

ZENTAI LÁSZLÓ

Output orientált digitális kartográfia

Doktori értekezés tézisei

I. Előzmények, célkitűzés

A térképészeti tevékenység kezdete óta a kartográfia elsőrendű és alapvető szempontból a termékeiből nyerte meghatározását. A mai, output orientált digitális kartográfia ismeretelméleti taglalásához a megismerés modellkarakterének belátása kínál konstruktív alapot. A modelljelleg elfogadásán alapuló elemzésem a megismeréshez feltétlenül szükséges érdeklődési, választási és döntési aktust teszi meg a gondolatmenet kiindulópontjául.

A modern kartográfia, vagy ahogy mindennapjainkban nevezzük, a digitális kartográfia tudományelméleti meghatározásához a lehetséges kiindulópontot a térkép fogalmának elemzése kínálja. Hosszú időn át a térkép, mint végtermék volt a kartográfiai kutatások folyamatában a tudomány cégére. Míg Imhof klasszikus definíciója¹ a rajzi ábrázolást szükséges és elégséges feltételként emeli ki, addig Hake² és Klinghammer³ az új digitális technológiák lehetőségeinek figyelembevételével ennek a fogalomnak a kiterjesztését fontolgatja: a rendszerbe foglalt digitális információgyűjtés, információtárolás és információfeldolgozás révén az érdeklődés mind inkább a kartográfiai információk megformálásának folyamatára helyeződik.

Ezt továbbfejlesztve úgy ítélem meg, hogy a térkép fogalmát érintő változás azzal jellemezhető, hogy a térhez kötött információk digitális fel-

dolgozása során a feldolgozás folyamata maga térhez kötött ismeretnyerési modellként működik. Ebből következően a térkép fogalmára az alábbi meghatározás adódik: a térkép a valóságról alkotott térhez kötött információk szerkezeti modellje.

Alapvető feltételezésem, hogy a térkép és minden más térképészeti kifejezési forma a modell-gondolkodás és a modellel való tevékenység széles problémakörét foglalja magában. Minden megismerés modellben megy végbe vagy a modell által történő megismerés és az illető személyhez viszonyítottan zajlik, továbbá szelektálva és – az eredeti vonatkozását tekintve – mindenkor időbeni behatároltsággal történik.

Lényegesnek tartom azt a pragmatikus látásmódot, amely a térképészeti modell esetében sem hagyja soha figyelmen kívül készítőjéhez, használójához, a modellfelépítés időtartamához, az eredeti megjelenítéséhez és felhasználási céljához való kötődését, azaz ismeretformációként a modellek „konstruált valóságot” reprezentálnak.

Munkám célja a „*mi az output orientált digitális kartográfia?*” kérdés pontos megválaszolása, és útmutatás a feltárt lehetőségek további kiaknázására.

Az első, talán leglényegesebb eltérést a hagyományos, az analóg kartográfiától az az igény jelenti, hogy a digitális adatforma megköveteli az egyes adatok (térképi elemek, objektumok) közötti térbeli viszonyok világosan kifejtett (explicit) és egyértelmű kódolását. A grafikus (papír formában megjelenő) térképeken ezek a viszonyok általában rejtett, ki nem fejtett (implicit) módon kódoltak, és lényegesen tágabb értelmezhetőségükkel már a gyakorlatlan térképhasználó számára is könnyedén felismerhetők. A digitális adatrendszer esetében az explicit kódolás topológiai elrendezést jelent, amennyiben a térbeli kapcsolatok elemzése a célunk. Ez az elrendezés megköveteli, hogy minden egyes vonalat végpontjaihoz, illetve, hogy minden egyes területet (foltot, poligont) az őt körbezáró vonalakhoz, ívekhez rendeljünk.

A második lényegi különbséget a hagyományos és digitális térképészeti adatforma között a térképi elemek jelentéstartalma, számszerű kódolásának szükségessége jelenti. A hagyományos térképeken színek, illetve

¹ Imhof, E.: Aufgaben und Methoden der theoretischen Kartographie. Petermanns Geographische Mitteilungen, 100. évf., Gotha, 1956. 2. szám, 165-171. o.

² Hake, G.: Gedanken zu Form und Inhalt heutiger Karten. In: Kartographische Nachrichten, 38. évf., Berlin, 1987. 2. szám, 42-49. o.

³ Klinghammer, I.: A kartográfia kialakulása napjainkig, MTA doktori értekezés, Budapest, 1992. 1-99. o.

a hagyományosan alkalmazott jelek utalnak az elemek tulajdonságaira. Ezek között találunk számos numerikusan könnyen kódolható (utak osztályozása, települések kategória-besorolása, stb.), míg más esetekben (pl. vízrajz) ez a kódolás nehézségekbe ütközik. Külön problémát jelent az eltérő jelentések formai egybeesése – pl. út és politikai határ –, amelyek grafikus megjelenítése „önmagáért beszél”, de digitális környezetben történő reprezentációja komoly körültekintést igényel.

A harmadik eltérés a hagyományos térkép és a digitális formában tárolt térképészeti adatok között abból ered, hogy utóbbi esetében az adatrendszert jelsorozattá kell alakítanunk. Az informatikai adatfeldolgozás így számos további kötöttséget jelent a térbeli adatok számára.

