

Dr. Pál Márton

Tematikus kartográfia: adatelemzés és -vizualizáció

**Jegyzet az ELTE térképész és geoinformatika mesterszakok
„Tematikus kartográfia” és „Tematikus adatok ábrázolása”
c. kurzusaihoz**

ELTE Informatikai Kar
Térképtudományi és
Geoinformatikai Intézet

Budapest, 2025.



Tartalom

Előszó	10
I. Bevezetés, fogalmi áttekintés	12
1. Térképtípusok a tartalom alapján.....	13
1.1 Általános térképek.....	13
1.2 Tematikus térképek	13
2. A tematikus térképek osztályozása a térképkészítés módja szerint.....	15
3. A tematikus térképek forrásai	16
3.1 Tematikus adatfelvétel.....	16
3.2 Adatgyűjtemények	16
3.3 A topográfiai térképek felhasználása tematikus térképek forrásaiként	17
4. A tematikus tartalom térképi alapja: a háttértérkép	18
4.1 Vegyes szempontok, tippek a háttértérképek elkészítéséhez	20
Felhasznált irodalom	22
II. A földrajzi jelenségek természete	23
1. Térbeli dimenzió	23
2. A térbeli jelenségek modelljei.....	26
3. Mérési skálák – így lesz a jelenségből adat.....	27
Felhasznált irodalom	29
III. A tematikus adatok	30
1. A térképi adatok általános csoportjai.....	30
1.1 Diszkrétum és kontinuum.....	31
1.2 Minőség és mennyiség.....	32
1.2.1 A kvantitatív adatok kapcsolata a diszkrétum-kontinuum csoporttal	32
1.3 Statika és dinamika.....	33
1.4 Eredeti és levezetett.....	33
2. Tematikus térképek fajtái az adatközlés alapján.....	34
3. A tematikus adatok megjelenítésének eszközei	34
3.1 Pont.....	35
3.2 Vonal.....	35
3.3 Felület	36

3.4 Jelek.....	37
3.5 Diagram.....	39
3.6 Névrajz	39
Felhasznált irodalom	40
IV. A vizuális változók szerepe	41
1. Kvantitatív jelenségek esetén használt változók	42
1.1 Mintázat	43
1.2 Méret.....	43
1.3 Perspektív magasság	43
1.4 Árnyalat, érték, telítettség (hue, lightness, saturation)	43
2. Kvalitatív jelenségek esetén használt változók.....	44
2.1 Irány és alak.....	45
2.2 Helyzet	45
2.3 Szín (árnyalat)	45
3. Kiegészítések a vizuális változók használatához	46
Felhasznált irodalom	47
V. Leíró statisztika.....	48
1. Alapfogalmak	48
2. Arányok kifejezése	49
3. Összegző statisztikák.....	50
3.1 Helyzetmutatók	51
3.2 Szóródásmutatók	52
3.3 Alakmutatók.....	54
4. Az eloszlásdiagram.....	56
Felhasznált irodalom	58
VI. Adatosztályozás	59
1. Egyenlő intervallumok (Equal Intervals)	61
2. Kvantilis (Quantiles).....	65
3. Átlag-szórás (Mean-Standard Deviation).....	66
4. Természetes törések (Natural Breaks).....	68
5. Optimális (Optimal).....	68
5.1 A Jenks-Caspall algoritmus.....	69
5.2 A Fisher-Jenks algoritmus	70

5.3 Az optimális módszer előnyei és hátrányai.....	73
6. „Fej/farok” törések („Head/tail” breaks)	75
7. Tippek a megfelelő módszer kiválasztásához	77
Felhasznált irodalom	80
VII. Vetületválasztási szempontok	81
1. Pearson vetületválasztási elvei.....	82
2. Robinson elvei	82
3. Snyder rendszere.....	83
3.1 Vetületek a világ térképezésére	84
3.2 Vetületek egy félgömb térképezésére	86
3.3 Vetületek kontinensek, óceánok, kisebb területek ábrázolására.....	86
3.4 Különleges követelmények vetületei	87
4. Szempontok az ábrázolási módszer függvényében.....	87
5. Példák	88
Felhasznált irodalom	92
VIII. A tematikus kartográfia története	93
1. Korai „tematikus térképek”	95
2. Természettudományos térképek.....	97
2. Társadalmi témák térképezése	102
3. Epizódok a 20. századi fejlődésből	107
4. Raisz Ervin	108
5. Fejezetek a magyar tematikus kartográfiában	111
Felhasznált irodalom	114
IX. A jelmódszer	115
1. A jelmódszer fogalma.....	116
2. Megfelelő adatok kiválasztása	117
3. A jelek típusai	120
4. Folyamatos jelábrázolás	122
4.1 Matematikai jelméretarány	122
4.2 Perceptuális (érzékelési) jelméretarány	123
5. Fokozatos jelábrázolás.....	124
6. Az értékegységjeles ábrázolás.....	125
7. A jelmagyarázat.....	127
8. A jelek átfedése.....	129

Felhasznált irodalom	131
X. A felületmódszer.....	132
1. A felületmódszer fogalma, ábrázolási módjai	132
1.1 Pontos területábrázolás.....	133
1.2 Vázlatos területábrázolás.....	134
2. A felületek generalizálása	135
Felhasznált irodalom	136
XI. A pontmódszer	137
1. A pontmódszer fogalma	138
2. Kiegészítő tulajdonságok	139
2.1 Korlátozó tulajdonságok.....	140
2.2 Kapcsolódó tulajdonságok	140
3. Pontméret és értékegység választása	141
4. Pontelhelyezés manuálisan és digitálisan	143
5. Jelmagyarázat	145
8. Értékegységpontok – fokozatos pontábrázolás	146
Felhasznált irodalom	148
XII. A kartogrammódszer	149
1. A kartogrammódszer fogalma	150
2. Levezetett vagy standardizált adatok	153
3. Színskála választása felületkartogramokhoz	155
4.1 Az adatok polaritása	155
4.2 Megkülönböztethető színek	158
4.3 Szimultán kontraszt.....	158
4.4 Térképhasználati feladatok	159
4.5 Színasszociációk.....	159
4.6 A térképolvasó életkora	160
4.7 Pénzügyi korlátozások, vásárlói igények	160
4.8 Esztétikum	160
5. Folyamatos és fokozatos felületkartogramok	161
6. Jelmagyarázat	161
7. Megvilágított felületkartogramok	163
8. Dazimetrikus térképek	164
8.1 A kiegészítő információ fontossága	165

9. Nyaklántérképek	168
Felhasznált irodalom	170
XIII. A diagrammódszer	171
1. A diagrammódszer fogalma	172
2. Helyzethű diagramok	174
3. Kartodiagramok	175
Felhasznált irodalom	177
XIV. Az izovonalmódszer	178
1. Definíció	180
2. Megfelelő adatok kiválasztása	181
3. Megjelenítési lehetőségek	184
3.1 Izovonalas ábrázolás	184
3.2 Rétegszínezéssel kiegészült izovonalas ábrázolás	185
3.3 Hálós térképek	185
3.4 Ábrázolás folyamatos színtónusokkal	186
Felhasznált irodalom	188
XV. A mozgásvonalak módszere	189
1. Definíció	191
2. A mozgásvonalas térképek alaptípusai	193
2.1 Vázlatos térképek	193
2.2 Útvonalalapú térképek	193
2.3 Folyamatos térképek	194
3. Javaslatok mozgásvonalas térképek készítéséhez	195
4. Waldo Tobler szerepe	196
5. Néhány digitális példa	198
Felhasznált irodalom	199
XVI. Összetett ábrázolások	200
1. Kétváltozós tematikus térképezés	201
1.1 Felületkartogramok adatainak összevetése	201
1.2 Különböző ábrázolási módszerek adatainak összevetése	203
1.3 Két időpillanat adatainak összevetése	204
1.4 Kétváltozós felületkartogramok	204
1.5 Egyéb kétváltozós lehetőségek	209

2. Többváltozós tematikus térképezés	212
2.1 Háromváltozós felületkartogramok	213
2.2 Többváltozós pontszórástérképek.....	213
2.2 Többváltozós jelek	214
3. Torzított kartogramok	218
3.1 A területegységek alakját megőrző módszerek.....	220
3.2 A területegységek alakját nem megőrző módszerek.....	223
Felhasznált irodalom	228
XVII. Térképi animációk.....	230
1. Definíció	231
2. A térképi animációk típusai	233
2.1 Temporális animációk.....	233
2.2 Nem temporális animációk	234
2.3 Interaktív és előre renderelt animációk.....	236
3. A térképanimációk történeti fejlődése	236
4. Az animált térképek tervezésének alapelvei.....	238
4.1 Vizualis változók az animációban.....	239
4.2 Változástípusok és az animáció fókusza	240
4.3 Kognitív szempontok és kihívások	241
5. Eszközök és technikák térképanimációk készítéséhez	242
5.1 Animáció ArcGIS rendszerben	242
5.2 Animáció a QGIS-ben.....	244
6. Animációk és a 3D tér – a tér-idő kocka	245
7. Példák	247
Felhasznált irodalom	249
XVIII. Adatfeltárás	250
1. Az adatfeltárás céljai.....	251
2. Az adatfeltárás módszerei	252
3. Néhány példa	258
3.1 ViewExposed – sérülékenység vizualizálása Norvégiában.....	258
3.2 Tableau – interaktív adatvizualizáció (Bigfoot esettanulmány)	258
3.3 Hazai példa: Magyarország Nemzeti Atlasza (elektronikus verzió)	259
Felhasznált irodalom	260

XIX. A média és a propaganda térképei.....	261
1. Történeti áttekintés	262
2. Térképek a digitális és online médiában	266
3. Térképek a hírközlésben és a véleményformálásban.....	267
4. Propagandatérképek: térképes politikai manipuláció	270
4.1 Történelmi példák – háborús propagandatérképek	271
4.2 A hidegháború és a modern kor propagandatérképei	275
4.4 Kortárs jelenségek és a propaganda finomabb formái	278
Felhasznált irodalom	281
XX. Szerkesztési hibák	282
1. Gyakori hibák és torzítások a tematikus térképeken.....	282
1.1 Helytelen adatok vagy hibás adathasználat	283
1.2 Nyers adatértékek térképezése levezetés, standardizálás nélkül	283
1.3 Rossz osztályközű beosztás (klasszifikációs torzítás)	284
1.3 Nem megfelelő színskála használata	284
1.4 Nem megfelelő szimbólumok és grafikus elemek	285
1.5 Hiányzó vagy félrevezető jelmagyarázat, forrás.....	285
1.6 Nem megfelelő vetület alkalmazása	285
2. A hibák felismerése – kritikus térképolfvasás.....	286
3. Néhány könnyen észrevehető, mulatságos hiba	289
Felhasznált irodalom	296
XXI. Geovizuális elemzés	297
1. Fejlődéstörténet és módszertan.....	299
2. Elemző algoritmusok.....	300
2.1 Térbeliesítés: főkomponens-analízis (Prime Component Analysis – PCA) .	300
2.2 Csoportosítás: önszervező térképek (Self-Organizing Maps – SOM)	303
3. Statikus és interaktív elemek szerepe.....	305
4. Geovizuális elemzés a döntéstámogatásban.....	306
5. Példák és esettanulmányok	308
Felhasznált irodalom	312
XXII. Földtudományos térképek	313
Emil Meynen osztályozása	314
Felhasznált irodalom	323

XXIII. A virtuális valóság szerepe.....	324
1. Bevezetés a VR/AR fogalmába és szerepébe.....	324
2. Technológiai háttér és főbb AR-megközelítések	326
3. Gyakorlati példák és esettanulmányok	329
4. Az MI szerepe a tematikus térképek értelmezésében.....	332
4.1 Jelenlegi lehetőségek és korlátok.....	332
4.2 Jövőbeli irányok és alkalmazások	333
Felhasznált irodalom	334
XXIV. Adatvezérelt és webes térképek	335
1. Bevezetés: térképkészítés programozással.....	335
2. Különböző megközelítések és eszközök áttekintése.....	336
2.1 D3.js – adatvezérelt dokumentumok a weben	336
2.2 Leaflet – egyszerű interaktív térképek JavaScriptben	337
2.3 Folium – Python és Leaflet integrációja.....	338
2.4 kepler.gl – nagy adatok interaktív vizualizációja egyszerűen	338
2.4 Egyéb említendő technológiák.....	340
Felhasznált irodalom	341

Előszó

A tematikus kartográfia a térképészet egyik legsokoldalúbb és leggyorsabban fejlődő területe. A 18–19. századi gyökerekig visszanyúló tudományág mára a térinformatika és a geovizualizáció elméleti és gyakorlati bázisává vált, amely elengedhetetlen a természeti és társadalmi jelenségek térbeli ábrázolásában, értelmezésében és kommunikációjában. A tematikus térképek nem csupán adatok hordozói, hanem olyan vizuális eszközök is, amelyek képesek komplex összefüggések közvetítésére – legyen szó népességmozgásról, környezeti hatásokról, gazdasági tevékenységekről vagy éppen földtani képződményekről.

A jegyzet célja, hogy a mesterképzésben részt vevő térképész és geoinformatikus hallgatók számára szakszerű, ugyanakkor didaktikusan strukturált tananyagot biztosítson, amely összefoglalja a tematikus térképezéshez szükséges fogalmi, módszertani és technológiai tudásanyagot. A tartalom kialakítása során arra törekedtünk, hogy a hallgatók ne csak az egyes ábrázolási módszerekkel, hanem azok tudományos hátterével, történeti fejlődésével és gyakorlati alkalmazási lehetőségeivel is megismerkedjenek. A fejezetek felépítése, az elméleti magyarázatokat kiegészítő illusztrációk, térképrészletek és esettanulmányok mind a tananyag mélyebb megértését szolgálják.

Fontos hangsúlyoznunk, hogy a tematikus kartográfia kutatástörténete szoros kapcsolatban áll a kartográfia általános fejlődésével. A történeti vizsgálatok azt mutatják, hogy az ábrázolási módszerek kialakulása és alkalmazása – noha több nemzeti és tudományos hagyományból táplálkozik – mégsem alkotott egységes kutatási narratívát. Max Eckert 1925-ben megjelent *Die Kartenwissenschaft* című műve, valamint Funkhouser 1939-es tanulmánya a grafikus statisztikai ábrázolásról meghatározó állomások, ám ezek elsősorban a német nyelvterület anyagaira építkeztek. A francia Jacques Bertin nevéhez fűződő grafikus szemiológia ugyanakkor új alapokra helyezte az ábrázolás értelmezését, különös tekintettel a vizuális változók szerepére. Az angolszász világban – különösen Arthur H. Robinson munkásságán keresztül – az 1950-es évektől kezdve bontakozott ki a tematikus térképezés szemléletformáló hatása, amely a digitális korszakban tovább erősödött az amerikai és kanadai térinformatikai kutatások révén.

Ez a jegyzet a fent vázolt nemzetközi hatásokra is reflektál: integrálja a német, francia és angolszász kartográfiai hagyományok elméleti és módszertani eredményeit, kiegészítve az utóbbi évek hazai és közép-európai gyakorlatával. A jegyzet nem csupán ismereteket közöl, hanem gondolkodásra, saját ábrázolási döntések kritikus értékelésére is ösztönöz.

A tananyag nagy terjedelme a szöveges rész mellett számos illusztrációt és tematikus térképet tartalmaz. Ezek egy része források alapján saját szerkesztésű, másik részük pedig a *Magyarország Nemzeti Atlaszának* új kiadásából származik. A digitális ábrázolási formák, a webes és interaktív térképkészítés, valamint a térképanimációk és adatvizualizációs eszközök tárgyalása különösen fontos kiegészítést jelentenek a tematikus kartográfia klasszikus módszertanának korszerű megértéséhez.

Reméljük, hogy e jegyzet nemcsak a hallgatók tanulmányait segíti, hanem hozzájárul a tematikus kartográfia hazai művelésének színvonalához és inspirációt nyújt a további kutatásokhoz és gyakorlati alkalmazásokhoz is.

A jegyzetet lektorálta: Dr. Zentai László, egyetemi tanár.

I. Bevezetés, fogalmi áttekintés

A tematikus térképek nagyon fontosak a térbeli adatokat használó tudományok adatábrázolásában. A földrajz sok területe, a területrendezés, és más szakágak modern művelése nem lehetséges tematikus térképek, adathalmazok és egyéb ábrázolások nélkül.

A jelenleg kiadott vagy nyomtatott térképek nagy része tematikus tartalommal is bír, ezért is fontos az ezekhez kapcsolódó stabil elméleti háttér. Többek között a médiatérképek is fontos szerepet játszanak napjainkban, habár ritkán tekintünk rájuk tematikus térképként.

A fejezetben általános betekintést nyerünk az általánosabb, helyzethűséget közvetítő térképek irányából a tematikus térképek csoportjába. Megismerkedünk az alapfogalmakkal, valamint azzal, hogy milyen jellegű adatokra épül a tematikus kartográfia. A gyakorlati kartográfiában igen fontos háttértérképek elkészítéséhez is kapunk szempontokat.

A fejezet legnagyobb részét Klinghammer István (szerk.): Térkészlet és geoinformatika I. kötetének kissé módosított, kiegészített kivonatát tartalmazza.

1. Térképtípusok a tartalom alapján

Tartalmuk alapján két típusba sorolhatjuk a térképeket: az általános térképek és a tematikus térképek csoportjába.

1.1 Általános térképek

Az általános földrajzi térképek a Föld felszínét abból a célból ábrázolják, hogy segítsenek a tájékozódásban, bizonyos objektumok, tárgyak, jelenségek helyzetének megállapításában. Az ábrázolás részletességétől függően az általános földrajzi térképek vagy topográfiai, vagy korográfiai térképek (görög eredetű szavak, topos = hely, choros = tér).

A topográfiai térképek hozzávetőlegesen az I: 500-1: 200 000 méretarányok közötti térképek (léteznek kisebb méretarányban is, de ezek használati módjai korlátozottak). Fő céljuk a térbeliséggel bíró terepelemek helyzetének egzakt ábrázolása, ezáltal a terepi tájékozódás segítése. A felszínt nagy részletességgel ábrázolják, és felmérési, valamint vetületi pontosságuk alapján lehetővé teszik a műszaki tervezést, az adatok más használatra történő rögzítését, valamint térképi számítások végzését.

A korográfiai térképek az 1: 200 000-nél kisebb méretarányú térképek, amelyek méretarányukból következően a térviszonyokat lényegesen egyszerűsítve ábrázolják (funkciójuk emiatt tér el a topográfiai térképektől). Míg a topográfiai térképeknél a nagyobb méretarányról a kisebbre való átmenetnél elsősorban az ábrázolt objektumok mennyiségét csökkentik, addig a korográfiai térképekre a táj földrajzi jellegének megérzésére törekvő minőségi válogatás a jellemző. A műszaki szemléletet a földrajzi váltja fel.

1.2 Tematikus térképek

Az általános térképek elemeit meghatározó módon a földfelszín arculatára vonatkozó, a tájékozódást segítő objektumok képezik. Ezzel szemben a tematikus térkép elemei a földfelszínre vonatkoztatható, térbeli elterjedést mutató természeti és társadalmi jelenségek belső tulajdonságait, szerkezetét és funkcióit mutatják be. Ezeket a jelenségeket hívjuk a térkép tematikus változóinak. A tematikus

térképeken az objektumokat és tényállásokat különböző tulajdonságaik megismerése céljából ábrázolják. A térképi alap az általános tájékozódást és a témának a földrajzi környezetbe illesztését szolgálja. Emiatt felépítését tekintve minden tematikus térkép a tulajdonképpeni tematikus ábrázolásból és a topo- vagy korográfiai térképi alapról áll. A tematikus térképek három fő célja:

- információ szolgáltatása térbeli objektumok, helyszínek tulajdonságairól,
- általános információ nyújtása térbeli mintázatokról,
- két vagy több térképen található minták összehasonlítása.

A topo- és korográfiai térképek sokirányú felhasználásával szemben a tematikus térképeknél többé-kevésbé korlátozott célkitűzés tapasztalható, azaz minden térképnek konkrét célja van. Ez abból fakad, hogy konkrét témákat, adatokat foglalunk térképrétegekbe, melyek egy bizonyos szakterületbe adnak betekintést. Ez azt is jelenti, hogy míg a topo- és korográfiai térképek viszonylag egységes jelleggel rendelkeznek, addig a tematikus térképeket az ábrázolási lehetőségek sokfélesége jellemzi. Mindezek ellenére (azaz nem egy-egy térkép esetében) a tematikus térképek feladatai részben hasonlóak a topográfiai térképekéhez. Szolgálják a tájékozódást (pl. navigációt segítő közlekedési térképek), az igazgatási és tervezési tevékenységet (mint adatgyűjtemények a különböző jellegű intézkedésekhez), sok tudományágban a kutatást és oktatást, és adatforrásai új térképek tervezésének.

Tematikus kartográfiának nevezzük a térképtudomány azon ágát, mely a földrajzi jellemzők különböző forrásból származó tulajdonságait, adatait saját megjelenítési rendszerével tárja a térképolvasó elé. A tematikus kartográfia tehát nem a térbeli objektumok helyzetére, hanem azok különböző tulajdonságainak bemutatására koncentrál.

2. A tematikus térképek osztályozása a térképkészítés módja szerint

A topográfiai térképeket viszonylag könnyen lehet létrehozásuk alapján alaptérképekre és levezetett térképekre osztani. A tematikus térképek esetén ez a felosztás már lényegesen bonyolultabb.

A tematikus alaptérképek (tehát az észlelésen, adatfelvételen alapuló tematikus adatokat közlő térképek) közé a közvetlen megfigyeléseket, észleléseket és méréseket ábrázoló térképeket sorolják. Ilyenek a nagyméretarányú, helyszíni felvételen alapuló térképek (pl. talaj- vagy geomorfológiai térkép), és az abszolút adatokat tartalmazó mennyiségi (kvantitatív) térképek (pl. időjárás-előrejelző állomások észlelési adatai). Ezeket a térképeket a szakirodalom elsődleges forrástérképeknek nevezi.

A besorolás bizonytalanná válik azokban az esetekben, amikor viszonylag kevés számú közvetlen mérési adat alapján szerkesztik az izovonalakat (pl. egyes időjárás-előrejelző térképeken). Összehasonlítva ezt például a szintvonalak fotogrammetriai úton történő kialakításával, itt a térképszerkesztő szubjektív befolyása összehasonlíthatatlanul nagyobb. Ezért joggal vethető fel a kérdés, vajon ezek az esetek még az alaptérképekhez számíthatók-e.

A második térképcsoportot a levezetett térképek, vagy a szakirodalomban gyakran használt néven a levezetett forrástérképek, illetve korografikus-tematikus térképek jelentik. Ez a csoport nemcsak azokat a térképeket foglalja magában, amelyek az alaptérképek generalizálása során jönnek létre (pl. a kisméretarányú geológiai térképek), hanem azokat is, amelyeknél a kiindulási adatokat a térképi feldolgozás előtt átalakítják (pl. csoportképzéssel), vagy azokból másodlagos, relatív adatokat tartalmazó adatokat (pl. népsűrűség) képeznek.

A szubjektív befolyás az értékcsoporthoz és a vonatkozási felületek képzése során, különösen a relatív adatokat tartalmazó kvantitatív térképek esetén, jelentős.

3. A tematikus térképek forrásai

A tematikus térképek sokaságának megfelelően a források is, amelyekből az ábrázolt adatokat merítik, sokrétűek. Általánosságban különbséget tesznek a tematikus adatok elsődleges gyűjtése, azaz a tematikus adatfelvételek és az olyan források értékelése között, amelyek már korábban összegyűjtött adatokat tartalmaznak, tehát adatgyűjtemények.

3.1 Tematikus adatfelvétel

A tematikus adatfelvételi tevékenység körébe azok a terepi mérések, műszeres megfigyelések és helyszíni adatfelvételek tartoznak, amelyek eredményeit a tematikus térképeken közvetlenül megjelenítik. A tematikus adatfelvételre példa a terepbejárás geológiai, geomorfológiai, talajtani és növénytakarosi térképezés céljából, a terepi helyszínen végzett gravimetriai, meteorológiai és vízállásmérések, az erdészeti állagfelvétel a vadállomány- vagy forgalomszámlálás.

A helyszíni adatfelvétel mellett számos szakterületen előtérbe került a légifényképekből történő kiértékelés, a légifénykép-interpretáció. Ez az eljárás számos földtudományi és agrártudományi szakterületen széleskörűen alkalmazható, mert jól kidolgozott interpretációs jelkulccsal rendelkezik (esetenként különleges szűrők, infravörös felvételek alkalmazásával), ami a légifotók részletes szakmai kiértékelését lehetővé teszi. A légifénykép-interpretáció gyakran olyan járulékos felismerésekhez vezet, amilyenek helyszíni felvétellel sem mindig észlelhetők.

3.2 Adatgyűjtemények

A folyamatos statisztikák rendszeres időközönként végrehajtott, meghatározott szakágazatra vagy közigazgatási egységre vonatkozó hivatalos adatfelvételek eredményéről tájékoztató időszakos kiadványok. Ilyenek a központi és megyei statisztikai hivatalok, a nagyobb városok polgármesteri hivatalai, a különféle területi vagy ágazati irányító szervezetek és szolgálatok, a nagyobb ipari és közüzemek, kutatóintézetek statisztikai kiadványai.

A különleges adatgyűjtemények a folyamatos statisztikai kiadványokkal ellentétben nagyobb időközönként vagy alkalmilag felmért, csak meghatározott témakörre vonatkozó, de éppen ezért igen sok részletet tartalmazó adatgyűjtemények. Például az ingázók számának megállapítása meghatározott vonzaskörzetekben.

A nyilvántartási adatok, például a telekkönyvek, a földnyilvántartás, a lakásbejelentések és az építési engedélyek nyilvántartása, bizonyos állapotábrázolások számára szolgáltatnak fontos információkat.

A térképeken fellelhető tematikus adatok gyakran feleslegessé teszik az újabb, teljes körű adatgyűjtést. A térképi adatok átvételénél azonban rendszerint méretarány-változtatást és ábrázolási átdolgozást, generalizálást kell végrehajtani. Meghatározott témák, például a mezőgazdasági művelés vagy a közlekedési időbeli változásának, fejlődésének bemutatásánál különös jelentőséggel bírnak a korábbi időkből származó térképek.

A szakirodalom, valamint a könyvtárakban és levéltárakban található történelmi iratanyag, megfelelő mérlegelés után, forrásként szolgál. A kritikus szemléletet az teszi szükségessé, hogy míg a térkép a felszín minden pontjára vonatkoztatva közöl információkat, addig a szöveges forrásanyag csak egyes kiemelt területekről nyújt adatokat, ezért kiegyensúlyozott tartalmú térkép szerkesztését rendszerint nem teszi lehetővé. Ez alól bizonyos tudományos-statisztikai kritikai szemléletet követve kivételt képezhetnek a történelmi tematikus térképek, melyek adatai régebbi korok folyamataiba, jelenségeibe engednek betekintést.

3.3 A topográfiai térképek felhasználása tematikus térképek forrásaiként

Annak lehetőségét vizsgálva, hogy napjaink topográfiai térképei milyen tematikus információkat szolgáltatnak, két dolgot kell figyelembe venni:

- a topográfiai térképek tartalma hosszú történelmi fejlődés során alakult ki, a katonai szempontok elsődleges érvényre juttatásával,
- a topográfiai térképek készítésénél az az alapelv érvényesül, hogy az általánost a speciális elé kell helyezni.

A topográfiai adatok általában az elemek külső megjelenésére és térbeli elrendezésére vonatkoznak, a tematikus adatok pedig elsősorban az elemek belső tulajdonságaira, szerkezetére és funkciójára utalnak.

A modern topográfiai térképművek a „tisztán topográfiai” információknál lényegesen többet tartalmaznak. A tematikus kiegészítések tipikus példái a közigazgatási határok, a helységnevek lakosságszámtól függő írásmóddal való jelölése és a közlekedési hálózat minősítése. Tisztán topográfiai térkép minden más adatot kizáró értelemben nem is létezik.

4. A tematikus tartalom térképi alapja: a háttértérkép

A térképi alap a tematikus adatok földrajzi kontextusba való helyezéséhez és a téma megértéséhez nyújt segítséget. Fontos, hogy a háttértérkép definíciója erősen eltér az alaptérkép (meghatározott vetületi rendszerű, tartalmú és adatminőségű, sokcélú felhasználást biztosító állami térkép) fogalmától! A készítés módja és a tartalom alapján három eset különböztethető meg:

1. A térképi alap a változatlan földrajzi térkép, amelyre csupán berajzolják vagy rányomtatják a tematikus tartalmat

Ez a megoldás két esetben alkalmazható kielégítően: a viszonylag ritka tartalmú pontszerű vagy vonalas tematikus ábrázolás esetén, és az elterjedést vagy a kiterjedést csak határvonallal jelölő térképeken. Az elsőre példa az előfordulási helyek térképe (igazgatási székhelyek, ipartelepek), a lelettérkép (halomsírok) és a turistatérkép (turistautak, kilátópontok), a másodikra az 1 : 10 000 méretarányú talajminősítési térkép, mint az 1 : 10 000-es topográfiai alaptérkép „felülnyomata”. A változatlan földrajzi térkép, mint munka- vagy előkészítő térkép, gyakran szolgál térképi alapul a tematikus térkép szerkesztési szakaszában is. A tematikus adatokat ugyanis ezeken a térképeken lehet a legkedvezőbben rögzíteni.

2. A térképi alap a földrajzi térkép vonalas elemeinek változatlan vagy kisebb méretű, halvány színű (rendszerint szürke) nyomata

Bizonyos síkrajzi vagy domborzati elemek, ha azok a téma szempontjából kevésbé lényegesek, sőt esetleg zavarhatják a tematikus tartalom megjelenítését,

elhagyhatók. Ilyen például a szintvonalak vagy a növényzet rajza az ipari vagy gazdasági tevékenységet bemutató térképeken. A változatlan vagy az egyes elemek elhagyásával nyert halvány színű térképi alapokat legtöbbször azokon a földtani, talaj- és növényzeti térképeken alkalmazzák, amelyek a témát erőteljes színfelületekkel fejezik ki. Az ilyen nyomatokat gyakran tematikus adatfelvételek munkatérképeként használják, melyből később, irodai munka eredményeképp készül el a konkrét tematikus térkép.

3. A térképi alap a tematikus ábrázolás céljára egyedileg szerkesztett

A tematikus térképek szempontjából ez a megoldás a legjobb, ugyanakkor a legköltségesebb is. A téma optimális megjelenítése ebben az esetben igényli, hogy a földrajzi térképi alap tartalmát a térképszerkesztő erősebben generalizálja, mint az azonos méretarányú földrajzi térképek kivitelezésénél szokásos. Az egyes síkrajzi elemek elhagyásán túl gyakran találkozunk például a közlekedési utak és a határok vonalvezetésének sematizálásával is. Kisebb mérvű generalizálást kell végrehajtani, ha a térképen nagyszámú tematikus adatot rögzítenek (térképjelek, felületek, vonalak, pontok). Vizsgálatok szerint a kartográfiai vonatkozási elemek kívánatos sűrűsége (egymástól mért távolságuk) a nagyméretarányú térképeknél 4–8 mm, a kisméretarányú térképeknél 3–6 mm.

Különböző tematikus térképek kiválasztásával részletesen megvizsgálták a korográfiai elemek mennyiségét és kombinációs lehetőségeit. A vizsgálat arra a következtetésre jutott, hogy a tematikus térképek túlnyomó többségénél a térképi alapoknak tartalmazniuk kell a legfontosabb településeket, a közlekedési utakat, a folyókat és a jellemző terepalakulatokat. Ettől a kartogram- és kartodiagramtérképek esetében el lehet térni, ahol a térképi alap többnyire csak a vonatkozási felületek határainak a feltüntetésére korlátozódik, esetleg néhány járulékos adattal (városok, folyók) kiegészítve.

Az azonos területek térbeli szerkezetét és sajátosságait különböző pontok szerint feldolgozó tematikus atlaszok egyes témáinak megjelenítéséhez a térképi alapok néhány típusát dolgozták ki:

- a tájékozódási térkép a természeti jelenségek (diszkrétumok és kontinuumok, valamint a térbeli változók) ábrázolásához a vízrajzot és a domborzatot tartalmazza,

- a tájékozódási helyzettérkép az egzakt helyzetű gazdasági jelenségek ábrázolásához a fontosabb településeket, utakat, vasutakat és a jelentősebb vízrajzi elemeket tartalmazza;
- a közigazgatási vagy mezőgazdasági üzemhatáros határtérkép az egzakt helyzet nélküli mennyiségi adatok ábrázolására szolgál.

4.1 Vegyes szempontok, tippek a háttértérképek elkészítéséhez

- Egy jól megtervezett háttértérképnek inkább ki kell egészítenie, mintsem elnyomnia az általa kiegészített tematikus rétegeket.
- Gyakran használunk lágy vagy halvány színeket a háttértérképekhez, hogy a tematikus elemek maradhassanak az elsődleges fókuszban.
- A műholdképek (némi grafikai feldolgozás, világosítás után) hatékony háttérként szolgálhatnak a földhasználat, növényzettel vagy katasztrófavédelemmel kapcsolatos témákhoz – nem nyomtatott környezetben.
- Számos térképplatform, például az ArcGIS Online és a Leaflet, többféle háttértérkép-stílust kínál, köztük világos, sötét, terep- és hibrid opciókat.
- Az átlátszósági beállítások és a rétegkeverési technikák segíthetnek a háttértérképek zökkenőmentes harmonizálásában a tematikus adatokkal.
- A háttértérkép méretarányának meg kell felelnie a bemutatásra kerülő tematikus információ méretarányának.
- Az összetett adatokat tartalmazó tematikus térképek számára gyakran előnyösek a minimalista alaptérképek, amelyek csak az alapvető földrajzi összefüggéseket biztosítják.
- A digitális környezetben megjelenő sötét témájú háttértérképek hasznosak az éjszakai, esti órákban történő térképnézegetéshez, illetve általánosságban a világos, nagy kontrasztú tematikus elemek kiemeléséhez.
- Biztosítani kell, hogy a háttértérkép ne torzítsa a térbeli viszonyokat, és ne vezesse félre a térképolvasókat – azaz megfelelő legyen a vetületválasztás.

- Az egyedi háttértérképek lehetővé teszik, hogy egyedi megjelenést tervezzünk, amely összhangban van a térkép általános témájával és céljával.
- A műholdas képeket és az úthálózatokat kombináló hibrid háttértérképek hasznosak a navigációs tematikus térképek számára – nem nyomtatott környezetben.

Felhasznált irodalom

Dent, B. D., Torguson, J. S., & Hodler, T. W. (2008). *Cartography: Thematic Map Design* (6th ed.). McGraw-Hill Education.

Klinghammer, I. (szerk.). (2010). *Térképészet és geoinformatika I.* Budapest: ELTE Eötvös Kiadó.

Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2020). *Cartography: Visualization of Geospatial Data* (4th ed.). Routledge.

Monmonier, M. (1996). *How to Lie with Maps* (2nd ed.). University of Chicago Press.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (4th ed.). CRC Press.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (6th ed.). Wiley.

II. A földrajzi jelenségek természete

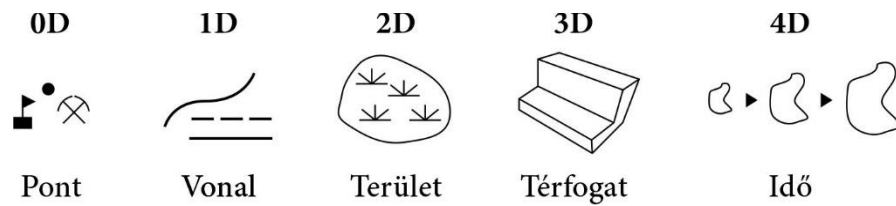
A fejezet célja, hogy kapcsolatot teremtsen a földrajzi térben értelmezhető jelenségek és a térképezéshez szükséges adatok között. Látni fogjuk az adatok természetének szempontjait, alapvető leíró statisztikai műveleteket, a különféle adattípusokhoz használható megjelenítési lehetőségeket és vizuális változókat, valamint az adatok osztályozására rendelkezésünkre álló eszközrendszert. A fejezet végére belátjuk, hogy a megfelelő tematikus térképezési módszerek kiválasztásához figyelembe kell venni:

- az alapul szolgáló jelenség természetét (pl. dimenzióját);
- a jelenség mérési skáláját (nominális, ordinális, intervallum vagy arány);
- és azt, hogy standardizáltuk-e a jelenséget reprezentáló adatkészletet, vagy éppen nyers adattal dolgozunk.

1. Térbeli dimenzió

A földrajzi jelenségek egyik megközelítési és értelmezési módja, hogy figyelembe vesszük kiterjedésüket, vagyis térbeli dimenziójukat. A térbeli dimenzió szempontjából 5+1-féle jelenséget vizsgálhatunk: pontszerű, lineáris,

területi, 2,5D (magasság), valódi 3D jelenségeket. A negyedik dimenzió már nem konkrétan a jelenségekhez, hanem azok változásához kapcsolódik (1.1. ábra).



1.1. ábra. A földrajzi jelenségek térbeli dimenziói.

A pontszerű jelenségekről feltételezzük, hogy nincs térbeli kiterjedésük, ezért „nulla dimenziósak” nevezzük őket. Példaként említhetjük az időjárás-állomásokat, az olajkutakat és a sasok fészkeinek helyét. A pontjelenségek helyét két- vagy háromdimenziós térben is meg lehet határozni; például az olajkutak helyét általában x és y koordinátapárokkal (hosszúsági és szélességi fok) határozzák meg, míg a sasok fészkelőhelyeit x , y és z koordinátákkal is le lehet írni (a z koordináta a fészkek magassága a földfelszín felett).

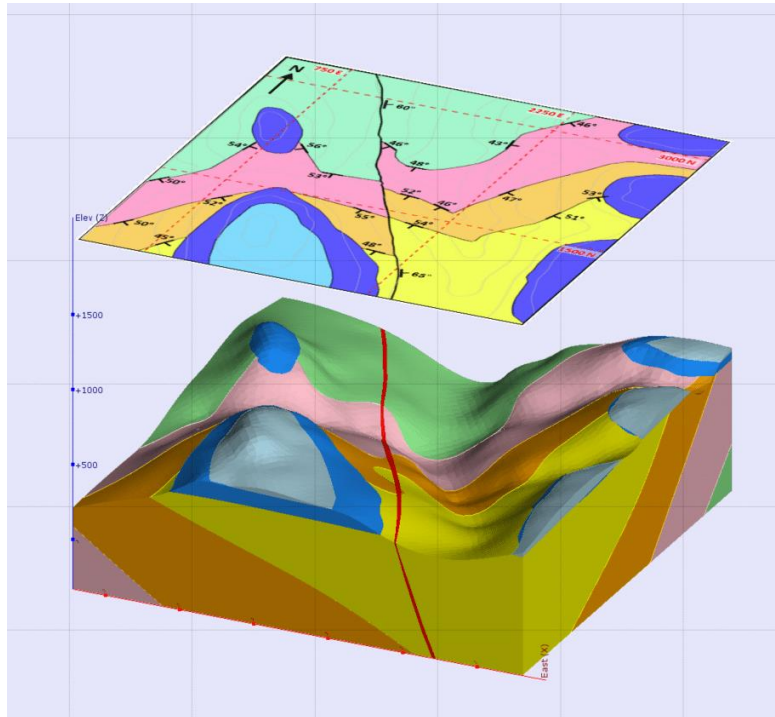
A lineáris jelenségek egydimenziós térbeli kiterjedésűek: hosszuk van, de nincs szélességük. Ilyen például az országhatár, vagy a különféle vándorlási útvonalak. A lineáris jelenségek helyét x és y koordináták zárt sorozataként határozzuk meg (kétdimenziós térben), vagy x , y és z koordináták zárt sorozataként (háromdimenziós térben).

A területi jelenségek kétdimenziós térbeli kiterjedésűek, hosszuk és szélességük egyaránt van. Erre példa lehet egy tó (ha 2D felszíni kiterjedésére összpontosítunk). A kétdimenziós térben a felületi jelenségeket olyan x és y koordináták sorozata határozza meg, amelyek teljesen körülölelik a régiót (a számítógépes rendszerek általában megkövetelik, hogy az első koordinátapár megegyezzen az utolsóval).

A 2,5D jelenségeket olyan felületként képzelhetjük el, amelyben a földrajzi elhelyezkedést az x és y koordinátapárok határozzák meg, és a jelenség értéke (z) a nullpont feletti magasság (vagy a nullpont alatti mélység). Talán a legkönnyebben érthető példa a tengerszint feletti magasság, ami a szárazföld felszínének nullpont feletti magassága. Elvontabb példa lehet az egy év során egy területre hulló csapadék; ebben az esetben a felszín feletti magasság az év során lehullott csapadék teljes mennyisége.

A valódi 3D jelenségek a 2,5D-hez képest többértékűek, mivel minden x és y helyhez több érték is társulhat. A valódi háromdimenziós jelenségek esetében

minden pont négy értékkel van megadva: egy x-koordináta, egy y-koordináta, egy z-koordináta (amely a tengerszint feletti magasság vagy a tengerszint alatti mélység) és a jelenség értéke. Vegyük például a szén-dioxid (CO_2) légköri koncentrációjának feltérképezését. A légkör bármely pontján meghatározható a földrajzi hosszúság, a szélesség, a tengerszint feletti magasság és a hozzá tartozó CO_2 -szint. A 2.2. ábra egy másik valódi háromdimenziós jelenséget szemléltet: a Föld felszíne alatti földtani felépítést.



2.2. ábra. 3D-s földtani modell – a háromdimenziós jelenséget nemcsak 2D térképen, de 3D modellen is tudjuk ábrázolni (forrás: seequent.com).

A negyedik dimenzió az idő: amennyiben egy háromdimenziós jelenséget az idő múlásának függvényében vizsgálunk, képet kapunk annak időbeli változásáról. Ez adja a dinamikus térképek alapját. Például, ha egy térrész légnyomását monitorozzuk, meteorológiai ismereteink felhasználásával képesek vagyunk bizonyos fokú előrejelzések alkotására. De ezen a megközelítésen alapszik a levegő szennyezettségének vizsgálata és megfigyelése, valamint a vizek tisztaságának vizsgálata.

Fontos felismerni, hogy a térképek méretaránya nagy szerepet játszik abban, hogy hogyan kezeljük egy jelenség térbeli dimenzióját. Például egy kisméretarányú térképen a településeket pontszerű jellel ábrázoljuk, de egy

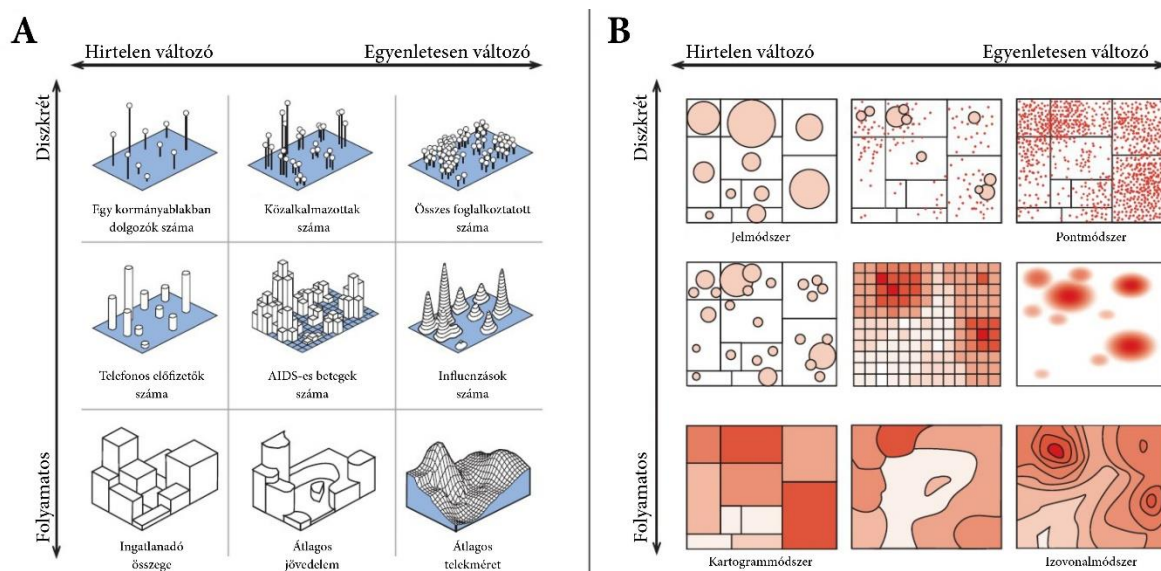
nagyméretarányú térképen az egyes épületek megjelenítésére is lehet mód. Hasonlóképpen, egy folyó egy kisméretarányú térképen lineáris jelenségnek tekinthető, de egy nagyméretarányú térképen a hangsúly a folyó által lefedett területre kerülhet.

2. A térbeli jelenségek modelljei

A térbeli dimenzió fogalma csak egy módja annak, hogy a földrajzi jelenségek elrendeződéséről, elhelyezkedéséről gondolkodjunk a valós világban. Egy másik megközelítés a földrajzi jelenségek diszkrét-folyamatos és hirtelen-egyenletesen változó skálák mentén történő elrendeződését vizsgálja.

- A diszkrét jelenségekről azt feltételezzük, hogy elkülönülten, meghatározott helyen fordulnak elő (köztük üres térrel). A településeken élő egyes emberek a diszkrét jelenségek példái; egy adott időpillanatra minden egyes ember számára meghatározható egy hely, az egyének közötti térrel.
- A folyamatos jelenségek egy adott földrajzi területegységen adatmentes rész nélkül fordulnak elő. A korábban bemutatott 2,5D jelenségekre vonatkozó példák szintén folyamatos jelenségeknek tekinthetők. Például a tengerszint feletti magasságot tekintve minden hosszúsági és szélességi foknak van egy tengerszint feletti vagy alatti értéke.

A diszkrét és folytonos jelenségek is leírhatók hirtelen vagy egyenletesen változó jelenséggént. A hirtelen változó jelenségek átmenet nélkül, míg az egyenletesen változó jelenségek fokozatosan, lépcsőzetesen váltanak értéket. Ez a fogalom a legkönnyebben a folytonos jelenségek esetében érthető. Egy ország választói szavazatainak száma hirtelen változó folyamatos jelenségnek tekinthető, mert bár minden egyes választási körzetnek van egy értéke, az egységek közötti határoknál hirtelen változások következnek be. Ezzel szemben a teljes csapadékmennyiség eloszlása egy év folyamán egy nedves régióban egyenletesen változó folytonos jelenségnek számít, mert nem várjuk, hogy az ilyen eloszlásban hirtelen szakadások, ugrások legyenek. A földrajzi jelenségek e két skála menti tagolását a 2.3. ábrán vizsgálhatjuk meg.



2.3. ábra. A térbeli jelenségek modelljei példákkal.

3. Mérési skálák – így lesz a jelenségből adat

Amikor egy földrajzi jelenséget mérnek egy adatsor létrehozása érdekében, általában az eredményül kapott adatokhoz kapcsolódó mérési szintről, skáláról beszélünk. Stanley Smith Stevens 1946-os tanulmánya alapján négy mérési skálát (osztályozási szintet) ismerünk – ezek a nominális, ordinális, intervallum és arány. Minden következő szint magában foglalja az előző szintek összes jellemzőjét.

A mérés nominális (névleges) szintje csoportosítást (vagy kategorizálást) tartalmaz, de ez nem egészül ki rendezéssel. A klasszikus példa a vallás, amelyben az egyének katolikus, protestáns, zsidó vagy egyéb felekezethez tartozóként azonosíthatók; itt az egyes vallási csoportok különbözőek, de egyik sem több vagy kevesebb vallási értékű, mint a másik. Egy másik példa a felszínborítottság: például a füves, erdei, városi, vízi és termőterületek különböznek egymástól, de egyik osztály sem több vagy kevesebb értékű, mint a másik.

A mérés második szintje, az ordinális, magában foglalja a kategorizálást és az adatok rendezését (vagy rangsorolását). Például egy geológus, akit arra kérnek, hogy adja meg 50 fúrási hely mindegyikénél az olaj megtalálásának valószínűségét, nem szívesen ad számszerű adatokat, de megadhatja, hogy az

egyes helyeknél alacsony, közepes vagy magas a potenciál. Itt három kategóriát (alacsony, közepes és magas) adunk meg, amelyek között egyértelmű sorrend van.

Az intervallumskála szerinti mérés magában foglalja az adatok sorrendbe állítását, valamint a két kategória közötti numerikus különbség leírását. Klasszikus példák erre a Fahrenheit és a Celsius hőmérsékleti skálák. Tekintsük a két különböző településen mért 20°C és 30°C hőmérsékleteket. Ez a két érték rendezett, és pontosan megmutatja a két város hőmérsékletértéke közötti numerikus különbséget. Az intervallumskálák egyik jellemzője a nullpont önkényes jellege. A Celsius-skála esetében a 0 a tiszta víz fagyáspontja, míg a ez a Fahrenheit-skálán mást jelent. Az önkényes nullpont következménye, hogy két intervallumérték arányát nem lehet helyesen értelmezni; például a 40°C számszerűen kétszerese a 20°C értékének, de nem kétszer olyan meleg (a molekulák mozgási energiája szempontjából). Az intervallumszintű adatok földrajzi példája a tengerszint feletti magasság, ahol az átlagos tengerszint megállapítása egy önkényes nullpontot jelent.

