

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**KORSZERŰ GEOINFORMATIKAI MÓDSZEREK
AZ ERDÉSZETBEN**

*Egy geoinformációs rendszer fejlesztésének
tudományos eredményei*

Czímber Kornél

Nyugat-Magyarországi Egyetem

Erdőmérnöki Kar, Sopron

Erdészeti tudományok doktori program, E/3. alprogram

Témavezető: Dr. Bácsatyai László

Sopron
2002

6. Kutatással kapcsolatos fontosabb közlemények, előadások

- Bácsatyai, L. – Czímber, K. – Király G.** (2001): A digitális fotogrammetria újabb eredményei a Nyugat-Magyarországi Egyetem Földmérési és Távérzékelési Tanszékén, *Geomatikai Közlemények IV. Sopron. 83-102.*
- Bácsatyai, L. – Czímber, K. – Király, G.** (2001): A digitális fotogrammetria újabb eredményei a NYME Földmérési és Távérzékelési Tanszékén, *Tudományos előadó ülés, Sopron, MTA GGKI, 2001. December 6-7.*
- Bácsatyai, L. – Czímber, K.** (2000): Térinformatikai szoftverek a kutatásban és az oktatásban a Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Karán, *HUNGIS - VIII: Térinformatika a Felsőoktatásban Szimpózium, Budapest, 2000. október 16.*
- Czímber, K. – Morschauser, T. – Salamon, É.** (1995): Comparative Analysis of Vegetation Map based on Digital Elevation Model, *XXV. EURECO - Nemzetközi Ökológiai Kongresszus, MKKTE, Budapest, 1995. augusztus 20-25*
- Czímber, K.** (1994) Digitális felületi modellek az erdészeti tervezésben. *Diplomaterv, Sopron, 1994.*
- Czímber, K.** (1997): Erdészeti- és geoinformatika országos szoftverbemutató, *Sopron, 1997. március 14.*
- Czímber, K.** (1997): Erdőterületek térképezése és monitorozása távérzékelési módszerek és GIS alkalmazásával, *VII. Földfotó Szeminárium kiadványa, Budapest, 5 oldal*
- Czímber, K.** (1997): Geoinformatika. *Egyetemi jegyzet. Soproni Egyetem, 113 oldal*
- Czímber, K.** (2000): Korszerű térinformatikai funkciók DigiTerra Map programban, *X. Országos Térinformatikai Konferencia, Szolnok, 2000. Szeptember 27-29.*
- Czímber, K.** (2001): Hatékony légifelvétel kiértékelés a DigiTerra Map segítségével, *XI. Országos Térinformatikai Konferencia, Szolnok, 2001. Szeptember 26-28.*
- Czímber, K.** (2002): DigiTerra fejlesztési eredmények 2001-2002, *X. Országos Térinformatikai Konferencia, Szolnok, 2002. November 14-15..*
- Márkus, I. – Czímber, K.** (1996): Experiments of Forest Ecosystems Mapping in Hungary in the Frame of the PHARE MERA Project, *Application of Remote Sensing in European Forest Monitoring. International Workshop. BOKU Wien, 1996. október 14-16.*
- Márkus, I. – Czímber, K. és mások** (1996): MARS & Environment Related Applications, Forest Ecosystems Mapping, *Final Report. PHARE Programme. 135 oldal*
- Márkus, I. – Czímber, K. és mások** (1999): Development of GIS of Fertő-Hanság National Park and Szigetköz Land Protection District, *Preliminary and Final Reports. PHARE-CBC Programme, 145 oldal*

