jelenleg legfeljebb interaktív megoldásokról beszélhetünk, a teljes automatizálásra még nem létezik megoldás. Azonban az automatizálás mértéke egyértelműen meghatározza a felújításhoz szükséges befektetést, hiszen minél inkább automatikus a megoldás, annál kevesebb munkaerőre van szükség. Továbbá a felújítás nem egyszeri feladat, hanem többé-kevésbé folyamatos, különösen olyan területeken, ahol a fejlődés mértéke gyors és a változások gyakoriak.

Az Ohio State University Center for Mapping kutatóintézetében két párhuzamos project keretében dolgoztunk ki egy interaktív, de a lehetőségek szerint automatizált módszert. Az egyiket a National Imaging and Mapping Agency (NIMA – a hadsereg térképészeti hivatala) szponzorálta, 1997 februárjától számított 18 hónapon keresztül. Ennek célja az épületek, vízrajz, úthálózat és egyéb szállítási és kommunikációs hálózatok térképi felújítása volt. Ehhez a felújítandó térképszelvények, a területet lefedő, a térképszelvényvel azonos méretarányú digitális ortofotók és az ortofotók előállításához használt digitális terepmodell álltak rendelkezésre.

A másik projectet a U.S. Geological Survey (USGS – az Egyesült Államok nemzeti térképészeti felügyelő szerve) és az ohioi állam szponzorálta, 1997 májusi kezdettel. Ennek célja a kifejlesztett módszerek tesztelése volt 20 darab 1:24000 méretarányú térképszelvény felújítása során. Hét térképi összetevő felújítására került sor: vízrajz, szintvonalak és magassági pontok, közigazgatási határok, PLSS (public land survey system - ennek tudtommal nincs magyar megfelelője), utak, vasút és egyéb közmű. Ehhez a GISOM project-ben előállított DLG-3 formátumú digitális térképet, továbbá az ortofotókat bocsátották a megrendelők rendelkezésre. Ezen kívül digitális terepmodelleket és egyéb módon előállított adatokat is felhasználtunk.

A felújítás technológiai háttere

Ma a térképfelújítás már egyre inkább a digitális képfelismerés területe felé közelít, természetesen a megfelelő kartográfiai háttérrel. A terepről készített felvételek felismerése, értelmezése szakterületünk jelenlegi nagy kihívása. A digitális fotogrammetriai eljárások jelentős mértékben megnövelték a fotogrammetriai termékek előállításának gyorsaságát és automatizálását (gondolok itt elsősorban a digitális terepmodellekre és ortofotókra), és lecsökkentették az előállítás költségeit. Továbbá ezen termékek a digitális képfelismerés segítségével további lehetőségeket

tárnak fel a térképkészítés és felújítás automatizálása területén. Így a Center for Mapping is ezt az utat választotta a térképfelújítás technológiájának kidolgozására. Egy magas fokú automatizálást elérő térkép-felújítási rendszer feltételezi, hogy minimum három adathalmaz adott:

- a régi, felújítandó térkép egy digitális, vektoros formátumú ábrázolása
- a felújítandó területről egy friss digitális képi megjelenítés (ortofotó)
- a terület friss digitális terepmodellje, vagy olyan adathalmaz, amiből ez előállítható

Itt a szóhasználatban régi a felújítandó, általában több, sőt gyakran több tíz éves adatokra vonatkozik, míg a friss kifejezés alatt az az adathalmaz értendő, amelyet a felújításhoz szeretnénk használni, és általában viszonylag nem túl régen készültek.

További adatok, mint például régi ortofotó, mozgó platformról (pl. a Center for Mapping által kifejlesztett GPSVan) előállított adatok, valamint egyéb képi adatok (SAR felvételek) is felhasználhatóak.

Amennyiben régi vektoros térkép nem létezik, ez előállítható a GISOM projectben kifejlesztett módszerrel. A friss digitális kép általában ortofotó formájában áll rendelkezésre. A domborzati ábrázolás (szintvonalak) felújításához szükség van a régi terepmodellre is, amely a régi vektoros térkép szintvonaláiból előállítható (ennek előnyeit és hátrányait itt nem tárgyaljuk).

A kezdő lépés az adathalmazok azonos koordináta-rendszerbe történő transzformálása. Ezután az első feladat a régi vektoros térkép és az új raszteres ortofotó egymásra fektetése. A vektoros adatok alapján azonosíthatóak és megjelölhetőek a keresési területek. A régi adatok helyzete és attribútumai alapján előállíthatjuk ezen adatok (amennyiben továbbra is léteznek) várható helyét a képeken. Ezután minden elem köré puffer zóna generálható, amelyek maguk a keresési területek.