A fentiek alapján a digitális kartográfia területén bármely output orientált feladat megoldásakor kutatásaim szerint négy kérdés megfelelően konkrét megválaszolását kell biztosítani:

- terminológia megadása; egységes szakkifejezések megfogalmazása a félreértések elkerülése érdekében;
- adatformátum kidolgozása; mivel a digitális adatforma létrehozása önmagában is igen költséges és munkaigényes, többcélúan felhasználható adatformátum szükséges a hatékony információcseréhez;
- adatminőségi követelmények biztosítása; a digitális térképészeti adatok minősége számos tényezőtől (a forrásadatok pontossága, megbízhatósága, az adatnyerési eljárás ellenőrzöttsége stb.) függ, minden lépésben explicit módon kell jelölni az adatok minőségét;
- más szakterületekkel való kompatibilitás biztosítása; elsősorban a távérzékelési, fotogrammetriai, földmérési adatokkal, valamint a képfeldolgozás és számítógépes grafika adatformáival.

A digitális kartográfia fejlődését alapvetően meghatározzák a számítástechnika-informatika fejlesztési trendjei, ezért ezek naprakész ismerete és a technikai-technológiai lehetőségek kartográfiai adaptálása, illetve gyakorlati beillesztése a térképészeti modellezés folyamatába állandó kihívást jelentő kutatói célkitűzés számomra. Motivált, hogy mint az első magyar digitális térkép készítője és az első magyar kartográfiai weboldal szerkesztője összefoglaljam az alkalmazási lehetőségeket és kutatásaim alapján fejlesztési irányokat jelöljek ki.

II. Módszerek

A térképészeti modellek értelmezésében pontosabb képet kapunk, ha a modellértelmezést két részre bontjuk, és világosan szétválasztjuk az adatnyerés (feltárás, gyűjtés, felvétel) és az adatfeldolgozás folyamatát. Az adatnyerés a térbeli vonatkozások digitális feltárását, azaz digitális tárgymodellek képzését, az adatfeldolgozás pedig a térbeli vonatkozású adatok digitális feldolgozását, azaz digitális térképi modellek képzését jelenti.

A két folyamatot külön-külön értékelem.

A térbeli vonatkozások digitális feltárása folyamatának nem kell feltétlenül kapcsolatban állnia térképészeti tevékenységgel; főképpen akkor nem, ha az adatgyűjtés elsősorban nem térképészeti célú felhasználásra irányul, mint például népszámlálás vagy időjárás megfigyelések alkalmazásával. Az ilyen adatgyűjtés messzemenően független lehet a grafikus módszerektől és ez a folyamat a digitális tárgymodell felépítéséhez vezet. A digitális tárgymodell a következő adatfajtákat tartalmazza:

- térbeli vonatkoztatási rendszert (geometria),
- minőségi vagy/és mennyiségi adatokat (tematika),
- időbeli vonatkoztatásokat (statika vagy dinamika megjelölése).

A tárgymodell szaktartalmi információhordozását tekintve két típus különböztethető meg: a digitális terepmodell és a digitális szaktartalmi (tematikus) modell.

A teljes terepmodell digitális síkrajzi és digitális domborzatmodellből áll. A digitális szaktartalmi modell esetében valamilyen térbeli vonatkozásokkal rendelkező tematika modelljéről van szó, például légszennyezési adatok, foglalkoztatási szerkezet stb. (Ez a modell egy több-kevésbé egyszerűsített tartalmú digitális terepmodellből és a tulajdonképpeni tematikus információkból áll, ahol az előbbi a szaktartalom elhelyezéséhez topográfiai alapként szolgál.)

A gyakorlatban a digitális tárgymodell egy információs rendszer kiindulási adatainak összességét képező adatbázis felépítéséhez vezet.

A digitális térképi modellek képzése a tárgymodellben történt digitális adattárolás átalakítása digitális térképészeti modellé, azaz az adatok megjelenítése grafikus ábrázolás formájában. A digitális térképi modell az összes tárgyi információ rajzi szerkezetben való összegzését jelenti – például tárgyi azonosító kódok (koordináták) összekötve rajzi utasításokkal, vonalvastagsági adatokkal, színmeghatározásokkal stb. – azaz mindazt, amit a digitális formájú térkép tartalmaként szokás jelölni; ezt nevezik digitálisan tárolt térképnek, vagy rövidebben – sokak számára nyelvileg logikusan, mégis ellentmondást rejtően – digitális térképnek.⁴ Abból a tényből kiindulva, hogy az új digitális technológiák nemcsak a kartográfiai ábrázolási formák vizuális képét változtatják meg, hanem térhez kötött strukturális adatok feldolgozását is átalakítják, módszertani-technológiai típusokba rendezve elemeztem és értékeltem a digitális kartográfiában alkalmazható informatikai eszközöket és eljárásokat.

