

UNGVÁRI ZSUZSANNA

Hogyan készítsünk jó térképet?

A térképi generalizálás automatizálása

A személyi számítógépek és néhány évvel később az internet széleskörű elterjedése nagy változásokat hozott a térképészetben is. Ma már az összes térképet számítógéppel készítenek; rengeteg közülük csak digitális formában jut el az olvasóhoz. Néhány esetben maga a felhasználó is közreműködhet a térképek elkészítésében, pl. az OpenStreetMap térképeinek adatgyűjtésében és szerkesztésében. Ezzel egyidejűleg megjelentek ingyenes grafikus és geoinformatikai szoftverek is, amelyeket bárki szabadon letölthet a webről. Előnyük, hogy a drága, magasabb képzettséget igénylő szoftverekkel szemben, használatuk gyorsabban elsajátítható, bővíti a felhasználó földrajzi-informatikai szemléletét, ezért az egyetemi szakoktatásban is gyakran alkalmazzák. Sajnos, ez az előny sok esetben a visszajára fordul: ugyanis a potenciális térképkészítők ismerik ugyan a szoftver funkcióit, képesek vele térképet szerkeszteni, de ezek térképész szemmel nézve sokszor hiányosak, vagy hibákat tartalmaznak. Ezek a hiányosságok halmozottan jelentkeznek a domborzatábrázolásnál a különböző méretarányokban. A továbbiakban bemutatom, hogyan lehet térképészetileg helyes, jól olvasható domborzati térképet készíteni. Ehhez különféle automatizálási módszereket is alkalmazok, amelyek felgyorsítják a térkép-szerkesztés folyamatát.

A térképi generalizálás és a méretarányok

„Egy-egy térkép maximális információ-mennyiségét a térkép befogadóképességének nevezik. A befogadóképesség korlátozottsága miatt nem lehet a teljes valóságot bemutatni. A térképen a megjeleníthető információk közül ki kell válogatni azokat, amelyek az adott térkép befogadóképessége mellett még ábrázolhatók, és ugyanakkor a legjellemzőbb ismereteket közvetítik a valóságról.”¹ Kis méretarányú térképekről kb. 1:200 000-nél kisebb méretarányú térképeknél beszélünk, ezek országrészeket, országokat, vagy ennél nagyobb területeket ábrázolnak.

1 Faragó–Gercsák–Horváth–Klighammer–Kovács–Pápay–Szeckerka: Térképészet és geoinformatika I. Szerk: Klighammer, Eötvös Kiadó, Budapest, 2010. 172. o.

A térképi domborzatábrázoláshoz használt alapanyagok az elmúlt években jelentősen megváltoztak, széleskörűvé vált az interneten ingyenesen hozzáférhető digitális domborzatmodellek (DEM), pl. SRTM², ETOPO1³ alkalmazása. Ezen modellekből gyorsan elkészíthető a térképek domborzatrajza: hipszometria (domborzatszínezés), summer (domborzatárnyékolás), szintvonalas ábrázolás. Ezek közvetlenül csak szűk méretaránytartományokban használhatóak jól, kisebb méretarányokban való alkalmazásukhoz generalizálás szükséges. A generalizálás automatizálását többféle algoritmussal is elvégezhajtuk, de az így kapott eredmény akkor jó, ha az hasonló a térképszerkesztő által kézzel rajzolt eredményhez.