A második lépésben élkiemelést hajtunk végre az ortofotókon az egyes keresési területeken belül, geometriai, logikai és kartográfiai peremfeltételek alkalmazásával. Az így kapott adatokat összehasonlíthatjuk a régi vektoros adatokkal. Két alapvető kérdést kell ezáltal megválaszolni: (1) A keresési területen belül találtunk-e valamilyen elemet? (2) Ha igen, megfeleltethető-e ez az elem a vektoros adathalmaz valamely elemének? A második lépés végeredményeként négy részhalmazra bonthatók a megtalált elemek: változatlan elemek, már nem létező elemek, valamint a megváltozott elemek régi illetve új helyzetét ábrázoló elemek.

A harmadik feladat az új elemek megtalálása. Ez általában a legnehezebb feladat. Miután teljes fokú automatizálás egyelőre nem lehetséges, bizonyos emberi beavatkozás szükséges. Az új elemek halmaza három részhalmazból fog összeállni. Az első részhalmazt azok az elemek alkotják, amelyek geometriai, logikai és kartográfiai kapcsolatok és szabályok alapján automatikusan megtalálhatók. Vegyük például az úthálózatot, ahol az újonnan épült utak részei az úthálózatnak, tehát valamilyen módon kapcsolódnak az előzetesen megtalált utakhoz. Ha tehát a kapcsolódási pontot megtaláltuk a keresési területen belül, akkor élkiemelési technikákkal előállíthatjuk az új utak vektoros ábrázolását. A második részhalmazban azok az új elemek találhatók, melyeket további adathalmazok felhasználásával találhatunk meg. Ilyen módszer például a régi és az új digitális terepmodellek összehasonlításából adódó különbségek felderítése és ezáltal új keresési területek előállítása. Az új keresési területeken belül ismét geometriai, logikai és kartográfiai kapcsolatok és szabályok alapján, élkiemelés segítségével keresünk új elemeket. Egy másik módszer például a mozgó térképezés, melynek használatával háromdimenziós koordináták állíthatóak elő bizonyos elemekről (mint például az utak). A harmadik részhalmaz pedig azon új elemekből áll, melyeket nem lehet automatikusan előállítani és emberi operátor beavatkozása szükséges megtalálásukhoz.

A domborzati ábrázolás felújítására ez a módszer nem használható. Itt első lépésben össze kell hasonlítani a régi és új terepmodelleket, majd a megtalált síkrajzi változások segítségével elkülöníthetők a megváltozott területek. Az így elkülönített területeken lehetőség szerint célszerű sűríteni a terepmodell felbontását. Ehhez szintén használhatjuk a síkrajzi elemeket, amennyiben ismerjük azok magasságát, valamint fotogrammetriai eljárással sűríthetjük a pontokat. A harmadik lépés az elkülönített területek terepmodelljeiből szintvonalak generálása, végül pedig azok konflációja a változatlan területek szintvonaláival, hogy konzisztens domborzati rajzot kapjunk.