Az arányos mérési szint (arányskála) rendelkezik az intervallumszint összes jellemzőjével, valamint egy nem önkényes nullponttal. Folytatva a hőmérsékleti példát, a Kelvin-skála azért arányos, mert 0 K-nél a molekulák mozgása minimálisra csökken; így a 40 K hőmérséklet kétszer olyan meleg, mint a 20 K (a molekulák mozgási energiája szempontjából). Az arányos adatsorok gyakoribbak, mint az intervallumos adatsorok. Mivel számos megjelenítési módszer használható mind intervallum-, mind arányskálákkal, a mérés e két szintjét gyakran csoportosítjuk, és numerikus adatoknak nevezzük.

Felhasznált irodalom

Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Principles of Geographical Information Systems (2nd ed.). Oxford University Press.

Klinghammer, I. (szerk.). (2010). Térképészet és geoinformatika I. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó.

Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2020). Cartography: Visualization of Geospatial Data (4th ed.). Routledge.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). Geographic Information Science and Systems (4th ed.). Wiley.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). Thematic Cartography and Geovisualization (4th ed.). CRC Press.

Stevens, S. S. (1946). On the theory of scales of measurement. *Science*, 103(2684), 677–680. DOI: 10.1126/science.103.2684.677.

III. A tematikus adatok

Az előző fejezetekben megismerkedtünk azzal, hogy egy adott földrajzi jelenség miként válhat adattá: hogyan történhet egy jelenség mérése, hogyan képezhetünk a környezetben található bármely jelenség vagy objektum tulajdonságából kvalitatív vagy kvantitatív adatot. E jegyzetben három pillér mentén vizsgáljuk az objektumok tulajdonságait: 1) általános csoportokat alkotunk ezek alapján – meghatározzuk a tematikus adatok típusait; 2) megvizsgáljuk, hogy a térképi megjelenítés mely eszközei alkalmasak az adatcsoportok, tehát a tematikus változók megjelenítésére; 3) illetve a következő fejezetben meghatározzuk, hogy Bertin vizuális változói mely ábrázolástípus esetén milyen szerepet kapnak a tematikus kartográfiában.

1. A térképi adatok általános csoportjai

Mielőtt általános csoportokat képzünk, definiálnunk kell a különbséget az objektumok és az adatok között. A térképtudomány és geoinformatika számára objektumot jelent mindaz, ami kézzelfogható vagy absztrakt módon helyezkedik el földrajzi térben. Konkrét, érzékszervekkel tapasztalható objektum lehet egy épület, egy fa, vagy egy legelő, míg absztrakt objektum – amit érzékszerveinkkel egészében nem tapasztalhatunk meg – lehet például egy közigazgatási egység.

Az objektumok bármely tulajdonságát adatnak (attribútumnak) nevezzük. Az adatokat két főtípusra bonthatjuk: topográfiai (helyzeti) és tematikus adatra.

- A topográfiai adat az objektum konkrét helyzetére, alakjára, kiterjedésére utal – valamely terepen, a térben érzékelhető, mérhető tulajdonságát írja le. A topográfiai adatok felmérésén és térképezésén alapulnak a földmérési, topográfiai és általános földrajzi térképek (utóbbi kettő esetében már előfordul tematikus adat is a térképeken).
- A tematikus adat az objektum immanens, belső ismertetőjegyeit (mérés, meghatározás útján jutunk hozzá – valami hőmérséklete), vagy más objektumokkal való kapcsolatát írja le (összevetés, levezetés útján jutunk hozzá – népsűrűség, elvándorlás egyik országból a másikba).

Ezek ismeretében könnyen belátható, hogy minden objektum egyedi tulajdonságokkal, adatokkal rendelkezik. Alapvetően az emberek közti mindennapi kommunikáció sem teszi lehetővé, hogy minden tárgy, jelenség, vagy absztrakció kapcsán egyedi tulajdonságokban gondolkodjunk: csoportokat alkotunk. A térképész-geoinformatikus sem gondolkodhat minden esetben egyedi tulajdonságok ábrázolásában, hiszen ezt az emberi kapacitás és a rendelkezésre álló vizualizációs módszerek nem teszik lehetővé. Éppen ezért általános adatcsoportok alkotunk, melyek segítségével egyértelmű mintákba, sémákba csoportosítjuk adatainkat.

1.1 Diszkrétum és kontinuum

Az adatokat (és mint korábban láttuk, magukat az objektumokat is) geometriai tulajdonságaik alapján diszkrétumokra (diszkrét eloszlású) és kontinuumokra (folyamatos eloszlású) bonthatjuk.

A diszkrétumok a térben (tapasztalataink, méréseink és elemzéseink alapján) lehatárolhatók, meghatározott geometriai helyzetű térrészekre vonatkoznak. E lehatároláson belül értékük nem változik, állandóságot mutatnak. Ilyen adat például egy vármegye népsűrűsége (mely a vármegyén belül állandó, de a határon hirtelen megváltozik), vagy szükség szerint bármely mért adat, ha egy konkrét helyre vonatkoztatjuk (pl. tó átlagos sótartalma, egy adott település egészére vonatkoztatott hőmérsékleti érték). A diszkrétum ábrázolásához mindenképp szükséges tehát helymeghatározás, mely helyekre legtöbbször minőségi adatot

közlünk (de ahogyan a példákon keresztül láttuk, akár mennyiségi adatot is közölhetünk).

A kontinuumok, tehát a folyamatos eloszlású adatok egy adott térrészben, vagy akár a teljes térben (méréseink, elemzéseink révén) nem lehatárolhatók, az adatok értéke helytől függően állandóan változik. A folyamatos változás csak a numerikusan kifejezhető mennyiségi adatok sajátja. E csoportba tartozó adatokra példa a legtöbb térre vonatkoztatott földtudományos adat. A térképi ábrázolás legtöbbször izovonalas ábrázolással, felületkartogrammal vagy hőtérképes megjelenítéssel történik – pl. meteorológiai adatok esetében.

1.2 Minőség és mennyiség

E csoportosítás nem az objektumok elhelyezkedését, térbeli kapcsolatait, hanem belső ismertetőjegyeit közli.

A minőségi (kvalitatív) adatok egy objektum jellegére, tulajdonságára utalnak olyan módon, hogy segítségükkel az egyes objektumok között minőségi alapú különbséget tudunk tenni. Ilyen tematikus adat lehet például a tájtypus, földtani formáció vagy a vallás.

A mennyiségi adatok ezzel szemben az objektumok mérhető tulajdonságaira fókuszálnak: mennyiségükre, értékükre, sűrűségükre, intenzitásukra. Ekkor tehát nem minőségi, hanem mennyiségi alapú különbséget definiálunk.

Bizonyos adatok esetében nehéz különbséget tenni a kvalitatív vagy kvantitatív jelleg között (pl. különböző társadalmi-gazdasági indikátorok, földtudományos tematikák) – ebben a térképi ábrázolás tulajdonságai játszanak döntő szerepet.

1.2.1 A kvantitatív adatok kapcsolata a diszkrétum-kontinuum csoporttal

Felmerülhet a kérdés, hogy a mérhető, kvantitatív adatok diszkrét vagy folyamatos eloszlásúak-e. A kérdés megértéséhez először emlékezzünk vissza, hogy jelentős különbség van a jelenség-objektum és az adat definíciója között. Egy mennyiségi adat nyers formában legtöbb esetben diszkrét, viszont ezzel ellentétben a jelenség, aminek egy értékét mérjük, folyamatos. Az adatok feldolgozása, elemzése, valamint térképi megjelenítésre való előkészítése közben (pl. pontszerű mérésekből készítünk izovonalas, értékkategóriás felületi színezést) azonban az adat is kontinuummá válik.

Jó példa erre a legtöbb meteorológiai tematikus adat. A levegő hőmérséklete, mint jelenség a légkörben kontinuum, mert bármely térrészben meg tudjuk mérni. Viszont a hőmérsékleti adatra tekinthetünk diszkrétumként és kontinuumként is, attól függően, hogy a térképen milyen ábrázolást alkalmazunk. Ha pontszerű jelként ábrázolunk egy mért hőmérsékletet, az diszkrét adatnak minősül. Viszont, ha hőtérképes vagy értékfokozatos megjelenítést alkalmazunk – tehát nem csupán az eredeti, nyers adatot használjuk – az adat kontinuummá válik, mert az ábrázolt terület minden pontjában leolvashatunk egy értéket. Mindez annak ellenére, hogy természetesen nincs minden pontban mérésünk (azaz pontos adatunk), hanem interpoláció révén jutunk becsült értékekhez.

1.3 Statika és dinamika

Bizonyos idő elteltével minden objektum és jelenség megváltozik. Tehát az, hogy statikus vagy dinamikus adatról beszélünk, nem az objektumok természetéből fakad, hanem abból, hogy mit szeretnénk ábrázolni: pillanatnyi állapotot vagy a változás mértékét, ütemét. Az általános földrajzi térképek statikusak, hiszen a terep, a földrajzi tér térképszerkesztés pillanatában aktuális állapotát, adatait mutatják be. Sok tematikus térkép is ebbe a kategóriába sorolható (pl. népsűrűség, választási eredmények, hőmérséklet), de itt már sok dinamikát bemutató tematikával is találkozhatunk (pl. hóingás, tengeráramlások, népességvándorlás).

1.4 Eredeti és levezetett

Eredeti (vagy nyers, direkt, primer, abszolút) adatról akkor beszélünk, ha az a terepen érzékelhető, mérhető, és ezt jelenítjük meg a térképen.

A levezetett (másodlagos, szekunder) adat ezzel szemben közvetlenül nem észlelhető. Vagy több nyers adathoz viszonyítva köztük lévő összefüggéseket (pl. népsűrűség, anyagkoncentráció), vagy ezek térbeli-időbeli változását fejezik ki (pl. hóingás). Ezeket térben vagy időben relatív adatoknak is nevezzük.

2. Tematikus térképek fajtái az adatközlés alapján

Egy tematikus térkép olvasása, értelmezése annál bonyolultabb, minél összetettebb adatokat és ábrázolási módokat használunk. A tematikus adatok típusainak száma, valamint az adatok közötti kapcsolat alapján három térképtípust definiálhatunk: az analitikus, a komplex-analitikus és a szintetizáló tematikus térképeket.

Az analitikus térkép egy téma kizárólagos ábrázolását tartalmazza egy tematikus térképen belül. Ilyen lehet például egy hőmérséklettérkép vagy a nehéziparban dolgozó munkások száma.

A komplex-analitikus térkép ugyanazon kivágaton belül több tematikát is ábrázol, ám ezek között nincs szorosabb kapcsolat. Úgy is fogalmazhatunk, hogy több analitikus réteg jelenik meg egy térképen. Ennek a csoportnak megfelel például a fent említett nehézipari tematika, ha mellette még a gazdasági szempontból aktív népesség tulajdonságait is ábrázoljuk.

Szintetizáló térképet az analitikus és komplex-analitikus térképek adatainak összedolgozásával, levezetésével hozhatunk létre. Itt az ábrázolt térképrétegek között szoros kapcsolat áll fenn. Például megjeleníthetjük a nehéziparban dolgozók számának felületi ábrázolásán túl a bányákat, kohókat és erőműveket pontszerű jellel, valamint a nagyfeszültségű villamosenergia-hálózatot a feszültség értékének megfelelő vastagságú vonalas jelekkel.

3. A tematikus adatok megjelenítésének eszközei

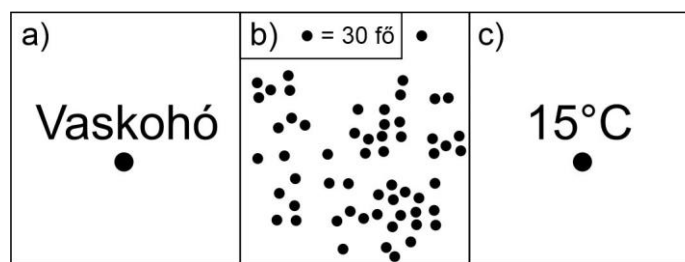
A jelenségek és adatok térbeli dimenzióiról már szó esett a jegyzetben. Az ábrázolás minden esetben grafikai elemekből áll, tehát adatainkat mindenképp rajzolható, megjeleníthető formába kell leképeznünk. Szigorúan értelmezve minden térkép pontokból, vonalakból és felületekből áll, ezek adják a 2D-s térképi ábrázolás alapját. A modern megjelenítőeszközöknek köszönhetően nemcsak legfeljebb a második dimenziót, hanem a harmadikat is tudjuk megjelenítésre használni. Így találkozhatunk különböző 3D-s térmodellekkel, objektummodellekkel is. Mégis a pont-vonal-felület elemcsoportból építhető fel

minden más, így a tematikus térképi ábrázolás összes többi grafikai eszköze is. Térképi grafikai szempontból tehát a következő rajzi objektumokat nem matematikailag, hanem grafikailag értelmezzük.

3.1 Pont

A pontot grafikai szempontból kis, kör alakú ábrázolásként értelmezhetjük. Pontokkal történő tematikus ábrázolás a következő pontszerű diszkrétumok esetén lehetséges:

- Ábrázolhatunk ponttal egyetlen objektumot (pontszerű diszkrétumot – pl. gyárat, hegycsúcsot, mérési helyszínt). Ekkor a pont valamely vizuális változóját vagy megírást használunk a minőségi vagy mennyiségi adat kifejezésére (3.1a. ábra).
- Több pont használata esetén kvantitatív adatot (pl. meghatározott számú objektumot, lakosságszámot – diszkrétumot) ábrázolunk úgy, hogy a pontokhoz numerikus érték társul (mennyiségi adat kifejezése). Minőségi adatot ebben az esetben színnel, megírással, kiegészítő jellel tudunk közölni (3.1b. ábra).
- Folyamatos jelenség adott helyen felvett értékét is tudjuk diszkrét adatként pontszerű jellel ábrázolni (pl. hőmérsékleti érték – 3.1c. ábra).



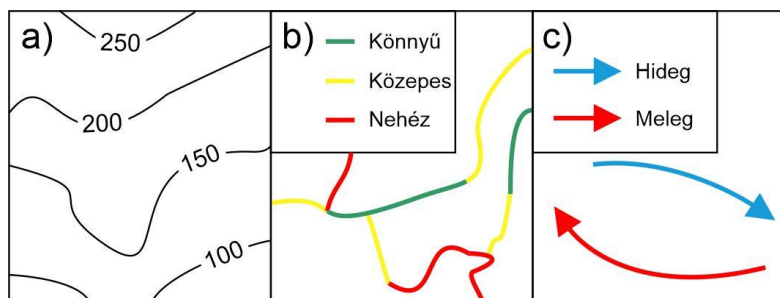
3.1. ábra. Ábrázolási lehetőségek pontokkal: a) Egyetlen objektum ábrázolása kiegészítő, minőségre vonatkozó megírással; b) Felületre vonatkoztatott diszkrétum (lakosság) pontszórással; c) Kontinuum adott helyen felvett értéke.

3.2 Vonal

Vonalas ábrázolással legtöbbször topográfiai adatok kapcsán találkozhatunk. Önmagukban tematikus adatot nem tud közölni, így mindenképpen valamilyen vizuális változó módosítását kell alkalmaznunk minőségi vagy mennyiségi adatok

közlésére. Mindkét adattípus esetén igaz, hogy alaprajzhű vagy alaprajzhoz hasonló ábrázolást alkalmazunk vonalak szerkesztésekor. Tematikus ábrázolásban a következő esetekben fordulnak elő:

- Kontinuumok azonos értékeit összekötő vonalként, azaz izovonalként, más néven értékvonalként. Ilyenek például az izovonalak: izotermák, izokrónok, izodisztánsok (3.2a. ábra).
- Valamely vonalas topográfiai adatra vonatkoztatott tematikus adat esetén. Ilyen eset például útvonalak forgalmának vonalvastagsággal történő jelzése, turistautak nehézségének jelölése, vagy a folyók vízhozamának ábrázolása (3.2b. ábra).
- Mozgásvonalak esetén. Ekkor a vonal vastagsága, a nyíl hegyének tulajdonságai, illetve a vonal színe fejezhet ki elsősorban (de nem kizárólag) mennyiségi adatot (3.2c. ábra).



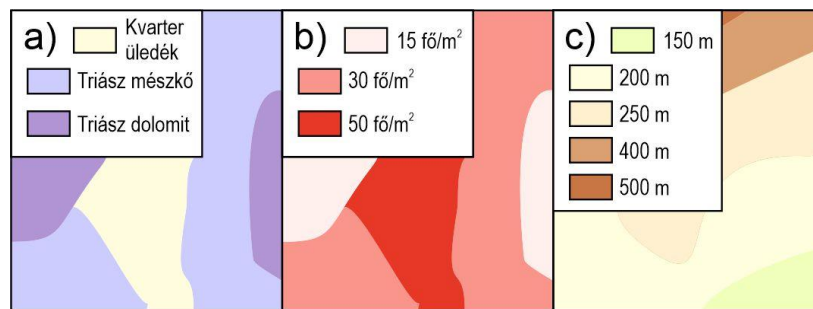
3.2. ábra. Ábrázolási lehetőségek vonalakkal: a) Izovonalas ábrázolás; b) Turistautak nehézségi szintjei színekkel; c) Tengeráramlások mozgásvonalakkal

3.3 Felület

Mind topográfiai, mind tematikus adatok esetén a felületeket kitöltjük valamilyen színárnyalattal a kívánt minőségi vagy mennyiségi tulajdonság adat kifejezésére. A következő tematikus adatok ábrázolásához használunk felületeket:

- Felületi diszkrétumok helyének, kiterjedésének és minőségének kifejezésére. Ebben az esetben a kitöltött színfelület egészére vonatkozik az adat, mely a határokon (más felületre lépve) élesen megváltozik. Tematikus felületi diszkrétumok pl. a földtani formációk, talajtípusok, vagy a közigazgatási térképek különböző egységei.

- Pontos helyzet nélküli levezetett adatok ábrázolására. A levezetett adatok sok esetben nem köthetők pontos helyhez. Ezek változásait legtöbbször értékfokokozatokba (értéklépcsőkbe) soroljuk, és színfokokozatokkal jelenítjük meg – ezt a kizárólag térben hű ábrázolást nevezzük felületkartogramnak. Sokszor találkozunk azonban értékfokokozatok nélküli, hőtésképes vizualizációval is.
- A kontinuumok értékfokokozatainak ábrázolására – pl. domborzati vagy hőmérsékleti térképek esetén. Ekkor az izovonalak közötti térrészt töltjük ki.



3.3. ábra. Ábrázolási lehetőségek felületekkel: a) Felületi diszkrétumok (földtan); b) Pontos helyzet nélküli levezetett adatok (népsűrűség); c) Kontinuum értéklépcsői (hipsometria).

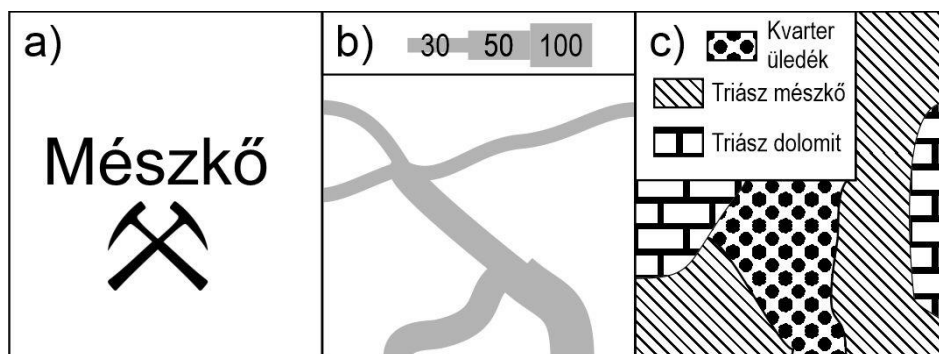
3.4 Jelek

A jelek a térképi közlésforma legelterjedtebb objektum- és adatábrázolási formái. Az elvonatkoztatott (absztrahált), geometriai jelek sorától egészen a szimbólumokig és egyezményes (konvencionális) jelekig számos objektumképből választhatunk. Sok esetben szerencsésebb bonyolultabb névjajz helyett is jeleket használni – ezek jelentését viszont természetesen meg kell magyaráznunk. Tematikus adatok esetében, amikor az objektum konkrét helyzete csak másodlagos (viszont nem elhanyagolható), a következő adattípusok esetén használhatunk térképi jeleket (3.4. ábra):

- Pontszerű diszkrétumok ábrázolására. Minőségi és mennyiségi adatot az absztrakt jel vagy szimbólum vizuális változóinak módosításával tudunk kifejezni. Szimbólumokat használhatunk tematikus térképeken pl. bányák, gyárak jelölésére minőségi adatok esetén, viszont, ha pl. értékcsoportokat alkotunk a termelés mennyiségének függvényében, a jelek méretének arányos változtatásával mennyiségi adatot is ki tudunk fejezni. Ezt vagy

folyamatos jelméretaránnal, vagy lépcsőzetes csoportok kialakításával tehetjük meg. A mennyiségi adatokat kifejező jeleket jelkartogramnak nevezzük. Ha nem a méretet változtatjuk, hanem egy jelhez értéket társítunk, és abból helyezünk le többet, az értékeket pedig összeadjuk, értékegységjeleket (ahol az egyes jelek definiált értéket, mennyiséget jelentenek) használunk.

- Vonalas diszkrétumok ábrázolására. Vonalas absztrakt jelek és szimbólumok esetén is hasonló a helyzet a pontszerű diszkrétumoknál leírtakhoz. A szimbólum vastagságának változásával tudunk értéket kifejezni – hasonlóan a 3.2-es pontban leírtakhoz. Az ilyen vonalas jelek sávkartogramnak, a szélességüket változtató egyszerű vonalakat szalagjeleknek nevezzük. Értékegységjeleket is használhatunk, ebben az esetben viszont vonal mentén kell őket rendeznünk.
- Felületi diszkrétumok ábrázolására. A felületkartogramok kialakítása lehatárolt terület egységekre vonatkoztatott mennyiségi adatok esetén lehetséges. A felületi értékcsoporthoz kialakítása történhet folyamatos (hőterképes) vagy lépcsős skála mentén. A felületre vonatkoztatott értékegységjelek elhelyezésére is van lehetőségünk, de ekkor vigyázzunk, hogy egyértelmű legyen, mely földrajzi egységre vonatkozik a jelek csoportja. Beszélhetünk a felületen elosztott jelekről is, melyek minőségi tulajdonságot fejeznek ki. Ezt sokszor földtani térképeken alkalmazzuk különböző kőzettípusok jelölésére (pl. mészkő, márga).



3.4. ábra. Jelek használata a tematikus ábrázolásban. a) Pontszerű diszkrétumként itt kőfejtőt, b) vonalasként utak autóforgalmát (autó/perc), c) felületként pedig kőzettípusokat ábrázolunk.

3.5 Diagram

A diagramokat egy objektum mennyiségi összetevőinek vagy időbeli változásának szemléltetésére használjuk. Két típust különböztethetünk meg:

- Helyzethű diagram esetén a mennyiségi adat egy fix pontra hivatkozik (pl. széldiagram). Emiatt ezt a jelölést diagramjelnek is nevezzük.
- Kartodiagram esetén csak térben hű ábrázolás lehetséges, hiszen egy felület egészére vonatkoznak a diagram által bemutatott adatok (pl. egy vármegye népességének vallási megoszlása).

3.6 Névrajz

A térképi megírások legtöbbször valamely egyéb ábrázolási forma kiegészítéseként jelennek meg. Alkalmasak viszont minőségi és mennyiségi adatok közlésére is (pl. pontok vagy jelek mellett megírva).

Helyzetet is rögzíthetnek térben hű ábrázolásként egzakt módon nem lehatárolható felületek esetében – a területre minőségi adatot vonatkoztatva – pl. népek elterjedését, tájegységeket vagy néprajzi tájakat bemutató térképek esetében.

Felhasznált irodalom

Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Principles of Geographical Information Systems (2nd ed.). Oxford University Press.

Klinghammer, I. (szerk.). (2010). Térképészet és geoinformatika I. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó.

Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2020). Cartography: Visualization of Geospatial Data (4th ed.). Routledge.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). Geographic Information Science and Systems (4th ed.). Wiley.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). Thematic Cartography and Geovisualization (4th ed.). CRC Press.

Stevens, S. S. (1946). On the theory of scales of measurement. *Science*, 103(2684), 677–680. DOI: 10.1126/science.103.2684.677.

IV. A vizuális változók szerepe

A vizuális változók kifejezést általában a földrajzi jelenségek ábrázolására használt térképi szimbólumok különböző érzékelhető különbségeinek leírására használják – ezekről korábbi kurzusok során már esett szó. A vizuális változók fogalmát Jacques Bertin francia térképész (1967) dolgozta ki (8. ábra), majd mások módosították. A fejezetben tárgyalt megközelítés hasonló Alan MacEachren (1994) szempontjaihoz, melyektől elsősorban a 2,5D és a valódi 3D jelenségek bevonásában és a perspektív magasság vizuális változó használatában különbözik.



4.1. ábra. Jacques Bertin 7 vizuális változója.

1. Kvantitatív jelenségek esetén használt változók

A 9. ábra összefoglalja, hogy a vizuális változók közül melyeket használjuk kvalitatív jelenségek térképi ábrázolása esetén.

	Pontszerű	Vonalas	Felületi	2,5D	Valódi 3D
Mintázat (távolság)					
Méret					
Perspektív magasság					-
Szín (árnyalat)					
Szín (érték)					
Szín (telítettség)					

4.2. ábra. Vizuális változók, melyeket kvantitatív jelenségek ábrázolására használhatunk.

1.1 Mintázat

A mintázat vizuális változó a szimbólumot alkotó jelek közötti távolság változását jelenti - a jelek közötti kisebb távolság magasabb adatértékre utal, mert ugyanabból az elemi jelből több helyezhető el adott felületen.

1.2 Méret

A szakirodalomban két különböző módon használják a méretet, mint mennyiségi jelenségek vizuális változóját. Az egyik a teljes szimbólum méretének megváltoztatása volt (pl. jelkartogramok esetében), ahogyan azt a pontszerű és a lineáris jelenségeknél láthatjuk. A másik a szimbólumot alkotó egyes jelek méretének megváltoztatása (pl. felületi jelek elemeinek esetében, mint a területi, 2,5D és valódi 3D jelenségek esetében. A méret változó mennyiségileg tükrözi a különböző esetekben (jel vagy jelrészek méretváltozása) felmerülő vizuális különbségeket.

1.3 Perspektív magasság

A perspektivikus magasság egy jelenség 3D-s perspektivikus nézetére utal. A pontszerű jelenségek esetében a kutaknál lévő olajkitermelést például az egyes kutak fölé emelt hengerekkel lehet ábrázolni, a hengerek magassága pedig arányos a kút termelésével. Lineáris jelenségek esetén a két város közötti teljes forgalmat egy bizonyos időszak alatt egy sávval lehet ábrázolni az egyes útvonalak felett, a „sáv” magassága pedig arányos a forgalom mértékével. Területi jelenségek esetén minden egyes elemet az adatokkal arányos magasságra emelünk. A perspektivikus magasság nem használható valódi 3D jelenségek esetében, mivel a leképezendő jelenség helyének meghatározásához is már három dimenzióra van szükség.

1.4 Árnyalat, érték, telítettség (hue, lightness, saturation)

Ebben az esetben legtöbbször felületi színekről, esetleg jeleket kitölő színekről beszélünk.



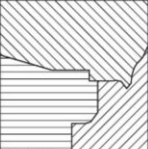
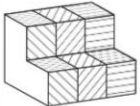


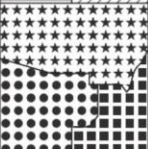
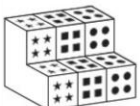


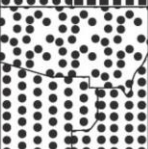


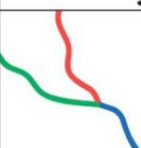


Az árnyalat, az érték és a telítettség vizuális változókat általában a színek alapvető komponenseiként írják le. A színárnyalat a színt alkotó fény domináns hullámhossza. A mindennapi életben a színárnyalat a színek leggyakrabban használt paramétere. Mennyiségi jelenségek esetén olyan árnyalatokat kell választanunk, amelyek mennyiségi különbséget sugallnak; például a sárga, a narancs és a vörös megfelelő árnyalatok lennének, mivel a narancsot a sárga és a vörös keverékének tekintjük.

Az érték (vagy világosság) arra utal, hogy egy szín mennyire sötét vagy világos, miközben a színárnyalatot változatlanul tartjuk; például a zöld színárnyalat különböző világosságú árnyalatai használhatók. A szürke különböző értékei is használhatók például színes nyomtatás hiányában.

A telítettséget a szürke és a tiszta árnyalat keverékeként lehet elképzelni. Ez a szín intenzitása.

2. Kvalitatív jelenségek esetén használt változók

A 10. ábrán láthatjuk, hogy mely vizuális változókat használjuk minőségi változók ábrázolásához.

	Pontszerű	Vonalas	Felületi	2,5D	Valódi 3D
Írány				-	
Alak				-	
Helyzet				-	
Szín (árnyalat)				-	

4.3. ábra. Kvalitatív jelenségek ábrázolásához használt vizuális változók.

2.1 Irány és alak

A méret vizuális változóhoz hasonlóan az irány vizuális változó jellege is a térbeli jelenségek fajtájának függvénye. A lineáris, területi és valódi 3D jelenségek esetében az irány a szimbólumot alkotó egyes jelek irányára utal. Ezzel szemben a pontjelenségek esetében az orientáció a teljes pontszerű szimbólum irányára vonatkozik. (A pontszerű szimbólumokra eltérő irányú jeleket is lehetne alkalmazni, de a pontszimbólumok kis mérete miatt a jelek gyakran nehezen láthatók.) Mivel az irány leginkább nominális adatok ábrázolására alkalmas, nem javasoljuk a használatát 2,5D jelenségeknél, amelyek eredendően numerikusak.

2.2 Helyzet

A területi és a valódi 3D jelenségek esetében vegyük figyelembe, hogy a helyzet vagy elrendeződés arra utal, hogy a szimbólumot alkotó jelek hogyan oszlanak el; egyes területek jelei szabályos elrendezés részei, míg más területek jelei véletlenszerű elrendezésűek lehetnek. A lineáris jelenségek esetében az elrendeződés arra utal, hogy a vonalakat pontok és szaggatott vonalak sorozatára osztjuk (egymáshoz képest rendezzük el), ahogyan az egy politikai határokat ábrázoló térképen is előfordulhat. Végül a pontszerű jelenségek esetében az elrendezés a fehér jelek pozíciójának megváltoztatására utal a fekete szimbólumon belül. Függetlenül attól, hogy ezek az eltérő elrendeződések hogyan jönnek létre, inkább minőségi (nominális), mint mennyiségi különbségekre utalnak.

2.3 Szín (árnyalat)

A minőségi jelenségek esetében csak az árnyalat ábrázolása a megfelelő a szín komponensei közül, mivel a világosság és a telítettség értékváltozásai mennyiségi különbségekre utalnak. Továbbá olyan színárnyalatokat kell választanunk, amelyek minőségi különbségeket sugallnak. Például a piros, a zöld és a kék megfelelő választás lenne a minőségi jelenségekhez, mivel ezek a színek nem könnyen társíthatók az alacsony, közepes és magas adatértékek sorozatához. Általános szabály, hogy törekedni kell a színek olyan megválasztására, hogy azonos erősségűek legyenek, ne legyen domináns szín.

3. Kiegészítések a vizuális változók használatához

Ne feledjük, hogy a vizuális változók szemléltetésére használható megjelenítések csak egy töredékét használtuk fel; például a méret vizuális változó esetében a pontszerű jelenségek ábrázolására sokféle egyéb jel is használhat. Az ábrákon nem látható szimbólumok egyik fő csoportját a piktogramok alkotják, amelyek célja, hogy a térképhasználó számára úgy nézzen ki, mint a leképezendő jelenség (szemben a geometriai szimbólumokkal, például a kör, háromszög, négyzet). A piktogramokat gyakran használjuk a gyermekeknek szánt térképeken, bár az átlagos felnőtt térképhasználók számára is könnyíthetnek a térképek értelmezésén. Az általunk használt ábrákon az egyes vizuális változók megnevezése úgy tűnik, hogy egyértelműen kifejezi az általunk bemutatott vizuális különbségeket; például a pontjelenségek irány vizuális változója esetében azt látjuk, hogy az egyik négyzet más irányban van, mint a másik. Sőt, ha akarnánk, kiszámíthatnánk ennek a különbségnek a matematikai kifejezését (hogy az egyik négyzet 40° -kal el van forgatva a függőlegeshez képest, míg egy másik 50° -kal). Néha a szimbólumok közötti vizuális különbség leírása nem ilyen egyszerű. Az ilyen szimbólumokat gyakran nevezik „mintázatban” vagy „textúrában” eltérőnek, és gyakran használják őket nominális adatok szimbolizálására.

Felhasznált irodalom

Bertin, J. (1983). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. Madison: University of Wisconsin Press.

Dent, B. D., Torguson, J. S., & Hodler, T. W. (2008). *Cartography: Thematic Map Design* (6th ed.). McGraw-Hill.

Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2020). *Cartography: Visualization of Geospatial Data* (4th ed.). Routledge.

MacEachren, A. M. (1995). *How Maps Work: Representation, Visualization, and Design*. New York: Guilford Press.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (4th ed.). CRC Press.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (6th ed.). Wiley.

V. Leíró statisztika

E fejezet célja, hogy statisztikai és grafikai alapot biztosítson a jegyzet további részeihez. Bár az ebben a fejezetben szereplő anyag nagy részét más kurzusok is tárgyalják, a tapasztalatok szerint ennek az anyagnak az áttekintése hasznos a tananyag későbbi részeinek megértéséhez.

1. Alapfogalmak

A statisztikában a populációt úgy definiáljuk, mint az elemek vagy dolgok teljes halmazát, amelyeket vizsgálhatunk, a minta pedig a populációnak az a része, amelyet ténylegesen megvizsgálunk (ebben a jegyzetben az elemek számát N és n jelöli). A legtöbb esetben azért gyűjtünk mintákat, mert nincs időnk vagy lehetőségünk a teljes populáció vizsgálatára. Például egy geomorfológus, aki a hullámok viselkedésének a partok kialakulására gyakorolt hatását tanulmányozza, ahelyett, hogy a teljes partvonalat vizsgálná, inkább a partvonal mentén lévő pontok sorozatában gyűjt adatokat.

A statisztikai módszerek két típusra oszthatók: leíró és következtetési módszerekre. A leíró statisztika egy minta vagy populáció számszerű jellegét írja le. Például a jelenlegi elnök teljesítményének értékeléséhez megkérdezhetünk egy 500 fős mintát: „Ön szerint elfogadhatóan végzi az elnök a munkáját?”. Az igenlő

válaszok százalékos aránya, mondjuk 52 százalék, példa a leíró statisztika egy numerikus adatára.

A következtetési statisztika módszertanát arra használják, hogy a mintából következtetést vonjanak le a populációra vonatkozóan. Például az imént megadott 52 százalékos érték alapján arra következtethetünk, hogy a teljes népesség 52 százaléka gondolja úgy, hogy az elnök elfogadható munkát végez. Meglepő volna, ha az 52 százalékos arány valóban a teljes népességre vonatkozna, mivel az adat egy mintán alapul. Ennek a problémának a korrigálására a következtetési statisztikában ki kell számítani egy hibahatárt (pl. plusz vagy mínusz 3 százalék) a mintavételi érték körül; gyakran találunk ilyen hibákat a közvéleménykutatásokról szóló médiabeszámolókból.

2. Arányok kifejezése

Az arány (ratio) egy jó módja annak, hogy kifejezzük a két adategység közötti kapcsolatot:

$$\frac{f_a}{f_b}$$

ahol: f_a az egyik egységben lévő elemek száma, f_b pedig a második egységben lévő elemek száma. Az elemek számát gyakoriságnak (frequency) nevezzük. A számítás eredményét úgy definiáljuk, hogy az első entitás valamely adatának viszonyát hasonlítjuk össze a második entitás valamelyik értékével. A számlálót az egységérték, a nevezőt pedig az összehasonlítási érték jelölésére állítjuk be. A földrajzban jól ismert arányszám a népsűrűség, amelyet az egy négyzetkilométerre vagy más területi egységre jutó emberek számaként határoznak meg.

Az aránypár (proportion) az egy csoportba (osztályba) tartozó elemek számának és az összes elem számának aránya:

$$\frac{f_a}{N}$$

ahol: f_a a tételek száma (gyakorisága) egy osztályban, N pedig a tételek teljes száma vagy teljes gyakorisága. Pl.: a tulajdonos által kiadott lakások aránya (tulajdonos által kiadott lakások száma/összes lakás száma). Az arányokat általában

megszorozzuk 100-zal, így kapjuk a százalékos értéket. A százalékos változás egy másik gyakran kiszámított érték, amely egyetlen változó alapján két különböző időszakra vonatkozóan kerül kiszámításra. A kapott érték lehet pozitív vagy negatív változás. A pozitív százalékos érték pl. népességgyarapodást, a negatív százalékos érték pl. népességcsökkenést jelent. A százalékos változás számos földrajzi elemzésben ismert és hasznos mutató. Egyszerűen származtatható, és ha helymeghatározással párosul, információt szolgáltat a földrajzi koncentráció lehetséges változásáról időről időre vagy helyről helyre.

A ráta hasonló a százalékhoz, azzal a különbséggel, hogy a ráta számítása során egy értéket egy sokkal nagyobb értékhez viszonyítunk. Egy megfigyelt szám és egy adott időpontban vagy helyen előforduló lehetséges előfordulási szám viszonya határozza meg. Az eredményt ezután megszorozzuk tíz valamely hatványával, általában a nevezőhöz viszonyítva, hogy az eredmény értelmezhető legyen.

$$\frac{\text{Előfordulás száma}}{\text{Lehetséges előfordulások száma}} * 1000$$

Például egy adott terület egység (pl. vármegye) általános termékenységi rátáját (General Fertility Rate - GFR) a következő képlettel számítják ki:

$$\frac{\text{Élveszületések száma (adott időben)}}{15 - 44 \text{ éves női lakosság}} * 1000$$

Az így kapott ráta megadja 1000 fő 15-44 éves nőre jutó élve született gyermek számát.

3. Összegző statisztikák

Egy statisztikai adatsor áttekintése és összegzése egy módja annak, hogy megismerkedjünk vele, és válaszolni tudjunk az adathalmazt leíró legfontosabb kérdésekre. Melyek a megfigyelt minimum és maximum értékek? Hogyan mértük a jelenséget? Levezetett az érték? Milyen számításból? Kifejezhető-e az értékek halmaza egy vagy több jellemző változóval? Lehet-e térbeli vagy statisztikai összehasonlításokat végezni más adathalmazzal?

Az adatok összegzése háromféleképpen közelíthető meg.

- Az első az adatok helyzetmutatóinak megállapítása. Ezek olyan jellemzők, melyek segítenek az adatok alapvető eloszlási tulajdonságainak megértésében. Ilyenek a számtani átlag, a medián vagy a módusz.
- A szóródás mérőszámai az adatokon belüli változékonyságot ábrázolják például a mintaterjedelem, az interkvartilis terjedelem, a variancia és a szórás.
- Végül az alakmutatók az eloszlás jellegét írják le, mint például a ferdeség (skewness) vagy a csúcsosság (kurtosis). Ez az alak könnyen szemléltethető hisztogram vagy gyakorisági eloszlási görbe segítségével.

3.1 Helyzetmutatók

A helyzetmutatók lehetővé teszik egy statisztikai sorozat egyetlen értékben történő összegzését, jellemzését. Ez képezhető egy valamely definíció szerint meghatározott vagy egy „központi” értékkel.

A konkrét értékek (minimum, maximum vagy bármely más) egy területre nézve reprezentatívnak tekinthetők (például a népesség megújításához szükséges gyermekszám), vagy törvény vagy rendelet által rögzítettek (például egy urbanisztikai dokumentumban rögzített foglaltsági együttható). A központi értékeket egy sorozat összes értékéből számítjuk ki vagy határozzuk meg. Három centrális érték létezik: az átlag, a medián és a módusz. A legjobb centrális érték kiválasztása az összegzés céljától és az eloszlás alakjától is függ.

Az x számtani közép (\bar{x}) a legegyszerűbb statisztikai érték, amely egy statisztikai sorozat nagyságát fejezi ki. Ez az értékek összege osztva a megfigyelt statisztikai egységek számával (vagy a térképészetben a földrajzi egységek számával). Az átlag az eloszlás gravitációs középpontja: az átlagértéktől való eltérések összege nulla.

A medián (Q_2) az az érték, amely egy statisztikai adatsort két egyenlő számú részre oszt. Más szóval az értékek fele a medián felett, a másik fele pedig alatta van. A medián az az érték, amely a legközelebb van az eloszlás összes értékéhez.

A módusz (vagy domináns érték) a leggyakoribb érték az eloszlásban. Ezt mindig az értékek halmazának pásztázásával számítjuk ki. Egy eloszlás lehet unimodális (egyetlen módusz) vagy multimodális (több módusz). Ebben az

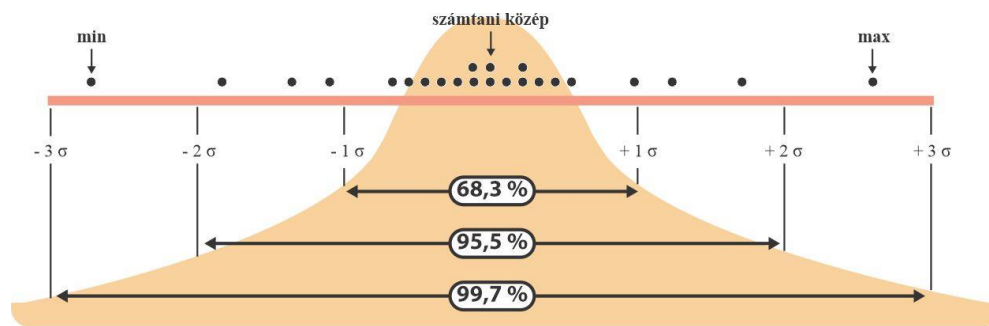
esetben szokás megkülönböztetni egy fő módooszt és egy vagy több másodlagos módooszt.

3.2 Szóródásmutatók

A szóródás fogalma arra utal, hogy egy eloszlásban az értékek milyen mértékben szóródnak egymáshoz képest vagy egy középérték két oldalán. A szóródás meghatározása mindig egy központi értékhez kapcsolódik. Azt jelzi, hogy az eloszlásban az értékek általában mennyire térnek el vagy térnek el a referencia-középértéktől.

A terjedelem úgy számítható ki, hogy kivonjuk a legmagasabb értékből a legkisebbet.

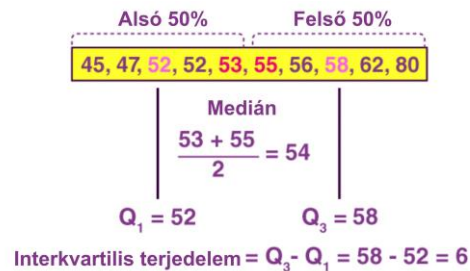
A szórás (σ) egy abszolút szóródáspáraméter, amely a középértékhez kapcsolódik. Kiszámításához egy közbenső számításra van szükség: a varianciára. A variancia egy olyan számhalmaz szórásának globális mérőszáma, amely az átlagértéktől valamely tulajdonság szerint eloszlik. A szórásnak valószínűségi jelentése van: meg tudjuk becsülni, hogy egy adott érték milyen messze helyezkedik el a középértéktől. Valóban, ha egy eloszlás Gauss-eloszlás (más néven „normális”, és a szimmetrikus eloszlásokra jellemző – 5.1. ábra), akkor ismert annak a valószínűsége, hogy az átlagtól adott távolságra milyen értékeket találunk. Ez a tulajdonság nagyon hasznos a térképészetben, mert lehetővé teszi az értékek ésszerű felosztását egy eloszlásban.



5.1. ábra. A Gauss-féle normáeloszlás haranggörbéje.

Az interkvartilis terjedelem a mediánhoz kapcsolódó abszolút szóródáspáraméter. Ez az eloszlásnak az az értékhatáza, amely az átlagtól legkevésbé eltérő elemek közbenső tömbjét adja. Az eloszlás legmagasabb és legalacsonyabb értékeinek egy kiválasztott százalékát kizárjuk. Ez a páraméter a

kvartilis fogalmához kapcsolódik, amely az egyenlő számú osztályokra való felosztás határait határozza meg. Így a különböző intervallumokat a kívánt felosztás szerint 4 (kvartilis), 5 (kvantilis), vagy 10 (decilis) stb. részekként írhatjuk le. Egy példa szerint az interkvartilis terjedelem az eloszlásnak az a része, amely az elemek felét tartalmazza, azokat, amelyek értékei a legkevésbé térnek el a mediántól. Így a legalacsonyabb értékek 25%-a és a legmagasabb értékek 25%-a kikerül a tömbből (5.2. ábra).

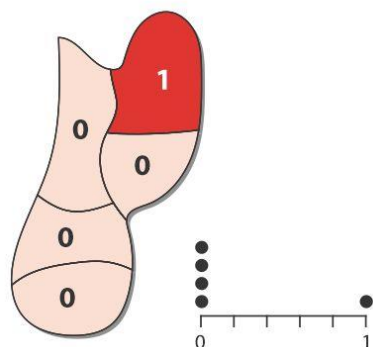


12. ábra. Az interkvartilis terjedelem meghatározása.

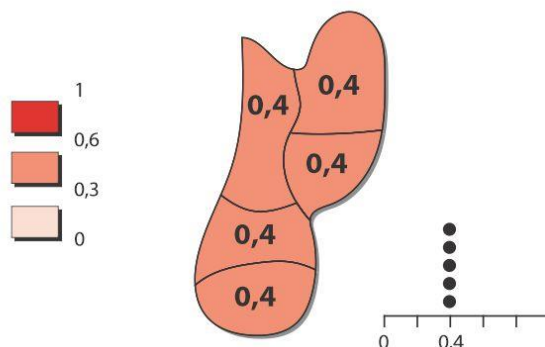
Egy jellemző abszolút szóródási paramétereinek összehasonlítása csak akkor értelmezhető, ha a két jellemző azonos nagyságrendű. Például két szórás összehasonlítása csak akkor képzelhető el, ha az eloszlásoknak azonos az átlaga. Ha nem így van, akkor az összehasonlítás csak a relatív szórás mérőszámainak alkalmazásával lehetséges.

Fontos különbséget tenni a statisztikai és földrajzi szóródás között – ennek értelmezésében segítséget nyújt az 5.3. ábra.

HETEROGENITÁS
Maximális statisztikai,
és minimális földrajzi szóródás
(térbeli koncentráció)



HOMOGENITÁS
Nincs statisztikai szóródás,
de maximális a földrajzi szóródás.



A szóródás fogalmát mind a statisztikában, mind a földrajzban használjuk.
A statisztikai szóródás földrajzi koncentrációt mutat, és fordítva.

A **statisztikai szóródás** nagyobb, amikor a jelenség egy földrajzi egységben található.
A **földrajzi szóródás** nagyobb, amikor a jelenség a földrajzi egységek között normális eloszlású.

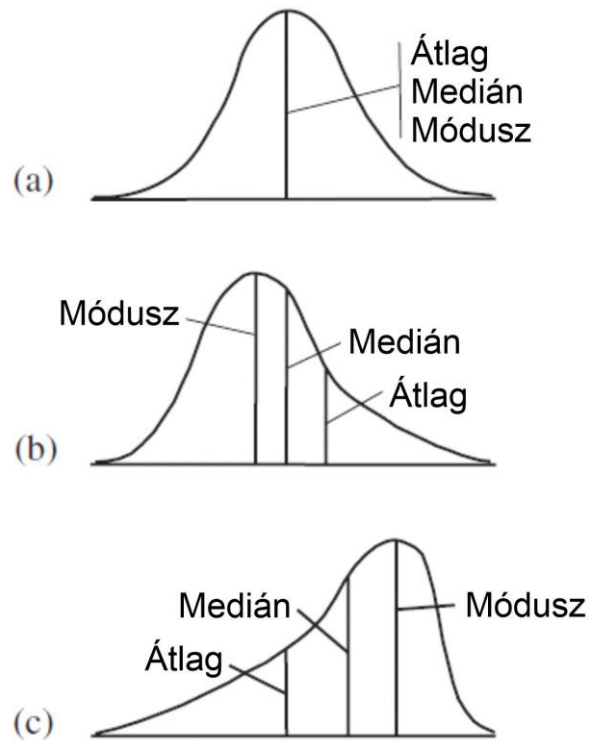
5.3. ábra. Statisztikai és földrajzi szóródás összehasonlítása.

A relatív szóródási együttható az eloszlásban lévő értékek relatív eltérésének egy központi értékhez viszonyított mértéke. Megfelel az abszolút szórás és a központi érték hányadosának. Így egy dimenzió nélküli számot kapunk (az átlagos különbségeket, azaz a nagyságrendi különbségeket eltávolítottuk). A leggyakoribb relatív szórásértékek a variációs együttható (coefficient of variation - CV) = szórás/átlag és a relatív interkvartilis együttható: (3. kvartilis - 1. kvartilis)/medián vagy $Q3 - Q1 / Q2$.