Szintvonalas térképek készítése korábban

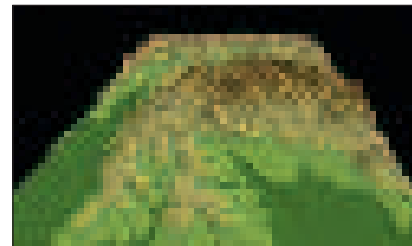
Az első ismert izovonalas térképi ábrázolást a XVI. században a holland származású Pieter Bruinss készítette el a Spaarne folyóról. Az izovonalak az azonos értékű pontokat összekötő görbéknek jelentik. Ha ezeket víz alatti mélységek ábrázolására használjuk, izobátoknak, tengerszint feletti magasságok esetén izohipszáknak, összefoglalva pedig szintvonalaknak nevezzük őket. Az első szárazföldi szintvonalas térkép 1791-ben jelent meg Franciaországban, Du Carla ötlete alapján Dupain-Triel készítette. A szintvonalas térképek elterjedésére azonban még bő száz évig várni kellett. Ekkora váltak a geodéziai műszerek és mérési módszerek megfelelően fejletté ahhoz, hogy nagymennyiségű magassági adatot tudjanak gyorsan és gazdasá-

2 SRTM: (NASA Shuttle Radar Topographic Mission). A Föld felszínének 80%-áról tartalmaz magassági adatokat. Az Endeavour űrsikló 11 napon keresztül szondázta a felszínt a sztereoradar-rendszere segítségével 2000 februárjában. Térbeli felbontása 90 m, vagyis egy vízszintes irányban szabályos rácsáló mentén ekkora távolságonként tartalmaz magassági adatokat. A modell csak a szárazföldről (helyenként a kontinentális shelf is) tartalmaz adatokat, a pólusok környéke, így az Antarktisz is kimaradt. Azokról a területekről nincs még adat, ahová a kamera nem látott be (főleg a magashegységek), ezeket később interpolációval pótolták.

3 ETOPO1: A teljes Föld felszínét, beleértve a tengerfenék domborzatát is ábrázolja. Egy olyan domborzatmodell, amelyet több forrásból, és különböző részletességű adatokból készítettek, homogenizáltak. Térbeli felbontása 2 km.

gosan előállítani. A robbanásszerű áttörést a felhasználói igények lassú változása is hátráltatta. Ezen térképek fő felhasználói a katonák voltak, akik a XVIII–XIX. században nem az abszolút tengerszint feletti magasságokra, hanem a terep meredekségére, járhatóságára voltak kíváncsiak. Ezeken a térképeken lejtőcsúszós ábrázolást használtak.

A szintvonalas ábrázolás során fontos a megfelelő szintvonalköz kiválasztása. A nagy méretarányú térképeknél, pl. turistatérkép, topográfiai térkép, általában egyenként választjuk ki a magasságokat pl. 20 méteres szintvonalközt. A kis méretarányú térképek esetén már figyelembe kell venni a felszín magasság-gyakoriságának eloszlását. A hagyományoknak megfelelően gyakran kerek értékeket is felhasználunk, pl. 100, 250, 500 m, de a méretarány, az ábrázolás részletesség-



1. ábra. A Mátra 3D-s ábrázolása domborzatárnyékolással és hipszometriával

gének és a terület jellegének függvényében választjuk ki a többi magasság, ill. mélység-vonal értéket. Azt a folyamatot, amely során kiválasztjuk a megfelelő magasságokat, vertikális generalizálásnak⁴ nevezzük.

A horizontális generalizálás során a szintvonalak futásirányú, vagyis rajzolatának egyszerűsítése történik.

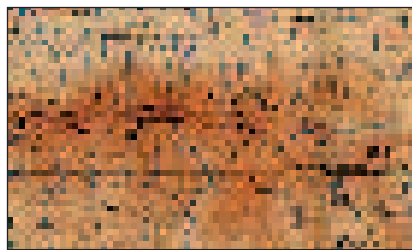
A számítógépes térképkészítés előtti időben a generalizálást több lépcsőben hajtották végre. Ha volt egy 1:100 000 méretarányú szintvonalas térkép, és a célméretarány 1:750 000 volt, el kellett készíteni a köztes méretarányokban is a térképeket, ugyanis egy lépésben ekkora mértékű egyszerűsítés nem kivitelezhető. Köztes méretarányokban elkészí-

4 Márton Mátyás: A világtenger kartográfus szemmel. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatikai Kar, Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék. Budapest, 2012. p. 112.

tették pl. a 1:200 000-es, és 1:500 000-es térképet is. Ez rengeteg emberi munkát igényelt. Azonban mára lehetővé vált ezeket a lépéseket kihagyni, felgyorsítani a folyamatot. Mindezt az automatizálási algoritmusok teszik lehetővé.