- A hardver területén: számítógépek, processzorok, grafikus kártyák; input eszközök (szkenner, digitalizáló tábla); output eszközök (monitor, nyomtató, levilágító, proof).
- A szoftver területén: térinformatikai programok, adatbázis-kezelés, CAD programok, általános célú grafikus programok, raszteres képszerkesztő programok, Office jellegű alkalmazások.
- Az egyéb térképészeti technológiák területén:⁵ GPS, felmérési eljárások, fotogrammetria, távérzékelés, topográfiai térképrendszerek.
- Az internet területe: CD-ROM, webkartográfia, térképszervert alkalmazások, asztali kiadványszerkesztés, 3D, szintan, a földrajzinév-írás informatikai problémái.

⁴ A digitális tárgymodellek és a digitális térképi modellek különbségét egy példával lehet illusztrálni: a digitális terepmodell tárgymodellként az egyes terepi pontok sorszámának, síkkoordinátáinak és magassági értékének megadását jelenti. Az ehhez tartozó térképi modell a szintvonalak ábrázolásához vektorokat ír le, tartalmazza értéküket, a vonalak attribútumait stb.

⁵ Természetesen ezek zöme is az informatikához kötődik, általában tartozik hozzá hardver- és szoftver komponens is, de ezek a fejlesztések alapvetően térképészeti célúak.

III. Eredmények

1. Elvégeztem a számítógépes térképészet és a térinformatika viszonyának részletes értékelését, feltártam e kapcsolat hatásait a két szakterület jövőbeni fejlődésére

A térképészet és a térinformatika viszonyával kapcsolatban a nemzetközi szakirodalomban eltérő nézetekkel találkozunk, annak megfelelően, hogy a térinformatikát a térképészet egy technikai-elemző részének tekintjük, vagy a térképészetet csak a GIS-szoftverek adatmegjelenítő részének tartjuk.

Kimutattam, hogy a térképészet – amellet, hogy történeti előzményeit tekintve a *tudomány és művészet* kettőssége jellemzi – a geoinformatika, a földrajzi információk kezelésének alapvető eszköze, mégpedig a következő szempontok alapján:

- a térképek közvetlen és interaktív csatolófelületek a térinformatikához – afféle grafikus felhasználói felületek, melyek a térbeli dimenziók szemléltetésére is alkalmasak;
- a térképek az információs rendszerben tárolt objektumok és jelenségek vizuális indexeként használhatók;
- a térképek, mint a vizualizáció speciális megjelenési formái segítséget nyújtanak mind az adatkészletek vizuális kutatásában (adatbányászat), mind az eredmények vizuális kommunikációjában a térinformatikán belül, illetve azon kívül is (döntés-előkészítés, döntéstámogatás);
- professzionális minőségű output igénye esetén a térinformatikai szoftvert megfelelő kartográfiai „képességekkel” kell felruházni és a szoftver kezelőjének jól kell ismernie és alkalmaznia ezeket a lehetőségeket (kartográfiai szemlélet mind az elméletben, mind a gyakorlatban, hogy a végtermék minősége a lehető legközelebb legyen a hagyományos kartográfiai módszerekkel előállítható térképek minőségéhez).

Igazoltam, hogy a térképek nagyfokú hatékonyságát az információk közlésében a megfelelő kartográfiai szabályok (térképi nyelv) betartása teszi lehetővé. A térinformatikai rendszerekkel előállított „térképek” sokszor nem kerülnek kartográfiai feldolgozásra, sokszor nem lényeges rajtuk a kartográfiai szabályok alkalmazása. A térinformatikai rendszerekben a térképeket általában automatikusan készítik, így ezek a térképek gyakran a kevésbé képzett felhasználók számára nehezen felfoghatók. Azaz, előfordul, hogy a GIS segítségével automatikusan előállított térképek – bár információtartalmukat tekintve kielégítőek – a felhasználó szempontjából kevésbé hatékonyak, esetleg nehezen értelmezhetőek.

Kimutattam, hogy amikor a térképészek és térinformatikai elemzők vitáznak erről, az utóbbi tábor általában azzal érvel, hogy a kartográfiai elvek alkalmazása (generalizálás, vetület, névrajz stb.) nem feltétlenül lényeges, hiszen a „célzott” felhasználók számára készített, csak szakértelmet rögzítő térképek megértése nem okoz gondot, de a kartográfusok jogos érvelése szerint problémák akkor jelentkeznek, amint ezeket a térképeket másoknak is a rendelkezésére bocsátják.

Kutatásaim szerint a legtöbb esetben a térinformatikai elemzés célja a csupán területorientált döntéshozás támogatása. A döntéshozók pedig a legkritikább esetben térinformatikai vagy kartográfiai ismeretekkel rendelkező szakemberek. Az ilyen környezetben gyakori, hogy a felhasználó nem ismeri a felhasznált adatok „pontos természetét” s pusztán a térképen közölt információ alapján hozzák meg a döntést.

Igazoltam, hogy a megfelelő térképészeti vizualizációs módszerek alkalmazása ezekben a helyzetekben is lényeges lenne, a döntéshozók megalapozottabban alkothatnák meg véleményüket.

2. Feltártam a digitális kartográfia informatikai alapjait, csoportosítottam a térképkészítésre használt szoftvereket, igazoltam az asztali kiadványszerkesztés jelentőségét a digitális kartográfia kialakulásában, elemeztem a digitális kartográfia fontosabb számítógépes állományformátumait

Az egyik legfontosabb kartográfiai kérdés az analóg vagy digitális ismérvpár által meghatározott megjelenési forma viszonya: a hagyományos térkép mindinkább a digitálisan tárolt információk rajzi megjelenítési formájává válik.