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

KORSZERŰ GEOINFORMATIKAI MÓDSZEREK AZ ERDÉSZETBEN

*Egy geoinformációs rendszer fejlesztésének
tudományos eredményei*

Czímber Kornél

**Nyugat-Magyarországi Egyetem
Erdőmérnöki Kar, Sopron**

Erdészeti tudományok doktori program, E/3. alprogram

Témavezető: Dr. Bácsatyai László

Sopron
2002

KIVONAT

Korszerű geoinformatikai módszerek az erdészetben

Egy geoinformációs rendszer fejlesztésének tudományos eredményei

A dolgozat egy földrajzi információs rendszer fejlesztésének tudományos eredményeit, korszerű eljárásait és technológiáit ismerteti. Az eredmények a raszteres és a vektoros adatok köré épülnek. A raszteres eljárások bemutatnak egy algoritmikus képfeldolgozót, egy új raszter formátumot, egy új interpolációs módszert, illetve javított láthatósági, hidrológiai és vektorizálási algoritmusokat. A raszteres részben több fejezet foglalkozik a digitális fotogrammetria témaköreivel, úgymint a sugárnyaláb kiegyenlítéssel, az ortofotó készítés új lehetőségeivel, a térbeli kiértékelés szoftveres változatával, valamint az automatikus felületmodell előállítással. A vektoros eljárások ismertetnek egy memória alapú adatbázis-kezelőt, egy teljesen új térbeli indexelési módszert, és egy hatékony valós idejű topológikus térképezőt. Önálló fejezet foglalkozik az erdészeti digitális térképekkel. Az utolsó rész a háromszög alapú felületmodellezés új módszereit mutatja be.

ABSTRACT

Modern Geoinformation Methods in Forestry

Scientific Achievements of a Geoinformation System's Development

This paper describes the scientific achievements, modern algorithms and technologies of a Geoinformation System's Development. The achievements are built on the Raster and Vector data. The Raster procedures present an algorithm based Image Processor, a new raster format, a new interpolation method, and improved viewshed, hydrological and raster-to-vector procedures. In the raster part more chapters deal with Digital Photogrammetry, such as bundle block adjustment, new possibilities of Orthophoto generation, software version of spatial data acquisition, and automatic Digital Elevation Model extraction. The Vector procedures describe a main-memory based database manager, a brand-new spatial indexing method, and a real-time topological mapping tool. An independent chapter investigates the Hungarian digital forest maps. The last part of this paper introduces new methods of the triangle network based surface modeling.

3.5. Felületmodellezés

A geoinformatikában gyakori feladat térbeli pontokra egy folytonos felület illesztése. A szerző a szabálytalan háromszöghálózat alapú felületmodellezéshez új módszereket dolgozott ki. A dolgozat ismerteti a kényszerített háromszögelést és az elemi felületek illesztésének peremfeltételeit, amely alkalmas magassági pontokkal, törés- és idomvonalakkal definiált felületek rekonstrukciójára. A szerző bemutatja a rekurzív háromszögbontási algoritmust, mely képes a szintvonalak, a lejtőkategória-, kitétség- és megvilágítás térképek valós idejű előállítására. A dolgozat ismerteti a térbeli megjelenítés, a földtömegszámítás és a metszetkészítés lehetőségeit is.

4. Tézisek

1. Elkészült egy valós idejű algoritmikus képfeldolgozó, melyhez kapcsolódik egy új raszteres formátum. A képfeldolgozó tartalmaz egy új interpolációs módszert, egy új terjedési modellt, illetve javított láthatósági, hidrológiai és vektorizálási algoritmusokat.
2. Digitális felvételek, felvételi tömbök tájékozását új megközelítésben tárgyalja a dolgozat. A felvételek feldolgozásában a következő területeken születtek új megoldások: ortofotó készítés, térbeli kiértékelés és automatikus felület-modell előállítás.
3. Elkészült egy központi memóriában működő adatbázis-kezelő, mely objektum-relációs modellt használ. Az adatbázis-kezeléshez tartozik egy új térbeli indexelési eljárás is.
4. A dolgozat ismerteti egy új valós idejű topológikus térképező algoritmust. A digitális erdészeti térképek is ezzel az eljárással készültek.
5. A felületmodellezés területén előrelépés a háromszögelés és a peremfeltételek összehangolása, valamint a rekurzív háromszögbontási algoritmus, mely valós idejű feldolgozást biztosít.