Szintvonalas térképek készítése ma: a legújabb eredmények

A legújabb kutatásaim alapján egy szintvonalas térkép elkészítését konkrét példa bemutatásával ismertetem. Mielőtt azonban belekezdtem volna a térkép megszerkesztésbe, meg kellett határozni a térkép célját, méretarányát, valamint ismernem kell az ábrázolt területet. Mintaként 1:1 200 000, Erdélyt bemutató szintvonalas és hipszometrikus ábrázolást együtt alkalmazó térkép elkészítését tűztem ki célul, amelyhez később vízrajz is rendelkez-

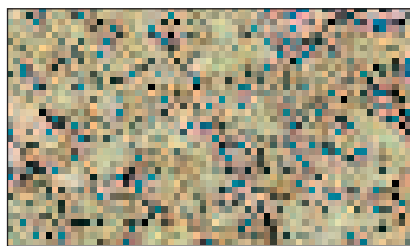


2. ábra. Hipszometriával kombinált szintvonalas ábrázolás az orosz nyelvű Atlas Mira-ban.

tő. Ahhoz, hogy szintvonalas térképet készítsünk, szükségünk van az egyik, már korábban bemutatott domborzatmodellre. Ezekből én az SRTM-et választottam. A DEM tartalmazza az egyes pontok koordinátáit és az ehhez tartozó magasságokat. Ezekből az adatokból a geoinformatikai szoftverekben⁵ lehetőség van szintvonalakat automatizáltan létrehozni. Ezek az algoritmusok már annyira fejlettek, hogy eredményükként megfelelő részletességű szintvonalrajz keletkezik. Ez a szintvonalrajz szolgál alapul a domborzati térképemhez. Mielőtt azonban bárhol is felhasználnám ezt az alapanyagot, meg kell határozni a méretarányát, illetve a digitális világban ezt adatsűrűségnek vagy felbontásnak is nevezük. A méretarányt gyakorlati úton határozom meg már meglévő topográfiai térképekkel való összehasonlítással. A digitalizált topográfiai térkép és a szintvonalak összevetése után, az SRTM-re megállapított legnagyobb méretarány 1:150 000. Ha az ebből generált szintvonalakat szeretném felhasználni pl. 1:50 000-es turistatérképhez, ennek részletessége nem elegendő, ezért a szintvonalak szögletesen jelennek meg rajta. A meghatározottnál kisebb méretarányban viszont jól használható alapanyagként.

⁵ Az általam vizsgált szoftverek: Global Mapper, ArcGIS, valamint az ingyenesen letölthető Quantum GIS.

A mintatérkép elkészítéséhez viszont már generalizálás szükséges, több okból is. A legfontosabb, hogy a túlzott részletesség, amely ebből az adatsorból keletkezik, olvashatatlaná, ezáltal használhatatlanná teszi a térképet. Másrészt még az erősebb számítógépek is nehezen kezelik ezt az adatmennyiséget ekkora területről.



3. ábra. Kék színnel az SRTM-ből térinformatikai szoftver segítségével generált szintvonal látható.