A digitális térképészeti modellek növekvő jelentőségével megszűnik egy olyan aránytalanság is, melynek léte jöllehet nem ma vált ismertté, de amelyet az új digitális technológiák különösen feltűnővé tettek: a hagyományos térkép kitűnő információközlő képességekkel rendelkezik, de mint információhordozónak, azaz adattároló eszköznek jelentős hiányosságai vannak.

Kimutattam, hogy ha területi és ágazati információs rendszerek jóvoltából nagyobb adatmennyiség áll rendelkezésre, akkor szoros együttműködésre van szükség az adatnyerés és adatfeldolgozás egész területén a témát ismerő szakember és a térképész között. Jó néhány tudományterület képviselői számára elengedhetetlen bizonyos objektumok, folyamatok térbeli és/vagy időbeli jellemzőinek rögzítése, illetve ezen adatok elemzése, felhasználása. Általános, hogy ezeket az adatokat valamilyen többdimenziós vonatkoztatási rendszerben tüntetik fel. Az ilyen adat-reprezentációk legelterjedtebb formája a térkép; ami térbeli elemek konvencionális kódokkal rögzített és megjelenített együttese. Az együttműködés főképpen a szakadatok tárolásától (tárgymodell) az adatok térképészeti feldolgozásáig (térképészeti modell) terjedő munkaszakaszra vonatkozik, de az eszközök, programok és módszerek együttesét átfogó rendszertől függően ezt megelőzően, illetve ezután is szükség van közös egyeztetésekre.

Kutatásaim szerint ez a szakemberek közti kapcsolatrendszer jelenti a digitális kartográfia humán vonatkozású informatikai alapjait.

Kimutattam, hogy az elmúlt két évtized gyökeres változásokat eredményezett a nagy terjedelmű, többdimenziós térképi adatrendszerek számítógépes tárolása, kezelése, elemzése és megjelenítése terén. Az input oldalon a digitalizáló tábláktól a szkennereken át a digitális fényképezésig és a GPS-vevőig, az output oldalon az írógépek működésén alapuló mátrixnyomatóktól a digitális fényképezés igényeit kielégítő printerekig tart a technikai fejlődés. Ma már számos tudományos intézetben, termelő cégnél, illetve igazgatási feladatokat ellátó intézménynél rutinszerűen használnak térképi alapú információs rendszereket.

Az igények és a lehetőségek vizsgálata alapján meghatároztam ezek alapvető és közös hardver és szoftver jellemzőit, és azt, hogy az alábbi komponensekkel kell rendelkezniük:

- adatbeviteli (input) alrendszerrel, amely rögzíti és feldolgozza a hagyományos térképekről, távérzékelte adatokból nyert információkat;
- adattárolási és visszakeresési alrendszerrel, amely olyan formában szervezi a térbeli adatokat, hogy azok tetszőleges mélységű és folyamatos elemzés számára hozzáférhetőek legyenek, illetve gyorsan és pontosan legyenek korrigálhatók, felújíthatók;
- adatelemző alrendszerrel, amely különböző paraméterek szerint statisztikai számításokat, becsléseket tud végrehajtani, illetve adott szabályok szerint képes az adatokat transzformálni, összevonni, szűrni – úgy is mondhatjuk, hogy generalizálni –, és így modellezésre is alkalmas;
- adatmegjelenítő alrendszerrel, amely az eredeti, vagy feldolgozott adatrendszert, annak egy részét képes megjeleníteni térképi, vagy táblázatos-grafikus formában.

Bebizonyítottam, hogy számos önálló, a fenti alrendszerek funkcióit ellátó rendszer létezik. Nem tekinthető azonban térképi output orientált információs rendszernek egy intelligens digitalizáló berendezés vagy a széles körben elterjedt szkennerek sem és ugyancsak nem ilyen rendszerek a különböző grafikai programcsomagok sem. Egy térképészeti információs rendszernek mind a négy funkciócsoportban hatékonyan kell üzemelnie; következésképpen egy jól működő alrendszerhez néhány

alacsonyabb hatásfokú másik csatlakoztatása még nem jelenti e kritériumok kielégítését.

A térképészeti feladatok annyira sokrétűek, hogy ezek megoldásához sokféle program használatára lehet szükség. Kutatásaim szerint a térképészetre és -készítésre az alábbi típusú szoftverek alkalmazása terjedt el a kartográfia szakterületén:

- általános célú grafikus szoftverek;
- speciális térképészeti szoftverek;
- műszaki tervező (CAD, computer aided design) szoftverek;
- térinformatikai (GIS, geographical information system) szoftverek;
- egyszerű desktop mapping szoftverek.

A kartográfiai igények sokfélesége miatt nehéz megtalálni az ideális kompromisszumot. Vizsgálataim bizonyítják, hogy hosszú távon mindenképpen az adatbázis alapú, térinformatikai háttérű megoldás fog elterjedni, legalábbis a tematikus térképek területén. Az általános térképek esetén gyakorlatilag nincsenek olyan igények, amelyek a földmérés, a topográfiai és a földrajzi térképek egyidejű előállítására vonatkoznak, az ilyen térképeket más-más intézmények elégítik ki.