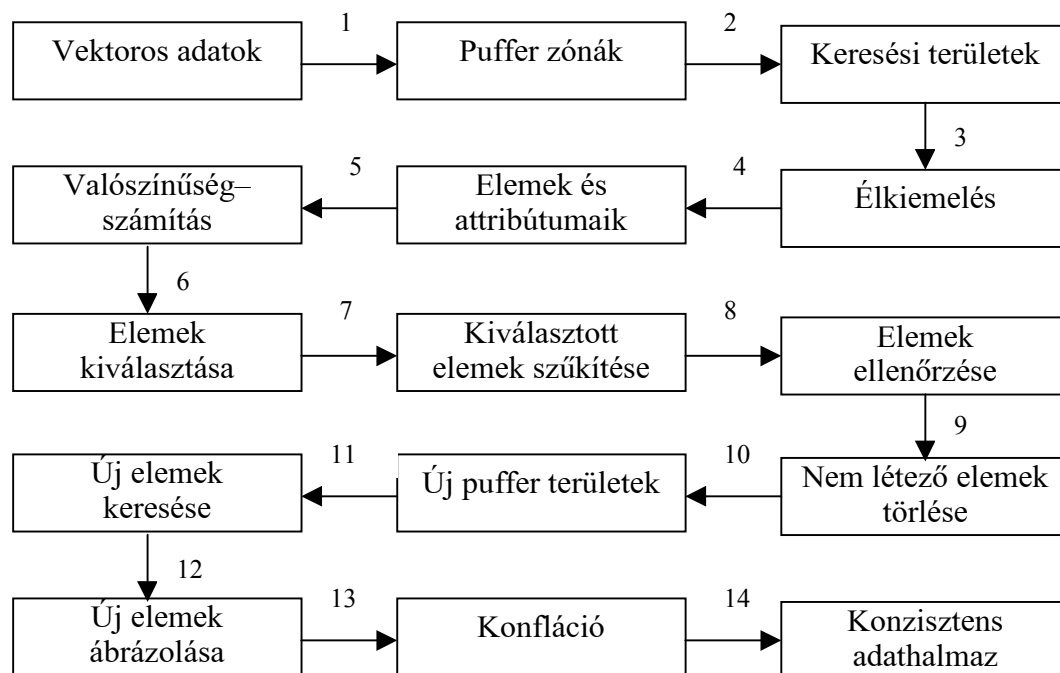
A felújítás lépései

Az 1. ábra foglalja össze a Center for Mapping-ben kidolgozott és tesztelt módszer főbb lépéseit.

Az első lépés állítja elő a keresési területek körvonalait a vektoros adatok, attribútum információk és a felhasználó segítségével. A rendszer fő komponense a „gépi tanulás”-on alapul, melynek segítségével betanítható a rendszer. A felhasználó először kiválaszt néhány puffer területet. Ezután a rendszer különböző paramétereket számít a pixelek intenzitása, geometriai és logikai jellemzők attribútumok és koordináták alapján, majd ezek segítségével további puffer területeket határol el. A felhasználó megvizsgálja az eredményt és elfogadja, vagy elveti egyes részeit, vagy az egészet. A rendszer javít a paramétereken a felhasználó döntései alapján.

A második lépésben elkülönítjük azokat a képi területeket, amelyeket a puffer zónák lefednek. Ezen lépés célja, hogy az automatikus keresést leegyszerűsítsük. A keresési zónák jellemzői így előre megállapíthatók.

A harmadik lépés nem-lineáris szűrők segítségével feljavítja a keresési területeket (Liu, Wang, Ramirez, 1998). Ehhez egy speciális, irányítottságra érzékeny valószínűségi jellemzőn alapuló simító és élkiemelő szűrő került kifejlesztésre. Ez egy robosztus szűrő, melynek eredményei rendkívül kielégítőek.



1. ábra – a digitális térképfelújítás technológiájának lépései

A negyedik lépés az élek meghatározása. Ehhez többméretarányú adaptív szegmentálási technikát használtunk (McCane és Caelli, 1997). Ez a módszer Canny élkiemelő filtert használ az élek elsődleges meghatározására, majd ezek alapján zárt területeket határol el különböző méretarányokban. A nagyobb területeket szórás alapján, komoly eltérések esetén, nagyobb felbontású, részletesebb területekkel helyettesítjük.

Az ötödik lépés célja az egyes elemek és attribútumaik csoportosítása. Az előző lépés eredményeként kapott területeket a felhasználó értékeli és hozzárendeli a megfelelő attribútumokat. Eleinte ezt a felhasználó végzi, majd a gépi tanulás segítségével átveszi a feladatot a rendszer.

A hatodik lépés, az elemek valószínűség-számítását Bayes Hálózatokkal végezzük. Az épületek meghatározására egy prototípus hálózat készült, mely a következő tényezőket veszi számításba: derékszögű sarkok, terület, a terület lejtése, anyaga, a nap magassága és iránya, a terület átlagos intenzitása, utak közelsége, a közeli utak iránya és árnyék létezése. Az így kapott feltételes valószínűségi számokat a következő lépésben fogjuk felhasználni. Egyéb elemekre a későbbiekben kell Bayes Hálózatokat kifejleszteni.

A hetedik lépésben választjuk ki a megfelelő elemeket, az előző lépésben kapott valószínűségi számok alapján. A magas valószínűségű elemeket elfogadjuk, míg az alacsonyakat elvetjük. A határok meghatározása nehéz feladat és még nincsen rá tökéletes megoldás. Jelenleg a 0.80 feletti értékeket magas valószínűségűnek vettük, míg a 0.40 alattiakat elvetettük. A közbenső értékbe eső elemeket a következő lépésben értékeljük.

A nyolcadik lépésben a közepes értékű valószínűségű elemeket értékeljük. Az értékelés alapja az előző lépésben elfogadott, vagy elvetett elemek hatása a kérdéses elemre. Új feltételes valószínűségi számokat számítunk melyek alapján ezeket az elemeket osztályozhatjuk. A továbbra is közbenső értékű elemeket megjelöljük és a felhasználóra bízunk.