Jól követi az Egységes Országos Térképrendszert megjelenő szintvonalas ábrázolást. Főszintvonalak 20 méterenként

A második lépésben, a generalizálási algoritmusok segítségével, csökkentettem a szintvonalrajz részletességét. Ebben a szakaszban nagyságrendekkel csökken a térkép szerkesztésére fordított idő, és a generalizálás köztes



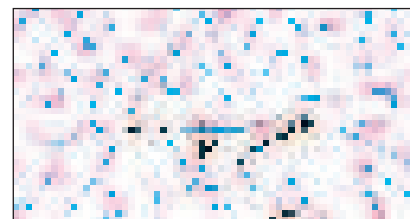
4. ábra. A térinformatikai szoftver segítségével DEM-ből generált szintvonalrajz, hipszometriával és summerrel kiegészítve

méretarányok használata nélkül, egy lépésben végrehajtható. Ezek az automatizálási algoritmusok az egyes vonalak geometriáját vizsgálják. Mindegyik algoritmus tartalmaz egy olyan paramétert, amely megváltoztatásával, az új vonal részletessége állítható. Ezáltal más-más méretarányú térképek keletkeznek.

Sokféle algoritmus létezik vonalak egyszerűsítésére, ezekkel a 1960-as évek végén kezdtek el először foglalkozni. Mára többet is beépítettek a geoinformatikai szoftverekbe. A vonalgeneralizálás folyamatát két részre bonthatjuk. Az egyszerűsítés a vonal töréspontjainak csökkentését jelenti; a simítás a törvonal görbétvé alakítását, vagy szögletességének csökkentését. Mindkét módszert külön-külön algoritmusokkal valósíthatjuk meg, s ezeket egy-egy példával mutatom be.

A vonal, idegen szóval polyline, töréspontjainak csökkentésére az egyik leg-

ismertebb algoritmus a Douglas–Peucker algoritmus⁶, amely nevét publikálóiól kapta 1973-ban. Először meg kell adnunk egy határértéket, amely a generalizálás mértékét is meghatározza. Ha ennél a vizsgált pont távolabb esik, megtartjuk, ha közelebb, a pontot töröljük. Az algoritmus mindig megkeresi azt a pontot, amelyik a polyline első és utolsó pontját összekötő képzeletbeli szakasztól a legtávolabb esik. Ha ez a távolság a határérték felett van, a pontot megtartja, ha kisebb törli a vizsgált i-edik pontot. Ebben az i pontban megfelelő a szakaszt. Majd a kezdőpont és az i-edik pont közti szakasztól a legtávolabb eső pontot (k) keresi meg, ennél vizsgálja a merőleges távolságot a határértékhez képest. Az algoritmus rekurzívan újrahívja önmagát

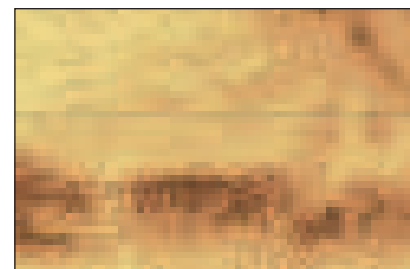


5. ábra. Törött izovonalak helyettesítése Bézier-görbével

mindaddig, amíg van olyan pont, amely a megadott határértéknél kisebb.

A vonalsimításra egy példa a törvonal görbékkel való helyettesítése. A görbék a képen látható esetben Bézier-görbék, amelyek harmadfokú polinomokkal írhatóak le. A Bézier-görbe egy szakaszának megadásához négy pontra van szükség, a kezdő és végpontjára, és két ún. kontrollpontra. A kontrollpontok a szakasz görbültség mértékét és

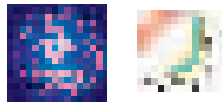
6. ábra. A Fogarasi-havasok 1:1 200 000 ábrázolása



irányultságát szabályozzák. Egy Bézier-görbe szakaszának a kezdő és a végpontja megegyezik a törtvonal azonos szakaszának kezdő és végpontjával. A kontrollpontokat a szomszédos töréspontok ismeretében számíthatjuk.

Az előbb ismertetett két módszer alkalmazásával készített térképet az aláb-

⁶ Douglas D.–Peucker T.: Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature. The Canadian Cartographer, Toronto, 1973. 10. évf. 2. szám, 112-122. o.