3.3 Alakmutatók

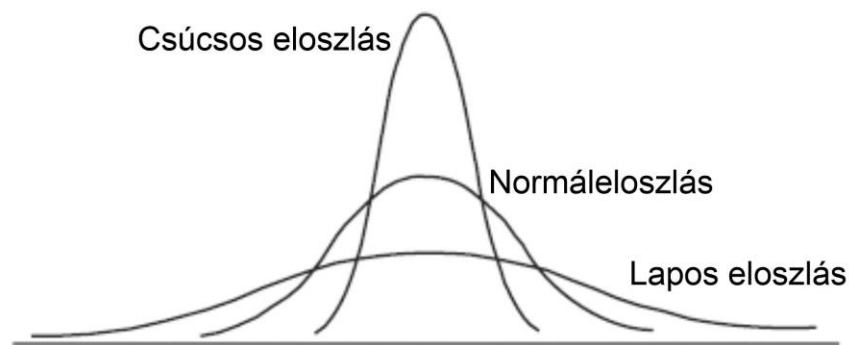
Ferdeség: Ha egy eloszlás csúcspontja vagy módusza az eloszlás átlagának bármelyik oldalára eltolódik, akkor azt ferdeinek nevezzük. Ha az adatok nagy része az átlagtól balra található (és az alacsony gyakoriság „hosszú farka” jobbra van), akkor pozitívan ferde az adathalmaz. Ha a hosszú fark az átlagtól balra van, és a gyakoriság nagyobb része az átlagnál nagyobb, akkor negatívan ferde. A negatív ferdeség azt jelzi, hogy a megfigyelések nagyobb része a középponttól jobbra van. Pozitív ferdeség esetén a nagyobb eloszlás a középpont bal oldalán van. Minél nagyobb a ferdeség számértéke, annál nagyobb az eloszlás eltérése a

normális eloszlástól. A normáleloszlás ferdeségének értéke 0,0. A ferdeség három állapotát az 5.4. ábra mutatja be.



5.4. ábra. A ferdeség állapotai: a) normáleloszlás – 0 ferdeség, b) pozitív ferdeség, c) negatív ferdeség.

A csúcsosság egy olyan mérőszám, amely az eloszlás lapultságát vagy csúcsosságát írja le. A lapos eloszlás olyan eloszlás, amelyben közel azonos számú megfigyelés oszlik el. A nagy csúcsosságú eloszlás olyan, amelyben a megfigyelések nagy része egymáshoz közel található. A normális eloszlás csúcsossága 3. A 3-nál nagyobb értékek csúcsos eloszlást (leptokurtic distribution), a 3 alatti értékek pedig a lapos eloszlást (platykurtic distribution) jelentik. Az 5.5. ábrán a csúcsosság eseteinek vizuális megjelenítése látható.



5.5. ábra. A csúcsosság esetei.

4. Az eloszlásdiagram

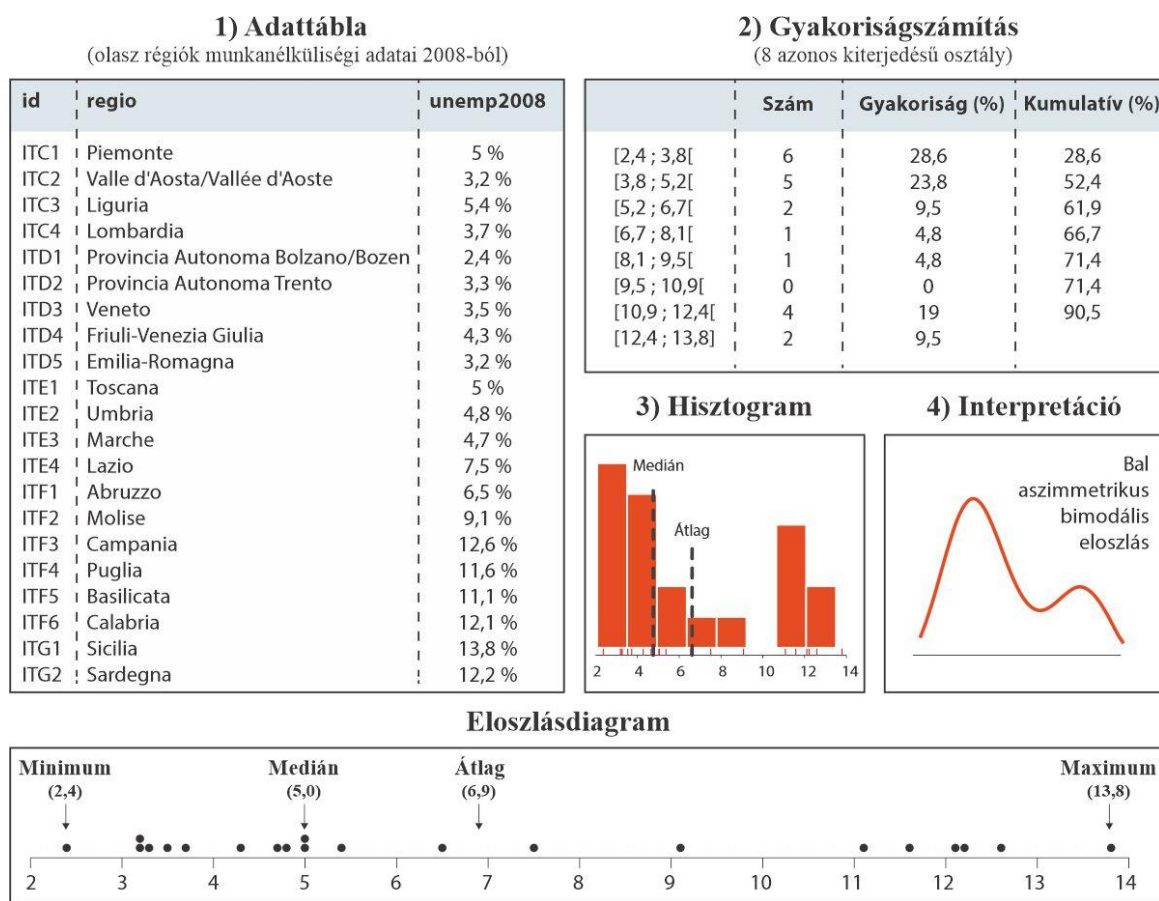
A következő lépés az eloszlás belső jellemzőinek megértése az eloszlás alakjának és az értékek szóródásának feltárásával. Ez a két megközelítés lehetővé teszi a megfigyelt szóródásnak megfelelő osztályokba sorolást, és így a megfelelő kartográfiai szempontú választást. Az eloszlás alakja az eloszlási diagram megfigyeléséből vagy a központi értékek összehasonlításából határozható meg.

Ez lehetővé teszi, hogy a halmazban szereplő értékek egy számegyenes mentén helyezkedjenek el. Az értékek helyzete e tengely mentén az értékek koncentrációját vagy szóródását tükrözi.

- Ha az értékek egyetlen koncentrációs zóna körül csoportosulnak, akkor az eloszlás unimodálisnak mondható.
- Ha az értékek az átlagérték köré csoportosulnak, az eloszlás szimmetrikus.
- Ha az alacsony értékek köré koncentrálódnak, az eloszlás aszimmetrikus vagy balra „ferde”.
- Ha a magas értékek körül koncentrálódnak, az eloszlás jobbra „ferde”.
- Ha az értékek két vagy több koncentrációs zónát mutatnak, az eloszlás ferde és bimodális vagy multimodális. Ebben az esetben az átlag nem megfelelő eszköz az összegzésre, mivel az is előfordulhat, hogy „beleesik” egy szóródási zónába.

- Ha a megfigyelendő értékek túl sokan vannak, eloszlásuk aggregált, csoportosított módon is megfigyelhető. Ez a művelet az azonos kiterjedésű osztályokon belüli értékek gyakoriságának kiszámítását jelenti. A különböző sávok magasságából így kialakuló alakzat (hisztogram) az értékek eloszlását tükrözi.

A hisztogramot a szóródásgrafikonhoz (5.1. ábra) hasonlóan kell felépíteni, azzal a különbséggel, hogy osztályokat használnak, és az egyes osztályokba tartozó értékek számának ábrázolására különböző magasságú sávokat jelenítenek meg. A hisztogramok és az eloszlásdiagram előállításának munkafolyamata az 5.6. ábrán látható.



5.6. ábra. Az eloszlásdiagram és hisztogram létrehozásának lépései egy mintaadathalmazon.

Felhasznált irodalom

Agresti, A., & Franklin, C. (2016). *Statistics: The Art and Science of Learning from Data* (4th ed.). Pearson.

Burt, J. E., Barber, G. M., & Rigby, D. L. (2009). *Elementary Statistics for Geographers* (3rd ed.). Guilford Press.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Science and Systems* (4th ed.). Wiley.

McGrew, J. C., Lembo, A. J., & Monroe, C. B. (2014). *An Introduction to Statistical Problem Solving in Geography* (3rd ed.). Waveland Press.

Mendenhall, W., Beaver, R. J., & Beaver, B. M. (2013). *Introduction to Probability and Statistics* (14th ed.). Brooks/Cole.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (4th ed.). CRC Press.

VI. Adatosztályozás

A tematikus térképek mennyiségi adatait általában a könnyebb megjelenítés és értelmezhetőség céljából osztályokba csoportosítjuk. Az egyes osztályok között egy vagy több (mennyiségi adatok esetén alkalmazható) vizuális változó módosításával teszünk különbséget. Az osztályok konkrét definícióhoz, numerikus szabályszerűséghez köthetők, amit a megjelenítésnek is jól kell követnie – legyen szó akár egy kartogramról, akár változó jelméretekről.

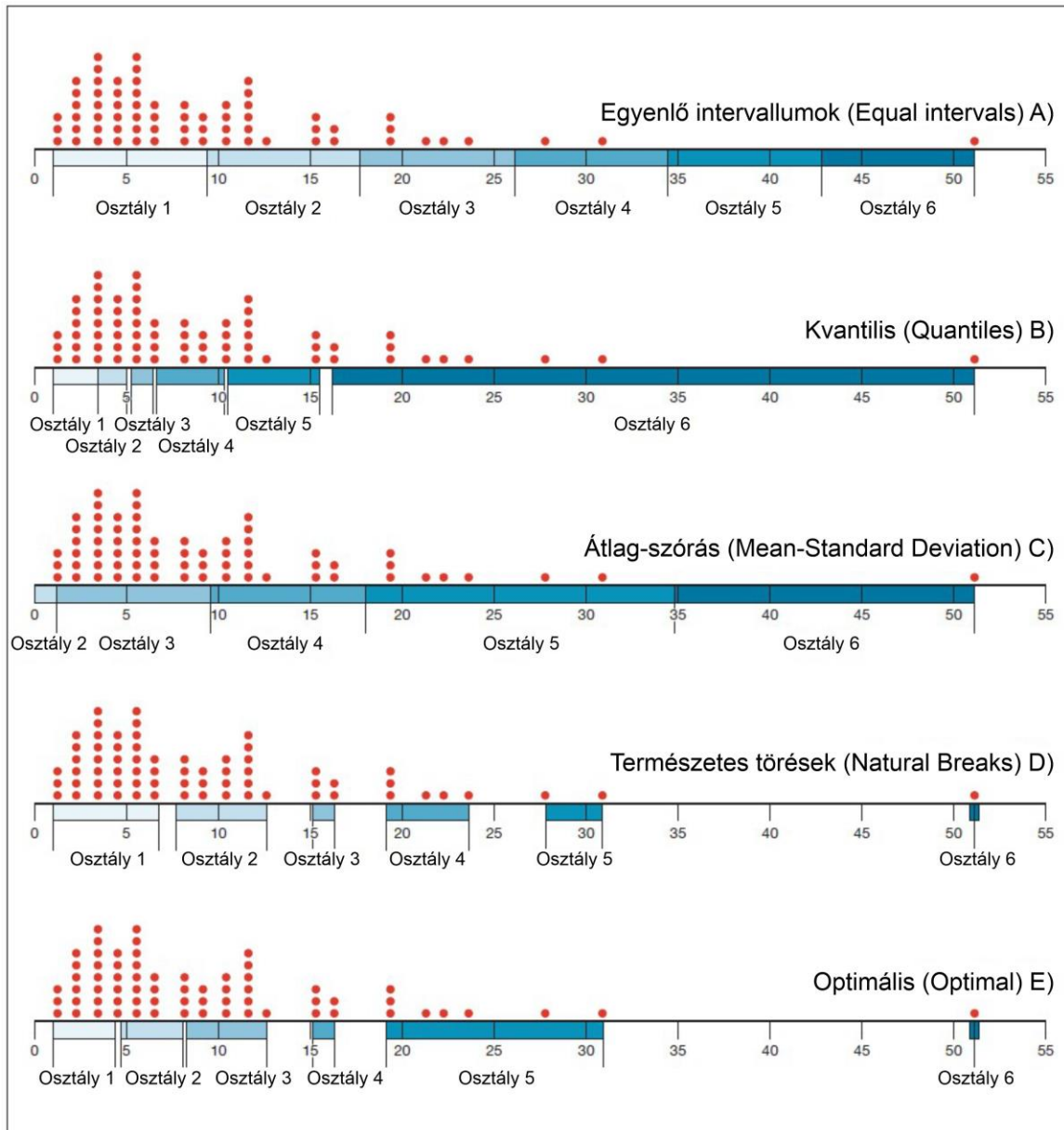
Az is lehetséges, hogy az adatokat nem osztályozzuk (ekkor minden adatértéket egyedileg ábrázolunk), az osztályozott adathalmazokból készült térképek sokkal gyakoribbak. Miért gyakoribb az osztályozott térkép? Erre általában azzal érvelhetünk, hogy az osztályozott térképet könnyebb értelmezni, mivel kartogramok esetén a megkülönböztetendő színek száma korlátozott, és viszonylag könnyen össze lehet egyeztetni ezeket a jelmagyarázatban is ábrázolt színekkel.

Ebben a fejezetben az adatok osztályozásának öt gyakori módszerére összpontosítunk (egyenlő intervallum, kvantilis, átlag-szórás, természetes törések és optimális), ezeket az USA népszámlálásából származó floridai mintaadatokon keresztül (külföldi születésű népesség aránya) mutatjuk be (2. táblázat, 6.1. ábra) ábrázolási példákkal. Ezen kívül megvizsgálunk egy viszonylag új módszert, az úgynevezett „fej-farok” töréseket. Minden osztályozás esetében tárgyaljuk a működést, valamint a legfontosabb előnyöket és hátrányokat. A fejezetet azzal

zárjuk, hogy megvizsgáljuk az adatok térbeli eloszlásának lehetséges szerepét az osztályozásban, egy olyan fogalmat, amelyet gyakran figyelmen kívül hagyunk a fogalomkör tárgyalásakor.

2. táblázat. A fejezetben használt mintaadatok – külföldi születésű lakosok aránya Florida egyes megyéiben. Forrás: American Community Survey, <https://www.census.gov/programs-surveys/acs/data.html>.

ID	Megye	Érték (%)	ID	Megye	Érték (%)
1	Baker	1.0	35	Okaloosa	6.8
2	Liberty	1.0	36	Volusia	7.7
3	Bradford	1.7	37	Marion	7.8
4	Wakulla	2.0	38	Brevard	8.6
5	Taylor	2.1	39	Lake	8.7
6	Holmes	2.3	40	Duval	9.0
7	Dixie	2.6	41	Charlotte	9.2
8	Gilchrist	2.6	42	Pasco	9.2
9	Nassau	2.7	43	Alachua	10.2
10	Franklin	3.1	44	Martin	10.4
11	Jackson	3.1	45	Indian River	10.5
12	Gulf	3.2	46	Polk	10.7
13	Columbia	3.3	47	Pinellas	11.2
14	Washington	3.3	48	Highlands	11.3
15	Calhoun	3.6	49	Seminole	11.5
16	Madison	3.8	50	Sarasota	11.6
17	Jefferson	3.9	51	Flagler	12.1
18	Putnam	4.2	52	Okeechobee	12.1
19	Lafayette	4.3	53	Manatee	12.3
20	Levy	4.4	54	Hillsborough	15.1
21	Santa Rosa	4.7	55	Lee	15.3
22	Walton	4.9	56	St. Lucie	15.6
23	Hamilton	5.0	57	Monroe	16.2
24	Citrus	5.3	58	Glades	16.3
25	Bay	5.4	59	Orange	19.1
26	Gadsden	5.6	60	DeSoto	19.6
27	Suwannee	5.8	61	Osceola	19.7
28	Union	5.8	62	Hardee	21.3
29	Clay	5.9	63	Palm Beach	22.3
30	Escambia	5.9	64	Collier	23.6
31	Sumter	5.9	65	Hendry	27.8
32	St. Johns	6.3	66	Broward	30.9
33	Leon	6.5	67	Miami-Dade	51.1
34	Hernando	6.6			



6.1. ábra. Adatosztályozási módszerek és adatcsoportok összehasonlítása (A–F) szóródási grafikonokon.

1. Egyenlő intervallumok (Equal Intervals)

Az egyenlő intervallumok (vagy egyenlő lépések) osztályozási módszerben minden osztály egyenlő szélességű intervallumot foglal el az adattartomány mentén. A hatosztályos térképünk számítási lépései a következők:

1. **Határozzuk meg azt a szélességet, amelyet az egyes osztályok az adattartományban elfoglalnak.** Ezt úgy számítjuk ki, hogy az adattartomány méretét elosztjuk az osztályok számával. Az eredmény a külföldön születettekre vonatkozó adatokra a következő:

$$\frac{\text{Adattartomány mérete}}{\text{Osztályok száma}} = \frac{\text{Maximum} - \text{Minimum}}{\text{Osztályok száma}} = \frac{51,1 - 1}{6} = 8,35.$$

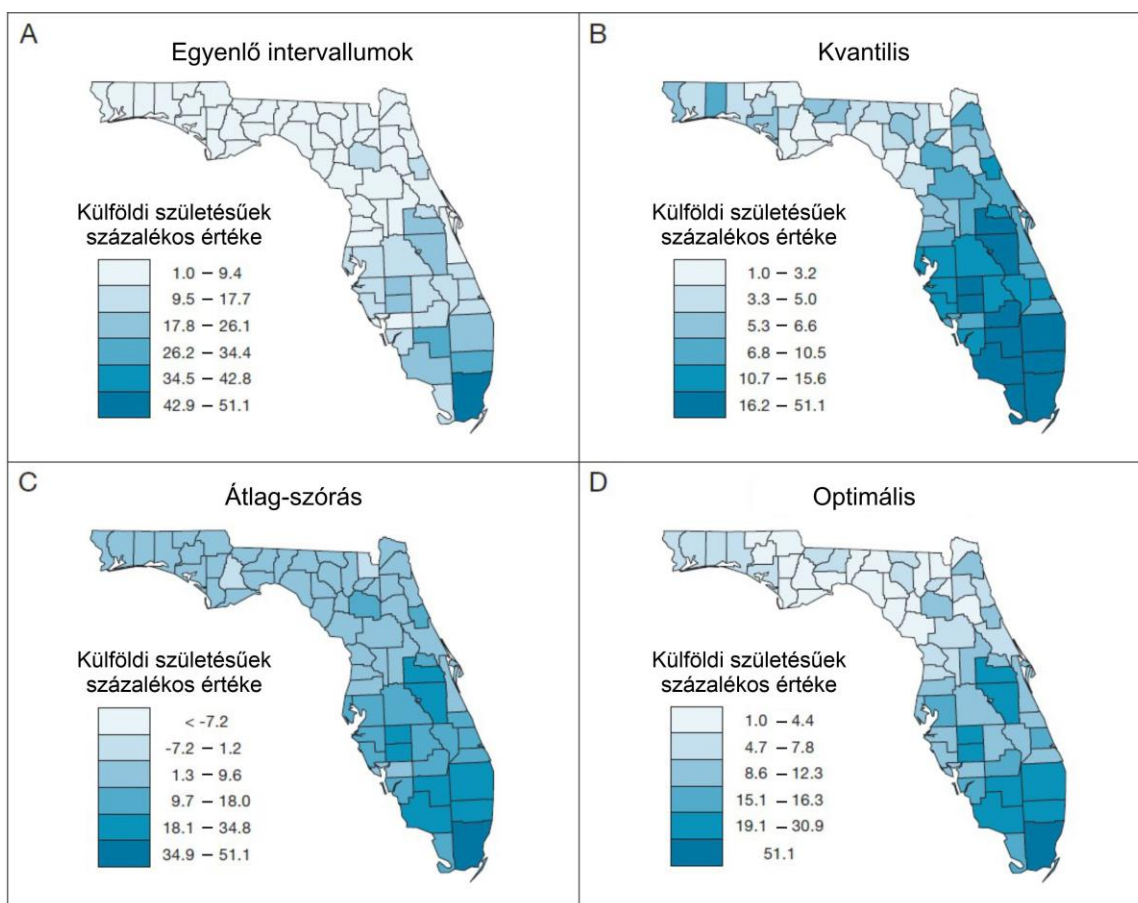
2. **Határozzuk meg az egyes osztályok felső határát.** Ezt úgy számítjuk ki, hogy az osztályintervallumot ismételten hozzáadjuk az adatok legalacsonyabb értékéhez. (Az első osztály esetében a 8,35-ös osztályintervallum 1-hez való hozzáadása 9,35-ös értéket eredményez.) Az eredményt a 3. táblázatban láthatjuk.

3. táblázat. Osztályhatárok az egyenlő intervallumok módszer használata esetén.

Osztály	Számított határok	Jelmagyarázat
1	1–9,35	1–9,4
2	9,36–17,7	9,5–17,7
3	17,71–26,05	17,8–26,1
4	26,06–34,4	26,2–34,4
5	34,41–42,75	34,5–42,8
6	42,76–51,1	42,9–51,1

3. **Határozzuk meg az egyes osztályok alsó határát.** Az egyes osztályok minimumértékeit úgy határozzuk meg, hogy azok számszerűen éppen az alacsonyabb értékű osztály legmagasabb értéke felett legyenek (a 3. táblázatban látható, hogy a 2. osztály alsó határértéke 9,36, ami 0,01-gyel több, mint az 1. osztály felső határértéke).
4. **Adjuk meg a jelmagyarázatban ténylegesen megjelenő osztályhatárokat.** Az itt feltüntetett osztályhatároknak tükrözniük kell az osztályozás alapjául szolgáló nyers adatok pontosságát. Mivel a nyers adataink értékeit a legközelebbi tizedszázalékra kerekítettük, az osztályhatárokat is a legközelebbi tizedszázalékra kell megadnunk. Így a kiszámított értékeket kerekítjük a 3. táblázatban látható jelmagyarázati osztályokat határoló értékek kiszámításához.

5. **Határozzuk meg, hogy mely megfigyelések tartoznak az egyes osztályokba.** Ehhez egyszerűen össze kell hasonlítani a nyers adatértékeket a 4. lépésből származó jelmagyarázati határértékekkel. A 6.1A. ábra grafikusan kifejezi, hogy az így kapott osztályok hogyan viszonyulnak az adatok szóródási grafikonjához, a 6.2A. ábrán pedig az osztályozott adatok térképe látható.

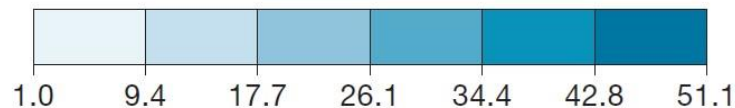


6.2. ábra. Kartogramok az adatosztályozási módszerek illusztrálására a 2. táblázat mintaadatai alapján.

Az egyenlő intervallumok előnye, hogy az öt lépés számológép vagy akár ceruza és papír segítségével is elvégezhető. Ennek eredményeképpen ezt a módszert gyakran részesítették előnyben a térinformatikai szoftverek megjelenése előtt. Második előnye, hogy az így kapott egyenlő intervallumok bizonyos esetekben könnyen értelmezhetők a térképhasználók számára. Például, ha a „városi lakosság százalékos arányának” ötosztályos térképét készítjük, és az adatok 0 és 100 között mozognak, az így kapott osztályok könnyen értelmezhetők (0-20, 21-40, 41-60, 61-80 és 81-100). A külföldön születettekre vonatkozó adatok

esetében azonban vegyük figyelembe, hogy a 6.2A. ábrán látható jelmagyarázati értékekből nem derül ki egyértelműen, hogy mi a pontos osztályintervallum.

Az egyenlő intervallumok harmadik előnye, hogy a jelmagyarázati kategóriák nem tartalmaznak hiányzó értékeket (vagy hézagokat): a külföldi születésűek adatai esetében az egyik osztály felső értéke és a következő osztály alsó értéke közötti különbség 0,1, ami az adatok pontossága. A hézagok, amelyek, mint látni fogjuk, más osztályozási módszereknél (pl. kvantilis) gyakran előfordulnak, az olvasóban azt az érzést kelthetik, hogy egyes adatok hiányoznak a jelmagyarázatból. Az egyenlő intervallumokhoz kapcsolódó előny, hogy a jelmagyarázat határai egyszerűsíthetők, így csak az adatok legalacsonyabb és legmagasabb értékei, valamint az egyes osztályok felső határai jelennek meg (6.3. ábra). Ez a megközelítés lehetővé teszi a térkép gyorsabb értelmezését, de zavart is okozhat az egyes osztályok határait illetően (pl. az olvasó elgondolkodhat azon, hogy a 9,4 az első vagy a második osztályba tartozik-e).



6.3. ábra. Az osztályhatárok folytonosságát figyelembe vevő lehetséges jelmagyarázat az egyenlő intervallumok módszeréhez.

Az egyenlő intervallumok legnagyobb hátránya, hogy az osztályhatárok nem veszik figyelembe, hogyan oszlanak el az adatok a számegyenes mentén. Ha például megvizsgáljuk a külföldön születettek vonatkozó adatok szóródási grafikonját (6.1A. ábra), akkor észrevehetjük, hogy az 5. osztály látszólag felesleges, mivel ebben az osztályban nincsenek megfigyelések. Pozitívum azonban, hogy az átlagtól erősen eltérő adatértékek (például a Miami-Dade megyei kiugró érték) saját egyedi osztályukban jelennek meg. Így a 6.2A. ábrán látható térkép helyesen mutatja Miami-Dade megyét, mint ami adatai tekintetében határozottan különbözik Florida többi részétől.

2. Kvantilis (Quantiles)

A kvantilis osztályozási módszerben az adatokat növekvő sorrendbe rendezzük, és minden osztályba ugyanannyi megfigyelést sorolunk be. Erre a módszerre az osztályok számától függően az angol szakirodalom különböző elnevezéseket használ: pl. quartiles (négy osztály), quintile (öt osztály) és sextile (hat osztály). Az egy osztályba tartozó megfigyelések számának kiszámításához a megfigyelések teljes számát el kell osztani az osztályok számával. A külföldi születésűek adatai esetében:

$$\text{Elemek száma egy osztályban} = \frac{\text{Összes megfigyelés}}{\text{Osztályok}} = \frac{67}{6} = 11, \text{ a maradék } 1.$$

Így minden osztályba 11 megfigyelést kell sorolnunk, és 1 megfigyelésünk marad. Ezt a megmaradt megfigyelést önkényesen az első osztályba helyezzük. Ne feledjük, hogy ezt a rangsorolt adatok felhasználásával végezzük. Mivel az azonos adatértékeket nem szabad különböző osztályokba helyezni, a kötöttségek megnehezíthetik a kvantilis módszert.

A kvantilis módszer jelmagyarázati határértékeinek meghatározására kétféle megközelítés lehetséges.

- Az egyik az osztály tagjainak legalacsonyabb és legmagasabb értékének megadása: A hatosztályos térképünkre vonatkozó eredmények (feltételezve, hogy 12 megfigyelést helyezünk az első osztályba és 11 megfigyelést a többi osztályba) a 4. táblázatban az adatokon alapuló osztályhatárok oszlopban láthatók. Bár az így kapott osztályhatárok valóban tükrözik az egyes osztályokba eső adatok tartományát, a jelmagyarázati határértékek között vannak olyan hézagok (pl. 5,0 és 5,3 között), amelyek az olvasó számára zavaróak lehetnek.
- A másik megközelítés az, hogy ezeket a hézagokat elkerüljük azáltal, hogy az osztályhatárt az aktuális osztály legmagasabb értékének és a következő osztály legalacsonyabb értékének átlagából számoljuk. Ezt a megközelítést alkalmazzuk a külföldön születettekkel kapcsolatos adatokra 4 táblázatban: a második osztály felső határa $(5,0 + 5,3)/2$, azaz 5,15, amit 5,2-re kerekíthetünk.

4. táblázat. Osztályhatárok a kvantilis módszer használata esetén.

Osztály	Számított határok	Osztályhatárok nélkül
1	1–3,2	1–3,2
2	3,3–5	3,3–5,2
3	5,3–6,6	5,3–6,7
4	6,8–10,5	6,8–10,6
5	10,7–15,6	10,7–15,9
6	16,2–51,1	16–51,1

Az egyenlő intervallumokhoz hasonlóan a kvantilisek előnye, hogy az osztályhatárokat egyszerűen ki lehet számítani. Második előnye, hogy mivel a megfigyelések azonos számban esnek minden osztályba, az egyes osztályokba tartozó esetek százalékos aránya is azonos lesz. Fontos jellemzője, hogy mivel az osztályba sorolás sorrenden alapul, a kvantilis módszer ordinális adatok esetében hasznos. Ha például az Egyesült Államok 50 államát az „életminőség” alapján rangsorolnánk, az így kapott sorrendet öt egyenlő csoportra lehetne osztani: az osztályozáshoz nem lenne szükség numerikus információra. A negyedik előny az, hogy ha a vonatkoztatási terület egységek megközelítőleg azonos méretűek, akkor minden osztály nagyjából azonos területet fed le.

A kvantilis módszer osztozik az egyenlő intervallumok nagy hátrányában: nem veszi figyelembe, hogy az adatok hogyan oszlanak el a számegyenes mentén. Vegyük például, hogy a külföldön születettek vonatkozó adatok esetében a Miami-Dade megyére vonatkozó kiugró érték jelentősen kisebb értékekkel szerepel egy kategóriában (6.1B. és 6.2B. ábrák). Így ugyan nincsenek üres osztályok, de az osztályokon belüli nagy eltérések megzavarhatják a térképolvasót.

3. Átlag-szórás (Mean-Standard Deviation)

Az átlag-szórás módszer egyike azon osztályozási technikáknak, amelyek figyelembe veszik az adatok eloszlását. Ennél a módszernél az osztályokat úgy alakítjuk ki, hogy az adatok átlagához ismételt hozzáadjuk vagy kivonjuk a

szórást, amint azt az 5. táblázat mutatja. Az egyenlő intervallumok módszeréhez hasonlóan a számított és a jelmagyarázati határértékek is kiszámíthatók. A mi hatosztályos térképünk esetében a számított határokat az átlag és szórás értékek alapján számítjuk ki. Például az első osztály esetében $\bar{x} - 2s = 9,59 - (2 \cdot 8,41) = -7,23$. A jelmagyarázat létrehozásához a számított határértékeket úgy kell beállítani, hogy azonos értékek ne kerülhessenek két különböző osztályba, és a legalacsonyabb és legmagasabb osztályok határértékeit ki kell igazítani az adatok legalacsonyabb és legmagasabb értékeinek megfelelően.

Az átlag-szórás módszer egyik fő hátránya, hogy csak olyan adatok esetén működik jól, amelyek közel normális eloszlásúak. Ez jól látszik mintaadatainknál is, ahol a legalsó osztály kizárólag negatív értékeket tartalmaz, és ezért nincs tagja (6.1C. és 6.2C ábrák). Egy másik hátrány, hogy a módszer néhány alapvető statisztikai fogalom ismeretét igényli; a térképen vagy a szövegben megjelenő üzenet, miszerint „az osztályokat az átlag és a szórás figyelembevételével alakítottuk ki”, nem lenne érthető, ha valaki nem rendelkezik statisztikai képzettséggel.

A módszer határozott előnye azonban, hogy ha az adatok normális (vagy közel normális) eloszlásúak, az átlag hasznos választóvonalként szolgál, lehetővé téve a felette és alatta lévő értékek szembeállítását. Ez akkor érhető el a leghatékonyabban, ha páros számú osztályt használunk, mint a mi hatosztályos térképünk esetében (esetünkben a kerekített átlagérték a harmadik osztály felső határa). Ötosztályos térképhez a két középső osztályt össze lehetne vonni, és az átlagérték az így kapott osztály közepére esne. A módszer további előnye, hogy a jelmagyarázati határértékek nem tartalmaznak olyan hézagokat, amelyek összezavarhatják az olvasót.

5. táblázat. Osztályhatárok az átlag-szórás módszer használata esetén.

Osztály	Normáeloszlás határai	Számított határok	Jelmagyarázat
1	$< \bar{x} - 2s$]	$< -7,23$	$< -7,3$
2	] $\bar{x} - 2s$; $\bar{x} - 1s$]	$-7,23 - 1,18$	$-7,2 - 1,2$
3	] $\bar{x} - 1s$; \bar{x}]	$1,18 - 9,59$	$1,3 - 9,6$
4	] \bar{x} ; $\bar{x} + 1s$]	$9,59 - 18$	$9,7 - 18$
5	] $\bar{x} + 1s$; $\bar{x} + 2s$]	$18 - 26,41$	$18,1 - 26,4$
6	$> \bar{x} + 2s$]	$> 26,41$	$> 51,1$

4. Természetes törések (Natural Breaks)

A természetes törések módszernél a grafikonok (pl. egy szóródási grafikon vagy hisztogram) arra használhatók, hogy megállapítsuk, vannak-e logikai törések az adatokban. Másképp fogalmazva a természetes törések célja az, hogy minimalizálja az azonos osztályba tartozó adatértékek közötti különbséget, míg az osztályok közötti különbséget maximalizálja. Később látni fogjuk, hogy ez a célja az optimális módszernek is, de abban az esetben használjuk az osztályozási hiba statisztikai paraméterét is, míg a természetes törések esetén az osztályozást szubjektíven végzi a térképész.

A természetes törések kiszámításához tekintsük át, hogyan oszthatjuk a külföldi születésűek adatait hat osztályra (érdeemes megvizsgálni a természetes törések módszeréhez kapcsolódó szóródásgrafikont az 6.1D. ábrán). Az adatokban szereplő legmagasabb érték (51,1) meglehetősen eltérőnek tűnik az adatok többi részétől, ezért azt egy önálló osztályba soroljuk. A 30-hoz közeli két érték összetartozni látszik, ezért ezeket csoportosítva egy második osztályt hozunk létre. Ezután van hat értékünk, amelyek 20 közelében koncentrálódnak, három közvetlenül 20 alatt, három pedig 20 felett, de 25 alatt; ezek egy harmadik osztályt alkotnak. Ezután van egy öt értékből álló, közvetlenül 15 fölötti csoport, amely egy negyedik osztályt alkot. A fennmaradó adatok két klasztert alkotnak, az egyik 1-től körülbelül 7-ig, a másik pedig körülbelül 8-tól 13-ig terjed. Ebből a példából láthatjuk, hogy a természetes törésekkel kapcsolatos nyilvánvaló probléma az, hogy az osztályhatárokkal kapcsolatos döntések szubjektívek, és ezért az egyes térképkészítők besorolásai között eltérések lehetnek.

5. Optimális (Optimal)

Az optimális osztályozási módszer megoldást jelent a természetes törések szubjektivitásának problémájára. Ez a hasonló adatértékeket ugyanabba az osztályba sorolja az osztályozási hiba objektív mértékének minimalizálásával.

Ennek illusztrálására tekintsük át, hogy egy kilenc értékből álló kis hipotetikus adathalmazt hogyan bontanánk a kvantilis és az optimális módszerrel három

osztályra (6. táblázat). A kvantilis módszer minden osztályhoz (ebben az esetben háromhoz) ugyanannyi megfigyelést rendel, és így a hasonló értékeket különböző osztályokba helyezi. Ezzel szemben az optimális módszer alkalmazásával ugyanabba az osztályba kerülnek.

Az optimális módszerben általánosan használt osztályozási hiba egyik mértéke az osztálymediánok abszolút eltéréseinek összege (absolute deviations about class medians - ADCM). Ennek kiszámítása magában foglalja az egyes osztályok mediánjának kiszámítását, az osztálytagok abszolút eltéréseinek összegét az egyes osztályok mediánjaitól, majd összeadja az abszolút eltérések összegeit. Például a kvantilis módszer esetében az első osztály mediánja 12, és az osztály abszolút eltéréseinek összege $|11 - 12| + |12 - 12| + |13 - 12| = 2$. Az abszolút eltérések összege minden osztályra $2 + 18 + 67 = 87$. Ezzel szemben az optimális módszer ADCM értéke $4 + 2 + 1 = 7$, ami nyilvánvalóan kisebb érték, és így jobb osztályozást jelez.

Ennek a hipotetikus példának az adatait úgy választottuk ki, hogy az eredmények egyértelműek legyenek. A való világban a kívánt minimális hibaosztályozás általában nem nyilvánvaló, ezért a kutatók számítógépes algoritmusokat fejlesztettek ki a megoldások meghatározására. Itt két algoritmust ismerhetünk meg: a Jenks–Caspall és a Fisher–Jenks algoritmust.

5.1 A Jenks-Caspall algoritmus

A Jenks-Caspall algoritmus, amelyet George Jenks és Fred Caspall (1971) fejlesztett ki, az optimális osztályok meghatározásának empirikus megoldása. A 6. táblázatban bemutatott példához hasonlóan feltételezzük, hogy a teljes térképi adathibát (azaz az ADCM-et) szeretnénk minimalizálni. Az algoritmus az osztályok egy tetszőleges halmazával (mondjuk a 6. táblázat osztályaival) indul, kiszámítja a teljes hibát, és a szomszédos osztályok közötti megfigyelések áthelyezésével próbálja csökkenteni ezt. A megfigyelések áthelyezése ismétlődő és kényszerített ciklikussággal történik. Az ismétlődő ciklusok során a mozgásokat úgy hajtjuk végre, hogy meghatározzuk, milyen közel van egy megfigyelés egy másik osztály mediánjához; például a 6. táblázatban szereplő adatok esetében a 14-es érték közelebb van az 1. osztály mediánjához (12), mint a 13-as érték a 2. osztály mediánjához (31), így a 14-es értéket az első osztályba kell áthelyezni. A

mozgatásokat addig ismételjük, amíg a teljes térképi adathiba csökkentése lehetséges.

6. táblázat. Az osztálymediánok abszolút eltérésösszegeinek (ADCM) kiszámítása

Nyers adatok: 11, 12, 13, 14, 31, 32, 33, 99, 100					
Kvantilis módszer			Optimális módszer		
Osztály	Értékek	Hiba	Osztály	Értékek	Hiba
1	11, 12, 13	2	1	11, 12, 13, 14	4
2	14, 31, 32	18	2	31, 32, 33	2
3	33, 99, 100	67	3	99, 100	1
ADCM = 87			ADCM = 7		

Kényszerített folyamat esetén az egyes megfigyelések szomszédos osztályokba kerülnek, függetlenül attól, hogy az osztály mediánértéke és az áthelyezett megfigyelés között milyen kapcsolat van. A mozgatás után egy tesztet végzünk annak megállapítására, hogy történt-e csökkenés az ADCM-ben. Ha a hiba csökkent, akkor az új osztályozást javulásnak tekintjük, és a mozgatási folyamat ugyanabban az irányban folytatódik.

5.2 A Fisher-Jenks algoritmus

A Jenks és Caspall által alkalmazott tapasztalati megközelítéssel ellentétben a Fisher-Jenks algoritmus matematikai alapokon nyugszik. A matematikai alapokat Walter Fisher (1958) dolgozta ki, George Jenks (1977) pedig bevezette a módszert a kor térképészei körében - innen a Fisher-Jenks algoritmus elnevezés. Gyakran csak Jenks nevét említjük, amikor a módszerre utalunk, illetve gyakran összekeverik a természetes törések módszerével.

A Fisher-Jenks algoritmus megértéséhez érdemes megvizsgálni, hogyan lehetne egy optimális megoldást „nyers erővel” kiszámítani. Képzeljük el, hogy az 1, 3, 7, 11 és 22-es adatok optimális kétosztályos bontását szeretnénk kidolgozni. Egy ilyen kis adathalmaz esetén könnyű felsorolni az összes lehetséges kétosztályos megoldást és kiszámítani a hozzájuk tartozó hibaértékeket (7. táblázat). Úgy tűnhet, hogy nagy adathalmazok esetében egy számítógép segítségével az összes lehetőség figyelembevételével meg lehet határozni az optimális megoldást. Sajnos azonban a lehetséges megoldások száma túlságosan

nagy lesz; pl. egy 100 területegységből álló térkép esetén több mint 1 milliárd lehetőség van hét osztály esetén.

7. táblázat. Az ADCM kiszámítása egy kétosztályos térkép esetén

Nyers adatok: 1, 3, 7, 11, 22					
1. megoldás			2. megoldás		
Osztály	Értékek	Hiba	Osztály	Értékek	Hiba
1	1	0	1	1, 3	2
2	3, 7, 11, 22	23	2	7, 11, 22	15
ADCM = 23			ADCM = 17		

3. megoldás			4. megoldás		
Osztály	Értékek	Hiba	Osztály	Értékek	Hiba
1	1, 3, 7	6	1	1, 3, 7, 11	14
2	11, 22	11	2	22	0
ADCM = 17			ADCM = 14		

Ahelyett, hogy az összes megoldást figyelembe venné, a Fisher–Jenks algoritmus kihasználja a Fisher által biztosított matematikai alapot, amely szerint bármely optimális felosztás az adatok optimális részhalmaz-felosztásainak összege. Ezt az 1, 3, 7, 11 és 22 adathalmaz kezelésének néhány kezdeti lépésével szemléltetjük (8. táblázat). A számítási egyszerűség érdekében a mediánt (és az abszolút eltérések hozzá tartozó összegét) használjuk; az algoritmus egy másik változata az átlagot (és az átlagtól való eltérések négyzetes összegét) használja.

Az 1. lépésben ki kell számítani a nyers adatok bármely rendezett részhalmaza esetén az osztálymedián abszolút eltéréseinek összegét, figyelmen kívül hagyva, hogy ezek a részhalmazok hogyan illeszkedhetnek egy adott osztályozásba. Legyen $D(i, j)$ az abszolút eltérések összege az i -edik tagot a j -edikhez viszonyítva; például az 1, 3 és 7 részhalmaz esetén $D(1,3) = |1 - 3| + |3 - 3| + |7 - 3| = 6$.

A 2. lépésben a rendszer kiszámítja a teljes adatkészlet kétosztályos térképének optimális megoldását, valamint az adatok részhalmazaira vonatkozó optimális kétosztályos megoldásokat – 8. táblázat. Vegyük figyelembe, hogy ezek a lépések hogyan használják fel az 1. lépés eredményeit; például a lehetséges megoldás 1 3 | 7 11 22 a 2(a) lépésben a $D(1,2) + D(3,5) = 2 + 15 = 17$ számításokat használja. A 8. táblázat 2(a) lépésének eredményeit tekintve látható, hogy a legjobb megoldás az, ha a 22-t önmagában helyezi el egy osztályban, mivel ez a választás eredményezi

a legkisebb, 14-es ADCM-értéket. Bár a 2(b) lépésben bemutatott részhalmaz-számításokat nem használjuk az optimális kétosztályos térkép meghatározásához, alkalmazzuk őket a nagyobb számú osztályt tartalmazó térképek esetén.

8. táblázat. A Fisher-Jenks algoritmus első lépései

Nyers adatok: 1, 3, 7, 11, 22					
1. lépés: Számítsuk ki az osztálymedián abszolút eltéréseinek összegét az adatok összes rendezett részhalmazára. A következő mátrix az i-edik megfigyelés j-edik megfigyeléshez viszonyított, a mediántól való abszolút eltéréseinek összegét mutatja. (Legyen $D(i, j)$ az abszolút eltérések összege az i-edik tagot a j-edikhez viszonyítva; például $i=1$ és $j=3$ esetén $D(1,3) = |1 - 3| + |3 - 3| + |7 - 3| = 6$.)					
	j-edik megfigyelés				
i-edik megfigyelés	1 (1)	2 (3)	3 (7)	4 (11)	5 (22)
1 (1)	0	2	6	14	29
2 (3)		0	4	8	23
3 (7)			0	4	15
4 (11)				0	11
5 (22)					0
2. lépés: Számítsuk ki az összes lehetséges felosztást. a) A teljes adathalmaz optimális kétosztályos térképének eredményei a következők: $1 \mid 3 \ 7 \ 11 \ 22 \rightarrow D(1,1) + D(2,5) = 0 + 23 = 23$ $1 \ 3 \mid 7 \ 11 \ 22 \rightarrow D(1,2) + D(3,5) = 2 + 15 = 17$ $1 \ 3 \ 7 \mid 11 \ 22 \rightarrow D(1,3) + D(4,5) = 6 + 11 = 17$ $1 \ 3 \ 7 \ 11 \mid 22 \rightarrow D(1,4) + D(5,5) = 14 + 0 = 14$ (optimális eredmény)					
b) A következők az adatok részhalmazainak optimális kétosztályos felosztásának első négy értékére vonatkozó eredmények: $1 \mid 3 \ 7 \ 11 \rightarrow D(1,1) + D(2,4) = 0 + 8 = 8$ $1 \ 3 \mid 7 \ 11 \rightarrow D(1,2) + D(3,4) = 2 + 4 = 6$ (döntetlen) $1 \ 3 \ 7 \mid 11 \rightarrow D(1,3) + D(4,4) = 6 + 0 = 6$ (döntetlen) Az 1 3 7, 3 7 11, 3 7 11 22 és 7 11 22 számára optimális két felosztást is ki kell számítani.					

A Fisher-Jenks algoritmus külföldi származású adatokra történő alkalmazásának eredményeit a 6.1E. ábrán látható szóródási grafikon mutatja. Figyeljük meg, hogy az eredmények hogyan viszonyulnak a természetes törésekhez: ennek 1. és 2. osztályát három osztályra bontotta, míg a természetes

törések 4. és 5. osztályát egyetlen osztályba egyesítette az optimális módszer. Összességében azonban több a hasonlóság e két módszer között, mint a többi módszer és az optimális módszer között. Ez az oka annak, hogy az optimális módszert néha „Jenks természetes töréseinek” nevezik.

5.3 Az optimális módszer előnyei és hátrányai

Az optimális módszer nyilvánvaló előnye, hogy részletesen megvizsgálja az adatok eloszlását. Ez a „legjobb” választás az osztályozáshoz, ha az a szándék, hogy a hasonló értékeket ugyanabba az osztályba (és a különböző osztályokba tartozó értékektől eltérően) helyezzük el az értékek számegyenes mentén elfoglalt helyzete alapján.

További előnye, hogy az optimális módszer segíthet a megfelelő számú osztály meghatározásában. A mediánt az eloszlás központiségének mérésére is használhatjuk: ezt az abszolút eltérés illeszkedésének (goodness of absolute deviation fit - GADF) kiszámításával érjük el, amely a következőképpen definiálható:

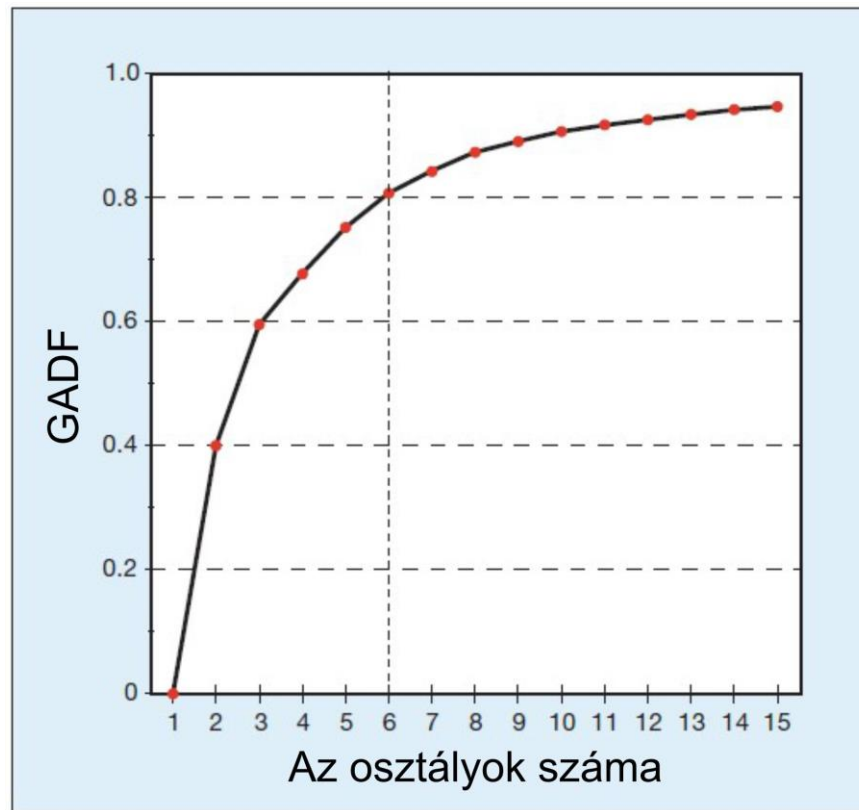
$$GADF = \frac{ADCM}{ADAM},$$

ahol az ADCM az osztálymediánok abszolút eltéréseinek összege egy adott számú osztályra, az ADAM pedig a teljes adathalmaz mediánjára vonatkozó abszolút eltérések összege. Hasonló mértéket lehet kiszámítani, ha az átlagot a központi eloszlás mértékeként használjuk (és az osztály hibája az átlagtól való eltérések négyzetes összege), ezt a varianciaillesztés jósága (goodness of variance fit - GVF) néven ismerjük.

A GADF 0-tól 1-ig terjed, a 0 a legalacsonyabb pontosságot jelenti (egy osztályú térkép), az 1 pedig a legnagyobb pontosságot. Ha az adatokban nincsenek bizonyos kapcsolatok, akkor 1-es GADF-értéket kapunk, ekkor minden megfigyelés külön osztály (egy n-osztályú térképet kapunk, ahol n a megfigyelések száma). Fontos megjegyezni, hogy ebben az értelemben az n-osztályú térkép osztályozatlan.