5. Eredmények hasznosítása, további teendők

A tudományos munkát kézzel fogható gyakorlati eredmények sora kíséri. A fejlesztés gyakorlati célkitűzését, a *DigiTerra Map* programot a szakma használja. A szerző további teendői közé tartozik az eljárások és technológiák széleskörű publikálása és továbbfejlesztése. A raszteres eljárások, a digitális fotogrammetria, a felületmodellezés területén még számos kutatási kihívás vár.

A geoinformatikai rendszerek jelenlegi fejlődését az adatbázis-kezelő rendszerek és a számítógépes hálózatok, az Internet fejlődése határozza meg. A jövő geoinformatikai rendszere egy kliens böngésző-elemző program lesz, amelybe az Interneten keresztül töltődnek le a komponensek, az adatok, esetleg az eredmények. A további kutatásoknak figyelembe kell venni ezeket a fejlődési irányokat.

3.3. Adatbázis-kezelés, térbeli indexelés

Geoinformatikai rendszerek másik elterjedt adatmodellje a vektoros adatmodell. Az adatmodellben a földrajzi objektumokat geometriai alakzatok és a hozzájuk kapcsolt leíró adatok írják le. Az objektumok közötti térbeli kapcsolatokról, a topológiáról külön kell gondoskodni.

Az adatbázisok tervezése és kezelése egy rendkívül összetett feladatkör. A dolgozat ismerteti egy vizuális adatmodellező eszközt, mely alkalmazások tervezésére is használható. A szerző kidolgozott egy központi memóriában működő adatbázis-kezelőt. Az adatbázis-kezelés alapját az objektumrelációs modell képezi. A közeljövőben a memória alapú adatbázis-kezelés egyre nagyobb szerephez jut.

Egy geoinformatikai rendszernek a leíró adatokon kívül a térbeli adatokat is kezelnie kell. A térbeli adatok hatékony feldolgozása térbeli indexeléssel lehetséges. A dolgozat bemutat egy új térbeli indexelési módszert. Az indexelés bármilyen dimenziójú és tetszőleges kiterjedésű geometriai elem esetén használható. Az eljárás további előnye, hogy minden adatbázisban megvalósítható, mivel az indexek tárolása nem külön állományokban, hanem a rekordon belül történik.

3.4. Topológia, digitális térképek

A vektoros adatoknál a topológia kialakítása alapvető feladat. A topológia figyelembe vételével a vektoros adatokon végzett műveletek egyszerűsíthetők és felgyorsíthatók. A térbeli kapcsolatok kialakítása hozzájárul a konzisztens és hibamentes vektoros állományok létrehozásához.

A szerző ismerteti egy térképező eszközt, mely valós időben alakítja ki a topológiát, így a szerkesztési hibák azonnal látszanak. A javítások, a területek építése és aktualizálása felgyorsul. A valós idejű topológia hálózat elemzésre, térképek generalizálására, terület elszámolásra, fedvényezési műveletekre és védőzóna generálásra is használható.

A digitális erdészeti térképek készítése is a valós idejű topológián alapul. A szerző a digitális erdészeti térkép formátum alapjait 1996-ban dolgozta ki. 1998-ban indult az Állami Erdészeti Szolgálat szabványosítási törekvése, melybe a szerző is bekapcsolódott. A Digitális Erdészeti Térképek (DET) formátum leírása 1999-ben készült el. A dolgozat bemutatja a digitális erdészeti térképek felépítését, fedvény kiosztását. A digitális erdészeti térképek új vetületi rendszere az Egységes Országos Vetület lett. Az áttérésben a *DigiTerra Map* program segített. A program képes a digitális erdészeti térképek minden kartográfiai igényt kielégítő megjelenítésére.