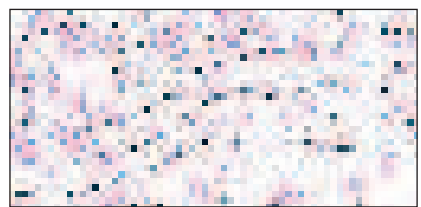


bi képek illusztrálják. A szintvonalrajzot gyakran kiegészíti hipszometria és/vagy domborzatárnyékolás is. Hipszometria hozzáadható egy grafikus vagy térinformatikai szoftverrel egyaránt. Generalizált domborzatárnyékolás ezzel a módszerrel nem nyerhető, ehhez a képszűrőket kell segítségül hívni.

A domborzatárnyékolás generalizálása

A summer generalizálása más szemléletet igényel. Ebben az esetben újra segítségül kell hívunk a DEM-modelleket. Ezeket úgy képzelhetjük el, mint egy digitális fényképet, csak az egyes rácspontokban RGB színek helyett magassági adatokat találunk. Ezeket a magassági adatokat kell simítani, hogy a kisebb egyenlőtlenségek eltűnjenek. Ehhez a digitális fényképek világából ismert képszűrőket hívtam segítségül. Ezek közül is a mediánszűrőt⁷ találtam a legalkalmasabbnak a feladatra. A mediánszűrő esetén egy $(2*k+1) \times (2*k+1)$ méretű kernelablak mozog végig a képen

(ahol $k=1,2,3...$). Kiveszi az alatta lévő „pixelekből” a magasságértékeket, átlagolja őket, és az új átlagot írja be a közép-ső pixel helyére. Az így kapott domborzatmodell felbontása megmarad, de a felszínről eltűnnek, vagyis kiegyenlítődnak a kisebb völgyek, kiemelkedések, amelyeket egy kis méretarányú térképen nem



7. ábra. Magenta színnel 1:200 000 méretarányú térkép szintvonalai, fekete színnel 1: 1 000 000-s térkép szintvonalai

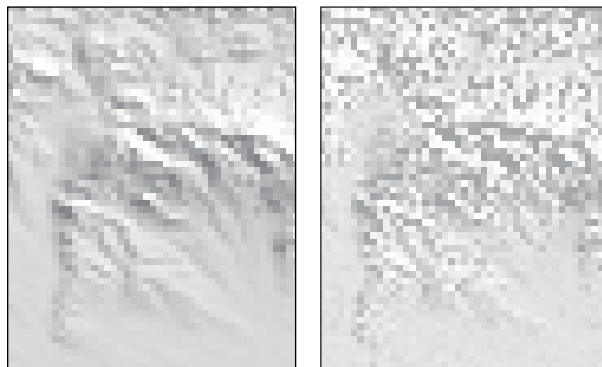
ábrázolunk. Ha erre az új domborzatmodellre generálunk szintvonalakat, látható, hogy szépen simítottá váltak, megjelenése hasonlít a kézi generalizáláshoz. Ezzel

együtt a szoftver által generált domborzatárnyékolás is simítottott.

Az új, kevésbé részletgazdag domborzatmodellen is létrehozhatóak szintvonalak. Ezek kellőképpen generalizáltak. A módszernek egy nagy hátránya van, amely a kiindulás és céltérkép nagy méretaránykülönbsége esetén már nem alkalmazható. Az átlagolás következményeként a kiemelkedések alacsonyabbá válnak, a szorosok is bezáródnak.

A többi térképi elem generalizálásáról dióhéjban

Az alábbi ábra a Mátra domborzatát bemutató árnyékolat térképkivágat méretará-



8. ábra a: 1:1 000 000 Mátra, domborzatárnyékolással; b: a méretarány megegyezik, de az adatsűrűség 1:250 000-s

nya 1:1 000 000 (8/a. ábra.). A summer az előbbieken ismertetett generalizálási módszerrel készült. Ha összehasonlítom ezt a térképet az eredeti, nem generalizált, csupán egymillióra kicsinyített kiindulási térképpel, látható, hogy a túl részletes ábrázolás felesleges, az egyes formák olvashatatlanok (8/b. ábra). Ezzel szemben a másik ábrán jól kivehetőek a Mátra fontosabb részei, gerincei.