A GADF értékeket általánosságban használhatjuk az osztályok megfelelő számának meghatározásához, a 6.4. ábra szerinti függvény alapján. Ez a grafikon kétféleképpen értelmezhető. Az egyik megközelítés az, hogy keresünk egy pontot,

ahol a görbe kezd egyenessé válni – ez hat-nyolc osztálynál figyelhető meg. A görbület csökkenése azt jelzi, hogy az osztályok nagyobb száma nem csökkenti lényegesen az osztályozási hibát. A grafikon értelmezésének másik módja annak meghatározása, hogy hány osztály esetén lép túl először a GADF egy bizonyos értéket, mondjuk a 0,8-at. Ha nagyobb értéket használunk, mondjuk 0,9-et, akkor tízosztályos térképre lenne szükség. Annak ellenére, hogy mindkét megközelítés szubjektív, előrelépést jelent a tetszőleges számú osztályok kiválasztásához képest.



6.4. ábra. Az osztályok számának grafikonja a GADF értékek (abszolút eltérés illeszkedésének mértéke, goodness of absolute deviation fit) függvényében. A görbe hat-nyolc osztálynál ellaposodik, utalva a viszonylagos helyes osztályszámra.

Egy másik tényező, amelyet figyelembe kell venni a grafikon értelmezésekor, hogy egy több osztályt tartalmazó térképet nehezebb lesz értelmezni, mivel több eltérő szimbólumot kell megkülönböztetni. Amellett, hogy segít meghatározni az optimális módszerhez a megfelelő számú osztályt, a GADF-technika arra is használható, hogy kiszámítsuk az említett osztályozási módszerek pontosságát, és így meghatározzuk, hogy ezek megfelelőek-e. Például hasonló GADF-értékeket

ad az optimálissal összevetve a kvantilis módszer: bizonyos esetekben célszerű lehet inkább azt alkalmazni, mert a felhasználó könnyebben megérti, hogyan jöttek létre az osztályhatárok.

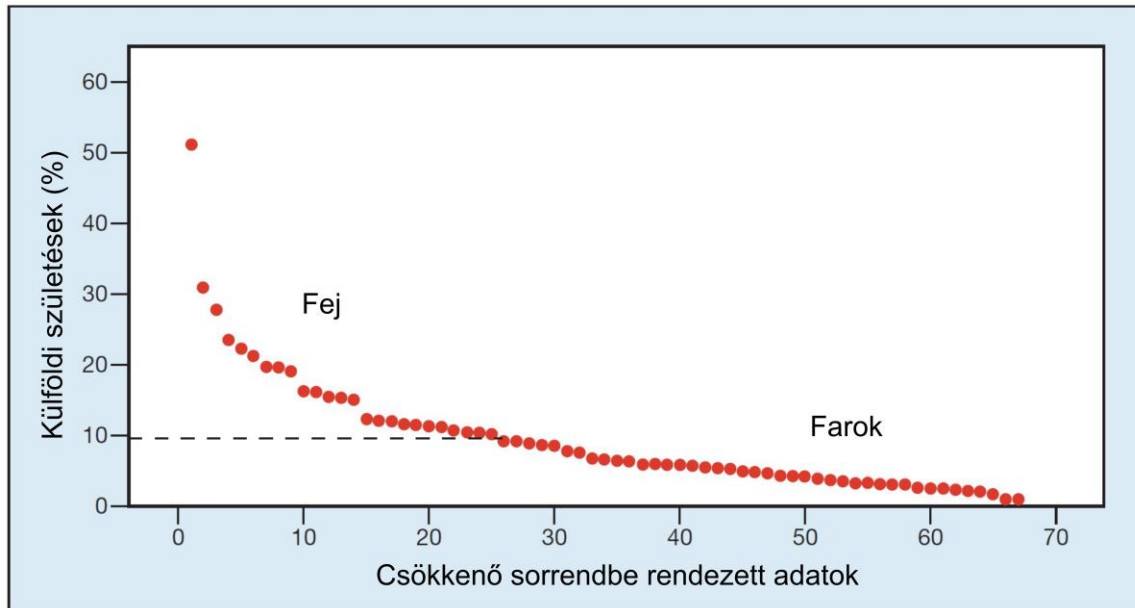
Az optimális módszer hátrányai közé tartozik a fogalom megértésének nehézsége és a jelmagyarázatban megjelenő adatrések. További hátrány, hogy a térinformatikai szoftverek néha nem tartalmazzák, bár ez a tényező javuló tendenciát mutat.

6. „Fej/farok” törések („Head/tail” breaks)

Bin Jiang (2013) nevéhez fűződik egy közelmúltban kifejlesztett új adatosztályozási módszer, melyet „fej/farok” törések néven ismerünk, és amely Jiang szerint jól alkalmazható erősen pozitívan ferde adathalmazokhoz. Ugyan a külföldi születésűek adathalmaza csak gyengén pozitívan ferde, jó példája a módszer szemléltetésének.

A 6.5. ábra megmutatja, hogy milyen mértékben dől jobbra az adathalmazunk. A grafikon bal oldalán található kiemelkedő csoportot fejnek, a jobboldali értékek ellaposodó, népes halmazát pedig faroknak nevezzük. Ez azt jelenti, hogy sokkal több kis adatérték van, mint magas. Jiang azt állítja, hogy a hangsúlyt a kevés, de magas adatértékre kell helyezni, mert általában ezeknek van a legnagyobb hatása.

Az osztályok fej/farok módszerrel történő létrehozásának számításai viszonylag egyszerűek. Az első lépés az adatértékeket két részre osztja, töréspontként az átlagot használva; ez a folyamat iteratíván folytatódik az átlag feletti értékeknél mindaddig, amíg az átlag feletti adatok továbbra is jobbra dőlnek (vagy a fej csak egy megfigyelést tartalmaz). Jiang meghatározása szerint egy eloszlás jobbra dől, amíg az adatok kevesebb mint 40%-a esik az átlag fölé.

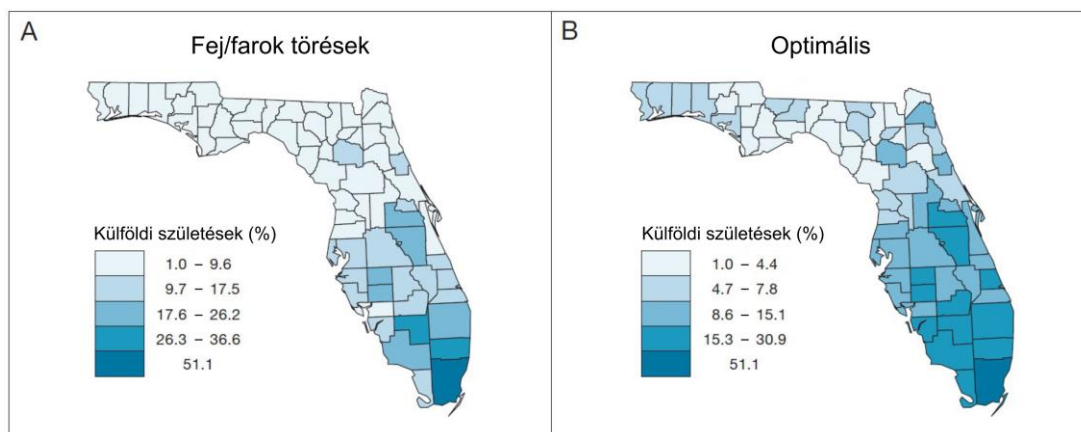


6.5. ábra. Az adatértékek csökkenő sorrendben. Az ilyen diagramokat gyakran használják jobbra ferde eloszlások illusztrálására. Az adatok átlagát (9.6) szaggatott vonal jelzi – vegyük figyelembe, hogy ez két csoportra osztja az adatokat: 25 megyére az átlag alatt és 42 megyére az átlag felett.

A 9. táblázat mutatja be a fej/farok módszer alkalmazásának eredményét a külföldi születéseket tárgyaló adatokra. Az 1. lépésben a 67 megyét két osztályra bontjuk, töréspontként a 9,6-os átlagot használva. Vegyük észre, hogy 25 megye 9,6 felett (fej) és 42 megye 9,6 alatt van (farok). A 2. lépésben az 1. lépésben szereplő átlag feletti 25 megyét két osztályra bontjuk, töréspontként e 25 megye átlagát használva. Ez a folyamat a 3. és 4. lépésben folytatódik, és a 4. lépésnél leáll, mert a fej csak egy megyéből áll, így nem osztható tovább. Vegyük figyelembe, hogy a felosztás minden szakaszában a fejben lévő százalék kevesebb volt, mint 40%.

9. táblázat. A fej/farok módszer osztályozásának lépései a külföldi születések adatain.

Lépés	Megyék száma	Adatok a fejben	% a fejben	Adat a farokban	Átlag
1	67	25	37	42	9,6
2	25	9	36	16	17,5
3	9	3	33	6	26,2
4	3	1	33	2	36,6



6.6. ábra. A fej/farok törések és az optimális osztályozási módszerek összehasonlítása a külföldi születésűek adataival ötosztályos térképeken.

A 6.6A. ábra a fej/farok módszer mintaadatakra történő alkalmazásából származó térképet mutatja be összehasonlítva az optimális módszerrel. Megjegyzendő, hogy az első négy osztály felső határa megfelel a 9. táblázatban kiszámított átlagértékeknek. Jiang megközelítését követtük a 2., 3. és 4. osztály alsó határának meghatározásában, mivel ezek 0,1-el nagyobbak, mint az előző osztály átlaga. Az 5. osztálynál úgy döntöttünk, hogy egyetlen adatértéket adunk meg, hangsúlyozva az adat kiugróan magas értékét. Jiang az osztályok közötti kapcsolatot skálázási hierarchiának nevezi.

A fej/farok módszer érdekessége, hogy automatikusan megfelelő számú adatosztályt javasol – ebben az esetben egy ötosztályú térképet állítunk elő. Mivel nincs értelme összehasonlítani az eredményül kapott térképet a korábban általunk készített hatosztályos térképekkel, a 6.6B. ábra egy optimális ötosztályos térképet ábrázol. Nyilvánvalóan az osztályok összetétele a két térképen egészen más. Vegyük figyelembe, hogy a fej-farok térkép legalacsonyabb osztálya az optimális térkép két legalacsonyabb osztályának adatait teljesen lefedi.

7. Tippek a megfelelő módszer kiválasztásához

A különféle osztályozási módszerek tárgyalása során számos olyan kritériumra mutattunk rá, amelyek alapján megítélhetjük az egyes módszerek hasznosságát. A 10. táblázat összefoglalja ezeket a kritériumokat, és mindegyik osztályozási módszert nagyon jónak (NJ), jónak (J) vagy rossznak (R) minősíti, illetve ordinális

adatokon való alkalmazhatóság szempontjából elfogadhatónak (+) vagy elfogadhatatlannak (-). Egyike a sok minősítési rendszereket illető problémáknak, hogy a térképkészítő számítógépes környezetétől és a térképfelhasználó tudásától függ hasznosságuk. A 10. táblázat esetében feltételezzük, hogy az összes osztályozási módszer elkészítéséhez azonos számítógépes szoftver áll rendelkezésre, és a térképfelhasználó egyetemi hallgató, aki rendelkezik bevezető statisztikai alapokkal.

Ne feledjük, hogy a „Könnyen érthető jelmagyarázat” annak függvénye, hogy vannak-e adatrések a jelmagyarázatban vagy sem: Az osztályhatárok közötti hézagok megnehezíthetik a jelmagyarázat megértését. Az egyenlő intervallumok módszere nagyon jó értékelést kap ezen a kritériumon, mert nemcsak nincsenek hézagok, hanem a kerekített intervallumtartományok is könnyen érthetőek (pl. 0–25, 26–50 stb.). A rések problémáját elkerülhetjük, ha minden osztályozási módszerhez folyamatos jelmagyarázatot hozunk létre. Ne feledjük azonban, hogy ez a megközelítés nem jelzi az adott osztályba eső értékek tényleges tartományát. A 10. táblázat elemzése azt mutatja, hogy nincs egyetlen legjobb osztályozási módszer. Bár az optimálist gyakran a legjobb módszerként emlegetik, ez csak a hasonló értékek csoportosítása szempontjából a legkedvezőbb. Figyelemre méltó, hogy a közelmúltban kifejlesztett fej/farok módszer számos kritériumon elég jól teljesített. Ne feledjük azonban, hogy ezt a technikát jobbra ferde adatok kezelésére szánják.

10. táblázat. A megfelelő adatosztályozási módszer választását segítő rendszer.

	Egyenlő intervallumok	Kvantilis	Átlag- szórás	Optimális	Fej/farok törések
Figyelembe veszi az eloszlást a számegyenes mentén	R	R	J ^a	NJ	NJ
Módszertan megértésének egyszerűsége	NJ	NJ	NJ	J ^b	NJ
Számítás egyszerűsége	NJ	NJ	NJ	NJ ^c	NJ
A jelmagyarázat megértésének egyszerűsége	NJ ^d	R ^e	J	R ^e	J
A jelmagyarázat határai megegyeznek az adatérték- határokkal	R	NJ	R	NJ	R
Megfelelő ordinális adatokhoz	-	+	-	-	-
Segít a megfelelő számú osztály kiválasztásában	R	R	R	NJ	NJ

NJ: nagyon jó; J: jó; R: rossz
+: elfogadható; -: nem elfogadható

^a Az értékelés R, ha az adatok nem normális eloszlásúak.

^b Az algoritmus meglehetősen összetett természete miatt csak J minősítést kapott.

^c Az optimális módszerhez számítógép használata szükséges.

^d Csak a J megfelelő, ha nem használunk kerek számokat.

^e A kerekített értékek használata J értékelést eredményezhet; egyes adateloszlások utánozhatnak egy egyenlő intervallumú térképet, így J vagy NJ értékelést adnak.

Felhasznált irodalom

Brewer, C. A. (2016). *Designing Better Maps: A Guide for GIS Users* (2nd ed.). Esri Press.

Dent, B. D., Torguson, J. S., & Hodler, T. W. (2008). *Cartography: Thematic Map Design* (6th ed.). McGraw-Hill Education.

Jenks, G. F., & Caspall, F. C. (1971). Error on choroplethic maps: Definition, measurement, reduction. *Annals of the Association of American Geographers*, 61(2), 217–244. DOI: 10.1111/j.1467-8306.1971.tb00779.x.

Jiang, B. (2013). Head/tail breaks: A new classification scheme for data with a heavy-tailed distribution. *The Professional Geographer*, 65(3), 482–494. DOI: 10.1080/00330124.2012.700499.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Science and Systems* (4th ed.). Wiley.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (4th ed.). CRC Press.

VII. Vetületválasztási szempontok

E fejezetben a tematikus térképekhez választható vetületeket két szempontból tárgyaljuk. Az egyik inkább általános: megnézzük, hogy az ábrázolandó terület mérete és kiterjedése függvényében milyen vetületet célszerű választanunk. Ehhez több szerző vetületválasztási segédletét is megvizsgáljuk. A második szempont rövidebb, de a tematikus kartográfia szempontjából annál fontosabb: meghatározzuk, hogy az adatokhoz és ábrázolási típusokhoz milyen vetületek alkalmazhatók.

A megfelelő térképi vetület kiválasztása a térképészek egyik legbonyolultabb feladata. A kiválasztáskor összhangba kell hozni a térkép rendeltetését a különböző vetítési tulajdonságokkal és jellemzőkkel. Ez a feladat nehéz, mert a térkép készítésekor sok változót kell használni, mint például a térkép méretaránya, a feltérképezendő terület nagysága, a generalizálás mértéke és a felhasznált tematikus ábrázolási eszközkészlet.

Egyetlen vetület ritkán rendelkezik mindazon jellemzőkkel és tulajdonságokkal, amelyek a térképkészítési folyamatban részt vevő összes változó kielégítő megjelenítéséhez szükségesek. Ezért különféle szerzők különféle vetületkiválasztási irányelveket dolgoztak ki annak érdekében, hogy konkrét térképi célokra vetületeket javasoljanak.

1. Pearson vetületválasztási elvei

A Frederick Pearson (1984) által leírt egyszerű kiválasztási irányelv a vetület kiválasztását a térképen ábrázolt szélességi tartományhoz kapcsolja.

Hengervetületeket javasolt az Egyenlítő két oldalán 30° -on belül elhelyezkedő egyenlítői területekhez; kúpvetületeket a 30° és 65° közötti területrészekhez, és síkvetületeket a 65° feletti poláris területekhez. Pearson iránymutatásának logikája azon a tényen nyugszik, hogy egy vetület kezdőpontja vagy kezdővonala az ajánlott földrajzi területen belül helyezkedik el, így biztosítva, hogy a torzulás viszonylag alacsony legyen a teljes ábrázoláson.

Például az Egyenlítő mentén fekvő területeket olyan hengervetületekkel képezzük le, melyeknek egy torzulásmentes paralelköre van, amely egybeesik az Egyenlítővel, vagy két kezdő paralelköre, amelyek egyenlő távolságra vannak az Egyenlítő mindkét oldalán.

Bár Pearson útmutatója kiindulópontot ad a vetületek kiválasztásához, általában nem túl hasznos, mert nem veszi figyelembe a térkép célját.

2. Robinson elvei

Arthur Robinson és munkatársai (1995) egy másik egyszerű útmutatást fogalmaztak meg a vetületek kiválasztásához a vetület tulajdonságai és a tervezett térképi cél közötti kapcsolat alapján.

Szögtartó vetületeket javasolnak abban az esetben, ha a térkép szögeit használjuk a való világ elemzéséhez, méréséhez vagy rögzítéséhez, például a navigáció, a légitözlekedés és a felmérés során. Az ennek a feltételnek eleget tevő vetületek közé tartozik például a Mercator, a transzverzális Mercator, a Lambert szögtartó kúp és a sztereografikus vetület.

Területtartó vetületeket javasolnak abban az esetben, ha a térképen valamely tulajdonságokat területek között szeretnénk összehasonlítani. Ez sokszor a tematikus térképek célja az ábrázolási módszer függvényében. Például egy ponttérkép elsődleges célja a földrajzi területek különböző ponteloszlásának vizuális összehasonlítása, és ezt az összehasonlítást nagyban megkönnyíti, ha a

földrajzi területeket torzulás nélkül ábrázoljuk. A területtartó vetületek közé tartozik például Lambert azimutális és területtartó hengervetülete, valamint az Albers- és a Lambert-féle területtartó kúpvetületek.

Mozgások irányának rögzítésekor és követésekor a síkvetületek hasznosak, beleértve például az ortografikus (a Földet az úrból nézve) és a gnomonikus (minden hosszúsági kör egyenes vonal).

3. Snyder rendszere

John P. Snyder bemutatta a javasolt vetületek hierarchikus listáját, amely vetületeit a Föld feltérképezendő területe, a vetületi tulajdonság (pl. területtartó, szögtartó) és egyéb vetületi jellemzők szerint vannak rendezve.

Snyder iránymutatása három külön táblázatot használ, melyek kezdetben a feltérképezendő földrajzi terület kiterjedése alapján javasolnak vetületeket:

- világ,
- félgömb, és
- kontinens, óceán vagy kisebb régió.

Az egyes táblázatokat további részekre osztotta fel a további szempontoknak megfelelően.

Snyder alapján öt általános pontban foglalhatjuk össze, hogy milyen irányelveket célszerű követnünk térképek vetületválasztása esetén:

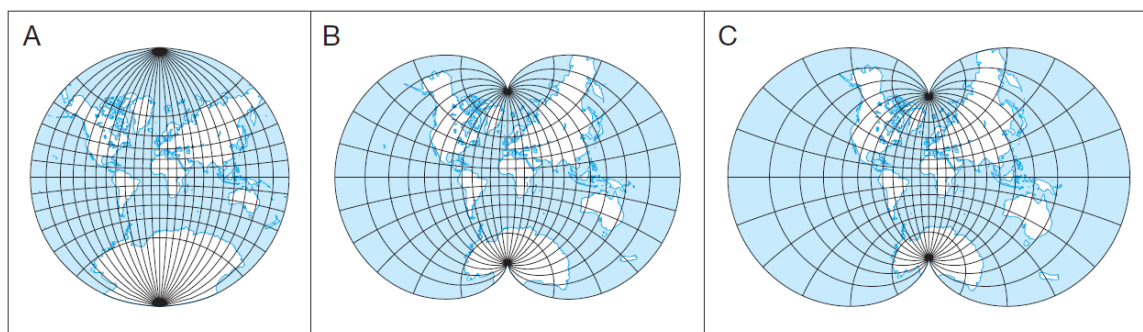
1. A térképkészítőnek a legkisebb torzulású vetületet kell kiválasztania.
2. A torzulás mértéke alacsony mértéken tartható, ha a szóban forgó földrajzi területet (vagy adatkészletet) a kezdővonalhoz igazítjuk, vagy a térkép közepét a kezdőponthoz helyezzük.
3. Ahogy a vizsgált földrajzi terület nagysága növekszik, a torzulás egyre fontosabb szempont lesz.
4. Csak azért, mert egy vetületet gyakran használnak (pl. jelentős atlaszokban jelent meg), még nem jelenti azt, hogy alkalmas a mi konkrét céljainkra.

5. A térképvetületek egyik gyakran figyelmen kívül hagyott jellemzője a teljes műre hatásuk (pl. a világtérképhez inkább ívelt, nem pedig egyenes meridiánokat választunk, hogy a térkép látványosabb, esztétikusabb legyen).

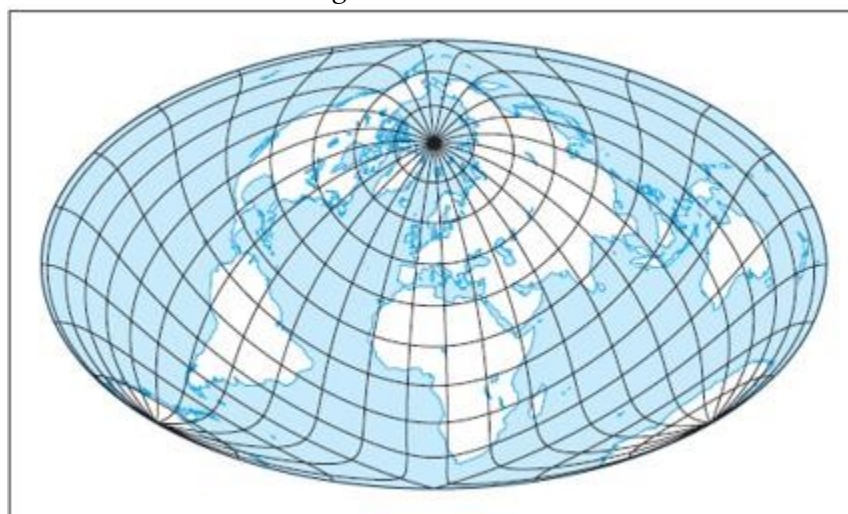
3.1 Vetületek a világ térképezésére

11. táblázat. Snyder rendszere a világ térképezésére.

Tulajdonság	Jellemző	Vetület
Szögtartó	Hossztartó az Egyenlítő mentén	Mercator
	Hossztartó egy meridián mentén	Transzverzális Mercator
	Hossztartó egy ferde főkör mentén	Ferdetengelyű Mercator
	Sehol sem hossztartó	Lagrange
		August
		Eisenlohr
Területtartó	Nem osztott	Mollweide
		Eckert IV & VI
		McBryde-Thomas
		Mercator-Sanson
		Más képzetes hengervetületek
	Osztott	Hammer
		Goode
	Ferdetengelyű	Briesemeister
Meridiánban hossztartó	Pólusközépponttal	Ferdetengelyű Mollweide
		Postel
	Ferdetengelyű	Lambert
		Postel
Egyenes loxodrómak		Lambert
Általános torzulású		Mercator
		Miller-féle henger
		Robinson-féle képzetes henger



7.1. ábra. Néhány különleges, a Föld egészére használt szögtartó vetület: A) Lagrange, B) August, C) Eisenlohr.



7.2. ábra. A Briesemeister-vetület középpontja é.sz. 45; k.h. 10°.

Az egyenes loxodrómák képe olyan különleges tulajdonság, mellyel csak néhány vetület rendelkezik; például a Mercator-vetület ilyen, erre nyilvánvalóan szükség van bizonyos térképészeti feladatkörökben, például a navigációban.

Egyes vetületek nem rendelkeznek meghatározott vetületi tulajdonsággal, és kompromisszumos, „jó általános torzulású” vetületként írhatók le. Ezek a vetületek általában kisebb általános torzulással rendelkeznek, mint az egyetlen tulajdonságot megőrző vetületek. Sok esetben a kompromisszumos vetületeket kifejezetten úgy alakítják ki, hogy a szárazföldek alakját a földgömbön való megjelenésükhöz igazítsák (7.1. és 7.2. ábra).

3.2 Vetületek egy félgömb térképezésére

12. táblázat. Snyder rendszere egy félgömb térképezésére.

Tulajdonság	Vetület
Szögtartó	Szögtartó sztereografikus
Területtartó	Lambert-féle területtartó sík
Meridiánban hossztartó	Postel-féle sík
„Globális nézet”	Ortografikus

Általánosságban elmondható, hogy a síkvetületek a legalkalmasabbak félgömbök térképezésére, mivel a vetület középpontjában van a kezdőpont és a vetület könnyen alkalmazható bármely területre ferdetengelyű helyzetben.

3.3 Vetületek kontinensek, óceánok, kisebb területek ábrázolására

13. táblázat. Snyder rendszere kisebb területegységek térképezésére.

Kiterjedés	Helyzet	Tulajdonság	Vetület
K-Ny	Egyenlítő mentén	Szögtartó	Mercator
		Területtartó	Területtartó henger
	Egyenlítőtől távol	Szögtartó	Lambert-féle szögtartó kúp
		Területtartó	Albers-féle területtartó kúp
É-D	Meridián mentén	Szögtartó	Transzverzális Mercator
		Területtartó	Transzverz. területtartó heng.
Ferde-tengelyű	Bárhol	Szögtartó	Ferdetengelyű Mercator
		Területtartó	Ferdet. területtartó henger
Egyenlő	Poláris vagy egyenlítői	Szögtartó	Szttereografikus
		Területtartó	Lambert-féle területtartó sík

Ez a felosztás megfelel a kezdővonalak helyzetének, vagy a szárazföld irányultságára mutat: a torzulások a megfelelő vetület választásával csökkenthetők az adott földrajzi területen. A térképkészítőnek figyelembe kell vennie a feltérképezendő terület helyzetét is. Például, ha túlnyomórészt kelet-

nyugati kiterjedésű egységet térképezünk, az az Egyenlítő mentén vagy az Egyenlítőtől távol is elhelyezkedhet.

3.4 Különleges követelmények vetületei

14. táblázat. Snyder rendszere különleges tulajdonságokra, követelményekre.

Különleges tulajdonság	Helyzet, kiterjedés	Vetület
Egyenes loxodrómak	Óceán	Mercator
Egyenes ortodrómak	Félgömbnél kisebb	Gnomonikus
Méretarány tartása	Pólus vagy más kezdőpont	Postel
	Egyenlítő kezdővonal	Négyzetes henger
	Más kezdővonal	De L'Isle

Az itt felsorolt három különleges tulajdonság teljesítéséhez is ad támpontokat. E három tulajdonság három különböző térképi célnak felel meg. Fontos figyelembe venni, hogy ezeken túl természetesen más vetületek is létezhetnek ezen tulajdonságok, követelmények kielégítésére. Kisebb területek ábrázolása esetén nincs jelentős hatása a választott vetületnek, de az általánosságban megfogalmazott elveket célszerű figyelembe venni.

4. Szempontok az ábrázolási módszer függvényében

Az információ közérthető és szemléletes megjelenítéséhez elengedhetetlen, hogy röviden megvizsgáljuk a tematikus ábrázolási módszereket az alkalmazásukhoz ajánlott vetületek szempontjából.

Izovonalas ábrázolás esetén fontos a szögtartás, mivel az interpolált értékeknél nem szerencsés, ha szögtorzulás lép fel.

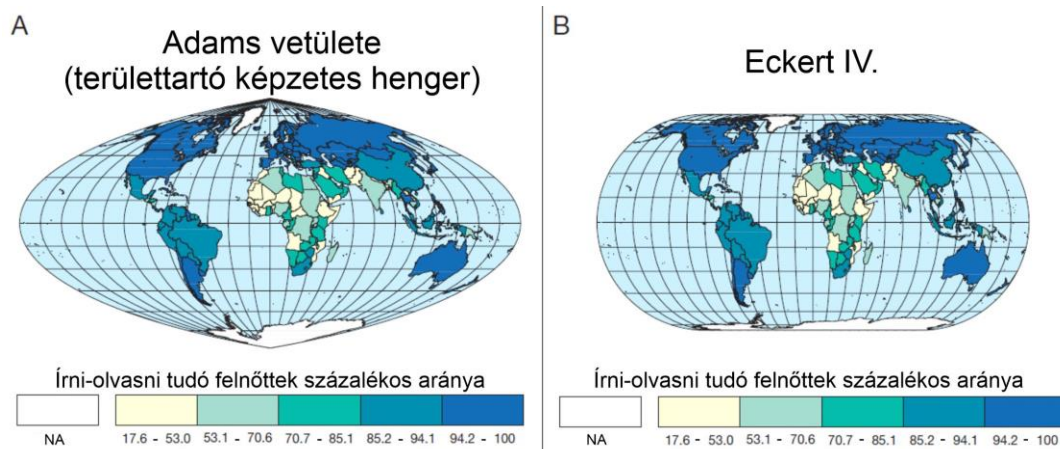
Felületkartogramok esetében területtartó vetületet kell választanunk, hiszen a terület egységek térképi méretének a valós arányokat kell tükrözniük.

Diagrammódszer és jelmódszer esetén kevésbé fontos szempont a vetület, de a kompromisszumos, általános torzulású vetületek jól alkalmazhatók. A választást itt befolyásolhatja a térképezett terület mérete és kiterjedése is.

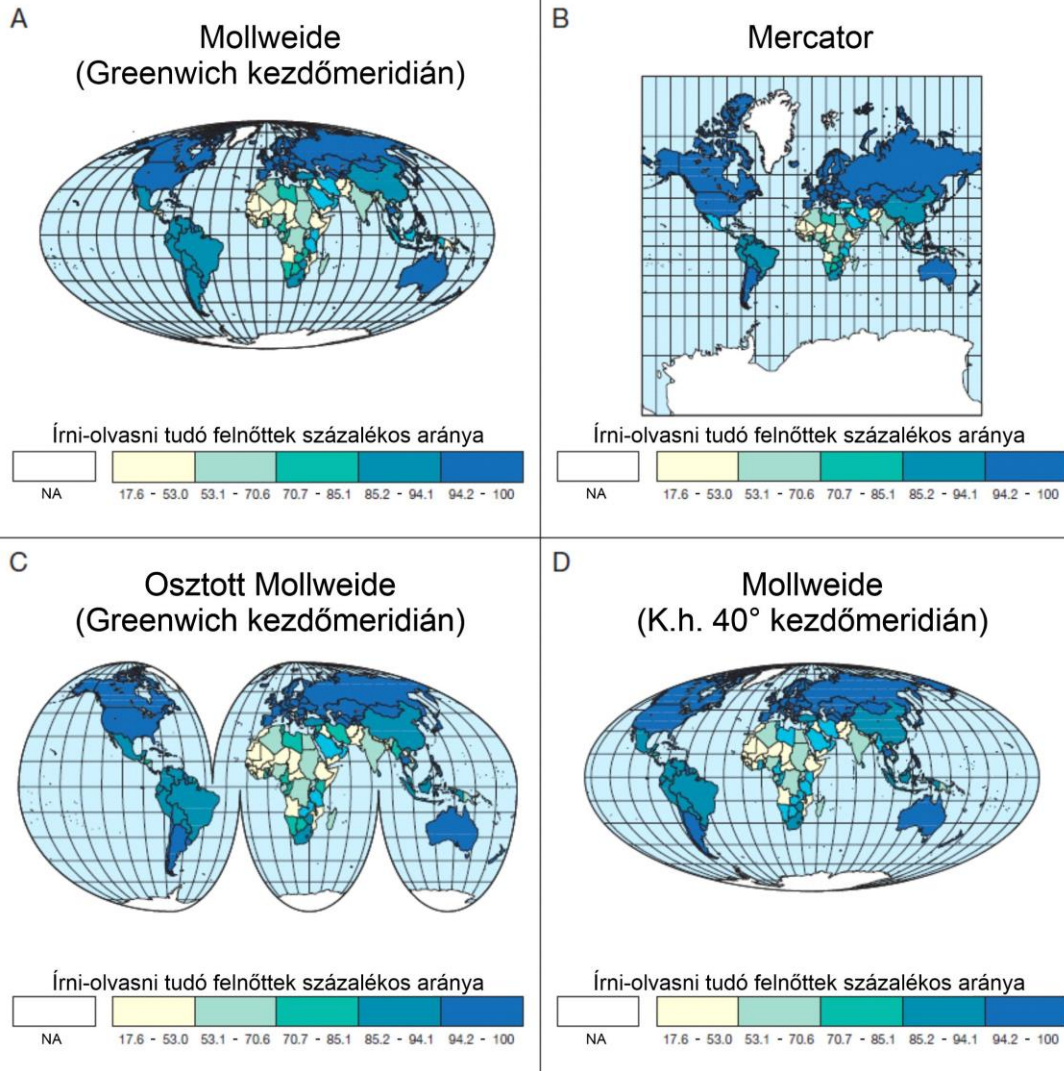
Felületmódszer esetén a vetületválasztás csak akkor szempont, ha a területarányokat szeretnénk megtartani.

Pontmódszer esetén is igaz, hogy a területtartás fontos lehet, viszont a szögtartásra is ügyelnünk kell, hogy a pontszórás okozta térképi terhelés ellenére is jól felismerhetőek legyenek területegységeink.

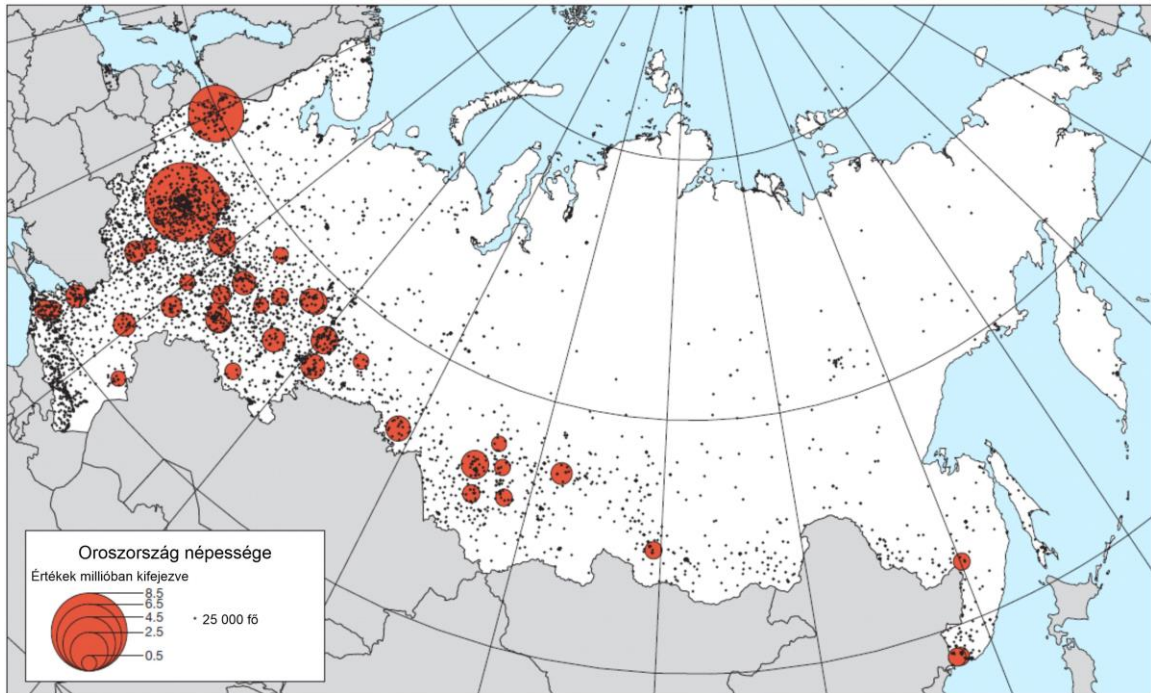
5. Példák



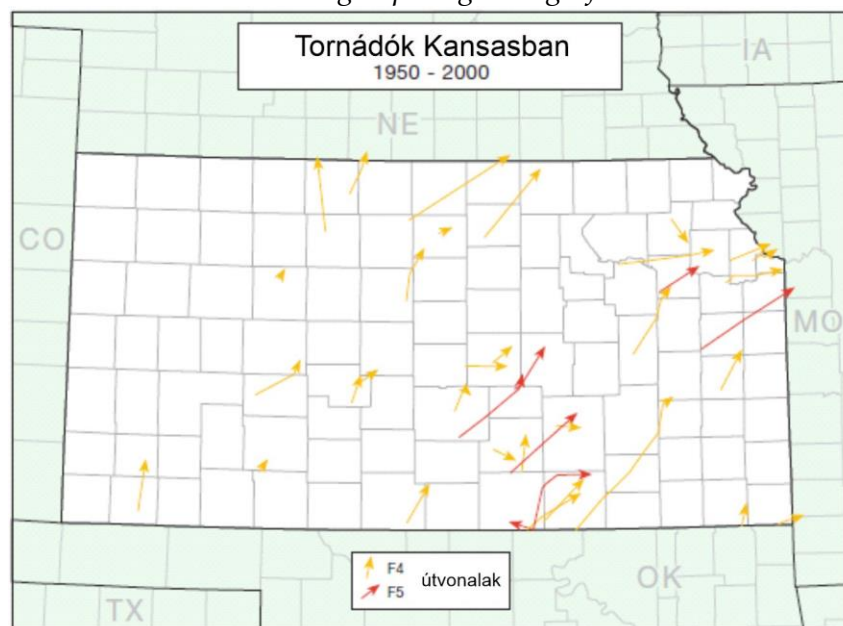
7.3. ábra. Írni-olvasni tudók aránya A) Adams és B) Eckert IV. vetületében.



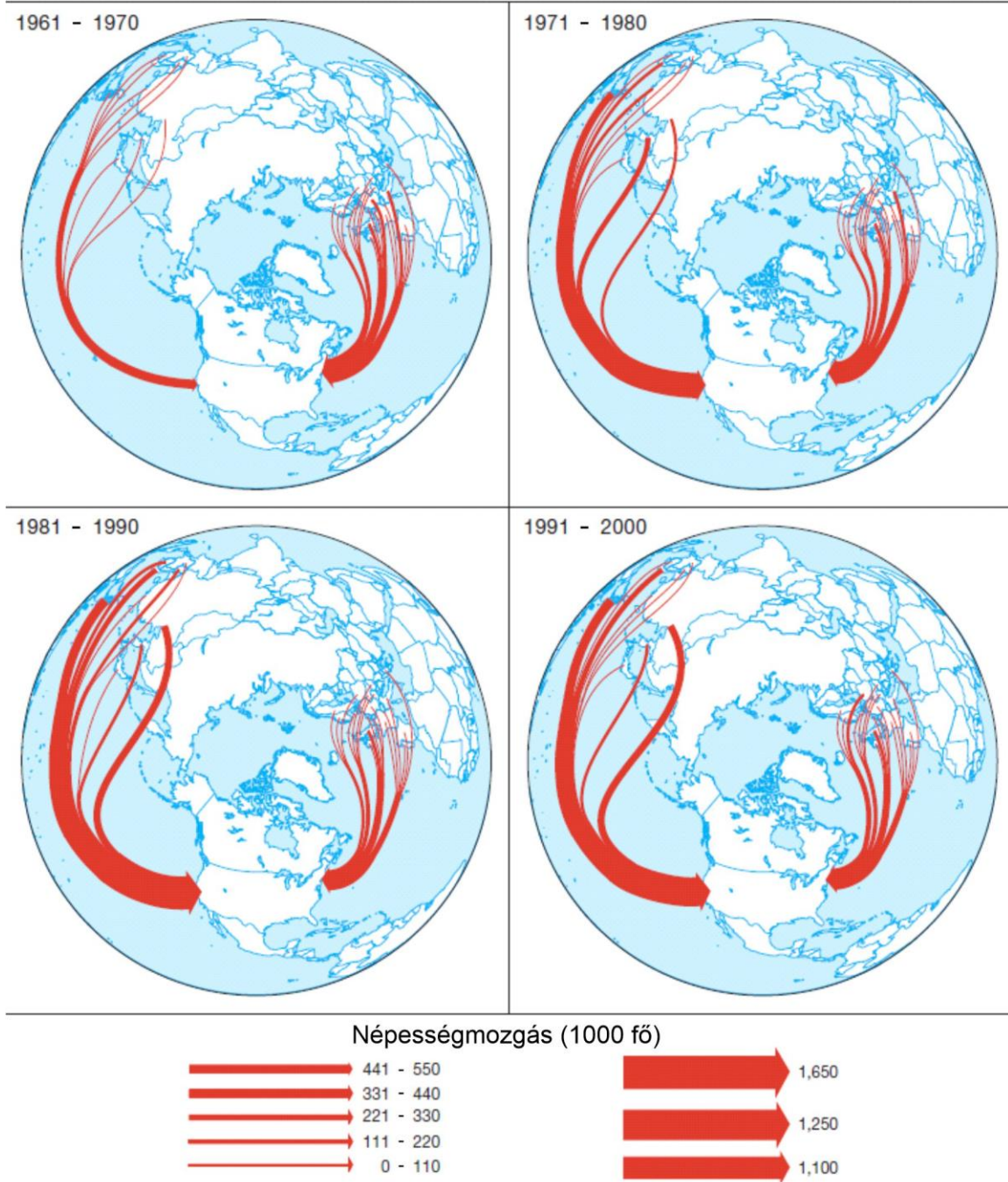
7.4. ábra. Írni-olvasni tudók aránya A) Mollweide (0° kezdőmeridián), B) Mercator, C) osztott Mollweide és D) Mollweide (k.h. 40° kezdőmeridián) vetületben.



7.5. ábra. Oroszország népessége ortografikus vetületben.



7.6. Tornádók Kansasban Lambert-féle szögtartó kúpvetületben.



7.7. ábra. Népességmozgás Ázsiából az USA-ba perspektív síkvetületben.

Felhasznált irodalom

Kerkovits, K. A. (2022). Képzetes vetületek [Egyetemi jegyzet]. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatikai Kar. Elérhető: https://www.inf.elte.hu/dstore/document/2445/Kerkovits_Kriszti%C3%A1n_And_r%C3%A1s_K%C3%A9pzetes_vet%C3%BCletek.pdf.

Kerkovits, K. A. (2022). Valódi vetületek [Egyetemi jegyzet]. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatikai Kar. Elérhető: https://www.inf.elte.hu/dstore/document/2444/Kerkovits_Kriszti%C3%A1n_And_r%C3%A1s_Val%C3%B3di_vet%C3%BCletek.pdf.

Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2020). Cartography: Visualization of Geospatial Data (4th ed.). Routledge.

Pearson, F. (1984). Map projections: Theory and applications. Cartographica, 21(1). University of Toronto Press.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). Elements of Cartography (6th ed.). Wiley.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). Thematic Cartography and Geovisualization (4th ed.). CRC Press.

Snyder, J. P. (1987). Map Projections—A Working Manual (USGS Professional Paper 1395). United States Geological Survey.

Snyder, J. P., & Voxland, P. M. (1989). An Album of Map Projections (USGS Professional Paper 1453). United States Geological Survey.

VIII. A tematikus kartográfia története

A tematikus térképek, vagy általánosabban a tematikus adatok ábrázolásának történetéről összefoglaló mű még nem született. Világszerte töredezett ismeretanyag áll rendelkezésre az ábrázolási módszerek és térképtípusok kialakulásáról – ezek legtöbbször a fejlődés egy-egy időablakába engednek betekintést, de az információkat nem tudjuk egy jól követhető vezérfonalra felfűzni.

Ennek oka, hogy a tematikus adatábrázolás története szorosan összefügg a múltból ránk maradt térképállomány feldolgozási szintjével, hiszen a módszertani újdonságokról, a térképek folyamatosan megjelenő új használati módjáról, szakterületéről csak a történeti dokumentumok vizsgálata révén szerezhetünk ismereteket. Éppen ezért már a reneszánszban (a 16. századtól) is találhatunk térképgyűjtő, -feldolgozó és -reprodukáló műhelyeket, melyek célja a kutatás és megőrzés volt. Azonban általánosan kijelenthető, hogy a kartográfia történeti kutatások felélénkülése a 19. századra tehető; a fő cél a középkor és a reneszánsz térképészeti tudásának feltárása volt – nem korlátozódva a tematikus térképekre.

A 20. században a térképtörténet iránti érdeklődés aktívan nőtt, viszont átfogó nemzetközi együttműködés nélkül. Ez az oka nemcsak annak, hogy a tematikus

adatábrázolás és kartográfia története nincs egységes műbe foglalva, hanem még az ábrázolási konvenciók miatt is jelentős eltérések vannak a különböző térképészeti iskolák között. Szintén nem segítette az ezirányú történeti kutatásokat, hogy az 1850 utáni térképeket kezdetben senki sem kutatta – így pont a tematikus térképek fejlődésének legfontosabb időszaka maradt rejtve. Mégis megemlíthető Wolkenhauer (már bevonta a tematikus térképeket is térképtörténeti idővonalába) és Hellmann (összegyűjtötte a meteorológiával és földmágnességgel foglalkozó térképeket) neve, akik a 19-20. század fordulóján megalapozták szakterületünk kutatásait.

Eckert 1925-ös „Die Kartenwissenschaft” c. műve javarészt a német nyelvterület alkalmazott térképeit mutatta be, a gazdag francia és angol térképállományt egyszerűen kihagyta – így nem is tudott átfogó módszertani fejlődést bemutatni. Funkhouser volt az 1939-ben, aki először publikált részletesen a statisztikai adatok térképi ábrázolásának mikéntjéről. Művében már megjelennek az ábrázolási módszerek egyszerű leírásai is.

A második világháború után a közép-európai térképészet elszigeteltsége szintén akadályozta az átfogó kutatásokat. Ekkorra tehető a német és angolszász irányzat teljes szétválása mind a történetkutatásban, mind az ábrázolási módszertan mérsékelt szintű különválásában.

Amerikában Arthur H. Robinson nevéhez fűződnek a legjelentősebb vizsgálódások ezen a tématerületen. A Nemzetközi Térképészeti Társulás (International Cartographic Association, ICA) közreműködésével jelentős haladást sikerült elérni az 1980-as évekre: megszületett az eddigi legjelentősebb térképgyűjtemény, mely alapján leírták a különböző kartográfiai kifejezésmódokat. De ez legnagyobb mértékben csak nyugati térképekre támaszkodott.

Az utóbbi évtizedek kutatásai abba az irányba mutatnak, hogy (legalábbis történeti szempontból) megkezdődött az egységes szakirodalom, szempont- és szabályrendszer kialakítása. A 20. század második felétől napjainkig tartó időszak nagyon fontos, hiszen ekkorra tehető a kartográfia önálló tudományággá való fejlődése. Ehhez nagymértékben hozzájárultak a tematikus térképek is. Napjaink tematikus adatábrázoláshoz kapcsolódó kutatásai (melyről e jegyzet végén második felében is olvashatunk) egyértelműen a fejlődés fő ágát alkotják az elméleti kartográfiában.

A fejezet történeti síkon mutatja be a tematikus térképek fejlődését. Az egyes ábrázolási módszerek kialakulásáról az azokat tárgyaló fejezetek elején lesz röviden szó.

1. Korai „tematikus térképek”

A tematikus térképek rendszerének, és a tematikus térképek definíciójának megfelelő térképművek születési dátuma a 19. századra tehető. Ennek ellenére azonban korábban is találunk olyan térképeket, melyek tartalmaznak tematikus adatokat – de ezek elsődleges célja a térbeli tájékozódás elősegítése volt.

Az egyik első példa a Kr. e. 168-ból származó kínai katonai térkép (8.1. ábra), ami a Han-dinasztia egyik topográfiai jellegű ábrázolásának tekinthető. Ezen azonban található katonai tematika is: a helyőrségeket sajátos szimbólumokkal jelölték.



8.1. ábra. A Han-dinasztia katonai tematikájú térképe Kr. e. 168-ból.

Hasonlóan részben tematikus térkép a Tabula Peutingeriana is, mely 1507-ben került elő, és egy 4. századi római úttérkép 12. században készült másolata. Ez a Földközi-tenger térségének észak-déli irányban erősen torzított („összenyomott”) térképe, melyen a vörössel jelölt tematika a Birodalom úthálózata.

Erhard Etzlaub 1500 körül egy déli irányba tájolt, Németország területéről Rómába vezető zarándokútvonalakat ábrázoló térképet készített (8.2. ábra). Az utakat pontsorral jelölte – az egyes pontok pedig 1 német mérföld távolságot jelöltek. A különböző országokat egyedi színfelületekkel töltötte ki.



8.2. ábra. Etzlaub zarándoktérképe a 15-16. század fordulójáról.

A korai tematikus jellegű ábrázolások közé sorolható a portolántérképek sokasága is (8.3. ábra). Ezek irányvonalas hálózattal segítették a mágnesstűn alapuló hajózást.



8.3. ábra. Jorge de Aguiar 1492-es portolánjának részlete.