A kutatásaim eredményeként kialakított fenti csoportosítás hosszú távra is érvényesnek tűnik, jelentősége főleg a térképészeti számára fontos, akik ez alapján stratégiai döntéseket hozhatnak intézetük, cégük szoftverfejlesztésével kapcsolatban jó példát mutatva az elméleti kutatások gyakorlati hasznosításában.

Az asztali kiadványszerkesztés (DTP) szerepét az output orientált digitális kartográfia kialakulásában nem lehet eléggé kihangsúlyozni. Az 1984-ben megjelent Apple-McIntosh személyi számítógép sikeréhez az első személyi számítógépekre írt DTP szoftver, a PageMaker is jelentősen hozzájárult. Ekkorra értek be a fejlesztések első eredményei: a Bézier-görbék, a Postscript nyelv és a lézernyomató.

Ezek a DTP-vel kapcsolatos kutatások nagyon fontosak a digitális kartográfia kifejlődésének megértése szempontjából. Napjainkban már nincs ilyen szoros kapcsolat a DTP és a digitális kartográfia fejlődése

között, de a nyolcvanas évek második felében és a kilencvenes évek elején ez a kapcsolat meghatározó jelentőségű volt a térképészek számára.

Elvégeztem a különféle számítógépes állományformátumok összefoglaló vizsgálatát és kartográfiai szempontból olyan következtetéseket vontam le ebből, melyek a gyakorlati térképszerkesztésben, térképkészítésben is hasznosíthatók.

A térképészetben és a térinformatikában fontosak a raszteres állományok (légifelvételek, úrfotók, szkennelt képek). A különféle professzionális jellegű igények kielégítésére a legalkalmasabb a TIFF formátum, mely platformfüggetlen szabványnak tekinthető mind a DTP, mind a CAD, mind a GIS területén. Az internet terjedésével újabb raszteres formátumok kerültek előtérbe, de ezek leginkább csak a webkartográfiában lényegesek.

A vektoros formátumok csoportosítása nem egyszerű feladat. Sokféle program eltérő céljaira, rendkívüli módon eltérő formátumokat fejlesztettek ki. Az általános célú grafikus programok kifinomult grafikai képességekkel rendelkeznek. A térinformatikai programok képesek az egyes térképi elemeket egy adatbázis elemeivel összekapcsolni. A CAD és építészeti programok sajátos elemekkel, objektumkönyvtárakkal dolgoznak. A DTP-programok lehetővé teszik szöveg és grafika tetszőlegesen bonyolult összekapcsolását, integrálását a tipográfiai szabályok figyelembe vételével. A szabványként használt vektoros formátumok (DXF, DGN) tulajdonképpen csak az egyes objektumok koordinátáit tartalmazzák, így csak az elemi geometria átvitelére képesek.

Mindkét alapvető formátum elemeit képesek tartalmazni a metafile formátumok, melyek így leginkább az általános célú grafikus programoknál fontosak. A digitális kartográfia és a DTP segítségével a Postscript formátum szabvánnyá vált, mára ez a legfontosabb output formátum még az informatika területén is.

A fentieknél lényegesen bonyolultabbak a térinformatikai szoftverek állományai, ahol általában egy térkép leírását, adatbázis kapcsolatait csak több állomány alkalmazásával lehet megoldani.

Kimutattam a számítógépes állományformátumok megismerésének fontosságát: egy kartográfus sokféle típusú állománnyal kénytelen dolgozni, illetve tevékenysége hatékonyságát jelentősen növelheti újabb formátumok alkalmazásával, illetve ismeretével.

3. Meghatároztam a számítógépes grafika keretei között a színek és megírások szerepét a digitális kartográfiában, kimutattam jelentőségük növekedését a felhasználói igények bővülésével

A térkép, mint minden grafikai termék – pusztán rajzi szempontból nézve – színes pontokból, vonalakból és felületekből áll. A színes pontokból, vonalakból, felületekből kialakított rajzi elemek meghatározott térbeli elrendezései és kombinációi révén jutunk el a térképi ábrázolás módszereihez, azaz az egyes objektumok helyzetét, minőségét és mennyiségét bemutató tipikus kartográfiai ábrázolásformákhoz. De a térképek sajátossága a szöveges információk semmilyen más grafikai termékhez nem hasonlatos alkalmazása.

Valamennyi kartográfiai kifejezési eszköz közül a szín a legfontosabb, de egyúttal ez a legnehezebben számszerűsíthető grafikai tényező.

A kartográfiában, mint minden más területen is, a színeket három egymástól független jellemző írja le:

- a szín maga, vagyis a megfelelő hullámhossz a spektrumban;
- a telítettség, vagyis a fehér és fekete rész aránya;
- a fényesség, vagyis az intenzitás, ami egyenlő a fényerővel, illetve visszaverő képességgel.

Kutatásaim szerint a színelmélet számára elsősorban a fizikai törvényszerűségek a meghatározók (hullámhossz stb.), a vizuális színérzetet mégis különféle és összességükben nem mérhető tényezők befolyásolják: a színfelületek nagysága, fényességük, telítettségük, a felületek egymáshoz viszonyított térképi elhelyezkedése, a papír minősége, a szürke vagy fekete háttértérkép (térképi alap) sűrűsége stb.