A következő, kilencedik lépésben az előző két lépésben elfogadott elemeket értékeljük a régi vektoros adatbázis összehasonlításával. Két alapvető kérdést kell megválaszolni: (1) Helyzeti pontosság – megváltozott-e a kérdéses elem helyzete? (2) Az elem osztályozása – ugyanabba az osztályba tartozik-e az elem, mint amibe a régi adatbázisban volt? Ezen kérdések megválaszolása után dönthetünk az egyes elemek megtartása, illetve megváltoztatása ügyében.

A tizedik lépésben a már nem létező elemeket töröljük az adatbázisból. Ezeket az elemeket a régi adatbázis és az előzőekben megtalált elemek összehasonlításából szűrhetjük ki.

A tizenegyedik lépésben ismét előállítjuk a keresési területeket az új információk alapján.

A tizenkettedik lépésben ezen új területekben keresünk új elemeket. Alapvetően irregularitásokat keresünk a már megtalált elemeken. Például egy út kiszélesedése ilyen jellemző, ahol ez a kiszélesedés egy új út becsatlakozását jelezheti.

A tizenharmadik lépésben a 4., 5., 6. 7. és 8. lépésben leírt technikákat alkalmazzuk az előző lépésben felderített elemekre.

Az utolsó, tizennegyedik lépésben a különböző osztályokba tarozó elemeket rendezzük egy konzisztens adatbázisba. Ennek eredménye lesz a felújított digitális térkép. Az adatok integrációját más néven konflációnak hívják. Saalfeld (1993) definíciója szerint a konfláció „ugyanazon területről készült két térkép verzió összeállítása és összehangolása”. Ebben a feladatban a változatlan elemeket és az új elemeket tartalmazó térképek konflációját kell megoldani. Ennek kidolgozása hosszabb feladat és az egyik kutatócsoport folyamatosan dolgozik egy geometriai, topológiai, környezeti, kartográfiai és természeti feltételeket tartalmazó megoldáson.

Eredmények

A különböző elem csoportok (épületek, vízrajz, domborzat, utak és konfláció) meghatározásán külön kutatók dolgoztak. Eljárások és programok készültek az előzőekben leírt lépések végrehajtására. Az elkészült prototípus programok egy kivétellel PC-n futnak, grafikus felhasználói felülettel. Gyakran egy-egy létező, kereskedelmi forgalomban lévő szoftvert is felhasználtunk, melyhez kiegészítő és kezelő programok készültek, hogy a már létező megoldásokat ne kelljen újra kitalálni. A programok grafikus megjelenítő felületeként a Bentley cég MicroStation programját használtuk. A kivétel a Bayes Hálózatot számító program, mely Unix munkaállomásra lett kifejlesztve. Ezek részletes leírására e cikkben sajnos nincs mód, de megtalálható a project végén készült beszámolóban (Ramirez, 1998).

Ez a project alátámasztotta azokat az előzetes megállapításokat, hogy szükség van egy egységes térkép-felújítási elméletre, amely független a térképkészítéstől. A project keretében egy ilyen elmélet elkészült, mely bármilyen méretarányú és adatokat tartalmazó térbeli adatok esetében használható. Ez az elmélet síkrajzi és domborzati elemek felújításával foglalkozik. Az előző fejezetben leírt lépések ezen elmélet alapján kidolgozott „felújítási modell” részei. Ez a modell általános, tehát nem szorítkozik azon fedvényekre, melyekhez részletes megoldásokat dolgoztunk ki a project keretében.

Mint a bevezetőben már említettem, a megoldást emberi operátor közbeiktatásával dolgoztuk ki. Jelenleg teljesen automatizált megoldás nem lehetséges és a legköltséghatékonyságú megoldásnak ez ígérkezik.

Irodalom

Liu, X., Wang, D.L., Ramirez, J.R., 1998: Oriented Statistical Nonlinear Smoothing Filter. Proceedings of the 1998 conference on image processing, in press.

McCane, B., Caelli, T., 1997: Multi-scale Adaptive Segmentation Using Edge and Region-based Attributes. Proceedings of the First International Conference on Knowledge-based Intelligent Electronic Systems. IEEE Press, p72-81.

Ramirez, J.R. [ed.], 1998: Revision of Geographically Referenced Data, Final Report. The Ohio State University Research Foundation, Columbus.

Saalfeld, A., 1993: Conflation: Automated Map Compilation. Center for Automation Research, CAR-TR-670, University of Maryland, College Park