2. Természettudományos térképek

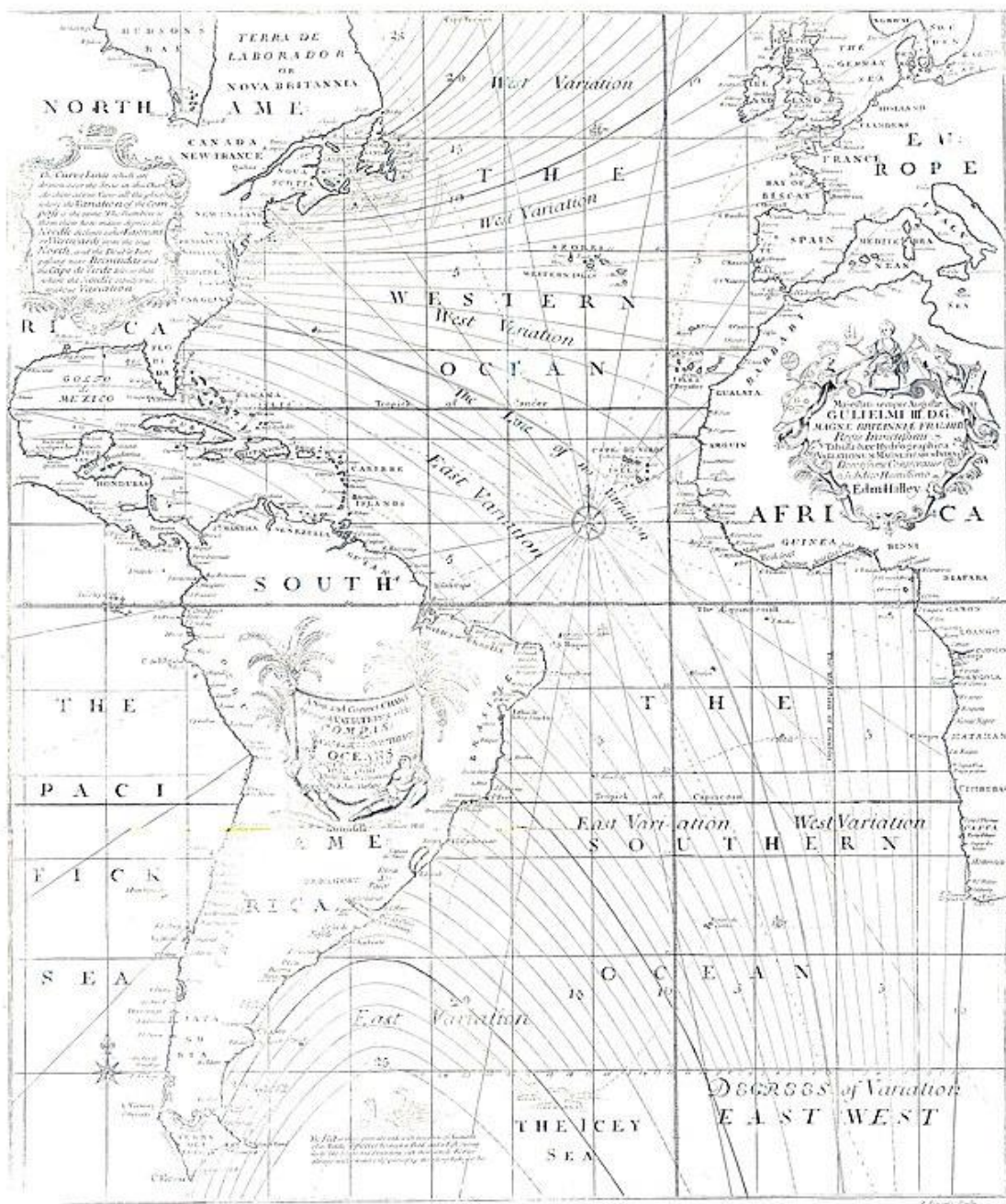
A tematikus térképezés – az objektumok és jelenségek térbeli eloszlásának ábrázolása – története újabb keletű, és nagyrészt a 19. és 20. századra tehető. A módszertani fejlődés legnagyobbbrészt Európához kötődik a statisztikai és tudományos adatok új formáinak megszerzése miatt.

Korabeli innovatív tematikus ábrázolásokra számos példát találhatunk a 17. században, de talán a legérdekesebb Edmund Halley munkája, aki a brit tudományos közösség egyik meghatározó tagja volt. Halley legjelentősebb felfedezése a róla elnevezett üstökös, de egy sor természettudományos tematikájú térképet is készített, amelyek a passzátszeleket és a monszunokat (1686), a napfogyatkozás útját (1715 – 8.4. ábra), valamint – talán a leghíresebb – az Atlanti-

óceán egyenlő mágneses elhajlású vonalait (izogonokat) ábrázolják (1701 – 8.5. ábra). Hasonlóan neves az első nyomtatott izobáttérkép is a francia Oroszlán-öböl területéről 1725-ből (Luigi Ferdinando Marsigli munkája). Az 1715-ös napfogyatkozás-térképet, amely a jelenség időtartamát és várható idejét ábrázolja az Anglián való áthaladása alatt, széles körben terjesztették Anglia-szerte, hogy a lakosságnak segítsen megérteni a természeti folyamatot.



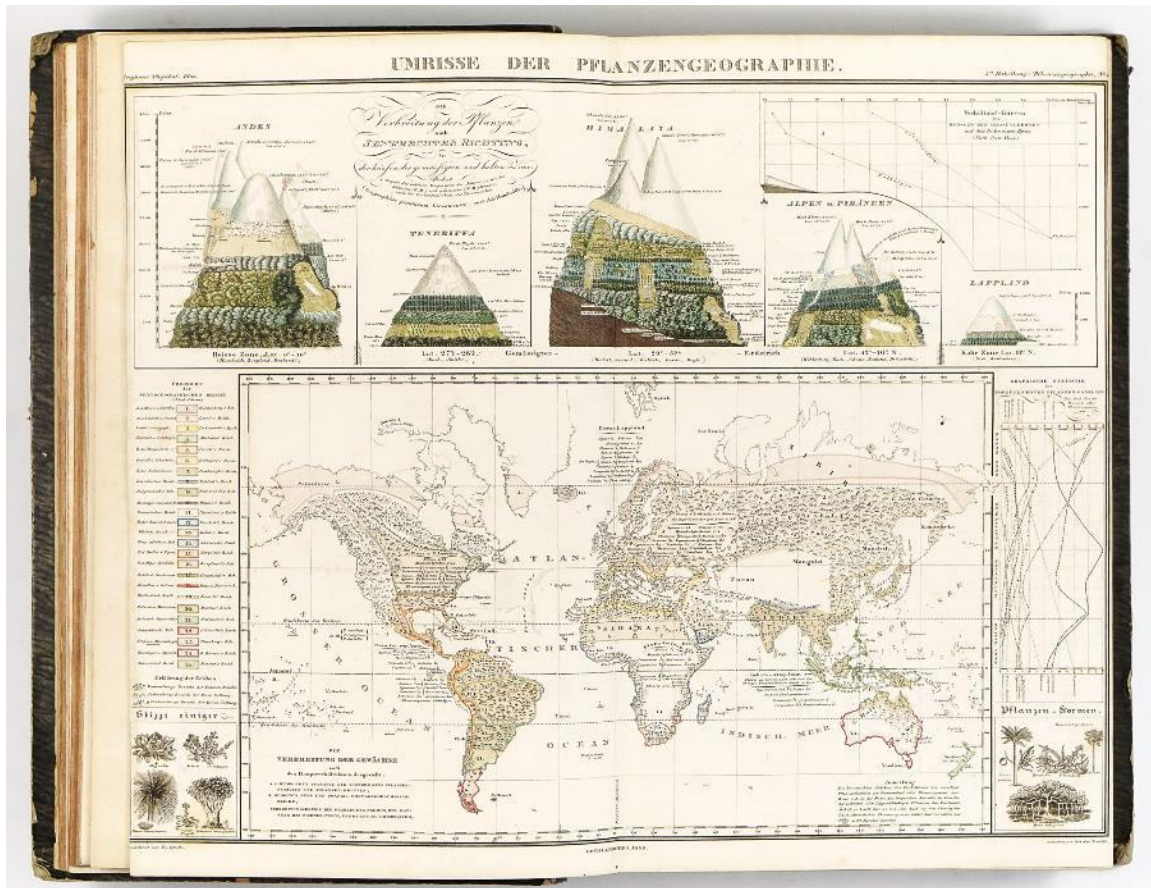
8.4. ábra. Halley napfogyatkozás-térképe (1715).



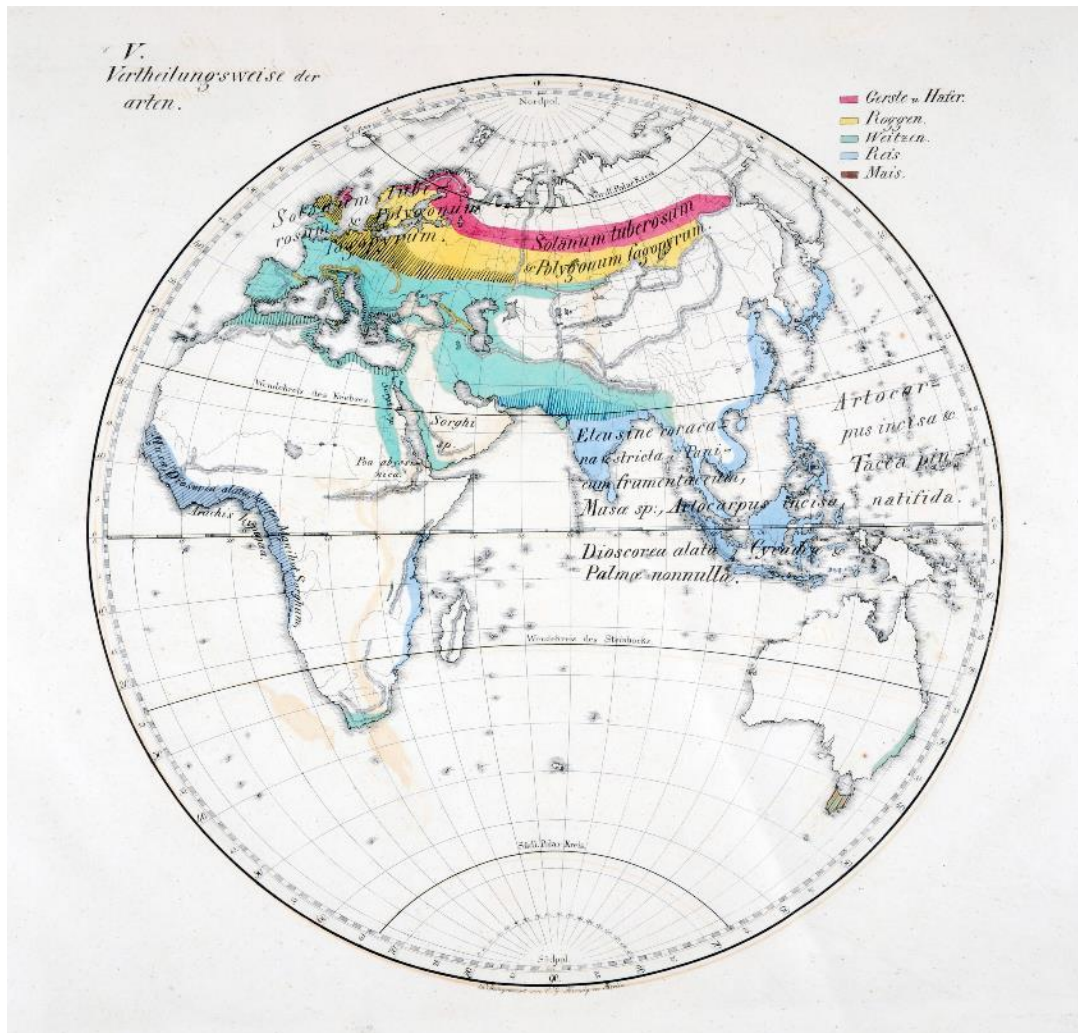
8.5. ábra. Halley izogontérképe (1701).

A tematikus kartográfia korai munkáinak nagy része tehát a természeti jelenségek feltérképezésére összpontosított, és sokszor atlaszokban jelent meg. E korai munkák némelyike a domborzat ábrázolására helyezte a hangsúlyt, mint például Heinrich Berghaus *Physikalischer Atlas* (1845) c. kiadványa (8.6. ábra) és J. L. Dupain-Triel 1791-es Franciaország-térképe (8.7. ábra). Ugyanebben az időszakban kezdtek megjelenni a biológiai környezet térképei is. Néhányan a

mezőgazdasági elterjedést ábrázolták, mint például Schouw 1823-as gabonaféléket (rozs, búza és kukorica) bemutató térképe, vagy Berghaus Physikalischer Atlas című művében a kultúrnövények 1839-es világterképe. Az egyik legérdekesebb térkép a növények világeloszlását (8.8 ábra) ábrázolja, amely Schouw 25 növényföldrajzi régióján alapul.



8.6. ábra. Berghaus növényföldrajzi térképe a Physikalischer Atlasból (1845).

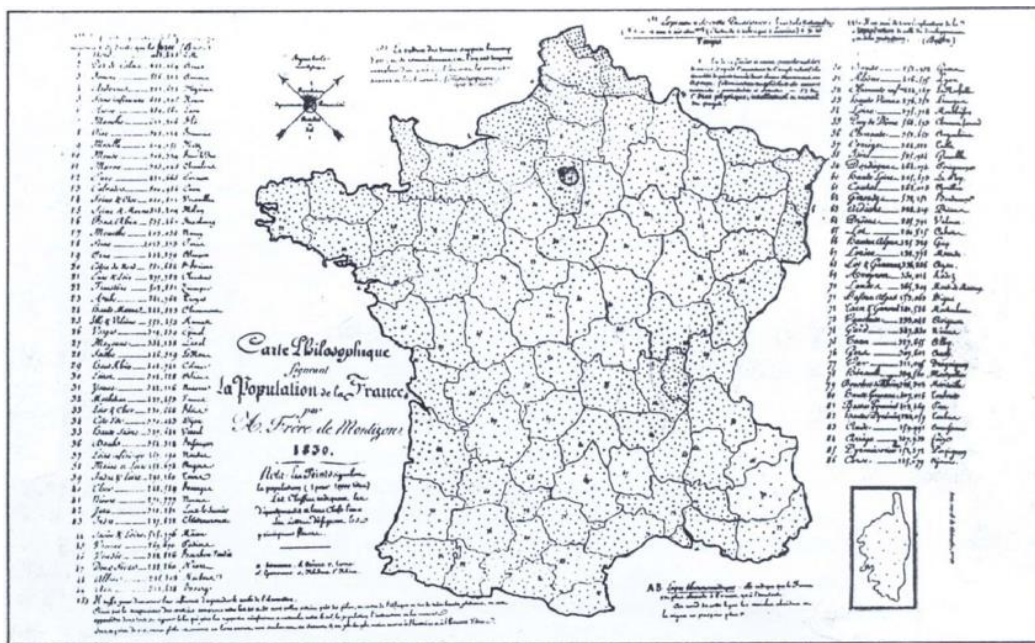


8.8. ábra. Schouw növényföldrajzi térképe (1823).

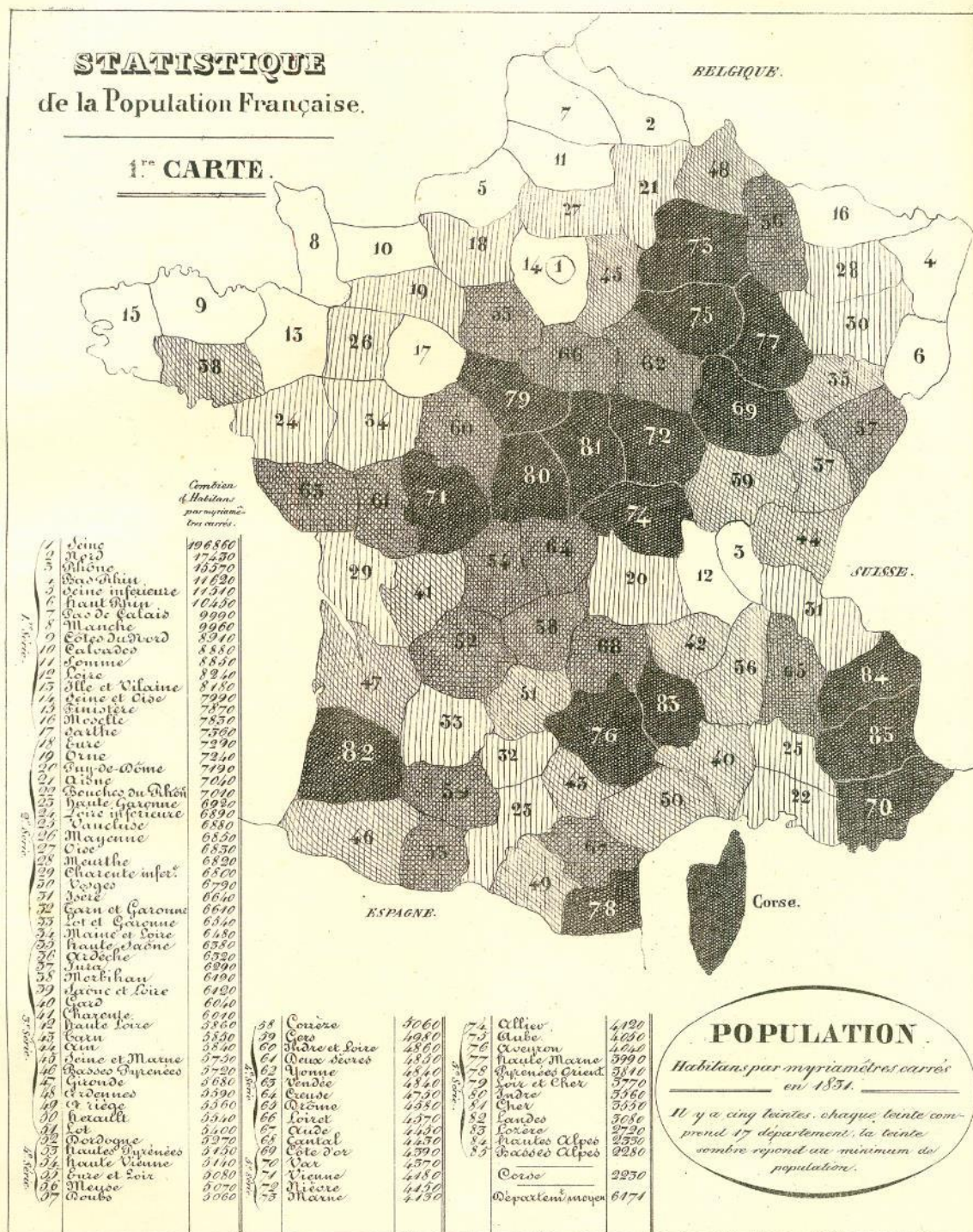
2. Társadalmi témák térképezése

Az országos szintű statisztikák kialakulásával a társadalmi tematikák térképi megjelenítésének területe is gyorsan fejlődött a 19. században. Bár ez az ág az emberhez kapcsolódó jelenségek valamennyi típusának (pl. nyelv, vallás, etnikum, gazdasági tevékenység és közlekedés) feltérképezését magában foglalja, a 19. századi Európában a népességhez kapcsolódó tematikák álltak a középpontban. Az úttörő művek közé tartozik Frère de Montizon 1830-ban készült, Franciaország népességét ábrázoló térképe (8.9. ábra); illetve Berghaus *Physikalischer Atlas* című művében a népsűrűség és az étkezési szokások 1848-as

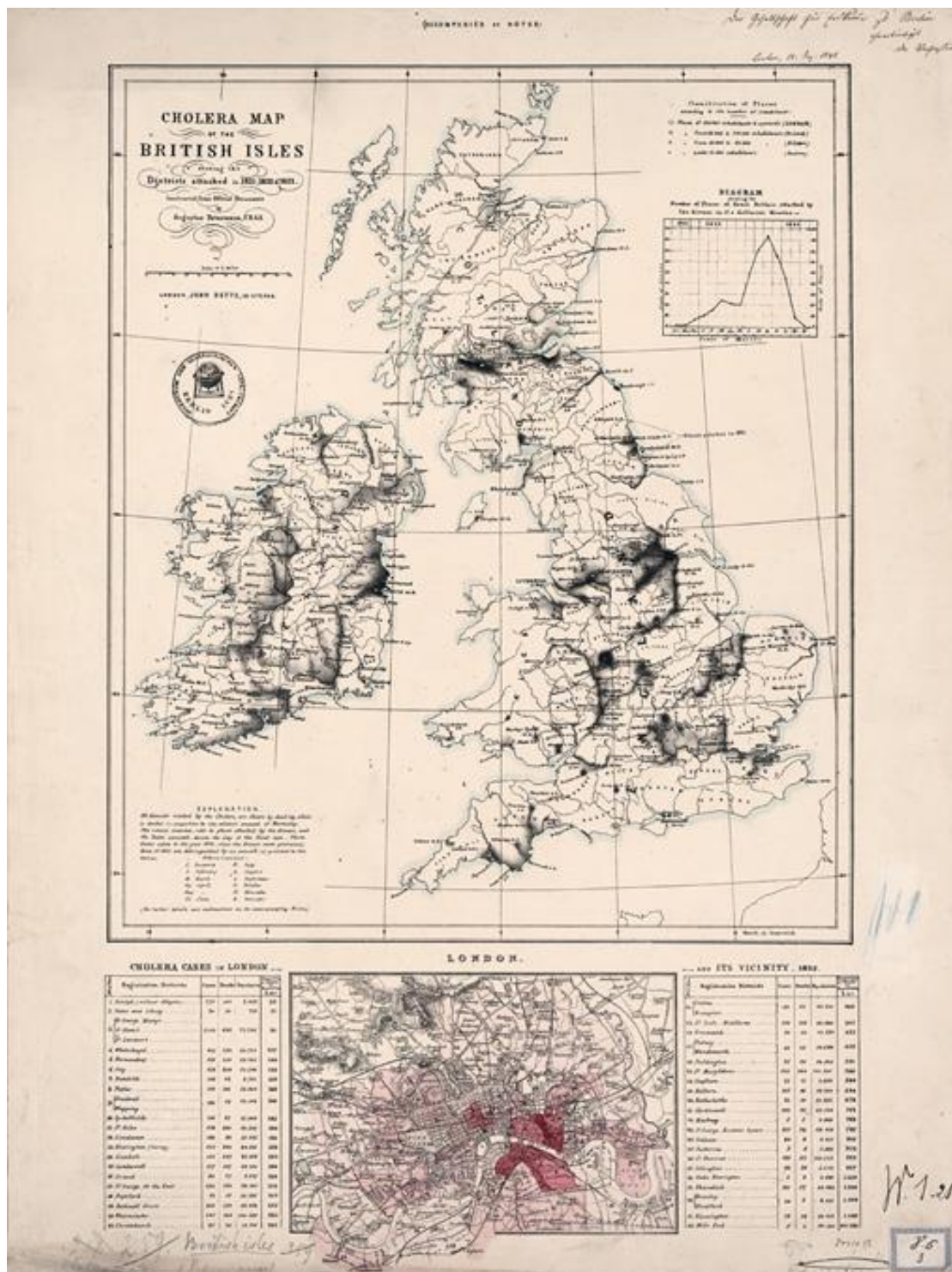
világtérképe (a kartogrammódszert alkalmazva); D'Angeville 1836-os térképe a tíz négyzetkilométerre jutó személyek számáról Franciaországban (8.10. ábra); Harness 1837-es térképe Írországban az egy négyzetmérföldre jutó személyek számáról (dazimetrikus térkép); és Petermann 1848-as térképe a koleráról a Brit-szigeteken (8.11. ábra). Charles Joseph Minard francia szakember készítette a korszak legérdekesebb munkáit. Térképeket szerkesztett az egyes megyékből Párizsba küldött henteshús mennyiségéről (1858), a külföldi olaj- és kokszipiacok kiterjedéséről (1861), a tengeren exportált francia bor mennyiségéről (1865, 8.12. ábra) és az utazók mozgásáról Európa fő vasútvonalain (1865, 8.13. ábra). Minard termékeny és kreatív térképész volt, aki számos innovatív kartográfiai módszert alkalmazott, többek között méret szerint osztályozott geometriai objektumokat, kartogramokat és mozgásvonalakat. Egyik legjelentősebb munkája ugyan nem szigorúan értelmezett térkép, de az adatábrázolás valóságos „csodája”: a napóleoni hadjárat katonaságának fogyását rajzolta meg korán túlmutató módszerek alkalmazásával (8.14. ábra). A társadalmi kartográfia fellendülése során a térképészek egészségügyi adatokat is ábrázoltak, például a betegségeket és a fertőzéseket. A leghíresebb Dr. John Snow kolera terjedését ábrázoló térképe (8.15. ábra). Érdekes tanulmányozni a tematikus térképek e (többnyire európai) korai példáit, mivel olyan ábrázolási módszereket használtak, amelyek ma is elterjedtek, és amelyeket ebben a jegyzetben is tárgyalunk.

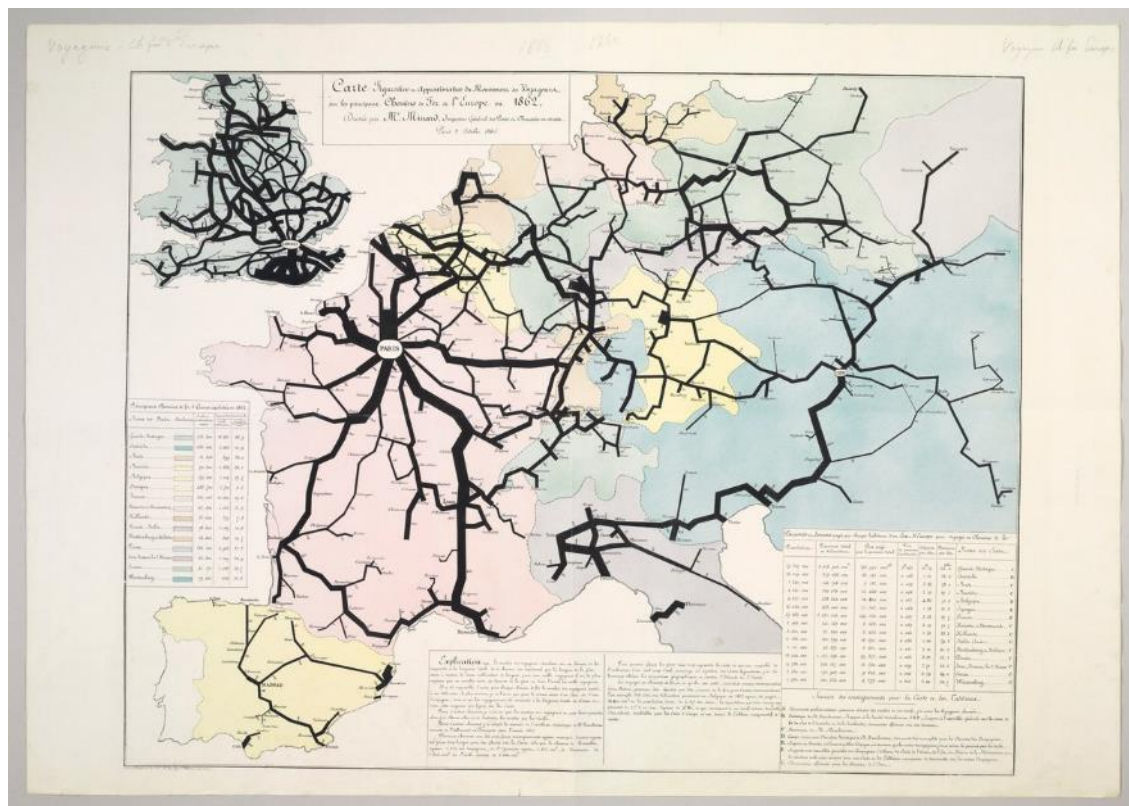
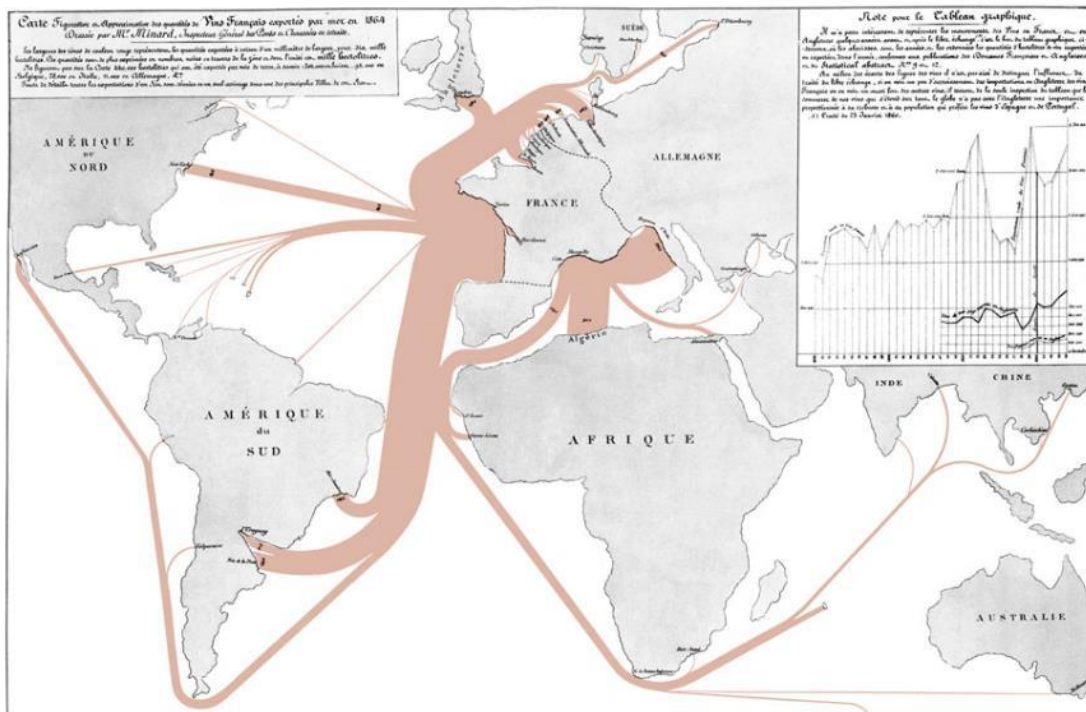


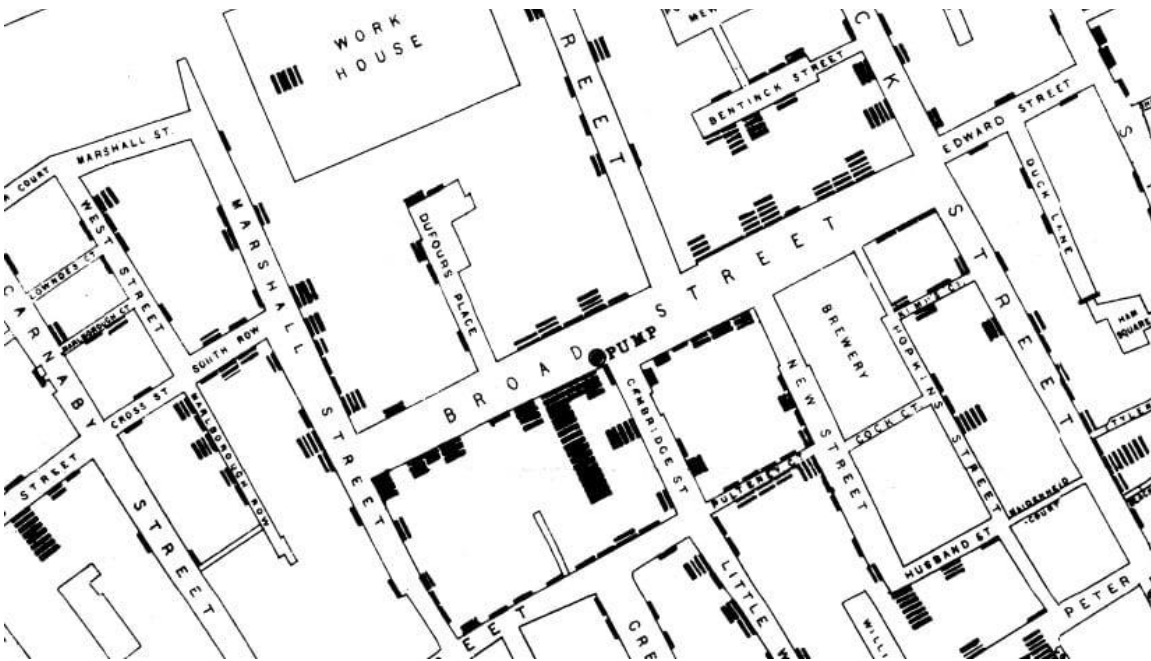
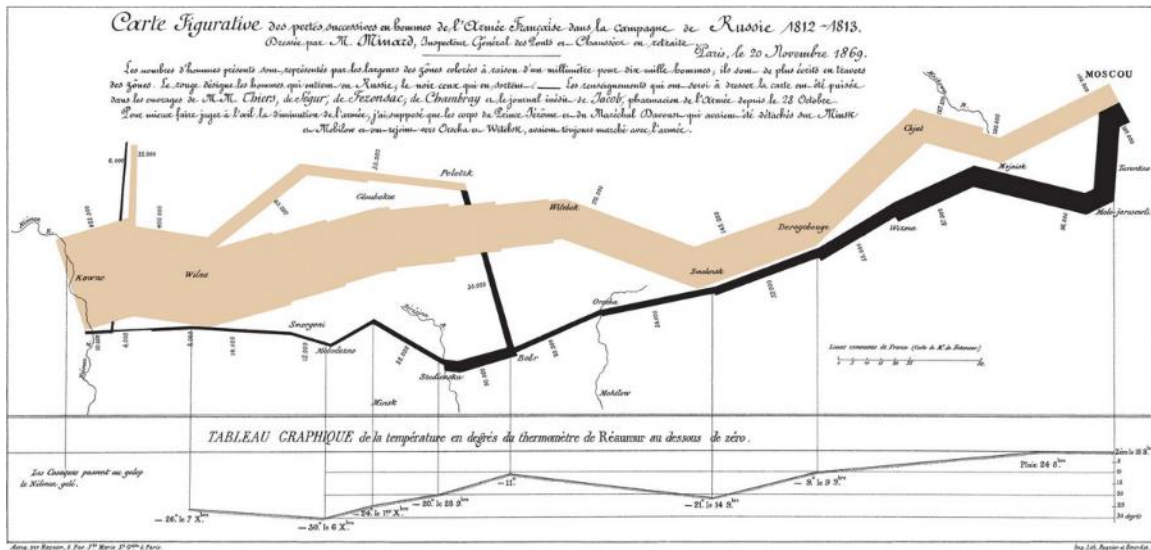
8.9. ábra. Frère de Montizon térképe Franciaország népességéről (1830).



8.10. ábra. D'Angeville térképe, ami az egy myriaméterre (10 km²-re) jutó emberek számát ábrázolja (1836).







3. Epizódok a 20. századi fejlődésből

A tematikus térképészet (és a térképészet önmaga) a 20. században vált valódi tudományos diszciplínává. A gazdag esztétörténet és a más tudományágakkal,

leggyakrabban a földrajzzal való összetett kapcsolat erős tudományközi alapot biztosít a terület számára. Ekkor jelentek meg az első komoly nemzeti atlaszok, melyek megszilárdították a tematikus adatábrázoláshoz köthető megjelenítési konvenciókat.

A 20. század elején kevés grafikai újítás történt, és az 1930-as évek közepére a vizualizáció iránti lelkesedést, amely az 1800-as évek végét jellemezte, felváltotta a számszerűsítés és a formális, gyakran statisztikai modellek térhódítása a társadalomtudományokban.

Ebben az időszakban használták a grafikus módszereket - talán először - új meglátások, felfedezések és elméletek kidolgozására a csillagászatban, a fizikában, a biológiában és más tudományokban. Megkezdődtek a különböző grafikai formák hatékonyságának kísérleti összehasonlításai is.

A grafikai innováció új ötletekre és technológiára is várt: a modern statisztikai módszertan gépezetének kialakulására és a számítási teljesítmény megjelenésére, amely az adatvizualizáció következő fejlődési hullámát támogatta.

Az akadémiai tematikus térképészet sok helyen létezett, és számos kulcsfontosságú gondolat fogalmazódott meg a terep ábrázolása és a névrajz elhelyezése (Imhof 1975), a térképi vizuális változók (Bertin 1981, 1983), a kartográfiai tervezés (Keates 1973) és a generalizálás (Eckert 1921) terén.

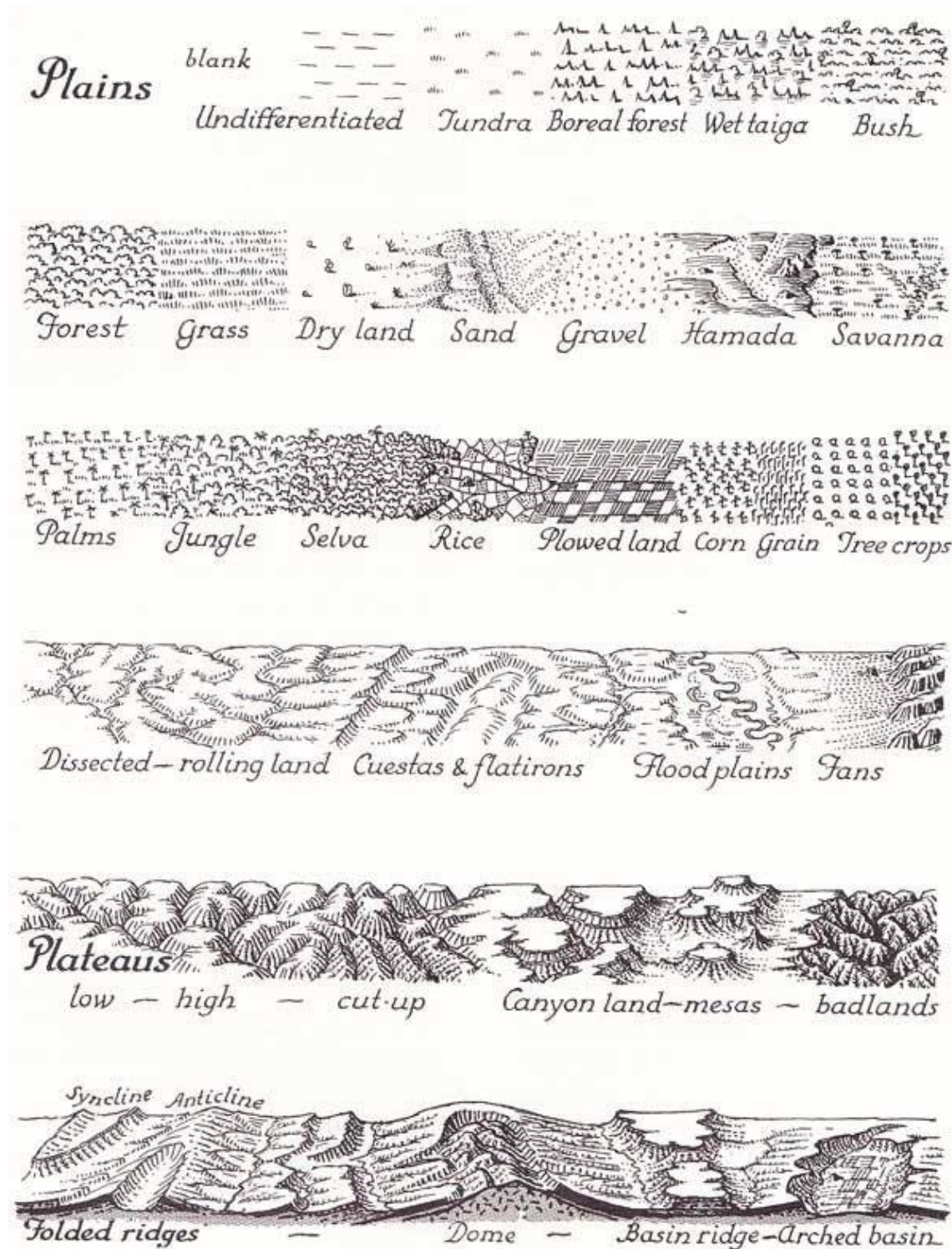
Az európai térképészek voltak azok is, akik az 1950-es évek végén kezdeményezték a Nemzetközi Térképészeti Társulás (International Cartographic Association, ICA) megalakítását, az első Nemzetközi Térképészeti Konferenciát 1961-ben tartották Párizsban.

4. Raisz Ervin

Raisz Ervin magyar származású amerikai térképész volt, aki leginkább a domborzati formákat ábrázoló fiziográfiai térképeiről ismert (8.16. és 8.17. ábrák), és amelyet szintén egy különleges tematikus ábrázolási formának tekinthetünk.

Raisz leginkább e térképeiről ismert, melyek általában az általa alkotott Armadillo-vetület (elfajult tórusz felszínére képezi a gömböt – 8.18. ábra) segítségével írják le a domborzati formákat. A kontinensekre, nemzetekre és államokra készített művek jól dokumentáltak, jelkulcsuk egyértelműen definiált.

A családja által működtetett „Raisz Landform Maps” cég a mai napig is kiadja munkáinak nagy részét.



8.16. ábra. Raisz fiziográfiai térképeinek jelkulcsa.



8.17. ábra. Raisz egy Amerikát bemutató fiziográfiai térképének részlete.



8.18. ábra. Raisz Armadillo-vetülete.

5. Fejezetek a magyar tematikus kartográfiában

Magyar kartográfusok a tematikus közlésformák kialakulásának történetében általánosan nem játszottak kiemelkedő szerepet. Azonban elmondhatjuk, hogy néhány magyar szerző is alkotott maradandót e területen, főleg természettudományos témákban.

Kitaibel Pál és Tomcsányi Ferenc szerkesztette az első geofizikai térképet 1814-ben (8.19. ábra), mely az 1810-es móri földrengést mutatta be. Dőlt templomtornyok mutatják a rengés erősségét, nyilak jelzik az első lökések irányát. Pontozott vonallal jelölték az azonos rengésmértékű területeket. A térképet Karacs Ferenc metszette.



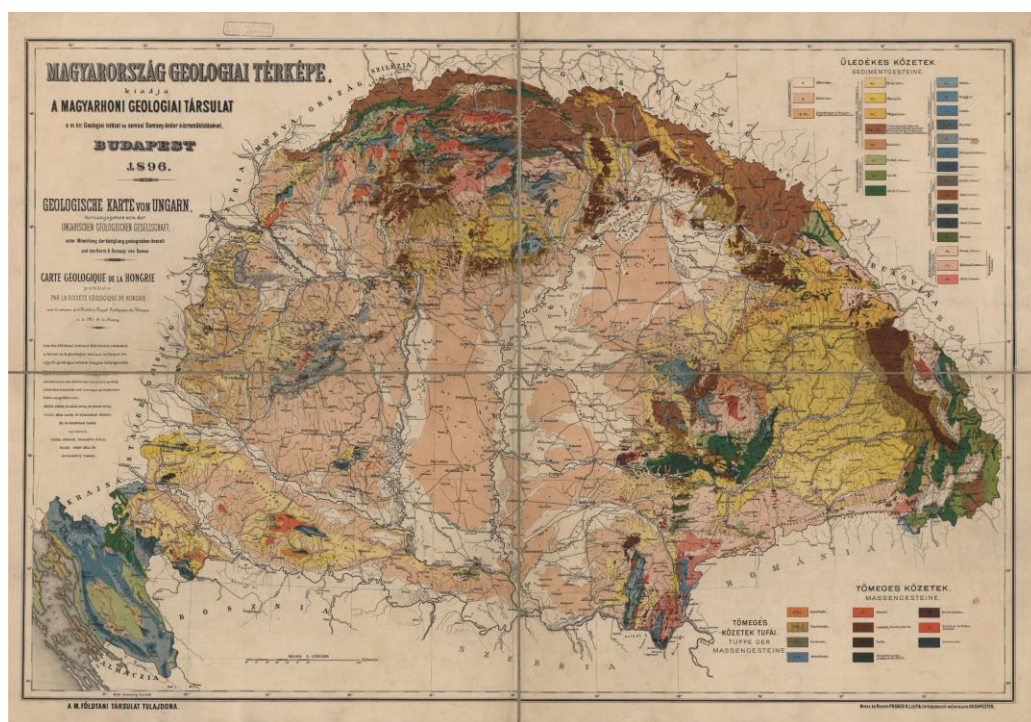
8.19. ábra. Kitaibel és Tomcsányi földrengéstérképe (1814).

Az első szalagkartogramot Miletz Imre készítette 1773-ban (8.20. ábra), amikor térképet szerkesztett a Magyar Királyság sószállító útvonalairól. A jelek a sóhivatalokat, sólerakatokat, sóbányákat mutatják, míg a változó vastagságú vonalak a sószállítási útvonalakat jelzik. A vonalak egységei a sómennyiségre utalnak.



8.20. ábra. Miletz Imre sószállítást ábrázoló szalagkartogramja (1773).

Hazánk egyik legjelentősebb természettudományos térképe, mely korábbi művek szintézise (pl. az 1869-81 közötti földtani térképezése), Böckh János egymillió földtani térképe a millennium évéből, 1896-ból (8.21. ábra). A térkép jellegzetessége, hogy az üledékes képződményeket kizárólag rétegtani alapon, a földtörténeti korbeosztás szerint tünteti fel, míg a magmás és metamorf kőzeteket típus szerint.



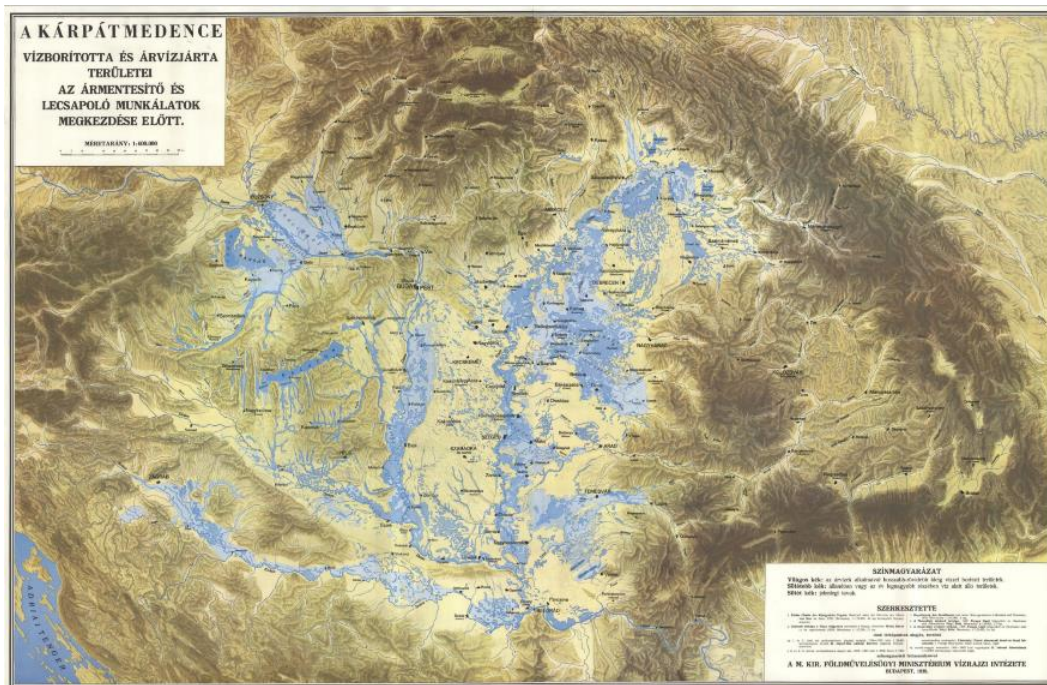
8.21. ábra. Böckh János földtani térképe 1896-ból.

Különleges korlenyomat hazánk 1910-es népszámlálásának adatvizualizációja. Bátky Zsigmond és Kogutowicz Károly szerkesztettek öt térképművet az I. világháborút lezáró béketárgyalásokra. 45 térképlapon 1:200 000 méretarányban ábrázolták hazánkat, bemutatva az anyanyelvet, a vallást, a magyar nyelv ismeretét és az írástudást (8.22. *ábra*).



8.22. ábra. Az 1918-as demográfiai térképek egy részlete – anyanyelv.

A Magyar Királyi Földművelésügyi Minisztérium Vízrajzi Intézete 1938-ban adta ki a „pocsolyatérképet”, azt az 1:600 000-es méretarányú művet, ami a „Kárpát-medence vízborította és árvízjárta területeit mutatja be az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt” (8.23. ábra).



8.23. ábra. Az 1938-as „pocsolyatérkép”.

Felhasznált irodalom

Bertin, J. (1983). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. Madison: University of Wisconsin Press.

Eckert, M. (1925). *Die Kartenwissenschaft: Forschungen und Grundlagen zu einer Kartographie als Wissenschaft* (2 Bände). Berlin: Walter de Gruyter.

Funkhouser, H. G. (1937). Historical development of the graphical representation of statistical data. *Osiris*, 3, 269–404.

Imhof, E. (1975). *Cartographic Relief Presentation*. Berlin: Walter de Gruyter.

Klinghammer, I., Pápay, Gy. & Török, Zs. (1995). *Kartográfia története*. Eötvös Loránd Tudományegyetem Eötvös Kiadó, Budapest.

Raisz, E. (1938). *General Cartography*. New York: McGraw-Hill.

Robinson, A. H. (1982). *Early Thematic Mapping in the History of Cartography*. University of Chicago Press.