Kimutattam, hogy bár általában a térképkészítő kreatív felelőssége a színválasztás: a megfelelő színek alkalmazása alapvető fontosságú a térképi tartalom felfogása, helyes értelmezése szempontjából.

Igazoltam, hogy a színelmélet jól követhető térhódítása a szaktudományok terén a térképészetben – meglepő módon – csak részben érvényesült. Ennek oka, hogy míg a különféle „színfelhasználó” tudományágak

az additív színkeverést részesítik előnyben, addig a kartográfiában elsősorban a szubtraktív színkeverésnek van jelentősége.

Szintani vizsgálataim (HSB, RGB, CMYK, Lab megjelenítések, egyéb színrendszerek) gyakorlati és esztétikai megfontolásokból indultak ki. Kimutattam, hogy a szubtraktív színkeverésen kívül a kartográfiában hagyományosan meghatározó jelentőségű az ún. direktszínes nyomtatási módszer, ami napjainkban már szinte csak a kartográfiai célú nyomdatermékeknél van jelen. A direktszíneknek ez a tradicionális hatása a számítógépes térképszerkesztésben is kimutatható.

A színmetrika – amely a színek között egzakt értékvonatkozásokat kíván kialakítani – a színfajta, a telítettség és fényesség egyenlőségét illetően túlnyomóan vizuálisan meghatározott ítéleteken alapszik.

Az általam elvégzett színtesztekkel igazoltam a színek mélyreható pszichológiai jelentőségét, amely így jelentősen megnehezíti a színalkalmazások racionalitását. A térképek színhasználatát illetően előforduló eltérő ítéletek gyakran a térképolvasó színtévesztésére vezethetők vissza.

A digitális kartográfiában a térképi megírások lehetősége lényegében a desktop publishing (DTP) létrejöttével egyidős. A Postscript lapleíró nyelvvel együtt megjelentek az első vektoros betűtípusok is, melyek alapvető fontosságúak voltak a kialakuló desktop cartography, desktop mapping számára is. Ez tette lehetővé, hogy az egyes karakterek képei tetszőleges méretben – a térképen használt igen kis méretet is beleértve – jól olvashatók legyenek. A digitális kartográfia számára alapvető fontosságú annak biztosítása is, hogy az egyes nyelvek karakterei pontosan olyan formában jelenjenek meg, ahogy az egyes országokban használják, illetve nem latin betűs írások esetén megfelelő átírási lehetőséget nyújtson. A térinformatika, illetve a digitális térképek esetében ezt az alapvető feltételt a szoftverek jó része még csak részlegesen képes teljesíteni. A problémát célszerűen az operációs rendszer szintjén kell megoldani.

Vizsgálataim valószínűsítik, hogy a jövő ezen a területen a Unicode szabványé. Ennek segítségével 65536 (256^2) különféle karakter megadására nyílik lehetőség, így az írott nyelvekben használt összes karakter

egyértelműen kódolható, és reprodukálható akár egy szövegszerkesztő programban is. Bizonyító erejűnek tartom azt is, hogy a web alapformátumának tekinthető HTML formátum új változata már támogatja a Unicode használatát. Meggyőződésem, hogy a web népszerűsége, platformfüggetlensége és soknyelvűsége komoly indítást adhat a Unicode széles körben alkalmazott szabvánnyá válásához.

A végső lökést napjainkban a nem karakteralapú domain nevek bevezetése adja meg a Unicode még gyorsabb elterjedéséhez: az elkövetkező években az új internethasználók zöme a távol-keleti térségből fog kikerülni. Ez a lehetőség ugyan már néhány éve technikailag adott, de a felhasználói igények csak napjainkban váltak jelentőssé: néhány éven belül a nem latin betűs weboldalak száma meg fogja haladni a latin betűsöket, s erre mind hardveres, mind szoftveres oldalról fel kell készülni.

4. Bemutattam a webkartográfia kialakulását és értékeltem a fejlődési irányait, felvázoltam a szakterület előtt álló lehetőségeket

A kartográfiai kommunikáció leggyorsabban fejlődő szakterülete a 2000-es évek elején a webkartográfia, térképi információk internetes publikálása. A web új média; a térképek információközlő szerepe az internet közvetítésével is jól érvényesül, ráadásul a felhasználói igények is egyre jelentősebbek.

A webkartográfia gyors fejlődésében közrejátszó tényezők vizsgálatával bizonyítottam, hogy a szakterület nemcsak önmagában fog fejlődni, hanem más, „divatos” szakterületekkel együtt (térinformatika, GPS) olyan új területek kialakulásához is vezethet, melyek magára a kartográfiára is visszahatnak.