1. Előzmények, célkitűzések

A geoinformatika, a földrajzi információk kezelésének tudománya egyre nagyobb jelentőséggel bír mind a kutatás, mind a gazdaság területén. Jelentősége abban rejlik, hogy az információk 80%-a földrajzi helyhez köthető. A geoinformatika a természeti erőforrások, így az erdők térképezésében és kezelésében egy hatékony eszközt képvisel. A geoinformatika kapcsolatot teremt az egyes tudomány- és szakterületek között azzal, hogy egységesíti az adatok kezelését. A geoinformatika szerves része korunk dinamikusan fejlődő iparágának, az informatikának.

A geoinformatika erdészeti alkalmazása Magyarországon az 1990-es évek elején kezdődött. Az Állami Erdészeti Szolgálatnál és a Soproni Egyetemen folytak ilyen jellegű kutatások. Mindegyik esetben maradtak megoldatlan kérdések. Egyik rendszer sem jutott el az országos gyakorlati alkalmazás szintjére. Az erdészeti térképezés, az erdőállományok adatbázisának kezelése viszont egyre inkább egy geoinformatikai megoldásra várt.

A dolgozat egy geoinformatikai rendszer fejlesztéséről szól. A rendszer megszületését a magyar erdészeti szakma hívta életre. A rendszer elkészítése, mint gyakorlati célkitűzés, egyben tudományos célkitűzés is volt. A fejlesztés nyolc éve alatt számos tudományos eredménnyel bíró algoritmus és szoftver technológia született.

A kutatás a szerző diplomatervéből indult 1994-ben. A diplomaterv a III. Térinformatika a Felsőoktatásban Szimpóziumon díjat nyert. 1996-ban számos algoritmus beérett, és megszületethetett egy digitális fotogrammetriai, egy digitális képfeldolgozó és egy térképező szoftver. A szerző a programokat és a velük készült alkalmazásokat számos hazai és külföldi konferencián mutatta be. 1997-ben elindult az erdészeti üzemi térképek digitalizálása. 1998-ban megtörtént a különálló programok összekapcsolása, mely a következő években újabb modulokkal bővült. 1999-re elkészült a Digitális Erdészeti Térképek (DET) formátum leírása, melynek kidolgozásában a szerző is közreműködött.

2. Kutatási módszerek

A kutatási téma meghatározása a geoinformatika adott területének kiválasztását jelentette. Gyakori volt az igények szerinti témaválasztás is. Ezután következett a nyomtatott és az elektronikus szakirodalom tanulmányozása. A szakirodalom alapos vizsgálatát az algoritmustervezés, programozás, tesztelés, majd a többszöri javítás követte. Az egyes algoritmusokból programmodulok, végül programok épültek fel. A modulokat már tényleges gyakorlati alkalmazásokon lehetett kipróbálni.

3. Tudományos eredmények

Gyakorlati és tudományos szempontból a legfontosabb eredmény a *DigiTerra Map* geoinformatikai szoftver elkészítése. A gyakorlat részéről ez egy magas szinten integrált, mégis könnyen kezelhető magyar nyelvű program megszületését jelenti. A szoftver eredményességét az erdészeti gyakorlati alkalmazások sora és az ország 60%-áról készített digitális erdészeti térképek igazolják. A programot az Állami Erdészeti Szolgálat, geodéziai cégek (*FÖMI, Geodézia Rt, megyei földhivatalok*), tizenöt Erdészeti Részvénytársaság, egyetemek és kutatóintézetek használják. Ez mintegy 300 telepített programot jelent.

A program tudományos szempontból több új algoritmust és technológiát vonultat fel. A nyolc éves munka jelentős részét az algoritmus fejlesztés tette ki. Az algoritmusok a nemzetközi viszonylatban is a legújabb kutatási területeken születtek. Az eredményeket hazai és külföldi konferenciákon mutatta be a szerző.