IX. A jelmódszer

A jelmódszer kialakulása a 16. századra vezethető vissza, amikor a korográfiai térképek ábrázolása az oldalnézeti helyett áttért az alaprajzi jelek alkalmazására. Az ekkor használt felületi, vonalas és pontszerű jelek mind átkerültek a tematikus kartográfia eszköztárába, ezeket először különféle minőségek ábrázolására használták – bár még nem tudatosan, nem megfelelően a tematikus kartográfia fogalomrendszerének (mert az még ekkor nem létezett). A jelek fejlődésének hangsúlya ettől kezdve a felületi jelek elhelyezésének módjára, valamint az egyre többféle statisztikai és tudományos adat kifejezését lehetővé tevő jelváltozatok kialakítására (a vizuális változók függvényében) tevődött.



9.1. ábra. Guettard és Buache ásványtani és kőzettani térképének részlete 1752-ből.

Egy jó példa a korai, ám már nagyjából kiforrott tematikus jelábrázolásra Jean Étienne Guettard és Philippe Buache 1750-es évek körüli térképsorozata, melyen ásványokat és kőzettípusokat mutattak be pontszerű jelekkel. A 9.1. ábra az Egyesült Államok területét ábrázoló, általuk készített első földtani térkép részlete 1752-ből.

1. A jelmódszer fogalma

A jel a földfelszín valamely objektumának, objektumcsoportjának, vagy ezek tulajdonságainak többé-kevésbé elvonatkoztatott ábrázolását jelenti. A jelek alapvető ismertetőjegyei a helyzethűség, az alaprajztól való eltérés, valamint a tény, hogy pontszerű és vonalas jelek esetében a jel által lefedett térképi terület az objektum valós méreténél mindig nagyobb. Mivel a jelek helyzetüket tekintve elkülönülnek egymástól és jól megkülönböztethetők, a módszer jól alkalmazható a területi megoszlás kifejezésére.

A jelek az ábrázolt objektumok minőségi és mennyiségi tulajdonságaira is utalhatnak.

- Ha a változó jel nagyság alapja minőségi eltérés (pl. kápolna, templom, bazilika, katedrális), akkor az ábrázolás relatív.
- Ha a jel területe az ábrázolt mennyiséggel arányos, az ábrázolás megközelítőleg abszolút.

Beszélhetünk geometriai (mértani) és képszerű jelekről, azaz piktogramokról. Piktogramokat általában minőségi jegyek különbözőségének kifejezésére használunk, de méretváltoztatással jelölhetnek mennyiségi eltérést is.

Mivel a minőségi adatok kifejezésére használt jelek nem különösebben igényelnek rendszerszintű csoportosítást és matematikai-statisztikai megfontolásokat, legnagyobbbrészt a mennyiségi adatokat bemutató jelek ábrázolásával foglalkozik a szakirodalom. Jelmódszer segítségével kvantitatív adatok bemutatása háromféleképpen történhet: folyamatos ábrázolással, fokozatos ábrázolással és értékegységjelekkel.

Fontos megjegyezni, hogy az angolszász szakirodalmi megközelítés a módszert „proportional symbol mapping”-nek nevezi, és nem foglalkozik a minőségi, csak a mennyiségi jegyek ábrázolásával. Továbbá ez a fogalom nemcsak a mi jelmódszerünket, hanem a jelkartogramokat is takarja.

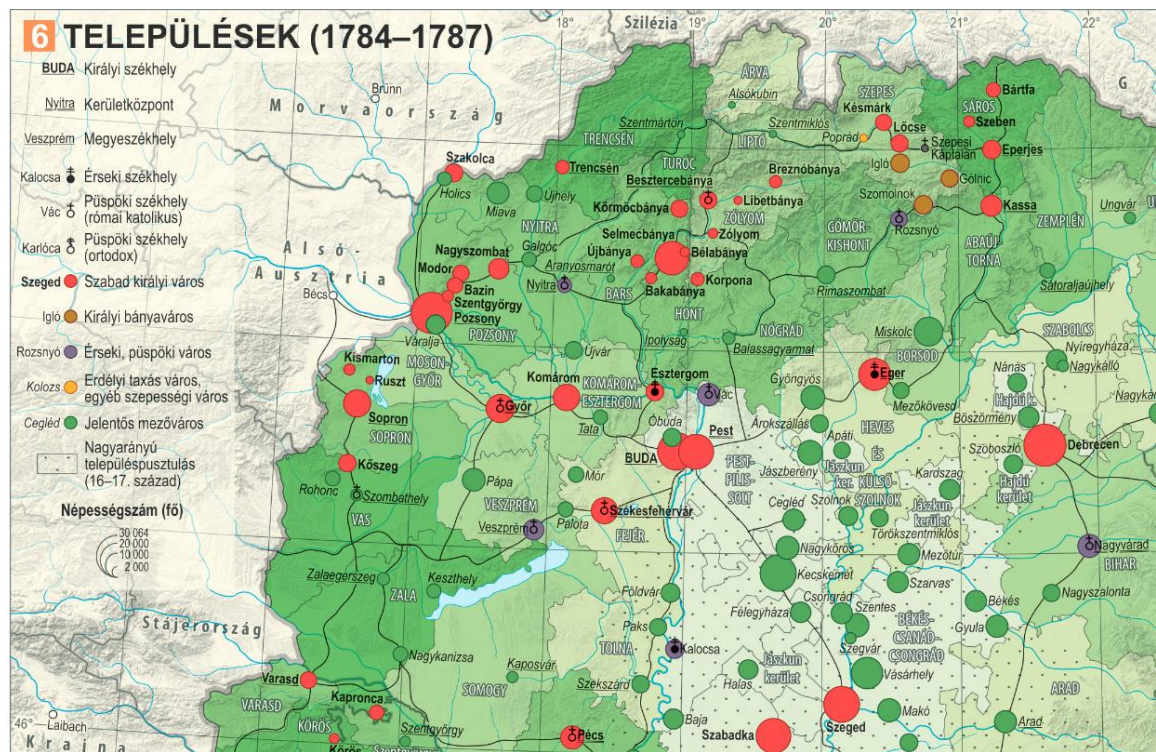
2. Megfelelő adatok kiválasztása

Jelekkel valódi és konceptuális mennyiségi adatok ábrázolása lehetséges.

A valódi pontszerű adatok egy adott pontban mérhetők; ilyen például az egy telefonfülkéből indított hívások száma vagy az időjárás-állomásokon mért hőmérséklet. Bár általában izovonalas térképeket használunk folyamatos jelenségek, például a hőmérséklet megjelenítésére, pontszerű jelekkel (akár változó méretűek esetén is) a mérési helyeken gyűjtött nyers adatokra összpontosíthatunk.

A konceptuális adatokat területre (vagy térfogatra) vonatkoztatjuk, de megjelenítés céljából az adatokat egy pontban ábrázoljuk. Példa erre a gyártelepek száma egy vármegyén belül, amit a vármegye centroidjában (szükség esetén más pontján) egy mértani vagy képszerű jellel ábrázolhatunk. Ugyan jeleket használunk ekkor is a megjelenítésre, de az ilyen, nem pontszerű helyhez kötődő

adatok megjelenítési módját jelkartogramnak nevezzük, és a kartogrammódszernél tárgyalkuk bővebben.



9.2. ábra. Hazánk legjelentősebb településeinek népessége (nyers adat) a 18. sz. végén – jelmódszerrel, fokozatos ábrázolással. Forrás: Magyarország Nemzeti Atlasza.

Jelekkel megjeleníthetünk nyers és levezetett (területhez [jelkartogram!] vagy más adathoz viszonyított, idegen szóval standardizált) adatokat is. A standardizálás az adatok transzformálásának egy speciális esete. A lényege az, hogy az adatokat más változóktól is függővé tesszük. Ha valamilyen módon különböző változókat akarunk kombinálni, akkor ez a transzformáció szükséges annak elkerülése végett, hogy egy nagy értékekkel rendelkező változó túlsúlyba kerüljön a térképi ábrázolás eredményeiben. Példa standardizált adatra a népsűrűség, ahol a nem a vonatkoztatási egység nyers népességszámát, hanem pl. a terület egy négyzetkilométerére eső népességszámát adjuk meg. A 9.2. ábrán hazánk 18. század végi legjelentősebb településeinek népességét (nyers adat) láthatjuk fokozatos ábrázolással. A 9.3. ábrán hazánk településeinek 1920 előtti tehetségegyenlegét (levezetett, standardizált adat) láthatjuk szintén fokozatos ábrázolással.



9.3. ábra. Hazánk településeinek 1920 előtti tehetségeenlege – levezetett, standardizált adat fokozatos jelábrázolással. Forrás: Magyarország Nemzeti Atlasza.

Bizonyos adatokat nem könnyű a valódi pontszerű vagy konceptuális adatok osztályába sorolni. Például a településekkel kapcsolatos adatokat az egyes települések területére vonatkoztatva gyűjtjük, de az adatokat rendszerint pontszerű objektumra vonatkoztatva kezeljük, mivel a legtöbb méretarányban a települések pontszerű jelekkel vannak ábrázolva.



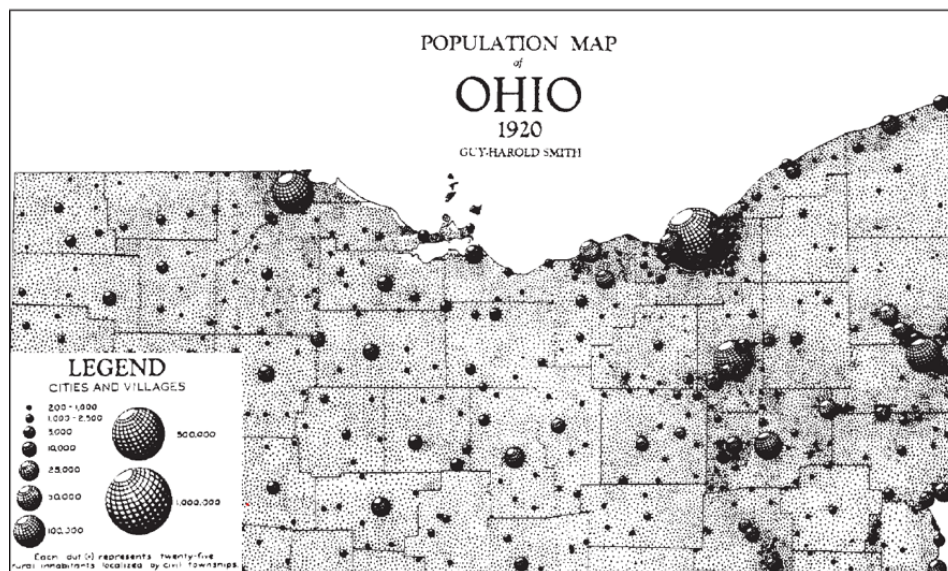
9.4. ábra. Pontszerűen ábrázolt városokban gyűjtött térképi adatok: (A) a házasságon kívüli születések nyers adatai a legalább 150 000 lakosú amerikai városokban; (B) e városok lakossága; (C) levezetett, standardizált adat a térképen (a házasságon kívüli születések számát elosztjuk a születések teljes számával).

Példaként tekinthetjük a házasságon kívüli gyermekvállalásra vonatkozó adatokat (9.4. ábra). Egy nyers adatokat ábrázoló térkép használható a házasságon kívül született gyermekek pusztán nagyságrendjének bemutatására, de óvatosan kell értelmezni a térképen megjelenő térbeli mintázatokat, mivel a magas lakosságszámú városokban a házasságon kívüli születések száma is nagy lehet.

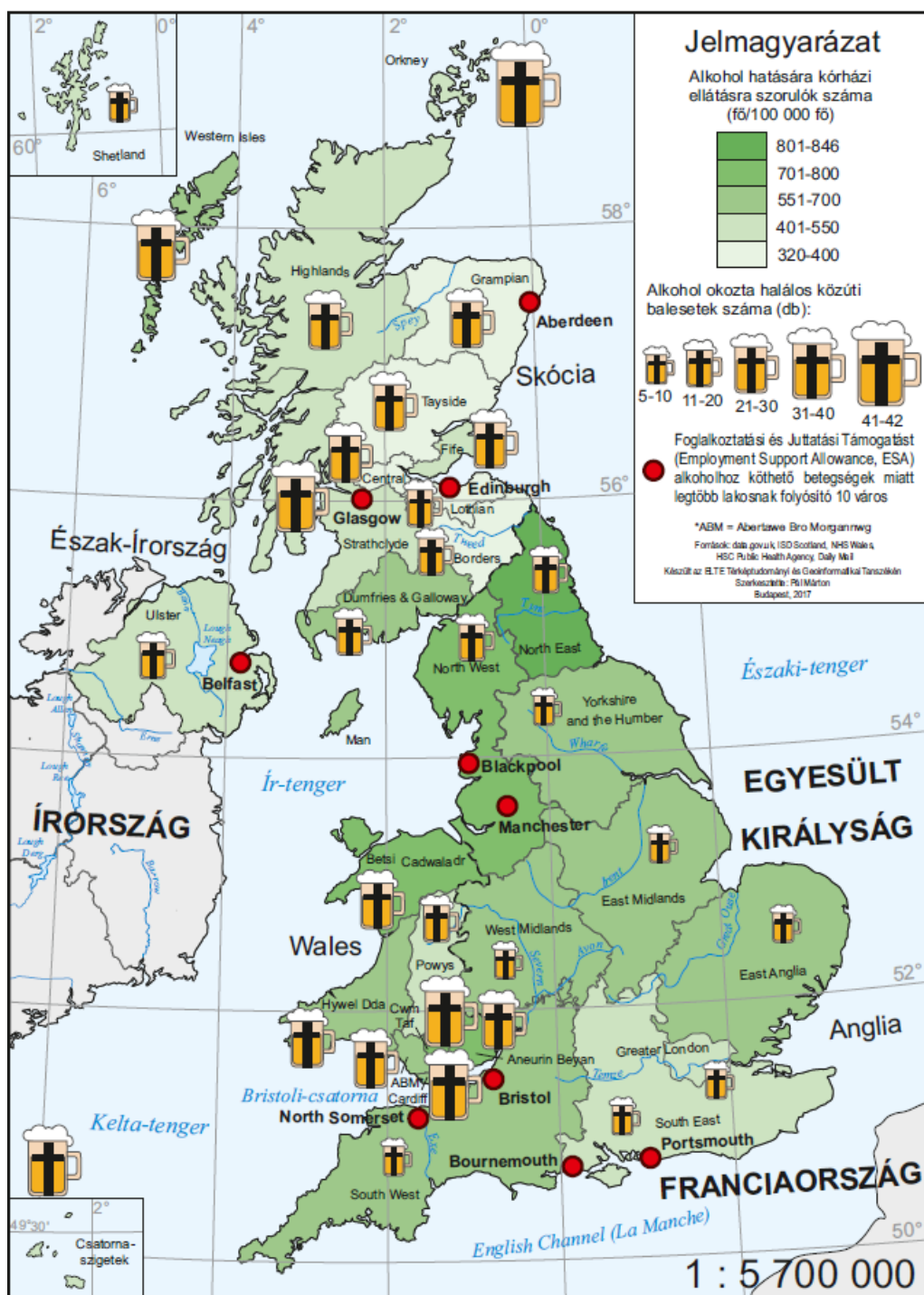
3. A jelek típusai

A jelmódszer alkalmazása során használhatunk mértani (geometriai) és képszerű jeleket (piktogramok).

A mértani jelek (pl. körök, négyzetek, gömbök és kockák) általában nem tükrözik a leképezendő jelenséget vagy objektumot. A piktogramok (búzafejek, emberábrázolások és más egyszerűsített rajzok) ezzel szemben képszerűen utalnak az ábrázolt jelenségre vagy objektumra. A kör a leggyakrabban használt mértani jel. Használatuk mellett többek között a következő érvek szólnak: vizuálisan jól megjeleníthetők, az olvasók más mértani jelekkel szemben esztétikusabbnak tartják, illetve használatukkal takarékosak lehetünk a térképi szabad felületekkel, hiszen részbeni átfedés ellenére is jól értelmezhetők. Hagyományosan nem jellemzők térképi ábrázolásban a 3D mértani jelek (gömbök, kockák és egyéb alakzatok), mivel méretük becslése nehézségekbe ütközik. Ennek ellenére több korai példa is próbálkozott ilyen formák használatával (9.5. ábra).



9.5. ábra. Ohio népességtérképe 1920-ból háromdimenziós értékegységjelekkel.



9.6. ábra. Példa piktogramok ábrázolására (az Egyesült Királyság alkoholproblémáiról).

Napjainkban a digitális térképezés és a legtöbb térinformatikai program megkönnyíti a képszerű jelek tervezését és használatát. A jó piktogramok egyszerű értelmezhetősége és esztétikai értéke arra utal, hogy a jövőben egyre elterjedtebb lehet ez az ábrázolási forma. Azonban a képszerű jelek alkalmazása

felvet bizonyos problémákat. Az egyik az, hogy ha a jelek fedik egymást, nehezebb értelmezni őket, mint a geometriai alakzatokat. Egy másik probléma, hogy a folyamatos jelek relatív méretének megítélése nehezebb lehet kvantitatív adatok ábrázolása esetén (pl. egy sörfogyasztást ábrázoló térképen a söröskorsók méreteinek megbecslése nehezebb, mint a körök méretviszonyainak megállapítása – 9.6. ábra).

4. Folyamatos jelábrázolás

Ebben az esetben a térképjel nagyságát az ábrázolt mennyiséggel arányosan, az értékek függvényében folyamatosan változtatjuk. A jelek mérhetőségét biztosítani kell, ezért ebben az esetben legtöbbször mértani jeleket használunk. Ehhez az ábrázoláshoz szükséges egy körültekintően megállapított jelméretarány. Ezt az adatok által meghatározott értéktartományra kell definiálnunk, hogy megállapítsuk a legkisebb és a legnagyobb jel méretét, hogy egyrészt ne legyenek túl nagy átfedések az egyes jelek között, de ne is forduljon elő felismerhetetlenül kis méretű jel. A köztes jelek méretét az értékkülönbségek függvényében arányosan változtatjuk. A jelméretarány megállapításához a tetszőleges megoldáson kívül két megközelítésre támaszkodhatunk.

4.1 Matematikai jelméretarány

A matematikai jelméretarány a pontszerű jelek területét (vagy térfogatát) az adatértékekkel egyenes arányban méretezi; így, ha egy érték a másik hússzorosa, akkor a megfelelő jel területe (vagy térfogata) hússzor akkora lesz.

$$r_i = \left(\frac{v_i}{v_L}\right)^{0,5} * r_L,$$

ahol:

- r_i : a megjelenítendő kör sugara,
- r_L : a legnagyobb térképi kör sugara,
- v_i : a megjelenítendő kör adatértéke,
- v_L : a legnagyobb kör adatértéke.

E képlet használata során több kérdést is figyelembe kell vennünk. Legtöbbször ugyan előfordulhat, hogy ezt az általunk használt szoftver automatikusan számolja, nem árt, ha mi is tudjuk alkalmazni a számítások során. Mivel a képlet jellemzően az adatok arányának négyzetgyökét vagy köbgyökét tartalmazza, a matematikai méretezést néha négyzetgyök- vagy köbgyök-alapú jelméretaránynak nevezzük. Fontos felismerni, hogy a képlet osztályozatlan, folyamatos jelábrázolást eredményez, mivel a különböző adatértékeket különböző jelméretekkal ábrázoljuk. Osztályozott adatok úgy jönnek létre, hogy az adatokat csoportokra bontjuk, és egy szimbólumméret egy adatérték-tartományt ábrázol.

4.2 Perceptuális (érzékelési) jelméretarány

Számos tanulmány kimutatta, hogy az arányos méretű jelek érzékelt mérete nem felel meg a matematikai méretüknek; az emberek hajlamosak alábecsülni a nagyobb jelek méretét. Ha a nagyobbakat alábecsülik, akkor célszerű módosítani az alábecslés figyelembevételére érdekében a matematikai arányosság képletét; ezt a folyamatot perceptuális (vagy érzékelési, pszichológiai) méretezésnek, skálázásnak nevezik (9.7. ábra). A körökre vonatkozó perceptuális képletet James Flannery definiálta 1971-ben.

$$r_i = \left(\frac{v_i}{v_L}\right)^{0,57} * r_L,$$

ahol:

- r_i : a megjelenítendő kör sugara,
- r_L : a legnagyobb térképi kör sugara,
- v_i : a megjelenítendő kör adatértéke,
- v_L : a legnagyobb kör adatértéke.

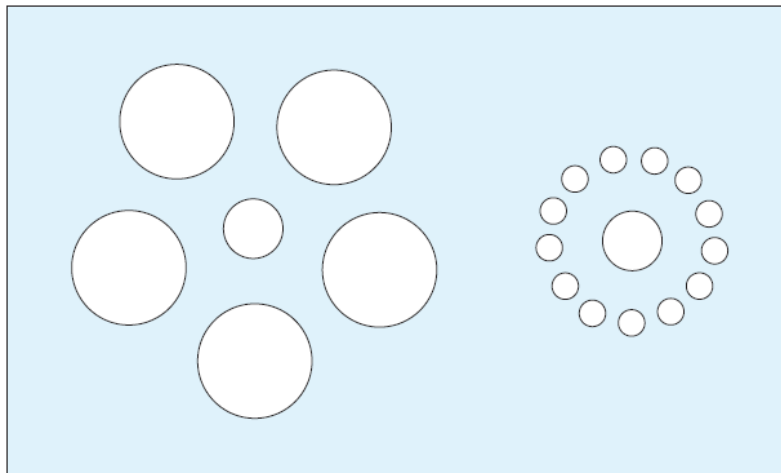


9.7. ábra. Különbség illusztrálása matematikai és perceptuális méretezés esetén.

A hatványfüggvény kitevőjének nagysága a mértani jel típusától függően változik. A négyzetekre Paul Crawford (1973) 0,93-as kitevőt állapított meg, ami azt jelzi, hogy a négyzetek pontosabban becsülhetők, mint a körök. Bár ez az eredmény azt sugallja, hogy a négyzeteket akkor kell használni, ha pontos becsléseket szeretnénk, Slocum és munkatársai (2004) tanulmánya kimutatta, hogy a négyzeteket sokkal kevésbé gondolják esztétikusnak az olvasók, mint más mértani jeleket vagy piktogramokat.

A 3D jelek kitevői általában jelentősen alacsonyabbak, mint a kétdimenziós jeleké, ami erőteljes alábecslésre utal. Például gömbökre és kockákra Ekman és Junge (1961) 0,75 és 0,74 kitevőket javasolt.

A térbeli kontextus fontosságát az érzékelési méretezés kialakításában az Ebbinghaus-illúzió szemléltetése mutatja (9.8. ábra). A két gyűrű közepén lévő körök mérete azonos, de a nagyobb körökkel körülvett kör kisebbnek tűnik – a jelek méretezésénél és elhelyezésénél erre is ügyelnünk kell.



9.8. ábra. Az Ebbinghaus-illúzió.

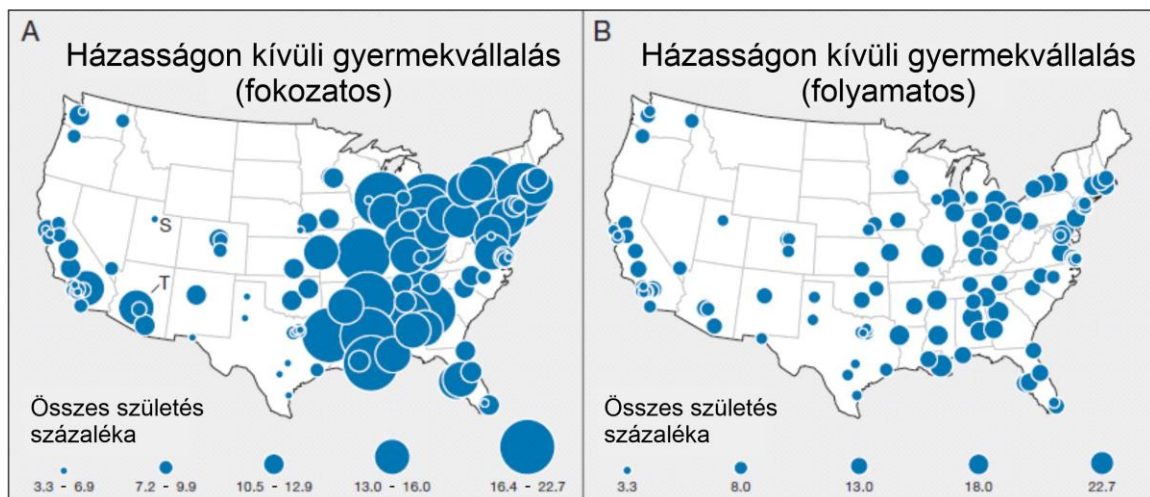
5. Fokozatos jelábrázolás

Míg a folyamatos ábrázolásnál az alsó és felső értékhatár között bármely jelet pontosan, méretarányosan meg tudjuk szerkeszteni, a fokozatos ábrázolásnál a jelméretet értékcsoportok szerint változtatjuk (azaz pl. 5 csoport esetén 5 jelméretet használunk).

Három alapvető meghatározást kell definiálnunk a fokozatok létrehozása során: 1) az osztályok számát, 2) az alkalmazandó osztályozási módszert, 3) és az egyes osztályokhoz használandó jelméreteket, hiszen ezek mind meghatározzák a térkép tartalmát és küllemét.

Az adatosztályokon alapuló megjelenítés azért előnyös, mert az olvasó könnyen meg tudja különböztetni a jelméreteket, és így könnyen párosítani tudja a jelmagyarázat elemeivel.

A fokozatos ábrázolás különösen szerencsés a piktogramok esetén, mivel egyedi, különleges formájuk miatt a közöttük lévő pontos kapcsolatokat gyakran nehézkes kiszámítani (a térképkészítő számára) és nehézkes megbecsülni (a térképolvasó számára) folyamatos ábrázolás esetén. Az értékcsoportokon alapuló jelábrázolás hátránya, hogy az olvasók félreértelmezhetnek bizonyos információkat, ha nem fordítanak megfelelő figyelmet a jelmagyarázatra. A 9.9. ábra a folyamatos (matematikai) és fokozatos jelábrázolás közti különbséget mutatja be.

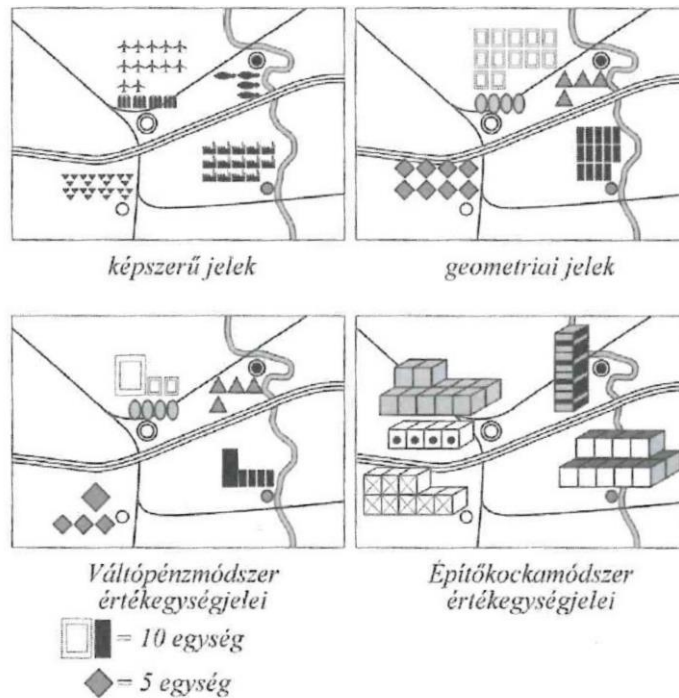


9.9. ábra. Fokozatos (A) és folyamatos (matematikai méretezés – B) ábrázolást alkalmazó térképek standardizált születési adatok ábrázolására jelmódszerrel amerikai városok mintaadatain.

6. Az értékegységjeles ábrázolás

A német kartográfiai megközelítés rendszerébe jól illeszkedő módszert 1930-ban fejlesztették ki Bécsben. Ebben az esetben minden jel állandó értékegységet

fejez ki, az adatokat az azonos nagyságú és mértani szempontból szigorúan elrendezett jelek összessége adja. A több jel miatt az ábrázolás nem helyezhető – azonban áttekinthető és gyors értékösszehasonlítást tesz lehetővé. Az értékegységjeles térképeken használhatunk képszerű és geometriai jeleket is számlálási egységekként (9.10. ábra).



9.10. ábra. Az értékegységjeles ábrázolás négy változata.

Az építőkökmódszer alkalmazása során 3D-s hasábokat helyezünk egymásra – ezek az értékegységek jelei.

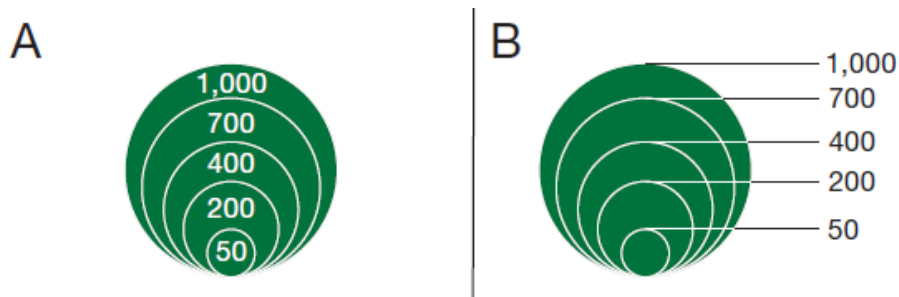
A váltópénzmódszer 2-3 különböző értékegységet tartalmaz úgy, hogy a nagyobbak mindig a kisebbek páros számú többszörösei. Így lehetővé válik nagyobb értékek kifejezése is, azonban a szemléletesség és összehasonlíthatóság rovására.

Nemcsak az értékadatok, hanem a jelek nagysága, alakja és színe is fejezhet ki relatív mennyiségi adatokat vagy minőségi jellemzőket. Fontos azonban, hogy ne alkossunk túl sok jeltípust, mert 6-8 kategória fölött átláthatatlanná válik a térkép.

7. A jelmagyarázat

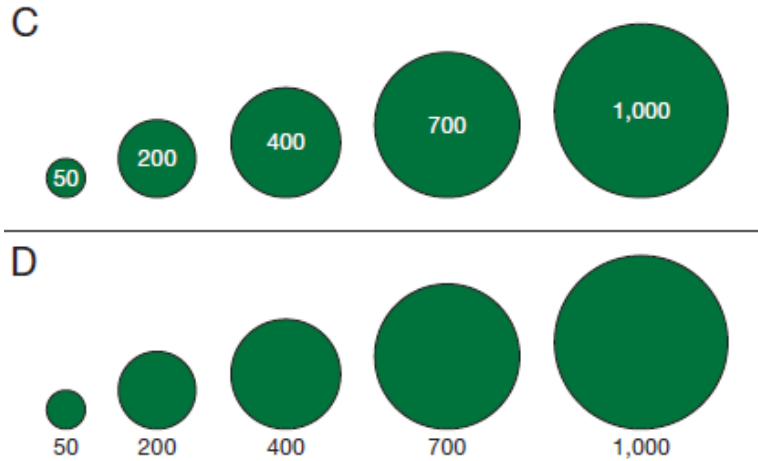
A folyamatos és fokozatos jelábrázolást alkalmazó térképek jelmagyarázatainak megtervezésekor két alapvető probléma merülhet fel: annak eldöntése, hogy a jeleket hogyan kell elrendezni, és annak meghatározása, hogy mely jelek szerepeljenek. Két lehetőség áll rendelkezésünkre.

A jelmagyarázati elemek egymásba ágyazott elrendezése (9.11. ábra): a kisebb szimbólumok a nagyobb szimbólumokon belül helyezkednek el. Ez a térképen helyet takarít meg. Megjegyzendő azonban, hogy ez az elrendezés megnehezítheti a magyarázatban szereplő és a térképen lévő jel összehasonlítását, mivel a jelmagyarázat elemeit (a legkisebb kivételével) más jelek kifedik.

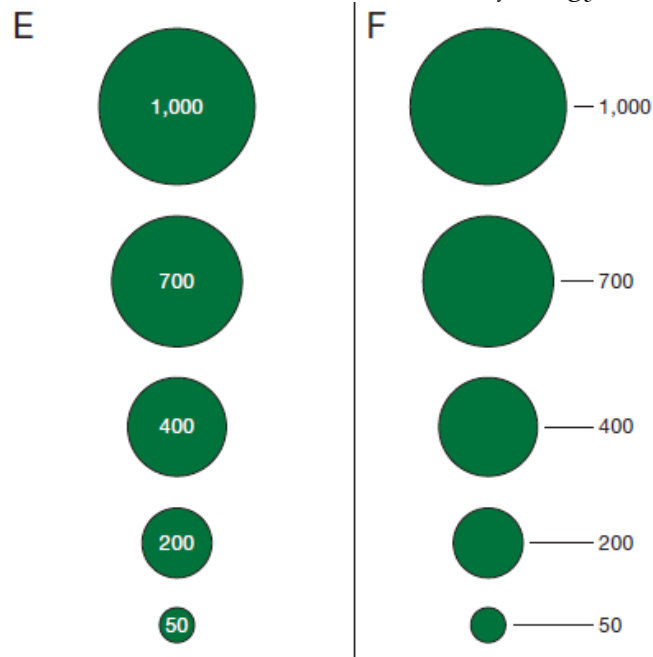


9.11. ábra. Egymásba ágyazott jelmagyarázati elemek.

A jelmagyarázati elemek vonalas elrendezése (9.12. és 9.13. ábra): A jelek vízszintesen vagy függőlegesen egymás mellett helyezkednek el. Vízszintes esetben el kell döntenünk, hogy úgy rendezzük-e őket, hogy a legkisebb a bal oldalon, a legnagyobb pedig a jobb oldalon legyen, vagy fordítva. A nagyobb szimbólumok jobb oldalon való megjelenítése a legszerencsésebb. Függőleges elrendezés esetén hasonlóképpen el kell döntenünk, hogy a legnagyobb elemek felül vagy alul legyenek.



9.12. ábra. Vízszintes vonal mentén rendezett jelmagyarázati elemek.



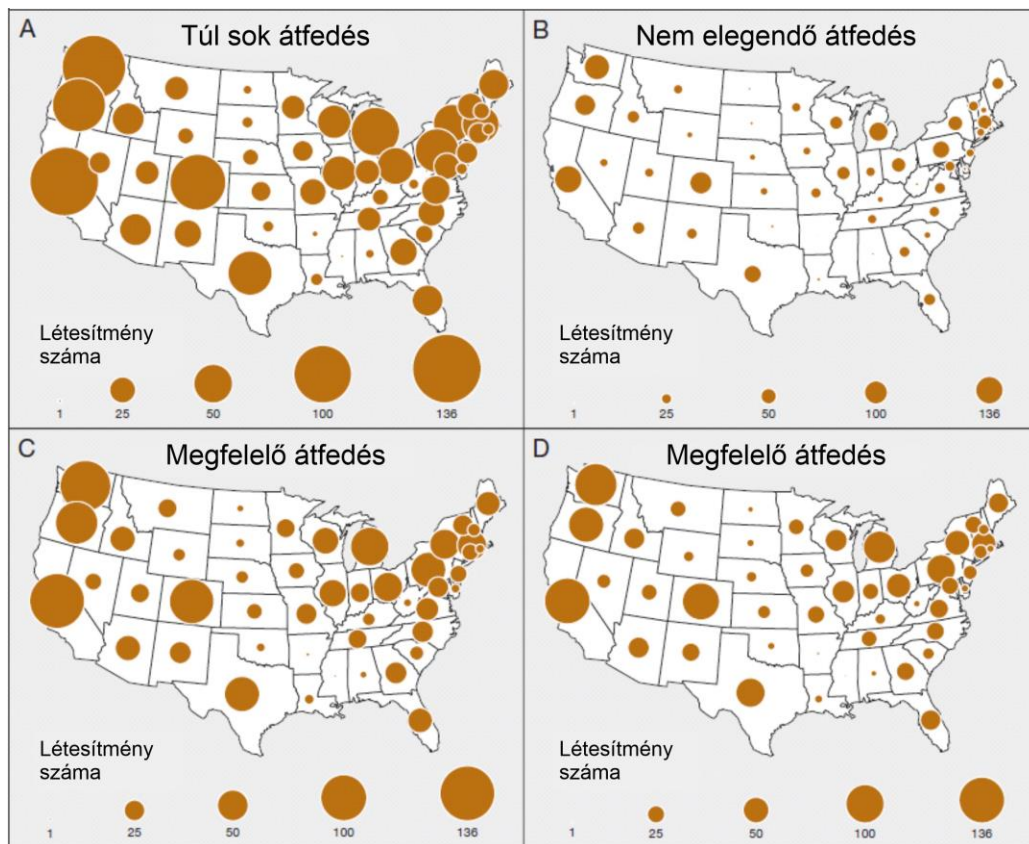
9.13. ábra. Függőleges vonal mentén rendezett jelmagyarázati elemek.

A folyamatos matematikai és a perceptuális skálázás esetében két általános módszer létezik a jelmagyarázati elemek kiválasztására. Az egyik a térképen ténylegesen megjelenített legkisebb és legnagyobb jelek felvétele, majd több köztes méretű jel interpolálása. A másik módszer a térképen megjelenő jelek közül a leggyakoribb méretűek kiválasztása - ezzel a becslési hiba minimalizálása a cél. Ez utóbbi módszer úgy valósítható meg, hogy a Jenks-féle optimális osztályozást alkalmazzuk a nyers adatokra, majd az egyes osztályok mediánja (vagy átlaga) alapján állítjuk össze a jelmagyarázatot.

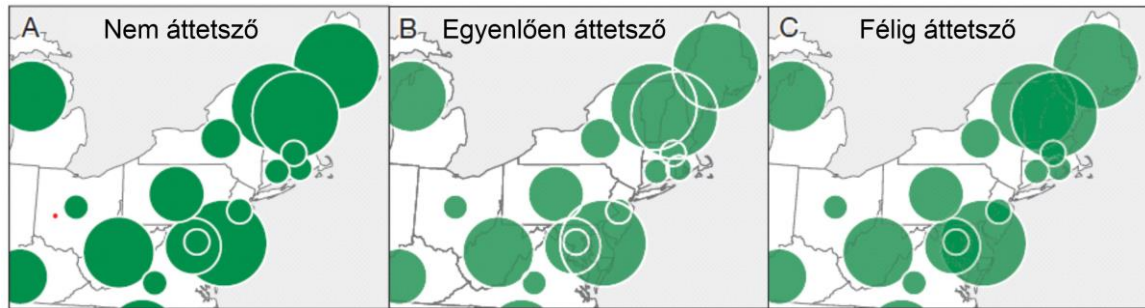
8. A jelek átfedése

A jelmódszer használatának egyik fontos kérdése, hogy mekkorák legyenek a jelek, és ebből következően mekkora legyen közöttük az átfedés. A kis jelek legtöbbször minimális átfedést eredményeznek, így nem mindig emelik ki a térbeli mintázatokat; míg a nagy jelek zsúfolt térképet okoznak, ami megnehezíti az egyes szimbólumok értelmezését.

Az átfedés megfelelő mértékére vonatkozóan nincsenek szabályok, általában szubjektív iránymutatások alapján dolgozunk. Arthur Robinson és munkatársai (1984) szerint a térképnek „sem »túlságosan teltnek«, sem »túlságosan üresnek« nem szabad tűnnie” (9.14. ábra).



9.14. ábra. Az átfedés mértékének változtatása a mikrosörfőzdek és sörözők adatain, jelkartogramok alkalmazásával: A) a térkép zsúfoltnak tűnik, különösen északkeleten; B) nem elegendő átfedés - a térkép üresnek tűnik; C) és D) esetben a megfelelő, esztétikus mértékű átfedéssel rendelkeznek.



9.15. ábra. Az áttetszőség beállításának lehetséges három módja.

Az átfedések kezelésére többféle módszer létezik. Fontos paraméter az egyes jelekhez tartozó áttetszőség mértéke. Ezt a 9.15. ábra szerint háromféleképpen alkalmazhatjuk.

Az átfedések kezelésére használhatunk melléktérképeket, melyek a zsúfolt területet felnagyított méretarányban ábrázolják. A nagyítás használata szintén egy alternatíva egy interaktív grafikai környezetben; valamint a jelek kissé el is tolhatók a zsúfolt területek középpontjától.

Felhasznált irodalom

Brewer, C. A. (2016). *Designing Better Maps: A Guide for GIS Users* (2nd ed.). Esri Press.

Crawford, P. (1973). The perception of graduated squares and circles. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 10(2), 105–113. DOI: 10.3138/G672-3507-7875-0546.

Ekman, G., & Junge, D. (1961). Psychophysical relations in visual perception of length, area, and volume. *Scandinavian Journal of Psychology*, 2(1), 1–10. DOI: 10.1111/j.1467-9450.1961.tb01280.x.

Flannery, J. J. (1971). The relative effectiveness of some common graduated point symbols in the presentation of quantitative data. *Canadian Cartographer*, 8(2), 96–109. DOI: 10.3138/FM8R-0344-4481-5533.

Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2020). *Cartography: Visualization of Geospatial Data* (4th ed.). Routledge.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (6th ed.). Wiley.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (4th ed.). CRC Press.

X. A felületmódszer

A felületmódszer a minőségi jegyeken (is) nyugvó jelábrázolás mellett a legkorábbi tematikus ábrázolási forma. Már a középkorban és a kora újkorban is töltöttek ki színnel bizonyos terület egységeket azért, hogy a többiektől megkülönböztessék őket – ez ekkor még legtöbbször csak az országok kiszínezését jelentette (lényegében közigazgatási térkép, mely nem igazán tekinthető tematikus térképnek). A 16-17. század gyors tudományos fejlődése lehetővé tette a módszer alkalmazásának kiterjesztését mind a természettudományok (pl. földtan és geofizika), mind pedig a társadalomtudományok (pl. néprajz és nyelvkutatás) irányába.

1. A felületmódszer fogalma, ábrázolási módjai

A felületmódszer (vagy felületi módszer) a kétdimenziós kiterjedésű (tehát síkszerű), egymástól eltérő minőségi tulajdonságokat mutató objektumok (jelenségek és tényállások) ábrázolására nyújt lehetőséget. Ehhez pontos vagy vázlatos területábrázolást használhatunk.

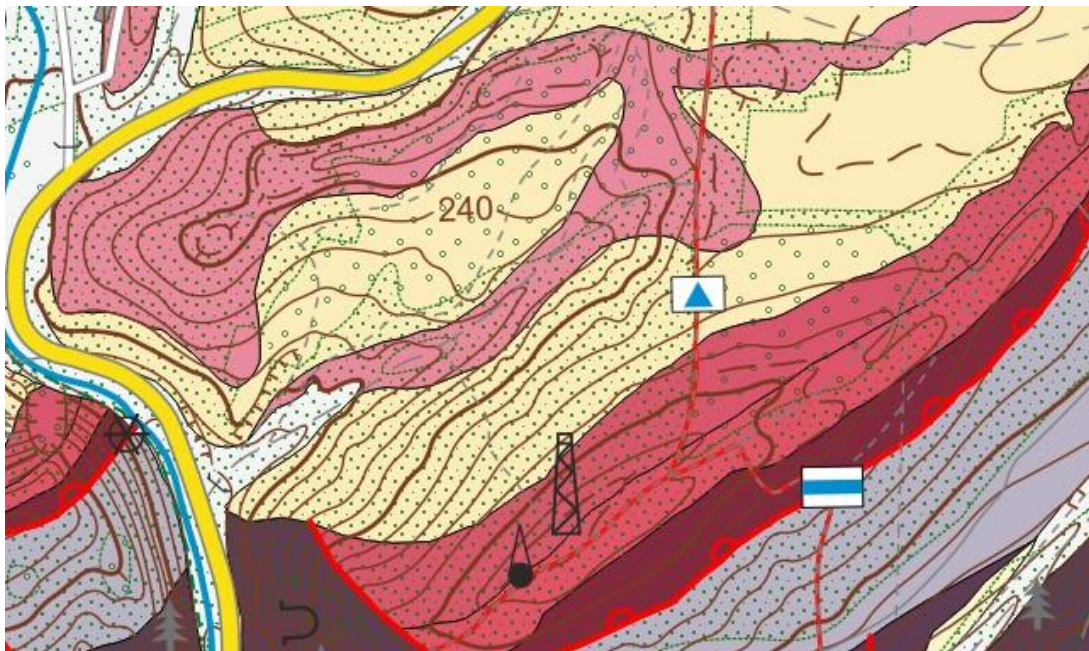
1.1 Pontos területábrázolás

A pontos területábrázolás abszolút vagy relatív lehet. Abszolút módon akkor alkalmazzuk, ha egy jelenség egy konkrét, jól lehatárolható területhez köthető (pl. beépített terület, földtani formációk). A térképezés pontossága ekkor a méretaránytól és az egyszerűsítés mértékétől függ. Relatív az ábrázolás akkor, ha az objektum vagy jelenség mértéke a területen belül változó (pl. csapadékeloszlás).

Kifejezési eszközként használhatunk:

- vonalas jeleket a terület lehatárolására,
- felületi színezést vagy felületi jeleket a minőség meghatározására (pl. talajtípusok),
- megírásokat az egyéb kiegészítő adatok közlésére.

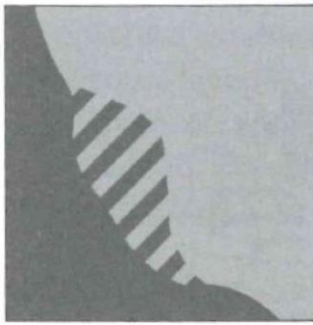
A felületi színek érzékletesek és szemléletesek, de nyomtatás esetén fontos figyelembe vennünk, hogy viszonylag drágán előállíthatók. Ennek kiküszöbölésére rendszerint felületi jeleket használunk. Ezeket nem szabad összekeverni a jelmódszer jeleivel! A kétféle megjelenítési mód kombinálható is abban az esetben, ha olyan bonyolult tematikát (vagy tematikákat) viszünk térképre, mely pusztán színnel vagy felületi jellel nem kifejezhető (pl. különböző földtudományos tematikájú térképeken – 10.1. ábra).



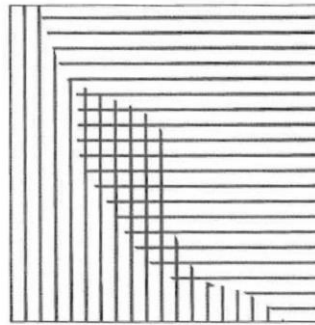
10.1. ábra. Felületi színek (földtani formációk) és felületi jelek (növényzeti fedettség) egyidejű alkalmazása a Csopak és környéke geotúratérképe c. kiadványon.

1.2 Vázlatos területábrázolás

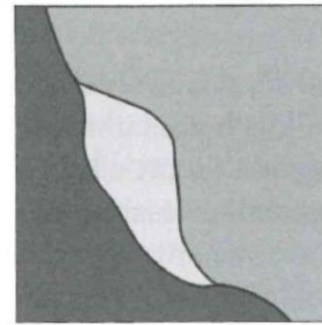
Akkor alkalmazunk vázlatos területábrázolást, amikor az objektumok vagy jelenségek nem egyértelműen lehatárolhatók, mert azok egymásba folynak (pl. népcsoportok, vallások). A szabatos kartográfiai ábrázolás ilyenkor nagyon nehéz feladat. Háromféleképpen közelíthető meg a megoldás (10.2. ábra):



Fogazásos kapcsolat



Átfedéssel kapcsolat



Külön lehatárolás

10.2. ábra. Az objektumok kölcsönös egymásba hatolásának kifejezőmódjai.

1. Az objektumok kölcsönösen egymásba hatolnak, például nemzetiségek elterjedésének térképezése esetén. A kevert területeket a felületek egymásba kapcsolásával, fogazásával, átfedéssel vagy külön lehatárolással jelöljük. Ügyelnünk kell arra, hogy csak azokon a területrészekon használjuk ezt az ábrázolást, ahol a változók aránya megközelítőleg 50-50%. Az arányok további megoszlására színfokozatokat, vagy más ábrázolási módszert használhatunk.
2. Ha az objektumok helyzete nem határozható meg egyértelműen (pl. vitatott területek), egymásba mosódó színeket, határvonalak mellőzését és területi kiterjedést jelző megírást kell alkalmaznunk.
3. Beszélhetünk képzetes területekről (pszeudoareálokról), melyek a valóságban nem léteznek, de területjelleggel nem bíró objektumok vagy jelenségek elterjedését mutatják (pl. egy-egy néprajzi csoport térképi jelölése). Ekkor sok esetben megírást alkalmazunk a terület jelölésére.

2. A felületek generalizálása

A térképi egyszerűsítés a felületmódszer esetében is a tartalomhoz és a célhoz illeszkedik. Négyféle egymással kombinálható generalizálási módszer ismert a tagolt vagy kis egységekből álló felületek kezelésére:

1. A szelektív módszer elhagyja azokat a felületeket, melyek nem érnek el egy meghatározott minimális nagyságot.
2. Az individuális módszer a típusok megtartására törekszik, ezért a kisebb felületeket az azonos minőségű nagyobbakba olvasztja (más típusokban ezzel minimális veszteséget okozva).
3. Az egyoldalú hangsúlyozás során csak a nagy, de a területi megoszlást és mintázatot jól mutató felületeket ábrázoljuk.
4. A területi arányok megóvására törekszünk, ha a valós területnagyságok a téma szempontjából döntő fontossággal bírnak.