Kimutattam, hogy a web terjedésével megjelenő output orientált kartográfiai lehetőségek (technológiák) közül az alább négynek lesz hosszú távon is gyakorlati jelentősége:

- *Raszteres megoldások*
A web „kezdetekor” két raszteres állományformátum, a JPG és a GIF támogatása került be a webböngésző programokba, így ezek mára platformfüggetlen szabványnak tekinthetők.
Az internetes adatátvitel szempontjából előny a rendkívüli tömörség, amit azonban veszteséges tömörítési eljárással érnek el. Feltártam, hogy az informatika más területein is alkalmazott wavelet technológia (pl. MrSID formátum) olyan lehetőségeket kínál, hogy már most is jelentős mértékű a kartográfiai alkalmazása.
- *Egyszerű vektoros megoldások*
A vektoros formátum előnye, hogy a pontszerű, vonalas vagy felületi elemeket koordinátákkal írja le; így általában kevesebb információt kell a weben keresztül továbbítani, mintha raszteres képpel lenne dolgunk. Feltártam, hogy két, viszonylag könnyen kezelhető megoldás: a Macromedia SWF formátuma (Flash) és W3 Consortium nyílt SVG formátuma a kartográfusoknak is megfelelő lehetőségeket nyújt.

- *Térinformatika háttérű megoldások (térképszerverek)*
A vektoros térképek pont-vonal-felület jellegű, rétegekre bontott adatstruktúrája rendkívüli lehetőségeket nyújt: a felhasználó interaktív módon állíthat elő – elsősorban tematikus – térképet.
A térinformatikai megközelítés komplex megoldást nyújt az összes elterjedt szoftverkörnyezetben. A térinformatikai adatok és a web-szerver között a kéréseket speciális térképszerver program bonyolítja. Igazoltam, hogy professzionális szintű webes térkép publikálásához ezek a megoldások a legmegfelelőbbek. Napjainkban már minden fontosabb térinformatikai rendszerhez elkészült a webes publikáláshoz alkalmas térképszerver, illetve a bedolgozómodulok.
- *Vegyes megoldások*
Kimutattam, hogy szükséges olyan megoldások kifejlesztése is, amely mindkét állománystruktúrát egyenrangúan képes kezelni. Ez nem elsődrendű fontosságú igény más szakterületeken, de térinformatikai háttérű alkalmazásoknál gyakran előfordul vegyes adatstruktúra: pl. légifotók és vektoros alaptérkép. Érdekes módon a napjainkban legelterjedtebb két formátum (PDF, VRML) egyike sem térinformatikai háttérű, így térképészeti-térinformatikai alkalmazásuk is meglehetősen ritka egyelőre.

Kísérletet tettem a webkartográfia további fejlődésének felvázolására, de az internet még napjainkban is tartó folyamatos terjedése egyre újabb lehetőségeket fog hozni ezen a területen, olyan változásokat, amiket ma még talán elképzelni sem tudunk.

Az internet nemcsak a felhasználók számának növekedésével hat a webkartográfiára, elsődleges fontosságú az internet szerepe az új szabványok kialakulásában. Véleményem szerint néhány éven belül bizonyosan megszületnek az internet igényeinek megfelelően kialakított vektoros grafikai, illetve térinformatikai szabvány állományformátumok, ami óriási mértékben meg fogja növelni a webre kerülő térképek számát, s így a webkartográfiai kutatások is még fontosabbá válnak.

Az értekezés témájában 1995 óta megjelent fontosabb tudományos közlemények és egyéb munkák jegyzéke

Önálló szakkönyvek

1. **Zentai László:** Számítógéppel segített térképszerkesztés (digitális kartográfia)
Tempus SJEP 11191-96, Budapest-Karlsruhe, 1999. p. 211.
2. **Zentai László:** Számítógépes térképészet (A számítástechnika alkalmazása a térképészetben). egyetemi tankönyv
ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2000. p. 248. ISBN 963 463 317 X

Könyvrészletek

1. **Bernekné Ágnes (ed.) – Agg Zoltán – Farkas Péter – Izsák Éva – Juhász Erika – Kondorosi Ferenc – Körösi Mária – Nemes Nagy József – Rédei Mária – Sárfalvi Béla – Zentai László:** A globális világ politikai földrajza
Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002, p. 436

Tudományos cikkek

1. **Zentai László:** Digitális atlaszok, térképek
Földrajztanítás, 1995/1-2. pp. 37-39.
2. **Hídvégi Miklós – Zentai László:** Elektronikus Atlaszok
Földrajzi Közlemények CXIX/XLIII./kötet 1995., pp. 55-61.
3. **Zentai László:** Az információs világhálózat lehetőségei a térképészetben?
Térinformatika, 1996/3., pp. 19-22.
4. **Zentai László:** Az Internet földrajzi elterjedése
Geodézia és Kartográfia, 1996/12., pp. 34-35.
5. **Zentai László:** A térképészet lehetőségei a WWW-n
Geodézia és Kartográfia, 1997/3., pp. 25-29.
6. **Zentai László:** DTP a kartográfiában, a Desktop Mapmaking
Magyar Grafika, 1999/3. (XLIII. évfolyam), pp. 37-40.
7. **Zentai László:** Education and Training Commission Report
ICA Newsletter, 2000/June., pp. 10.
8. **Zentai László:** Mitől szép egy térkép?
Térinformatika, 2002/2., Szép magyar térkép 2001 melléklet, pp. 3.
9. **Zentai László:** Ahogy elkezdődött... Lajosforrás, az első magyar digitális térkép
In. **Klinghammer István (ed.):** Studia Cartologica 12
ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2002. pp. 141-145.