3.1. Raszter feldolgozás

Geoinformatikai rendszerekben a raszteres adatok megjelenítése, feldolgozása egyre nagyobb szerephez jut. A *DigiTerra* program raszteres moduljának fejlesztése során számos szoftvertechnológia és új eljárás született.

A raszteres feldolgozás vázát egy valós idejű algoritmikus képfeldolgozó alkotja, mely egy hatékony szoftvertechnológia. A képfeldolgozóval az elemzések valós időben készülnek el. Ez a technológia képes helyettesíteni egy bonyolult, több menüpontból álló képfeldolgozó programot.

A technológiához szorosan kapcsolódik egy új raszter formátum kidolgozása is, mely piramis és blokk technikát használ. A szerző kidolgozta a helytakarékos piramis technikát és alkalmazta a *Wavelet*-tömörítést az új formátumon.

Nagyméretű raszteres felületmodellek gyors interpolációjára a dolgozat bemutat egy piramis interpolációnak nevezett módszert. A digitális terepmodellek láthatósági, hidrológiai elemzéséhez használt eljárásokat a szerző korszerűsítette, a hidrológiai elemzéseket egy algoritmusra fűzte fel. A hidrológiai elemzések vízösszefolyási térkép készítésére, vízgyűjtők elkülönítésére, árvíz- és gátmodellezésre használhatók.

A dolgozat ismerteti egy erdészeti és környezetvédelmi jelentőséggel bíró terjedési modellt, mely erdőtüzek, víz és levegőszennyezések modellezésére használható. A raszteres feldolgozás részét képezi a raszteres állományok vektorizálása, melyhez saját konverziós és utófeldolgozó eljárások születtek.

3.2. Középpontos vetítésű felvételek tájékozása és feldolgozása

A raszteres adatok jelentős részét távérzékelési módszerekkel állítják elő. A távérzékelte felvételek túlnyomó többsége középpontos vetítéssel készül. A felvételek feldolgozásához elengedhetetlen a felvételi helyzet visszaállítása, vagyis a felvételek tájékozása.

A dolgozat a digitális felvételek tájékozását új megközelítésben tárgyalja. Számos fejezet foglalkozik a tájékozási munka automatizálásával. A felvételi tömbök tájékozásához a szerző a sugárnyaláb kiegyenlítést használja, melyhez új megoldási módszereket készített. A tájékozás után három nagyobb fejezet foglalkozik a felvételek feldolgozásával.

Az első a digitális ortofotó készítés új eljárásait ismerteti. Az ortofotó készítés a középpontos vetítésű felvételből merőleges vetítésűt állít elő digitális felületmodell segítségével. Új módszerek a felvételi tömb együttes transzformálása, a blokk technika bevezetése, a kompetencia és színegyensúly térképek kidolgozása tekinthető. Utóbbi kettővel a szerző az átalakítás alatt mozaikolja a digitális felvételeket.

A második feldolgozási módszer a térbeli kiértékelés megvalósítása szoftveres környezetben. A térbeli kiértékelést a szerző két síkbeli irányzásra vezette vissza, melyből a másodikat automatizálta. A kiértékelés nem igényel térbeli szemlélet, ezért bármilyen számítógépen megvalósítható, mégis pixel alatti pontosságot biztosít. A kiértékelés a felvételi tömb bármely két vagy több felvételének átfedő részén végrehajtható.

A harmadik feldolgozási eljárás az automatikus felületmodell előállítás. A szerző a kevésbé kutatott ortofotó térben történő terület alapú egyeztetést dolgozta ki. A módszer nagyon sűrű felületmodellt, globális ortofotót és korrelációs térképet szolgáltat a felvételi tömb egészéről. Az eljárásban a blokkosítás, a blokk egészének magassági javítása, az ortofotó előállítás és a korreláció számítás gyorsítása, a gyenge korrelációjú területek kizárása, a meglévő mérések bevonása és a piramis interpoláció tekinthető új megoldásnak.