Felhasznált irodalom

Dent, B. D., Torguson, J. S., & Hodler, T. W. (2008). *Cartography: Thematic Map Design* (6th ed.). McGraw-Hill.

Klinghammer, I. (szerk.). (2010). *Térképészet és geoinformatika I.* Budapest: ELTE Eötvös Kiadó.

Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2020). *Cartography: Visualization of Geospatial Data* (4th ed.). Routledge.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (6th ed.). Wiley.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (4th ed.). CRC Press.

XI. A pontmódszer

A pontmódszer, azaz az abszolút értékek egységet vagy kategorizált értékegységet jelentő pontokkal történő ábrázolása visszavezethető a nagyobb méretarányú térképeken használt jelmódszerre. A fejlődési út egy korai állomása John Snow 1854-es koleratérképe (8. fejezet). Ez ugyan nem pontszórástérkép, hanem inkább értékegységjeles ábrázolás, de a sávok elhelyezése, szórása már utal a későbbi módszer jegyeire. Az első igazi, kisméretarányú pontszórástérkép Montizon 1830-as francia népsűrűségterképe (8. fejezet) volt. Ezen a pontok értékegységet, 10 ezer főt jelentenek. Petermann Erdély népsűrűségterképét készítette el 1857-ben, viszont ezen a pontok nem jelentenek értékegységeket. Ezért az első valódi pontszórástérképként a svéd Thure Alexander Skandinávia népsűrűségét bemutató művét (11.1. ábra) tartjuk számon.



11.1. ábra. Thure Alexander térképének részlete.

1. A pontmódszer fogalma

A pontszórástérképeket akkor használjuk, ha nyers adatok állnak rendelkezésünkre a vonatkoztatási területekről (legtöbbször adminisztratív egységekről), és meg akarjuk mutatni, hogy az alapul szolgáló jelenség elterjedése nem egyenletes.

Képzeljük el, hogy adataink vannak az Afrika egyes országaiban élő elefántok számáról. Készíthetnénk egy fokozatos jelábrázolást alkalmazó térképet az egyes országokról, de ez a térkép félrevezető lenne, mert minden területi egység egyetlen szimbólummal rendelkezne, ami arra utalna, hogy az elefántok országon belüli térbeli eloszlása homogén. Ezzel szemben a pontmódszert használva realisabb képet adhatunk az elefántok országokon belüli eloszlásáról is.

Pontmódszer esetén a következő kulcsfontosságú tényezőket vesszük figyelembe:

- hogyan lehet kiegészítő információkat felhasználni a pontok elhelyezésére szolgáló vonatkoztatási egységek kiválasztásához,
- a pontméret és az egységérték (index, mutató) kiválasztása,
- és a pontok régiókon belüli elhelyezése.

A pontméret általában állandó egy térképen belül. Egyenlő méretű pontok használata hasznos egy jelenség részletes térbeli mintázatának vizsgálatához, de a konkrét információk (például egy területre vonatkozó jelenség nyers összértéke) kinyerése nehézkes a nagyszámú megjelenő pont miatt. A 11.2. ábra azt mutatja be, hogy a pontokat értékegységgel ellátva egyrészt az elterjedést, másrészt a mennyiséget is milyen jól tudjuk ábrázolni.



11.2. ábra. Finney megye búzatábláinak eloszlása a 2005-ös kansasi felszínborítottsági térképen (főtérkép) és az Kansas állam hasonló tematikája pontszórástérképe, Finney megye szürkével kiemelve.

2. Kiegészítő tulajdonságok

A pontszórástérképek kiegészítő információt használnak egy jelenség részletes eloszlásának bemutatásához. A kiegészítő információt általában korlátozó és kapcsolódó tulajdonságokra bontjuk.

- A korlátozó tulajdonságok abszolút határokat szabnak a pontok elhelyezésének. Például általában nincs értelme a népességet ábrázoló pontokat víztesteken belül elhelyezni.
- A kapcsolódó attribútumok azok, amelyek a feltérképezendő jelenséggel korrelálnak, de nem szabnak abszolút korlátokat a pontok elhelyezésére. Például, ahogy a távoli hegyvonulatra nyíló kilátás egyre szebbé válik, elvárható, hogy több házat találjunk ezeken a turisztikailag egyre frekvenciáltabb területeken.

2.1 Korlátozó tulajdonságok

A Kansasban betakarított búza térképének elkészítésekor több korlátozó tulajdonságot is figyelembe kell vennünk:

- a víztestek elhelyezkedése (Kansasban számos víztároló található),
- a városi területek elhelyezkedése (pl. Wichita és Kansas City),
- és a lejtőviszonyok (pl. a traktorok nem használhatók a nagyon meredek lejtőkön).

Az ilyen korlátozó attribútumok megtalálhatók a papíralapú térképeken vagy webes adatbázisokban, és rétegek formájában beilleszthetők a térinformatikai rendszerbe. Ezeket aztán egymásra lehet helyezni, így csak a nem korlátozott területekre helyezünk pontokat.

2.2 Kapcsolódó tulajdonságok

Az egyik lehetséges kapcsolódó tulajdonság a csapadék mennyisége, mivel az a Kansas keleti részén mért 900 mm-től a Kansas nyugati részén mért mindössze 400 mm-ig nagy változékonyságot mutat. A búza számára ideális csapadékmennyiséget feltételezve ki lehet dolgozni egy olyan függvényt, amely nagyobb valószínűséggel helyez el a pontokat az ideálisan csapadékos terület közelében.

A csapadékhhoz kapcsolódó másik jellemző a nagy jégeső, amely károsítja vagy megsemmisíti a búzatermést. A jégesőket a károk súlyosságától függően korlátozó vagy kapcsolódó attribútumként lehet kezelni.

Egy másik lehetséges kapcsolódó jellemző a talajtípus az egyes megyékben. Egyes talajok kedvezőbbek a búza számára, mint más növények számára.

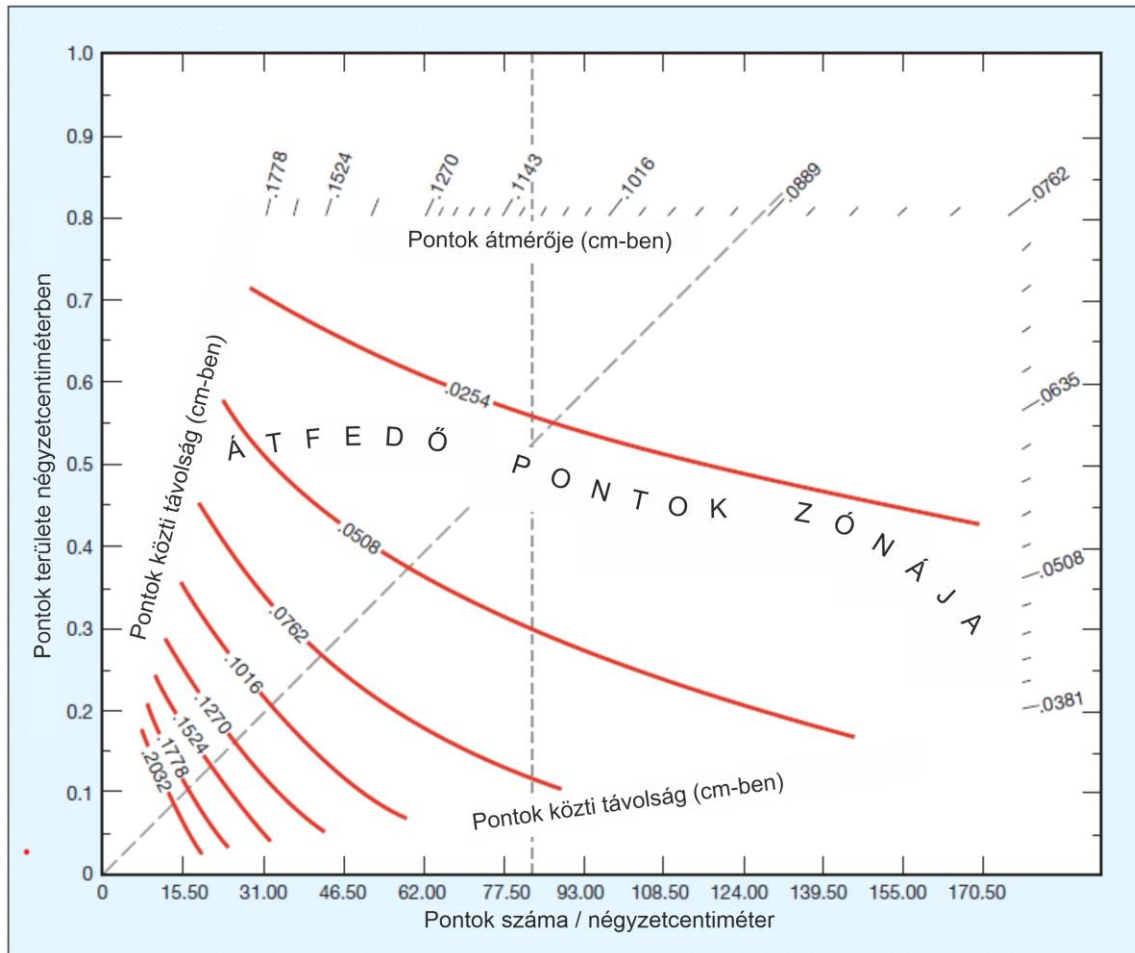
A korlátozó attribútumokhoz hasonlóan az így kapott kapcsolódó attribútumokat is be lehet vinni egy GIS rendszerbe. Mivel a kapcsolódó tulajdonságok a búza bizonyos helyeken való megtalálásának valószínűségét jelzik (szemben a betakarított búza jelenlétének/nemlétének jelzése helyett), a különböző rétegek kombinálásához valamilyen súlyozási sémát kell létrehozni.

3. Pontméret és értékegység választása

A pontméret és az egységérték (index, mutató) fontos paraméterek a pontmódszer alkalmazásakor. A nagyon kis pontok ritkás és jelentéktelen eloszlást eredményeznek, a nagy pontok pedig a túlzott sűrűség benyomását keltik. Hasonlóképpen, a kis értékegység olyan térképet eredményez, amely indokolatlanul „pontosnak” tűnhet, míg a nagy értékegység a természetes mintázatok torzulásához vezet.

Általánosan azt mondhatjuk, hogy a legsűrűbb területen a pontoknak éppen csak el kell kezdeniük összeolvadni egymással), bár egyes szakirodalmak szerint a pontoknak nem szabad átfedniük, hogy meg lehessen számolni őket, ha szükséges.

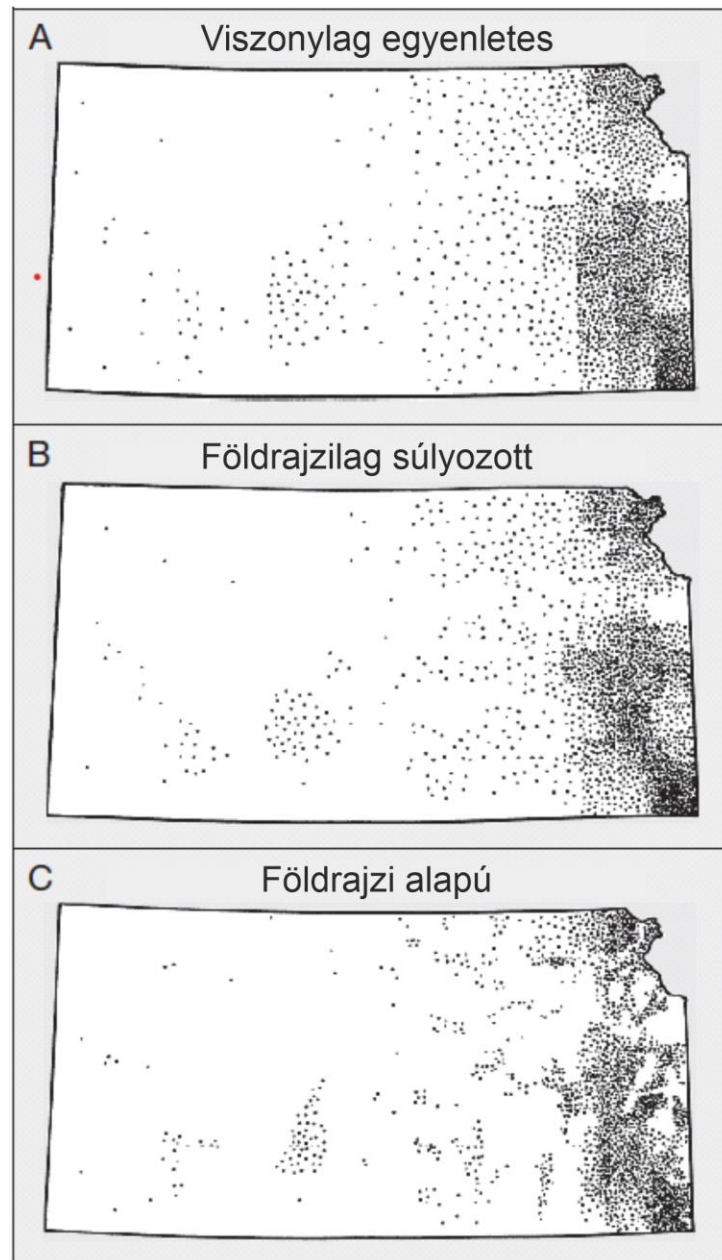
J. Ross Mackay (1949) kifejlesztett egy nomográf (11.3. ábra) néven ismert grafikus eszközt a pontméret és az egységérték kiválasztásának segítésére. A nomográf használatához először meg kell határoznunk a térképünkön egy mintaterület négyzetcentiméterenkénti pontszámait. Képzeljük el például, hogy a legsűrűbb területünknek egy 5000 hektár búzát tartalmazó, 6 négyzetcentiméteres területet találtunk (a térkép méretarányában). Ha feltételezzük, hogy 1 pont egységértéke 10 hektárnak felel meg, akkor a szükséges pontok száma 500 ($5000/10$), az egy négyzetcentiméterre jutó pontok száma pedig 83,3 ($500/6$). Ha most az origótól a kívánt pontátmérőig egy vonalat húzunk, és megjegyezzük, hogy ez a vonal hol metszi a függőleges szaggatott vonalat, akkor kapunk egy támpontot a pontok szélei közötti hozzávetőleges távolságra.



11.3. ábra. A nomográf.

A nomográf használata feltételezi, hogy a pontok viszonylag egyenletes mintázatban helyezkednek el, és nem fedik egymást. Jon Kimerling (2009) utalt rá, hogy a nomográfot egy olyan korszakban fejlesztették ki, amikor a térképeket kézzel, tollal és tintával rajzolták, ami korlátozta a pontok lehetséges legkisebb méretét. Ennek eredményeképpen a nomográf nem tartalmazza a digitális térképészetben használt, szabadkézzel nem előállítható kisebb pontméreteket.

4. Pontelhelyezés manuálisan és digitálisan



11.4. ábra. Manuális pontelhelyezési lehetőségek.

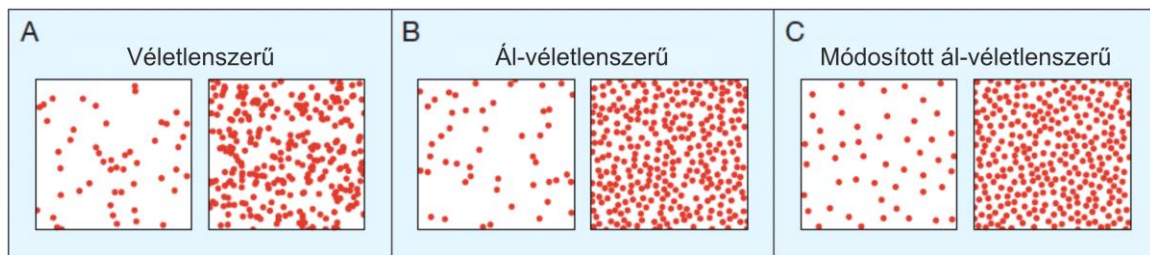
Mackay (1949) a kézi elhelyezés folyamatát úgy írta le, hogy az első pontot a terület középpontja közelébe, majd minden egyes következő pontot a legnagyobb fennmaradó helyre helyezte. A tökéletes egyenletesség nem kívánatos, mert a természetben a mintázatok nem tökéletesen egyenletesek. A tiszta véletlenszerűség szintén nem szerencsés, mert ez irreális pontcsoportok

kialakulásához és egyes pontok közötti nagy hézagokhoz vezethet. A hagyományosan használt megközelítések a pontok manuális elhelyezésére tehát (11.4. ábra):

- Viszonylag egyenletes - a pontokat egyenletesen, de véletlenszerű komponenssel helyezik el,
- Földrajzilag súlyozott - a pontokat viszonylag egyenletesen, de a sűrűbb területek felé súlyozva helyezik el, és
- Földrajzi alapú - a pontok viszonylag egyenletesen kerülnek elhelyezésre a kiegészítő információk által meghatározott területeken belül.

Sajnos a mai szoftverek gyakran nem tartalmaznak kielégítő megoldásokat pontszórás térképek készítésére. A legelterjedtebb megközelítés az úgynevezett „pontosűrűségi rutinok” (11.5. ábra) használata, amelyek véletlenszerűen helyezik el a pontokat a felhasználó által meghatározott földrajzi területeken. Ez úgy valósul meg, hogy a kívánt területet egy xy ráccsal fedjük le, kiszámítjuk a kívánt számú pontot, majd ismételten pontokat helyezünk el véletlenszerű x és y koordinátákon. Ezzel a megközelítéssel az a probléma, hogy a kirajzolt pontok hajlamosak klasztereket alkotni, a pontok között gyakran szabálytalan hézagok jelennek meg, illetve a pontok át is fedhetik egymást. Megközelítések a pontok digitális elhelyezéséhez:

- A véletlenszerű módszer során a pontok véletlenszerűen kiválasztott x- és y-koordináták segítségével kerülnek elhelyezésre.
- Az ál-véletlen pontok véletlenszerűen kerülnek kirajzolásra, de csak akkor, ha nem fednek át egy másik ponttal.
- A módosított ál-véletlen pontokat véletlenszerűen és átfedés nélkül ábrázoljuk, de egy pontot nem rajzolunk ki, ha a legközelebbi ponttól való távolsága az átlag ponttávolság 40%-ánál kisebb.

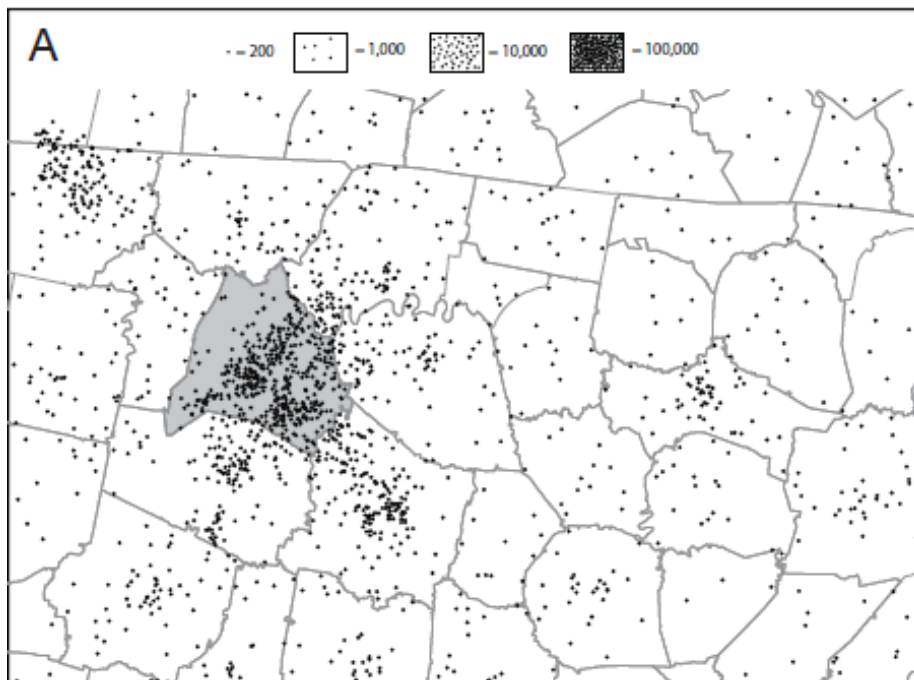


11.5. ábra. A különböző pontosűrűségi rutinok megvalósítása.

5. Jelmagyarázat

A kansasi búzatóblák térképének vizsgálatakor észrevehetjük, hogy a pontszórástérképhez tartozó jelmagyarázat egyetlen pontból áll, amelyhez 6000-es értékegység tartozik. Ez az egyszerű megoldás azért megfelelő, mert a térkép létrehozásának elsődleges célja az volt, hogy a Kansasban 2011-ben betakarított búza területi mintázatának részletei szemléltethetők legyenek. Bár az olvasók megszámolhatják vagy megbecsülhetik a területen belül előforduló pontok számát, nem ez az elsődleges cél.

Ha azt szeretnénk, hogy az olvasók becsléseket készítsenek a területen belül előforduló pontok számáról, illetve azok összértékéről, célszerű olyan jelmagyarázatot készíteni, amely legalább három különböző koncentrációt mutat (11.6. ábra).

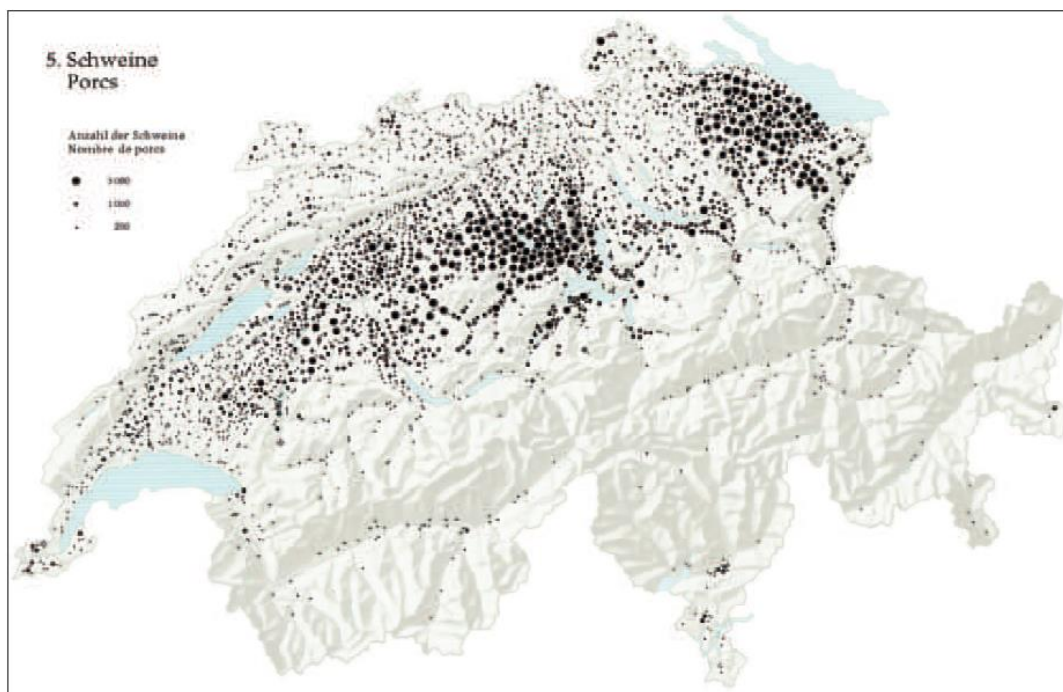


11.6. ábra. Négytétteles jelmagyarázat négy különböző koncentrációval és társított értékkel.

8. Értékegységpontok – fokozatos pontábrázolás

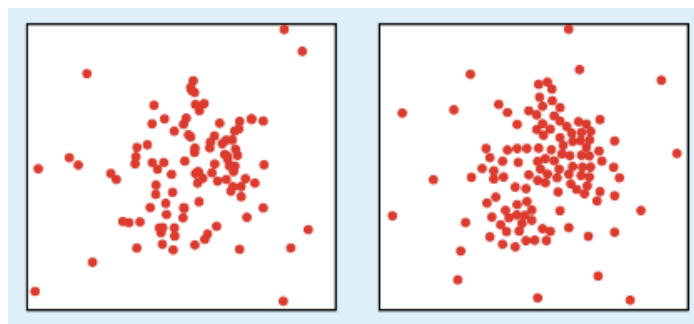
Bár a különböző pontkoncentrációkat tartalmazó jelmagyarázat megkönnyítheti a területen belül előforduló pontok számának becslését, ez a feladat kihívást jelent, ha a pontok száma magas és a pontsűrűség is nagy.

Ezért Nicholas Arnold és munkatársai (2017) a pontok számának becslésével járó teher további megkönnyítése érdekében digitális megközelítést dolgoztak ki értékegységpontok létrehozására, és térképolvasókkal tesztelik a megközelítés hatékonyságát. Ennek ellenére már sokkal korábban is készültek ilyen térképek – pl. a 11.7. ábra mezőgazdasági térképe.



11.7. ábra. Sertések száma Svájcban az 1977-es svájci nemzeti atlaszból.

A véletlenszerű pontelhelyezés negatív tulajdonságainak kiküszöbölésére több próbálkozás is született. E negatív tulajdonságok algoritmizáltan kezelhetők, hiszen hasonló a probléma az informatikában és képfeldolgozásban tapasztalható zajhoz. A szabályos zaj létrehozásához Arnold és munkatársai a kapacitáskorlátozott Voronoi-tesszellációs (capacity constrained Voronoi tessellation - CCVT) algoritmust használják. A CCVT algoritmus a pontok sűrű csoportjait úgy szórja szét, hogy azok eloszlása egyenletes, de véletlenszerű legyen, miközben megőrzi az eredeti pontok sűrűségeloszlását (11.8. ábra).

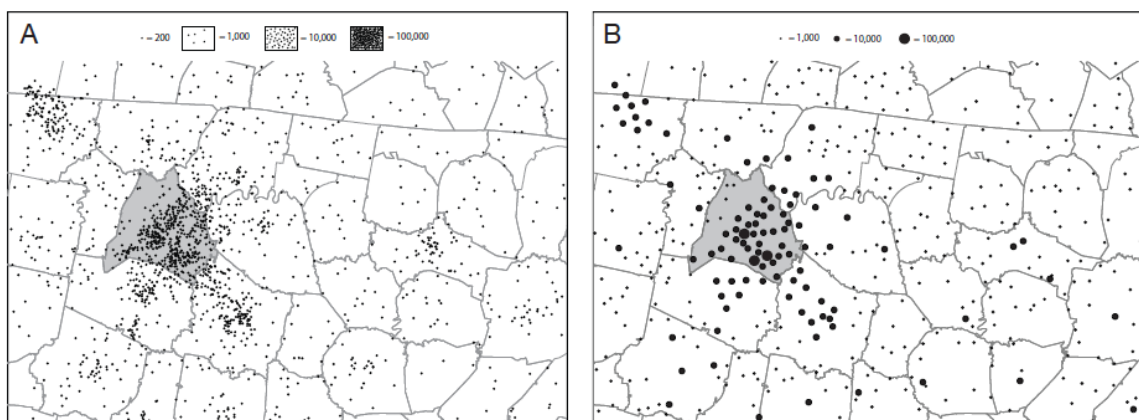


11.8. ábra. A) Véletlenszerű és B) szabályos zajjal javított pontelhelyezés.

Arnold és munkatársai digitális megközelítése az osztályozott pontszórásérképek (fokozatos pontábrázolás) előállításához három összetevőből áll:

- hagyományos digitális pontszórástérkép készítése véletlenszerű elhelyezéssel;
- a véletlenszerű megközelítésből származó hézagok és klaszterek némelyikének kiküszöbölése a pontok szabályos zaj szerinti átrendezésével; és
- a sűrűn csoportosított pontok kombinálása, hogy kialakuljanak a nagyobb méretű pontok, amelyek a fokozatos ábrázolásban láthatók.

Arnold és munkatársai úgy tesztelték a fokozatos pontszórástérképek hatékonyságát, hogy összehasonlították a térképolvasók értékbecslési képességét a hagyományos és a fokozatos térképeken (11.9. ábra). Azt figyelték meg, hogy az értékeket pontosabban becsülték meg az osztályozott pontértékek esetében, mint a hagyományos térképeken, és hogy az olvasók a fokozatos elvű ábrázolást világosabbnak, olvashatóbbnak és vizuálisan vonzóbbnak találták.



11.9. ábra. A) Hagományos pontszórástérkép összehasonlítása B) a különböző pontméreteket alkalmazó megoldással.

Felhasznált irodalom

Arnold, N., Bennett, J., & Kraemer, K. (2017). Dot map cartograms for visualizing geographically aggregated data. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 52(2), 107–119. DOI: 10.3138/cart.52.2.3507.

Dent, B. D., Torguson, J. S., & Hodler, T. W. (2008). *Cartography: Thematic Map Design* (6th ed.). McGraw-Hill.

Funkhouser, H. G. (1937). Historical development of the graphical representation of statistical data. *Osiris*, 3, 269–404.

Kimerling, A. J. (2009). Dot map design. In K. S. Field (Ed.), *Manual of Geographic Information Systems* (pp. 245–254). ASPRS.

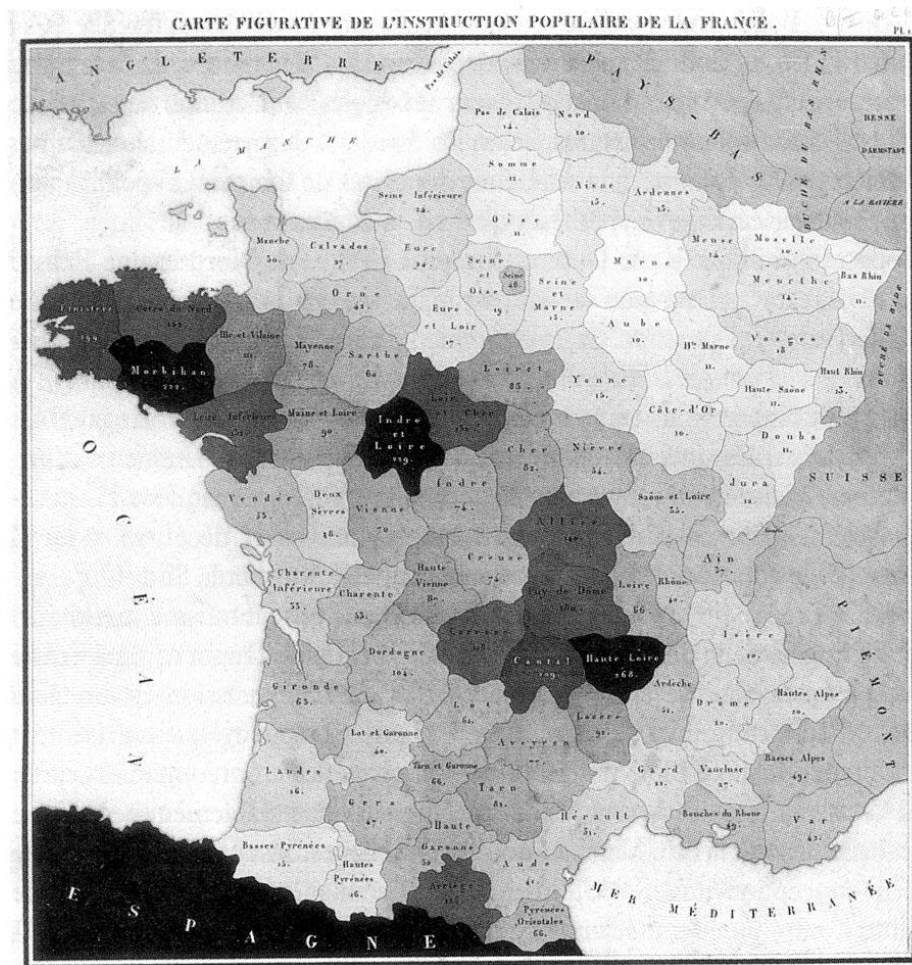
Klinghammer, I. (szerk.). (2010). *Térképészet és geoinformatika I.* Budapest: ELTE Eötvös Kiadó.

Mackay, J. R. (1949). A nomograph for determining point symbol size and value in dot maps. *Canadian Geographer*, 1(6), 26–28.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (6th ed.). Wiley.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (4th ed.). CRC Press.

XII. A kartogramm módszer



12.1. ábra. Dupin írástudatlanság-térképe, az első felületkartogram (1826).

Az ábrázolás kialakulása szorosan összefüggött a 19-20. században megjelenő statisztikai hivatalok felmérési eredményeivel, a statisztika oktatásának kezdeteivel. A 19. század első felében elsősorban népességi adatokat dolgoztak fel, de nem sokkal később megjelentek a gazdasági adatok is – párhuzamosan az ipari forradalom eredményeinek lecsapódásával. Fontos megemlíteni Joseph Fourier és Adolphe Quetelet neveit, akik francia és belga területen kísérleteztek a módszer alapjaival – ahonnan rövidesen másfelé is elindult a fejlődés. Az első jelkartogramok kialakítása Minard nevéhez fűződik az 1830-as években, míg az első ismert felületkartogram Charles Dupin nevéhez köthető 1826-ból, amin az írástudatlanságot ábrázolta (12.1. ábra). Ezt követően Párizs és Berlin párhuzamosan élen járt az ilyen jellegű tematikus térképek kiadásában, továbbfejlesztésében. Viszonylag korán felmerült a vonatkozási felület kérdése – hamar, még az 1830-as években létrejöttek az első dazimetrikus térképek. A 19. század közepén elterjedtek a szalagkartogramok is, melyek közül az elsőt Miletz Imre készítette még 1773-ban. Ezek fejlődésének „berobbanása” érthető módon a vasutak elterjedéséhez kötődik. Minard volt a szalagkartogramok mestere: 1845-69 között 51 tematikus térképet készített a módszerrel, viszont az szinte kizárólag Franciaország területére korlátozódott. Halála után a módszer szinte teljesen elfeledett lett: a 20. század során szinte régi-új felfedezésként került a térképészek látókörébe.

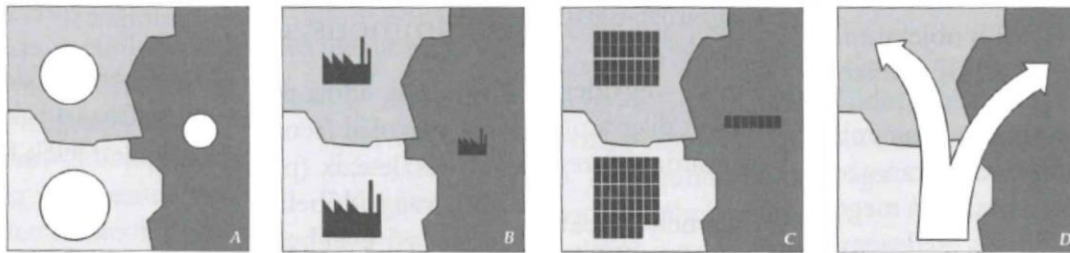
1. A kartogrammódszer fogalma

A kartogram (elsősorban a felületkartogram) angol neve „choropleth map”. John K. Wright amerikai geográfus definiálta így ezeket a térképeket: a mennyiséget jelentő plethos és a teret jelentő khôra szó összedolgozásával. A magyar kifejezés is nagyjából hasonlót jelent: valami a térkép alapján mérhető, leolvasható.

A kartogram valamely közigazgatási vagy egyéb, jól lehatárolható területbeosztáson (ez az adatok területi alapegysége, vonatkozásiterület-rendszere) értelmezett jellel, szalaggal vagy színfelülettel ábrázolt mennyiségi adatok (egyetlen számérték) kifejezésére alkalmas tematikus ábrázolási forma. Ezt

a fajta ábrázolást abszolút és relatív adatok esetén is alkalmazhatjuk, háromféleképpen (12.2. ábra).

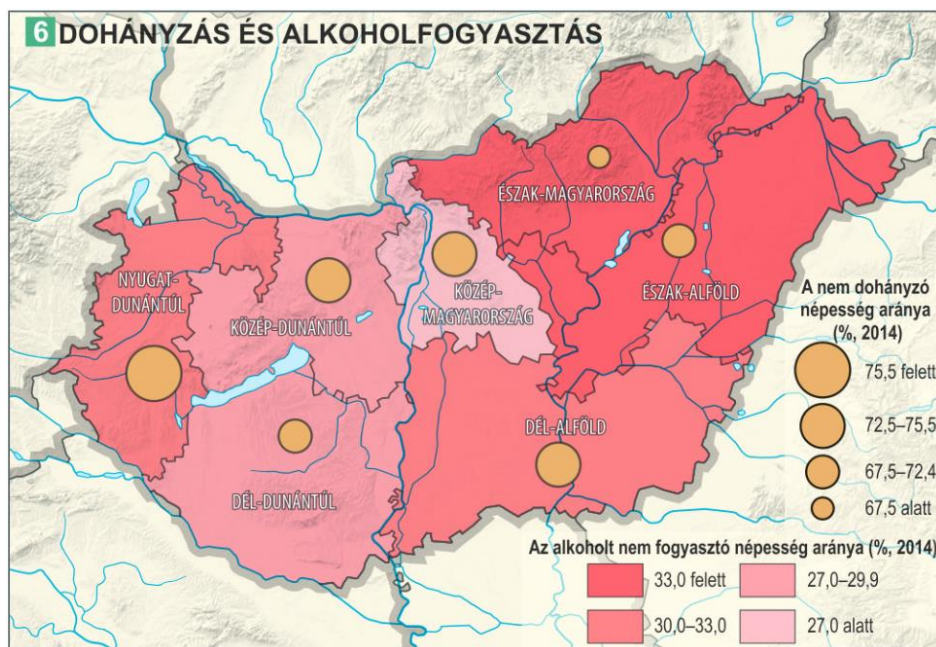
Ha a számérték abszolút adat, az ábrázolás leginkább térképjelekkel (mértani vagy képszerű) történik. Többnyire folyamatos ábrázolást és jelméretarányt alkalmazunk – így ez a fajta adatmegjelenítés átfedést mutat a jelmódszer folyamatos jelábrázolásával. Fontos eltérés azonban, hogy a jel ebben az esetben nem pontszerű objektumra, hanem felületre vonatkozik, tehát a jel mindig kisebb, mint a vonatkoztatási felület, amin belül a jel eltolható (12.3. ábra). Szintén abszolút adatot ábrázolnak folyamatos módon a szalagkartogramok, melyek rendelkeznek egyértelmű vonatkozási felülettel, de a jelek térbeli helye nem egyértelműen meghatározható. Az előző párhuzam itt is érvényes: hasonlít a mennyiségi adatok vonalas jelekkel történő közlésére, de ebben az esetben területegységek között.



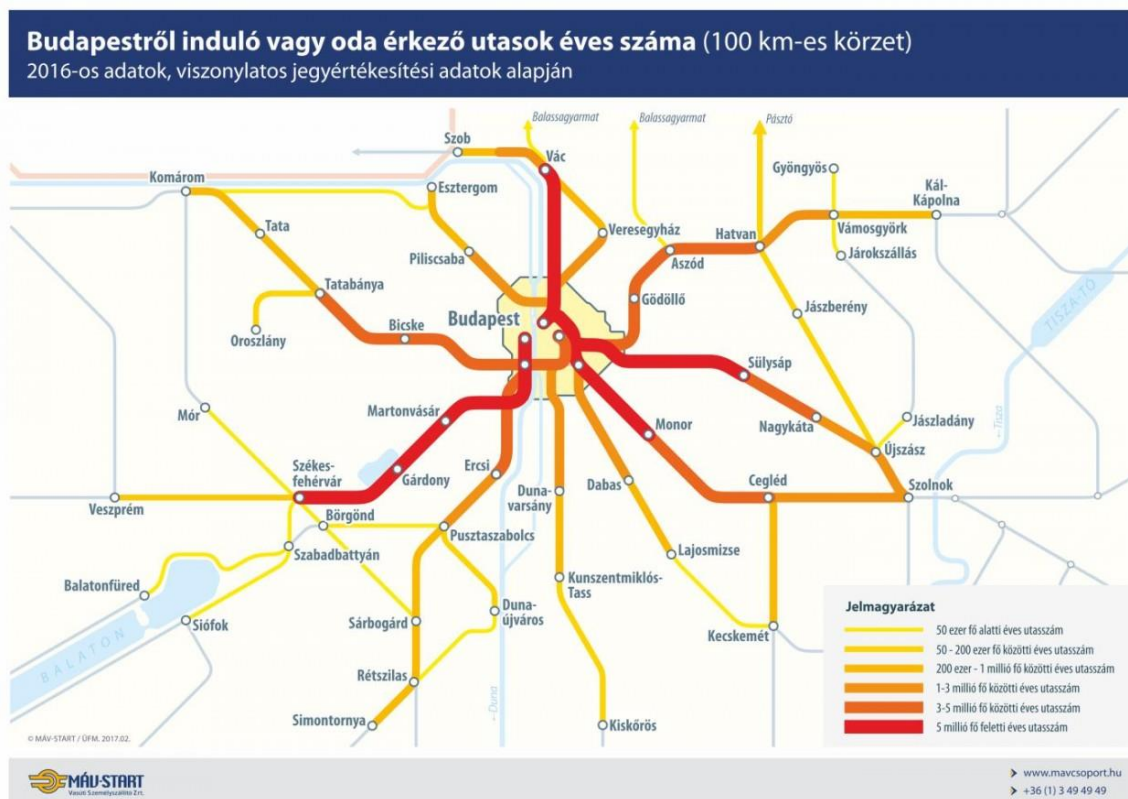
12.2. ábra. Kartogramok: A) mértani jelkartogram, B) képszerű jelkartogram, C) értékegységjeles kartogram, D) szalagkartogram. A háttérben pedig minden esetben szürkeárnyaltos felületkartogram látható.

Relatív adatú viszont a felületkartogram (12.3. ábra), amit relatív sűrűségterképnek is nevezhetünk. Ez utóbbi megnevezés abból fakad, hogy legtöbbször valamely sűrűségérték kifejezésére használjuk. Csak fokozatos ábrázolás lehetséges ebben az esetben, melynek kifejezőeszközei a különböző sűrűségű vonalkázás, illetve a színek, színárnyalatok.

A kartogram a tematikus kartográfia leggyakrabban használt és legnagyobb körben ismert módszere. Általános elv, hogy a felületkartogramok szerkesztésénél (de tanácsos jel- és szalagkartogramok esetén is) valamihez viszonyított, standardizált adatokat használjunk. A másik fontos szempont a felületkartogramon történő megfelelő színhasználat, hogy az az adatok értelmezését ne nehezítse.



12.3. ábra. Jelkartogram és felületkartogram fokozatos ábrázolással. Forrás: MNA.



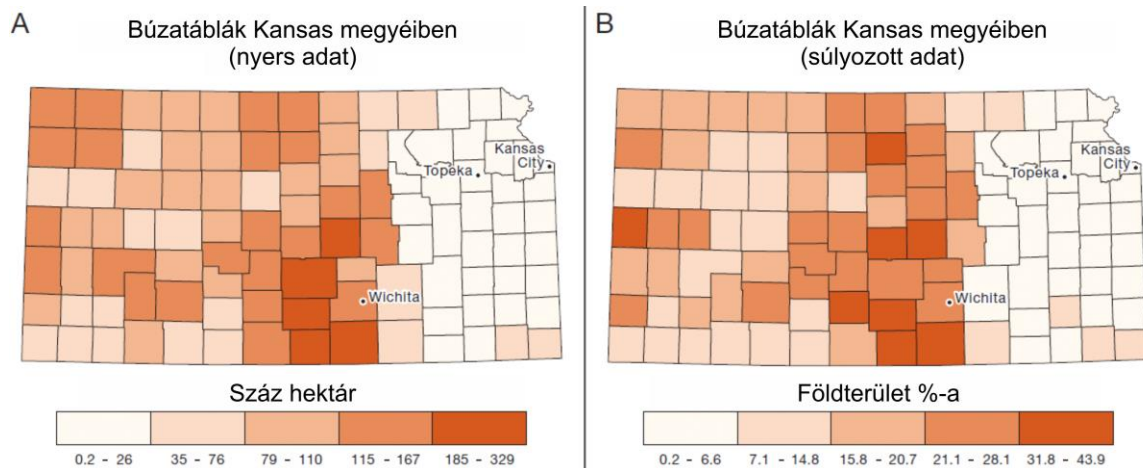
12.4. ábra. Szalagkartogram fokozatos ábrázolással. Forrás: MÁV.

Az angol szakirodalom a „choropleth mapping” szó alatt csak a felületkartogramokat érti. A fejezetben is zömmel ezekről lesz szó, hiszen a jel-

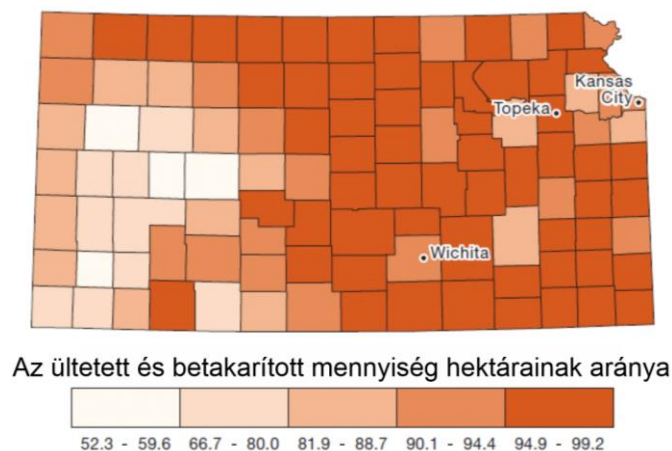
(12.3. ábra) és szalagkartogramok (12.4. ábra) szerkesztési elveit a jelmódszer esetében már tárgyaltuk – csak vonatkozási egység tekintetében különböznek. A fejezet végén szó lesz a dazimetrikus térképekről (dasymetric maps) is – melyek a felületkartogramoktól a vonatkozási hely tekintetében különböznek.

2. Levezetett vagy standardizált adatok

A jelmódszerhez hasonlóan itt is érdemes legtöbb esetben standardizált, valamely más változó használatával levezetett adatokat ábrázolni. A 12.5. ábrán Kansas búzatábláinak térképén láthatjuk összehasonlítva a nyers adat és a levezetett adat ábrázolását.



12.5. ábra. Kansas búzatáblái: A) nyers adatként és B) súlyozva a megyék területével százalékos értéként.

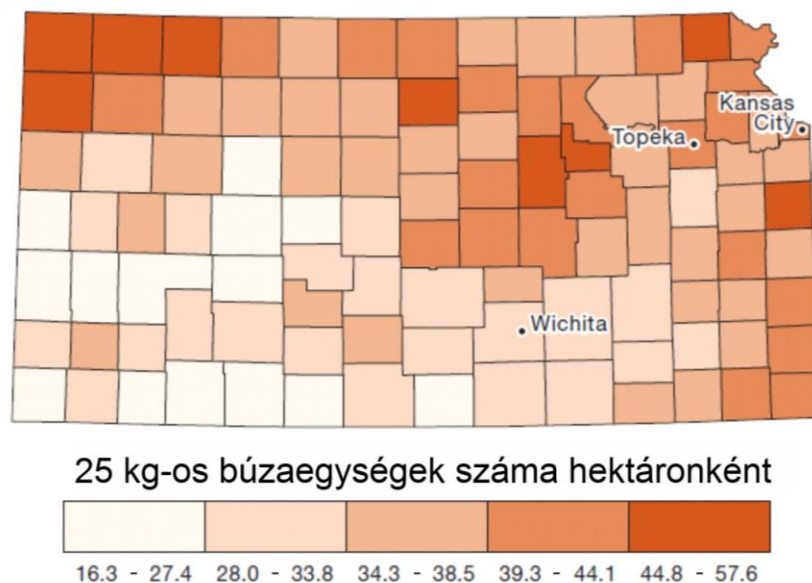


12.6. ábra. A búzatermelés „sikeressége”.

A standardizálás folyamatát (arányok, ráták képzését) három példán keresztül mutatjuk be a kansasi búzaadatokon.

Az egyik megközelítés az, hogy egy területalapú nyers adatot elosztunk egy másik területalapú nyers adattal. Például a betakarított búza hektárszámát oszthatjuk a bevetett búza hektárszámával, és az így kapott arány a búzatermés „sikerességének” mérőszáma (12.6. ábra). Alternatív megoldásként a betakarított búza hektárszámát oszthatjuk az összes főbb növénykultúra betakarított hektárszámával, és így egy térképet készíthetünk, amely a búza relatív jelentőségét mutatja az egyes megyék mezőgazdaságában.

Ha a megtermelt búza 25 kg-os egységeinek számát (ezt Kansasban külön mértékegységgel „bushel” néven jelölik) elosztjuk a megye területével (hektárban), akkor az eredmény az egy hektárra jutó 25 kg-os egységek száma (12.7. ábra). Ez a megközelítés azonban nem biztos, hogy értelmes, ha a nyers adat csak a vonatkoztatási terület egy részén belül fordul elő. A búzaadatok esetében több értelme van a termelt „busheleket” elosztani a betakarított búza hektárszámával, így kapjuk meg az egy hektár búzára jutó „bushelnyi” búzát.



12.7. ábra. 25 kg-os búzaegységek hektáronként Kansas megyéiben.

A harmadik megközelítés az, hogy minden egyes területegységre vonatkozóan kiszámítunk egy statisztikai mérőszámot (pl. átlagot vagy szórást). Például kiszámíthatjuk a gazdaságok átlagos méretét az egyes megyékben úgy, hogy az összes gazdaság területét elosztjuk a gazdaságok számával.