10. **Zentai László:** Webkartográfia
Geodézia és Kartográfia, 2002/5., pp. 17-21.
11. **Zentai László–Kubányi Csongor:** Topográfiai térképek a weben
Geodézia és Kartográfia, 2002/11., pp. 24-28.

Atlaszok

1. **Józan Péter–Remigijus Prokhorskas (ed.):** Atlas of leading and 'avoidable' causes of death in countries of Central and Eastern Europe
Hungarian Central Statistical Office Publishing House, Budapest, 1997, p. 323.
(390 térkép), ISBN 963 215 146 1
2. **Zentai László (ed.):** Magyarország közigazgatási atlasza 1914
Talma Könyvkiadó, Baja-Pécs, 2000, p. 197., (45 térképszelvény és további 12 térkép), ISBN 963 85683 2
3. **Zentai László (ed.):** A történelmi Magyarország atlasza és adattára 1914
Talma Könyvkiadó, Pécs, 2001, (45 térképszelvény és további 11 térkép), ISBN 963 85683 3 X

Atlaszokban, könyvekben megjelent térképek

1. **Zentai László et al:** A világ országai
Agát Kft., 1995, p. 237, (220 térkép), ISBN 963 85374 0 X
2. **Tardy János (ed.):** Magyarországi települések védett természeti értékei
Mezőgazda Kiadó, 1996, p. 663, (1067 térkép), ISBN 963 7362 13 4
3. **Lelkes György (ed.):** Magyar helységnevé-azonosító szótár
Talma Könyvkiadó, Baja, 1998, p. 936, (63 térkép), ISBN 963 85683 1 3
4. **János Tardy (ed.):** Conserving Hungary's Heritage (The National Parks and World Heritage Sites)
TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, 1999, p. 180, (35 térkép)
5. **Bernekné Ágnes–Bora Gyula–Nemerkényi Antal–Sárfalvi Béla:**
Társadalomföldrajz a szakközépiskolák számára
Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, p. 168 o., 2000, (41 térkép), ISBN 963 19 1148 9
6. **Bernekné Ágnes–Sárfalvi Béla:** Általános társadalomföldrajz a gimnáziumok számára
Nemzeti Tankönyvkiadó, 2002, 236 o., (79 térkép), ISBN 963 19 2072 0

Egyedi térképek

1. **Zentai László et al:** Radfahr-, Wander- und Reitwegekarte - Sankt Martin an der Raab, Minihof-Liebau, Neuhaus am Klausenbach, Mühlgraben in Naturpark Raab am Dreiländereck, 1:25000
Windisch-Minihof, 1997

2. **Zentai László et al:** Budapest (citymap for visitors), 1:15625
Kartext, Budapest, 1999
3. **Zentai László (ed.):** Salgótarján, 1:17500
Cartographia Kft., Budapest, 2000
4. **Zentai László et al:** Budapest közlekedési hálózata, 1:40000
Budapesti Közlekedési Vállalat Rt. Közönségszolgálat, Budapest, 2001

CD-ROM

1. **Zentai László:** A térképészet lehetőségei a www-n
In **Bakonyi Péter, Herdon Miklós (eds.):** Informatika a felsőoktatásban '96 -
Networkshop '96 (CD-ROM)
Debreceni Universitas, Debrecen, 1996., ISBN 963 0470 28 4
2. **Zentai László et al:** Mitteleuropa - Vienna, Praga, Budapest (CD-ROM)
Ulysse Mitteleuropa, Shendene & Moizzi Associati, Milano, 1999.
3. **Holger Fischer (ed. –Pápay Gyula–Anssi Halmesvirta–Paul Gradvohl–
László Zentai):** Multimediale Geschichte Ungarns und Finnlands auf CD-
ROM, Multimedia History of Hungary and Finland on CD-ROM
Institut für Finnougristik/Uralistik der Universität Hamburg, 2002.

Konferencia kiadványok

1. **Zentai László:** Orienteering maps toward 2000
In **Jacqueline M. Anderson, Ewa Krzywicka-Blum (eds.):** Proceedings of the
Joint Seminar on Maps for Special Users
Agricultural University of Wrocław, Wrocław, 1998. pp. 165-168.
2. **Zentai László:** Desktop mapping and GIS in the web era
In **V.S. Tikunov, G.V. Kalabin, T.D. Makarova (eds.):** Proceedings of
International Conference Intercarto 6
Russian Academy of Sciences, Kola Science Centre
Apatity, Russia 2000., Volume 1. pp. 65-68.
3. **Zentai László:** Internet: past, present, future
In **Vladimir S. Tikunov (ed.):** Proceedings of the Seminars on Developing the
ICA-CET Internet Cartography Course
held at Budapest (Hungary), February 4-5, 2000
and Apatity (Russia), August 22-24, 2000
Moscow State University, 2001, pp. 10-17.
4. **Zentai László:** Development of orienteering maps' standardization
In: Proceedings of the 20th International Cartographic Conference - Mapping
the 21st Century
Beijing (China), August 6-10, 2001, ISBN 7-5030-1018-5
Volume 4, pp. 2753-2759.