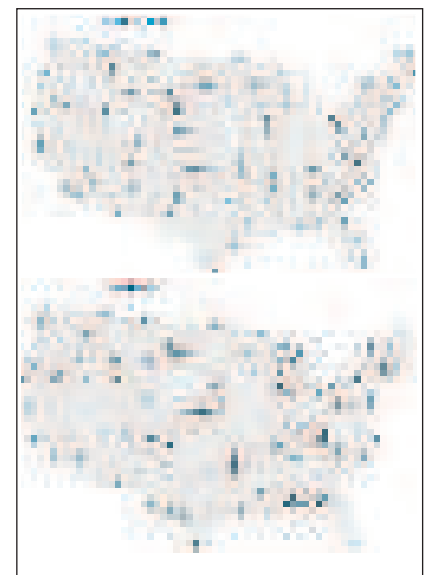
Egy térkép nem csak a domborzatrajzból áll. A többi térképi elem, pl. vízrajz, határok, beépítettség, névrajz generalizálása, illetve ezek automatizálása is nagy kihívás a térképész számára. Más-más szemléletet igényel a pontszerű, a vonalas, és a felületi elemek mértani egyszerűsítése, összevonása. Például a határrajzot, gondoljunk egy megyetérképre, poligonokkal (sokszögek) ábrázoljuk. Ezek a poligonok a határvonalakban érintkeznek. Ha egyenként generalizáljuk őket, előfordulhat, hogy az egyszerűsítés következményeként elveszítik hézag- és átfedésmentes csatlakozásukat, vagyis a topológiájuk megsérül. Ennek elkerülése érdekében, azoknak a pontoknak a helyzetét, ahol legalább három határvonal található, meg kell őrizni, a vonalegy-

szerűsítést pedig a köztes szakaszokon együtt kell végrehajtani.

A vízrajz esetén nem elegendő pusztán a vonalas elemek egyszerűsítését elvégeznünk. Ki kell válogatni az elemek közül, melyeket kívánjuk a térképen megjeleníteni, ezért ez a folyamat egyre több emberi beavatkozást igényel. A névrajz generalizálásánál is hasonló a helyzet. Adatbázis alapú térképezés esetén, az egyes elemeknél feltüntetjük, melyik nagyítási fokozatban, vagyis milyen méretarány-tartományban jelenjenek meg.

Összefoglalás

Az automatizált folyamatok jelentősen le rövidíthetők az egyes térképek elkészítésére fordított időt. Mielőtt azonban belevágnánk az automatizálásba, meg kell határozni, érdemes-e alkalmazni nem jár-e többletmunkával. Ki kell választani a megfelelő szoftvert és algoritmust, majd az eredménytérképen, ha szükséges, utómunkákat kell végezni. Egyelőre nincs olyan algoritmus, amely univerzálisan, minden térképi elemén egyaránt kielégi-



9. ábra. Az első térképen megfigyelhető, hogy a generalizálás következtében hézagok és átfedések keletkeztek. A második térkép topológia megőrző algoritmussal készült

tő generalizálási eredményt adna, de ezt nem is várhatjuk el. Minden algoritmusnak megvan a maga alkalmazási területe, ma ott tartunk, hogy léteznek olyan algoritmusok, amelyek eredménye hasonló ahhoz, mintha szakember kézzel végezte volna el a generalizálást. Térképészeti szempontból ezek használata ajánlott.

⁷ Elek István: A domborzati modellek és a mintavételi tétel I. és II. rész. Geodézia és Kartográfia 2004/10. pp. 21-24. és 2004/11. pp. 18-20.