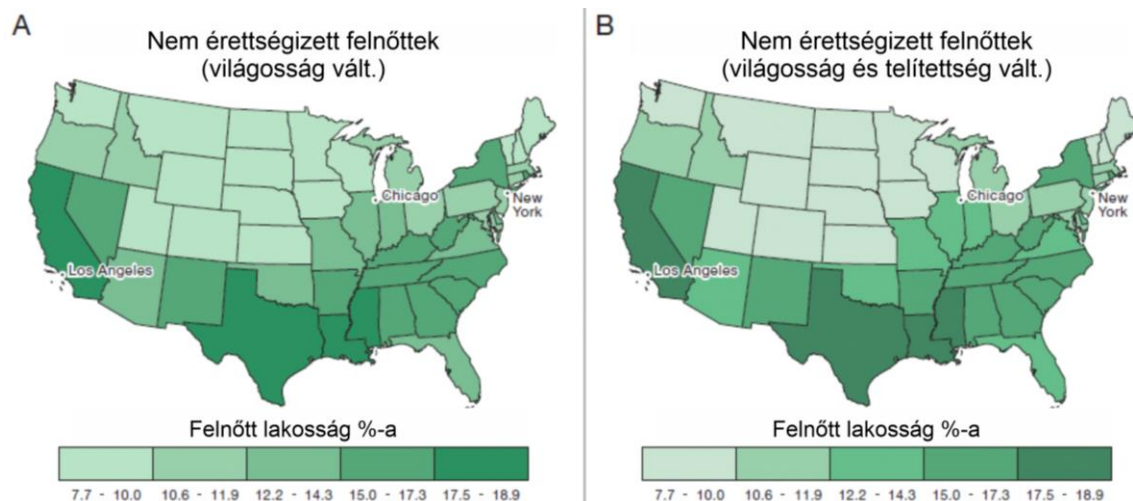
Fontos felismerni, hogy a különböző megközelítések a vizsgált jelenség egészen eltérő ábrázolásához vezetnek. Térképészként a mi felelősségünk, hogy átgondoljuk, melyik eljárás a legmegfelelőbb az adatokhoz és a térkép céljához.

3. Színskála választása felületkartogramokhoz

Cynthia Brewer és munkatársai a digitális térképezés előretörésével fontosnak tartották, hogy megvizsgálják a felületkartogramok színhasználati szempontjait. Ezeket a le nem érettségizett 48 év alatt amerikai felnőttek %-os unipoláris adathalmazán mutatjuk be. A példákon ugyan csak osztályozott adatok szerepelnek fokozatos ábrázolással, de az elvek ugyanúgy érvényesek a (sokkal ritkábban előforduló) folyamatos ábrázolás esetén is. Öt osztályt választottunk a térképekhez az egyszerű értelmezhetőség céljából.

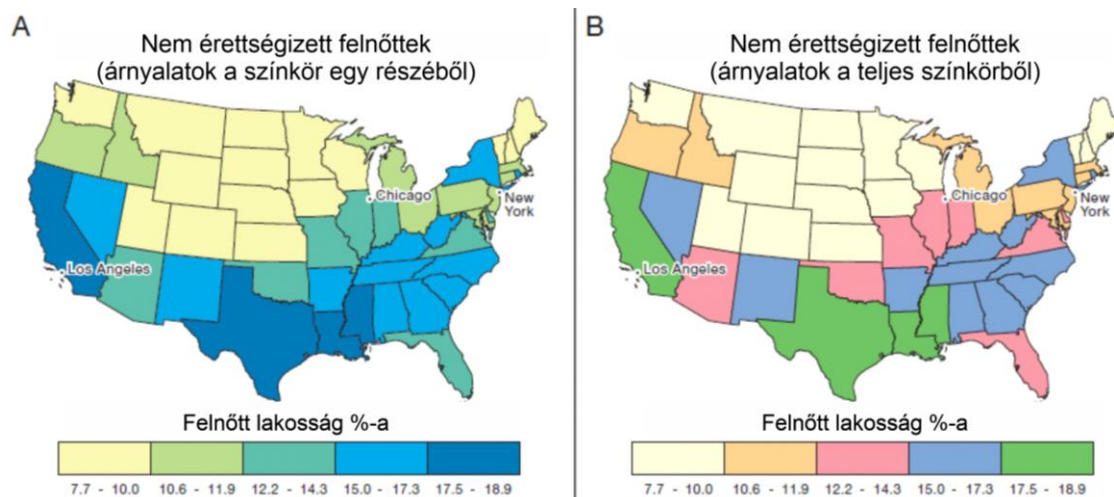
4.1 Az adatok polaritása

Unipoláris adatok esetén szekvenciális színskálát alkalmazunk (12.8. ábra). A legegyszerűbb példa a szürkeárnyaltos térkép, de a szekvenciális lépéseket úgy is el lehet érni, hogy a színárnyalatot és a telítettséget állandó értéken tartjuk, a világosságot pedig változtatjuk (pl. a világos narancssárgától a sötét narancssárgáig). Az alacsony értékekhez világos, a magas értékekhez pedig sötét árnyalatokat használunk. Brewer szerint amellett, hogy a világossági különbségeknek kell dominálniuk a skálák esetében, az egyes színek közötti vizuális kontraszt fokozható, ha finoman telítettségi különbségeket is használunk.



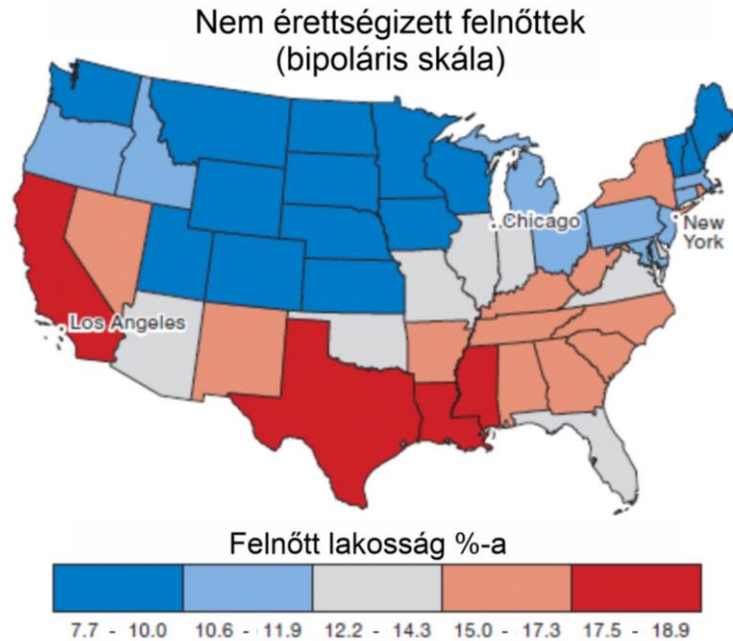
12.8. ábra. Szekvenciális színskála unipoláris adatokon. A) esetben csak a világosságot, B) esetben a telítettséget is változtatjuk.

Brewer javaslata szerint a színárnyalat-különbségeket is fel lehet használni a szekvenciális skála kialakításakor (12.9. ábra), de az ilyen különbségeket alá kell rendelni a világosságkülönbségeknek. Nem javasolt viszont túl sok árnyalat alkalmazása, mert az minőségi különbségeket feltételez, és ezért nem használható numerikus adatokhoz.



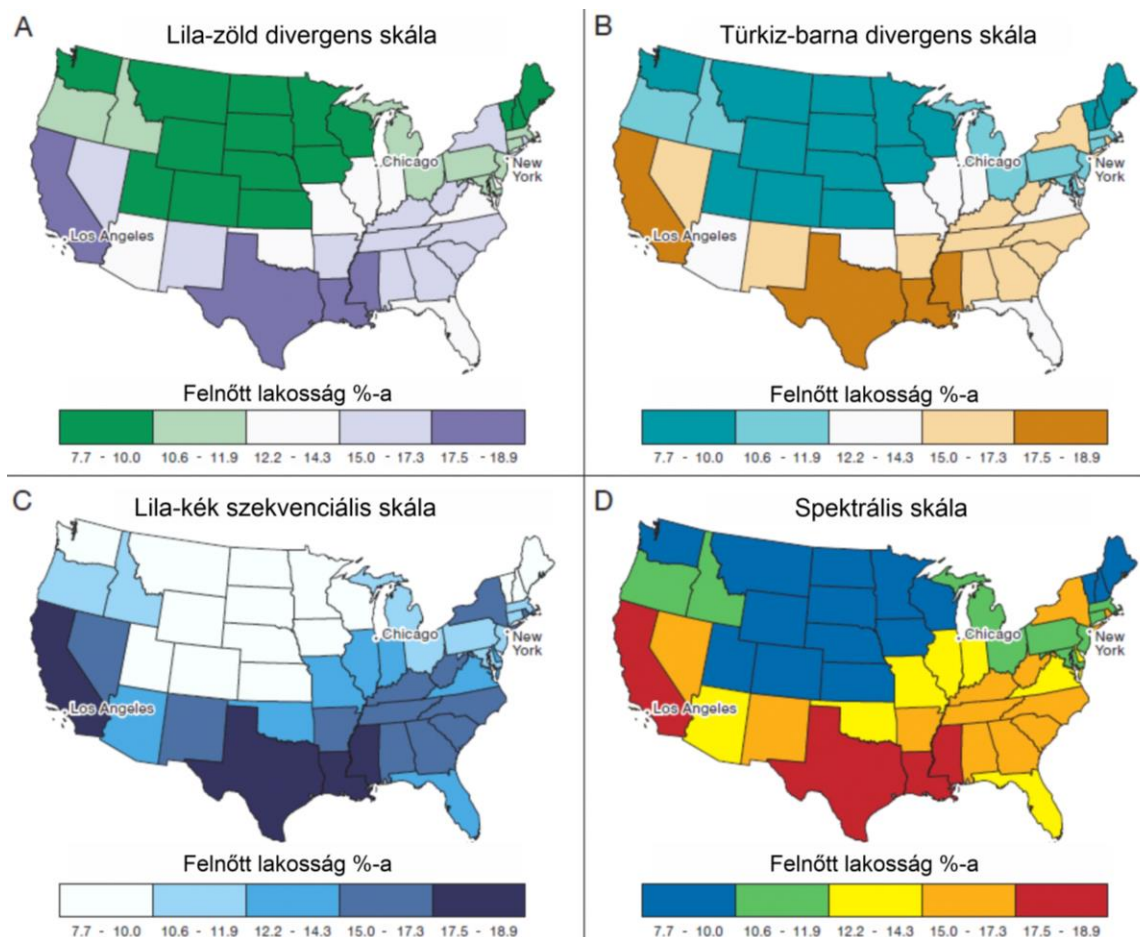
12.9. ábra. Színárnyalat-különbségek a skála kialakításában: A) a színskör egy szegmenséből és B) a teljes színskörből válogatva.

Bipoláris adatok esetén ajánlott két, árnyalatában eltérő skála alkalmazása, melyben a találkozási pontnál közös világos árnyalat vagy semleges szürke található. Ilyen például a sok helyen alkalmazott piros-kék skála (12.10. ábra). Mintaadatainknál viszont ennek használata az egy pólus miatt nem tanácsos.



12.10. ábra. Bipoláris színskála. Figyeljünk, hogy ennél a példánál ez nem szerencsés, mert adataink unipolárisak.

A divergens skálák (12.11. ábra) egypólusú adatokra való alkalmazásának logikája az, hogy ha kvantilis osztályozást használunk, a medián a középső osztályba esik, így logikus választópontként szolgál. A spektrális színskála (vagy szivárványskála) az elektromágneses spektrumon alapul, és széles körben használják az adatvizualizációs közösségben. A térképeken a közelmúltig következetesen kerültük a spektrális skála használatát, mivel a sárga szín világos, és így nem tűnik helyénvalónak, ha egy skála közepén jelenik meg. A sötétvöröstől a világossárgán át a sötétkéig haladva azonban kielégítő kép alakítható ki. A spektrális skála egy részhalma a közlekedési lámpák színskálája, amely a vörös színtől a sárgán át a zöldig terjed. Ez azért népszerű, mert könnyebb értékekhez rendelni, mint a teljes spektrális skálát, és könnyen is értelmezhető (a zöld pozitív, a piros pedig negatív jelentésű adatra utal).



12.11. ábra. Különleges színskálák az amerikai nem érettségizett felnőttek adathalmazán.

4.2 Megkülönböztethető színek

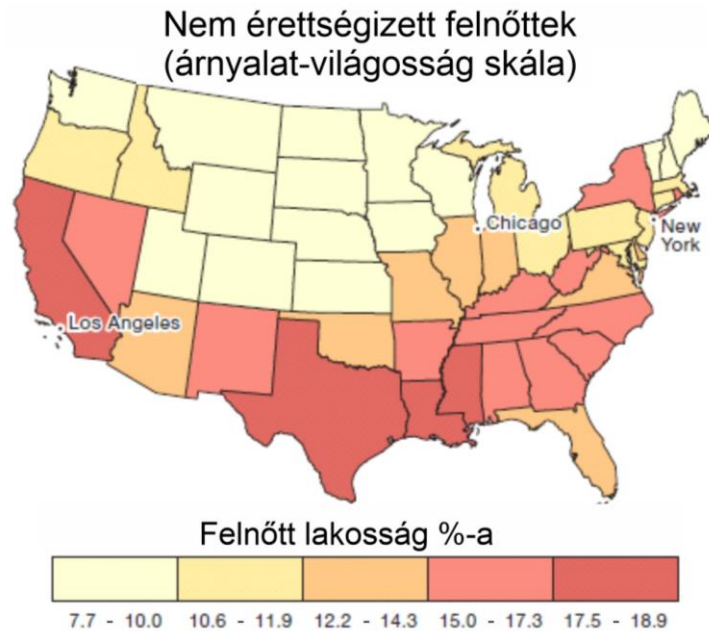
A divergens skálák egyik fontos tényezője az olyan színek kiválasztása, amelyek nem keverhetők össze egymással. Ha például a piros és a rózsaszín egy skála ellentétes oldalaihoz lenne rendelve, a felhasználónak nehézséget okozna a térképen megjelenő adott színt a megfelelő jelmagyarázati kategóriához társítani. Ezzel szemben a kék és a piros nem összetéveszthető.

4.3 Szimultán kontraszt

A szimultán kontraszt hatására egy terület színe a környező szín ellentétes színe felé tolódik el (pl. egy zölddel körülvett szürke terület egység vörösesnek fog tűnni). Szerencsére a legtöbb színpárt nem érinti a szimultán kontraszt, de vegyük

észre, hogy az ezáltal érintett színpárok közül sok megfelel a 4.2-es pontban említett jól elkülöníthető színek feltételének (pl. piros-zöld, kék-barna).

4.4 Térképhasználati feladatok



12.12. ábra. Árnyalat-világosság skála alkalmazása.

A térképhasználati feladatok arra vonatkoznak, hogy a térképet konkrét vagy általános információ bemutatására használjuk-e, és hogy a felhasználó ezeket a térképet nézve vagy emlékezetből felidézve szerzi-e meg. Ha ismeretszerzés a cél, a „rendezetlen” árnyalatok (pl. a spektrális sorrendet nem követő, azonos világosságú és telítettségű árnyalatok) működnek a legjobban. Az adatelsajátítási feladatoknál a rendezett skálák (például a szekvenciális skálák) teljesítettek jobban, ami alátámasztja az egyetlen árnyalat világosságának használatára vonatkozó hagyományos térképészeti gondolkodást (12.12. ábra).

4.5 Színasszociációk

Az a tény, hogy bizonyos színeket gyakran társítunk bizonyos jelenségekhez, lehetővé teszi a logikus színskála kiválasztását (pl. az Egyesült Államokban az emberek a zöld színt a pénzhez társítják, vagy alapvetően a kék-piros skálát társítjuk a hőmérsékleti értékekhez). Tisztában kell lennünk azonban azzal, hogy ezek az asszociációk kognitív és kulturális jellegűek, ezért valószínűleg a földrajzi

elhelyezkedés függvényében változnak, változhatnak, és a térképhasználók között nem következetesek.

4.6 A térképolvasó életkora

A színek kiválasztásánál fontos szempont a célközönség életkora (és térképolvasási tapasztalata). Marcel Zentner (2001) például azt tapasztalta, hogy a három- és négyéves gyermekek a piros színt részesítik előnyben, ami szöges ellentétben áll az idősebb egyénekre vonatkozó eredményekkel. Feltehetően az idősebb olvasók piros iránti ellenszenvének az az oka, hogy idővel negatív dolgokat (például vért) társítanak hozzá. Az életkor hatásának másik példaként tudjuk, hogy a kisgyermekek a telített színeket kedvelik. Fontos szem előtt tartani, hogy színlátási képességünk nem állandó. Kutatások kimutatták, hogy a 72 évesnél idősebbek akár 20 százalékának is nehézséget okozhat a kék szín megkülönböztetése a zöldtől és a sárga szín megkülönböztetése az ibolyától.

4.7 Pénzügyi korlátozások, vásárlói igények

Az egyik nyilvánvaló gazdasági korlátot a színes nyomtatás költségei jelentik. Bár a színes kiadvány hatékonyabban közvetíti az információt, mint a szürkeárnyaltos, ez nem mindig megvalósítható. A tudományos folyóiratok például néha megkövetelik a szerzőktől, hogy fizessenek a színes ábrákért a folyóirat nyomtatott változatában. Ha az ügyfél igényeinek vagy kívánságainak kell megfelelnünk, javasolhatunk tudományos szempontból helyes színeket, de a végső döntést úgyis a megrendelő mondja ki.

4.8 Esztétikum

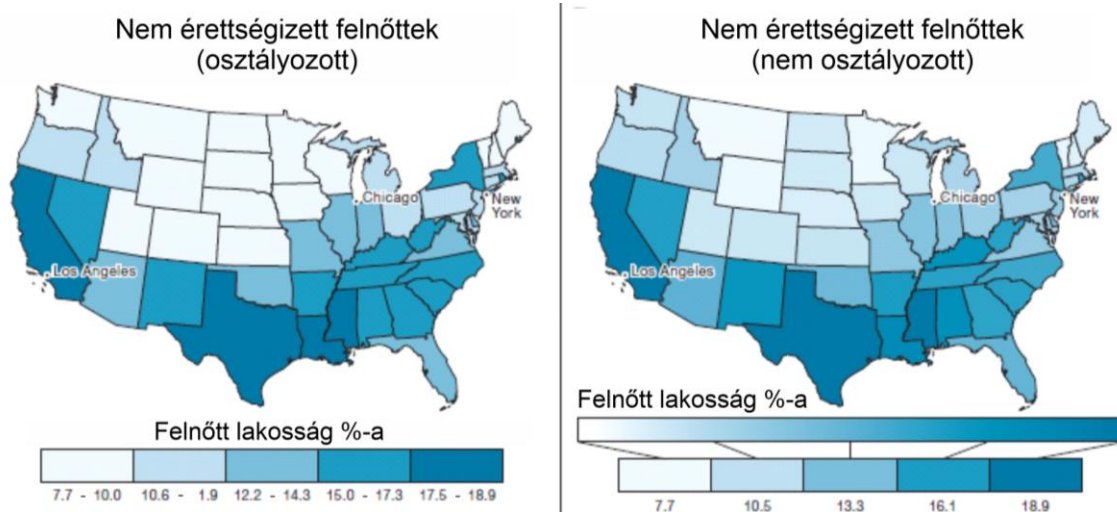
A fenti szempontok figyelembevétele segíti a hatékony információközlést. Fontos azonban, hogy térképünk vonzó legyen, hiszen csak akkor van értelme az adatközlésnek, ha meg is nézik munkánkat.

5. Folyamatos és fokozatos felületkartogramok

Az analóg kartográfia korában technikai megfontolások miatt osztályozatlan (folyamatos) felületkartogramok kialakítására nagyon ritkán került sor. Napjaink grafikus és térinformatikai szoftverei azonban már rendelkeznek az ehhez szükséges informatikai háttérrel.

Az osztályozatlan módszer kifejlesztése felületkartogramok esetén heves vitát váltott ki az előnyeivel és hátrányaival kapcsolatban (12.13. ábra - pl. Dobson 1973, 1980; Muller 1980), és számos tanulmányt eredményezett. Bár a kísérleti vizsgálatok eredményei segíthetnek az osztályozott és osztályozatlan térképek közötti választásban, először két kritériumot kell figyelembe venni:

- hogy meg akarjuk-e őrizni az értékek közötti numerikus kapcsolatot, és
- a térképet bemutatásra vagy további kutatásra szánjuk.

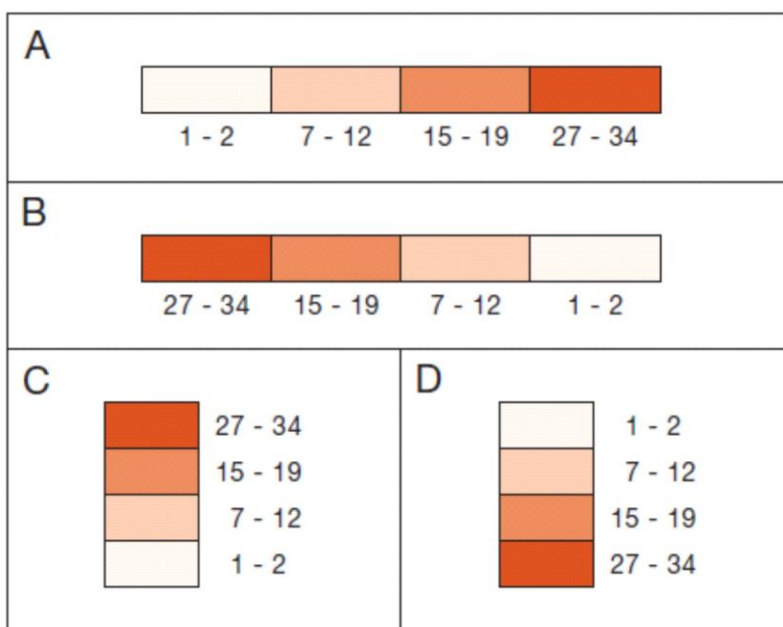


12.13. ábra. Fokozatos és folyamatos ábrázolás felületkartogramon.

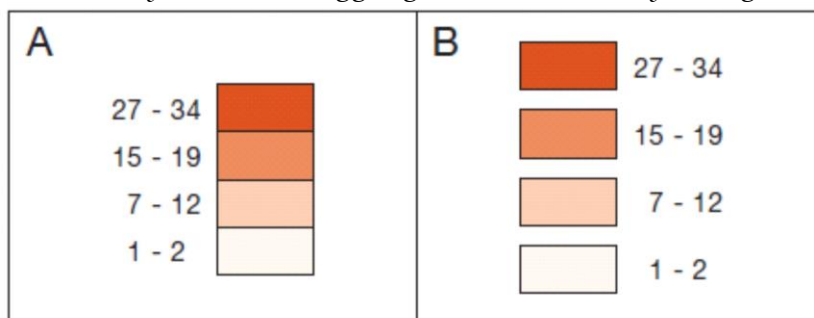
6. Jelmagyarázat

Bár a jelmagyarázat kialakítása apróságnak tűnhet, a bemutatásra szánt térkép nehezen értelmezhető, ha a jelmagyarázat rosszul van megtervezve. A tervezés egyik kérdése az, hogy vízszintes vagy függőleges jelmagyarázatot használunk-e. A vízszintes jelmagyarázat mellett szól, hogy a tájolása megegyezik a hagyományos számegyenessel; így az értékeknek balról jobbra kell növekedniük.

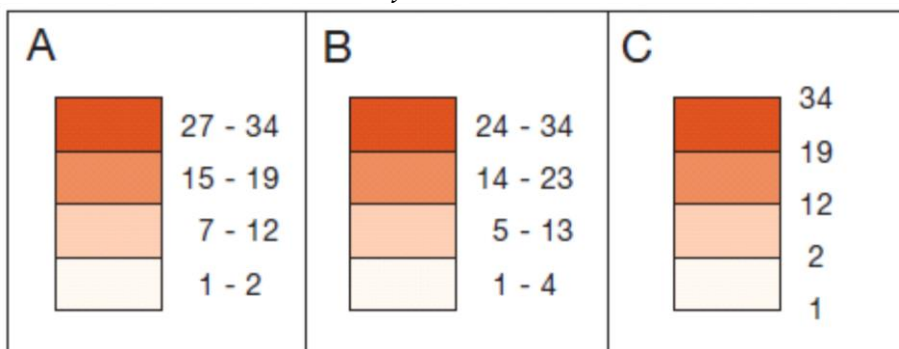
A 12.14-16. ábrákon látunk néhány példát helyes és helytelen jelmagyarázattervekre.



12.14. ábra. Különböző stílusú jelmagyarázatok. A B) helytelen, mert a magas érték a bal oldalon helyezkedik el. Függőleges esetben nincs ilyen megkötés.



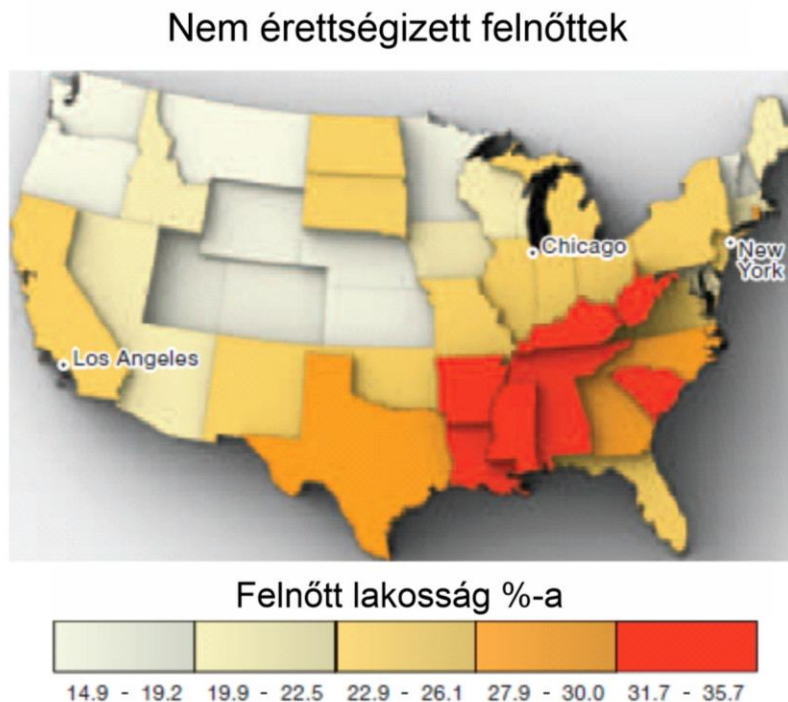
12.15. ábra. Helytelen jelmagyarázatok: A) esetben az értékek a skála bal oldalán található; B) a skála felületelemei között szünet van.



12.16. ábra. Helyes példák osztályhatárok jelölésére a jelmagyarázatban.

7. Megvilágított felületkartogramok

A prizmatérképeket hagyományosan ferde szögben nézzük (a poligonokat értékeik szerint kiemeljük), ami a kisebb területegységek háttérbe szorulását eredményezheti. A megvilágított felületkartogram nagyrészt kiküszöböli ezt a problémát azáltal, hogy felülről lefelé néz, miközben egyidejűleg megjeleníti ugyanazon adatkészletet folyamatos (árnyék) és fokozatos (felületkartogram) ábrázolással is.



12.17. ábra. Megvilágított felületkartogram.

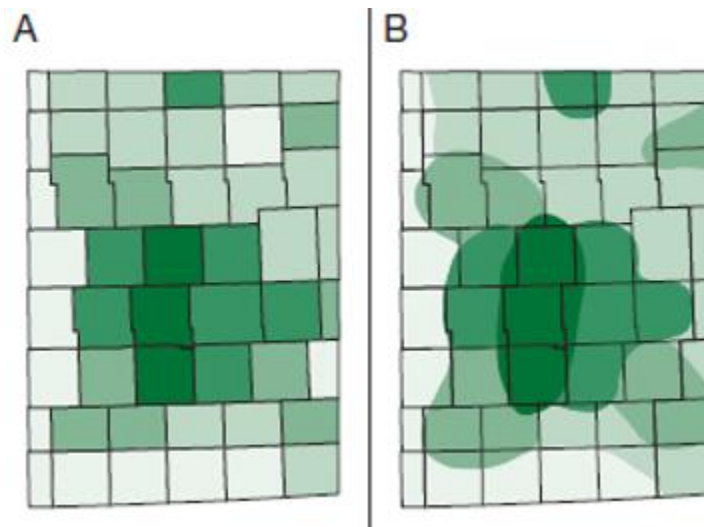
Példánkban (12.17. ábra) a fokozatos ábrázolásban öt osztály vesz részt szekvenciális színskála szerint, az osztályozatlan megjelenítést pedig 3D módon ábrázoljuk, ahol az egyes állapotok adatértékeikkel arányos magasságba kerülnek. Ha egy hagyományos 3D prizmatérképet közvetlenül felülről nézünk, nem lehet látni a prizmák magasságbeli különbségeit.

A megvilágított felületkartogram ezt a problémát egy lágy árnyékokat előállító megvilágítási modellel próbálja megoldani, amely lehetővé teszi a színek láthatóságát még akkor is, ha egy szomszédos egység árnyékot vet. Az így kapott

vizualizációban nem tudunk pontos magasságbecsléseket készíteni, de láthatjuk, hogy mely területegységek magasabbak más egységeknél.

8. Dazimetrikus térképek

A dazimetrikus térkép a felületkartogram alternatívája akkor, ha a jelenség nem kötődik adminisztratív vagy más közvetlen lehatárolású területekhez (12.18. ábra). A felületkartogramokhoz hasonlóan a dazimetrikus térkép is levezetett, standardizált adatokat jelenít meg többnyire felületszínezéssel. A népesség a legjellemzőbb attribútum, amelyet a dazimetrikus térkép segítségével ábrázolnak. A zónahatárok létrehozása után a (származtatott) adatok a felületkartogramhoz hasonló módon leképezhetők.



12.18. ábra. A felületkartogramok (A) és dazimetrikus térképek (B) összehasonlítása vonatkoztatási terület szempontjából.

Bár a tematikus térképezésben az elmúlt negyven évben ritkán alkalmazták a dazimetrikus módszert, a térképészeti és térinformatikai közösségek iránta való érdeklődése újra felélénkült. A legtöbb térképező és térinformatikai szoftver jelenleg nem rendelkezik beépített dazimetrikus eljárással, de ennek a térképtípusnak a létrehozása továbbra is lehetséges, mert a módszer azt szimulálja, hogy mit csinál a térképész, amikor a térképezésben szűrőként szolgáló

rétegeket alkalmazunk. A módszer használata azonban vitathatatlanul több munkával jár, mint a többi ábrázolási forma.

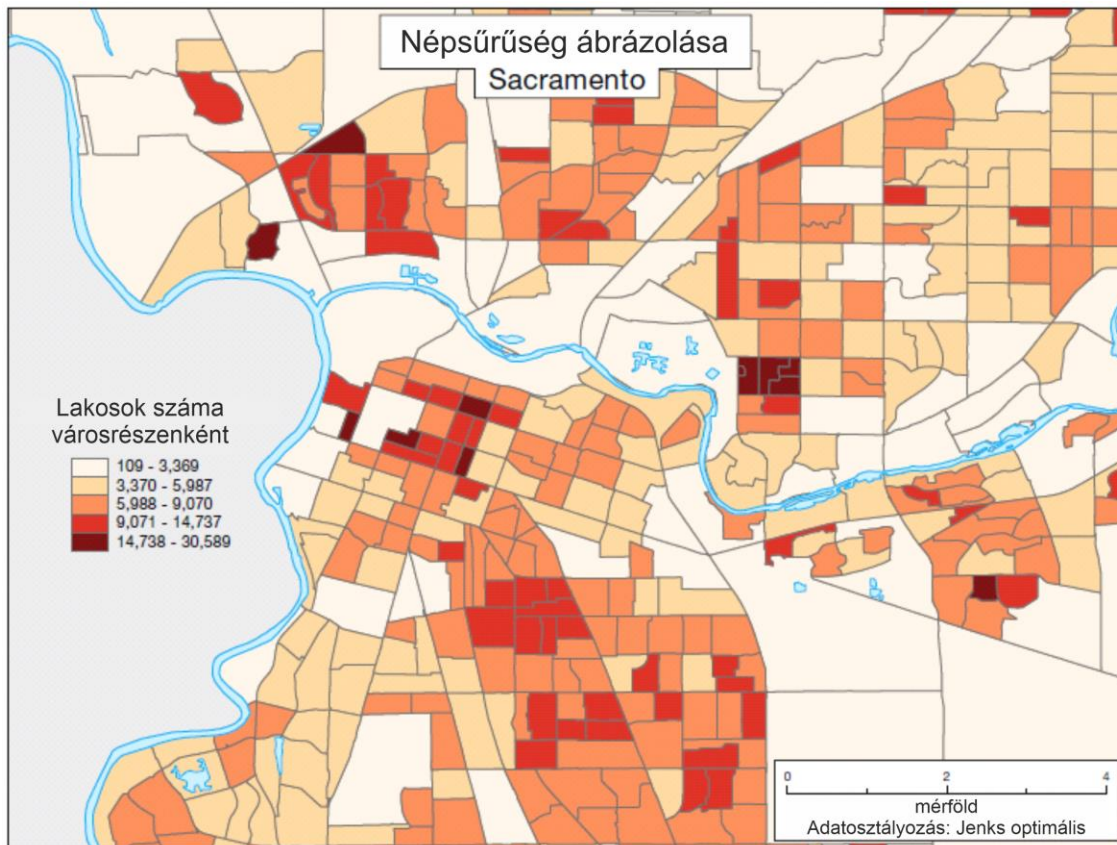
8.1 A kiegészítő információ fontossága

A nyers adatösszegek újraosztása kiegészítő információk felhasználásával történik. Ez jellemzően földhasználati/felszínborítottsági térkép vagy távérzékelt felvételek használatával jár.

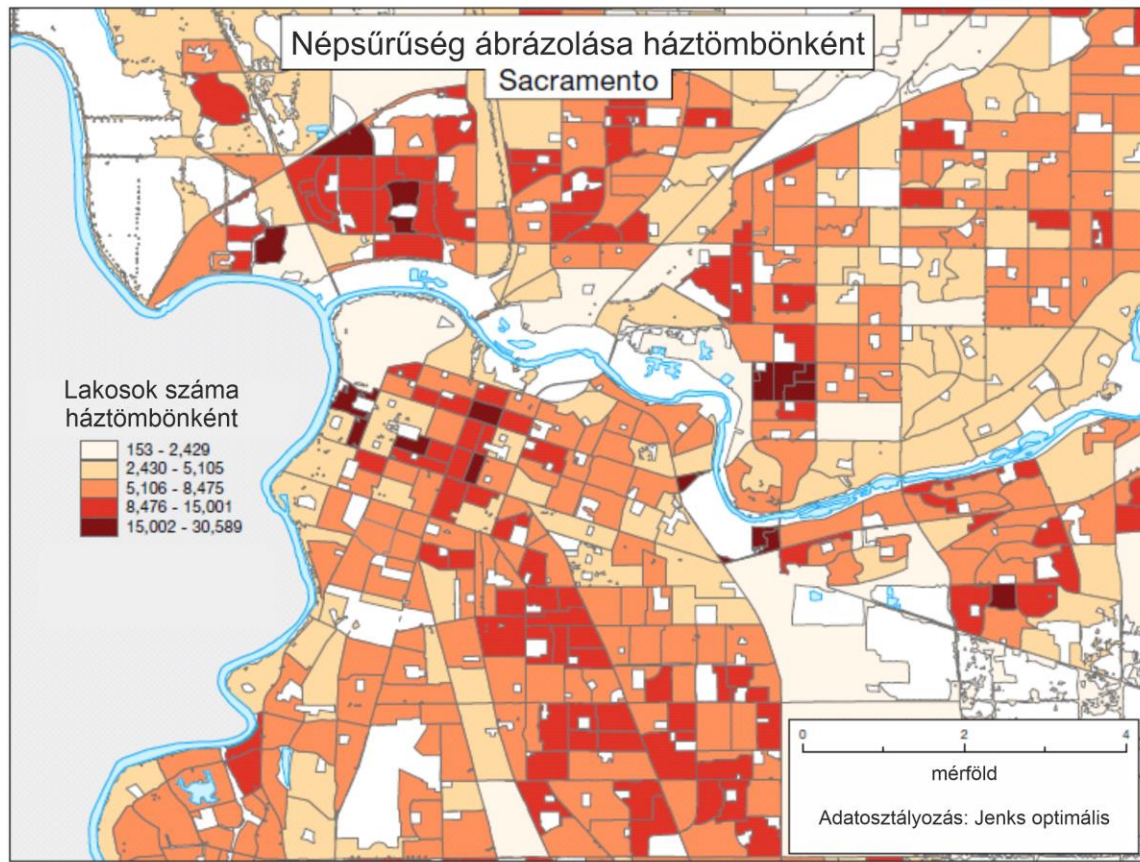
Tegyük fel, hogy rendelkezésre állnak adatok szarvasmarhák eloszlásáról, és ezek az adatok csak vármegyei szinten érhetők el. Tételezzük fel továbbá, hogy beszerzünk egy olyan területhasználati/felszínborítottsági térképet, amely vármegyei szinten magas felbontású, és víz, beépített terület, gyeperdő és erdő osztályokból áll. Ezt a kiegészítő térképet használhatjuk a szarvasmarhák valós eloszlásának megjelenítésére az egyes megyéken belül.

Az egyes felszínborítási osztályokhoz tartozó szarvasmarhák száma az osztály által lefedett terület relatív arányának és annak a valószínűségének a függvénye, hogy szarvasmarhák vannak az adott osztályban. Egyes esetekben nyilvánvaló, hogy egy osztályon belül vannak vagy nincsenek állatok (például nem számítunk arra, hogy a szarvasmarhák vízben lennének), de más esetekben ez nem annyira nyilvánvaló (például egy erdős területen a szarvasmarhák sűrűsége az erdőszűrség százalékos arányának függvénye).

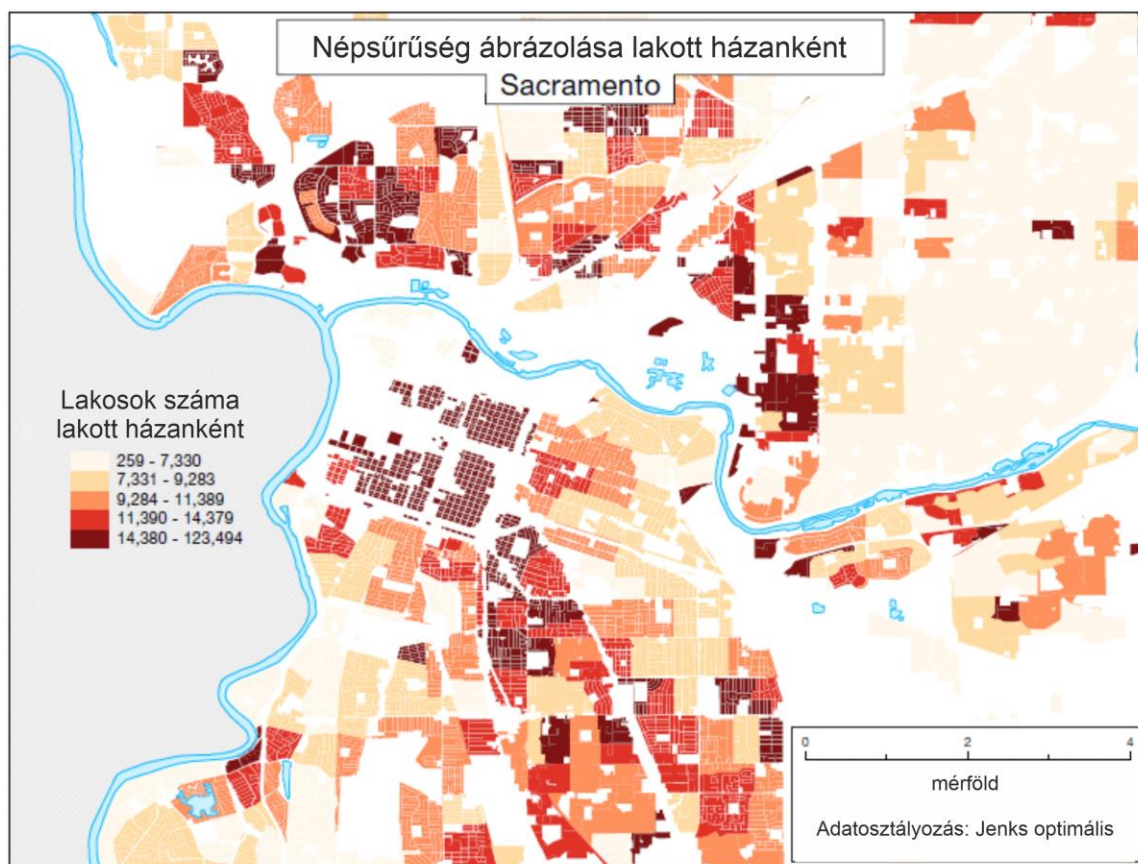
Az erre vonatkozó példán Sacramento város népsűrűségi térképe látható három esetben (12.19-21. ábrák).



12.19. ábra. Népsűrűségtérkép, mely az adatokat városrészeken belül ábrázolja, Azt gondolhatjuk, hogy ezeken belül homogén a népsűrűség.



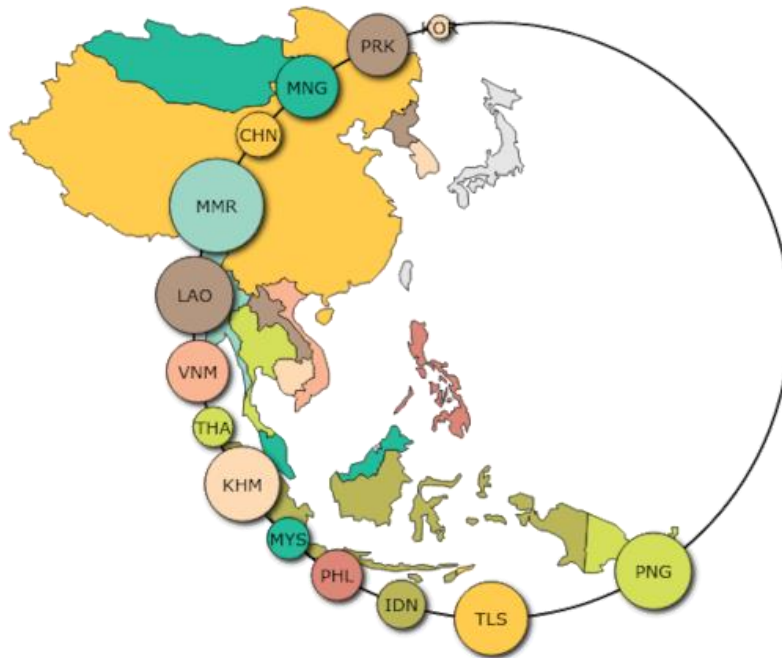
12.20. ábra. Népsűrűség ábrázolása háztömböként, leválogatva a városrészek nem lakott részeit. Viszont ezeken belül sem homogén a népsűrűség.



12.21 ábra. A népsűrűség lakott házankénti ábrázolása. Csak azok a házak kerültek megjelenítésre, ahol bejegyzett lakcímmel rendelkezők élnek.

9. Nyaklánc térképek

A Bettina Speckmann és Kevin Verbeek (2010) által kifejlesztett nyaklánc térkép (12.22. ábra) elgondolkodtató alternatívát kínál a hagyományos folyamatos és fokozatos jelkartogramot alkalmazó térképekhez képest. Ahelyett, hogy a jeleket a konceptuális vonatkoztatási pontok helyére tennénk, egy egydimenziós görbén helyezük el, amely körülveszi a célterületet. A jeleket a hozzájuk tartozó terület egységek közelében próbáljuk elhelyezni. A jel és a terület egység közötti kapcsolatot a jel és az egység színe megjelenítésével határozza meg. A vonatkoztatási területek nevének rövidítései jellemzően a megjelennek a „nyaklánc” elemeiben.



12.22. ábra. Nyaklánctérkép Kelet-Ázsiáról.

A nyaklánctérképek egyértelmű előnye, hogy a jelek nem fedik egymást. A nyakláncra lévő jelek között akár mozgásvonalakat is használhatunk. Hátránya azonban, hogy a jelek térbeli mintázata sérül, mivel a jelek nem a vonatkoztatási helyükön jelennek meg. Pontszerű objektumokra és jelenségekre vonatkoztatva a nyaklánctérképeket tekinthetjük a jelmódszer egyik kifejezőmódjának is.

Felhasznált irodalom

Brewer, C. A. (1994). Color use guidelines for mapping and visualization. In A. M. MacEachren & D. R. F. Taylor (Eds.), *Visualization in Modern Cartography* (pp. 123–147). Pergamon.

Dent, B. D., Torguson, J. S., & Hodler, T. W. (2008). *Cartography: Thematic Map Design* (6th ed.). McGraw-Hill.

Dupin, C. (1826). *Carte figurative de l'instruction populaire en France*. Paris: Imprimerie Royale.

Funkhouser, H. G. (1937). Historical development of the graphical representation of statistical data. *Osiris*, 3, 269–404.

Klinghammer, I. (szerk.). (2010). *Térképészet és geoinformatika I*. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (6th ed.). Wiley.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (4th ed.). CRC Press.

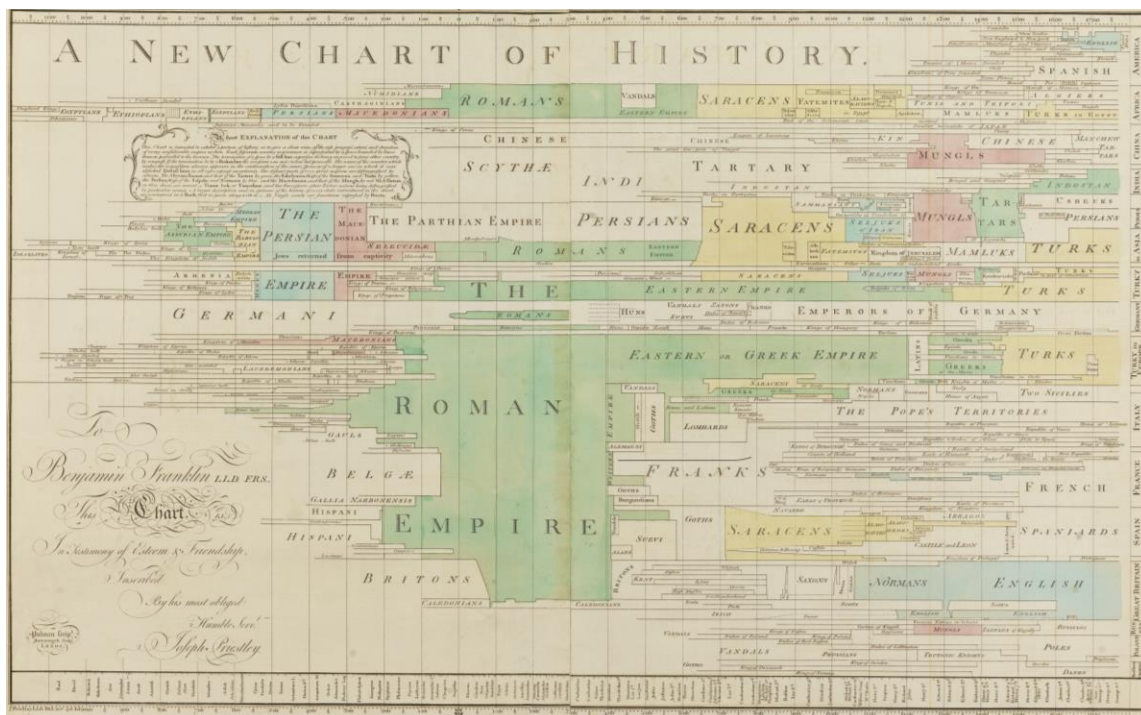
Speckmann, B., & Verbeek, K. (2010). Necklace maps. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 16(6), 881–889. DOI: 10.1109/TVCG.2010.151.

Tobler, W. R. (1973). Choropleth maps without class intervals? *Geographical Analysis*, 5(3), 262–265. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1973.tb01019.x

Wright, J. K. (1938). Problems in population mapping. *Geographical Review*, 28(3), 398–411. DOI: 10.2307/209784.

XIII. A diagrammódszer

A diagrammódszer kialakulása szorosan összefügg az analitikus geometria, illetve a statisztikai felmérések fejlődésével. Elengedhetetlen volt várni mennyiségi adatok precíz összehasonlító ábrázolásával a 18. század végéig, amikorra kiforrottá váltak a diagramok szerkesztési elvei.



13.1. ábra. Josephy Priestley „A New Chart of History” című műve 1769-ből.

Természetesen korai példák a diagramok alkalmazására ezt megelőzően is születtek, de jelentős térképi emlékre a középkor vagy a kora újkor időszakában nincs példa. A statisztikai rajzi módszerek széleskörű elterjedésének kezdete a 17-18. század fordulójára tehető, a legjelentősebb személyek e téren Charles Davenant, William Petty és Johann Peter Süssmilch voltak. Joseph Priestley tekinthető a pálcikadiagramok atyjának: a 18. század második felében történelmi személyek életéről és a világtörténelemről (13.1. ábra) készített ilyen kiadványokat.

William Playfair számos diagramforma megalkotója volt a 18-19. sz. fordulóján: kör- és oszlopdiagramokat készített, illetve hozzá köthető a felületdiagramok kidolgozott módszere. A statisztika fogalmának megjelenése előtt már adatösszevetésre használta ezeket a grafikus megoldásokat. A diagramok rendszeres térképi ábrázolása ezután robbanásszerűen elterjedt szerte Európában.

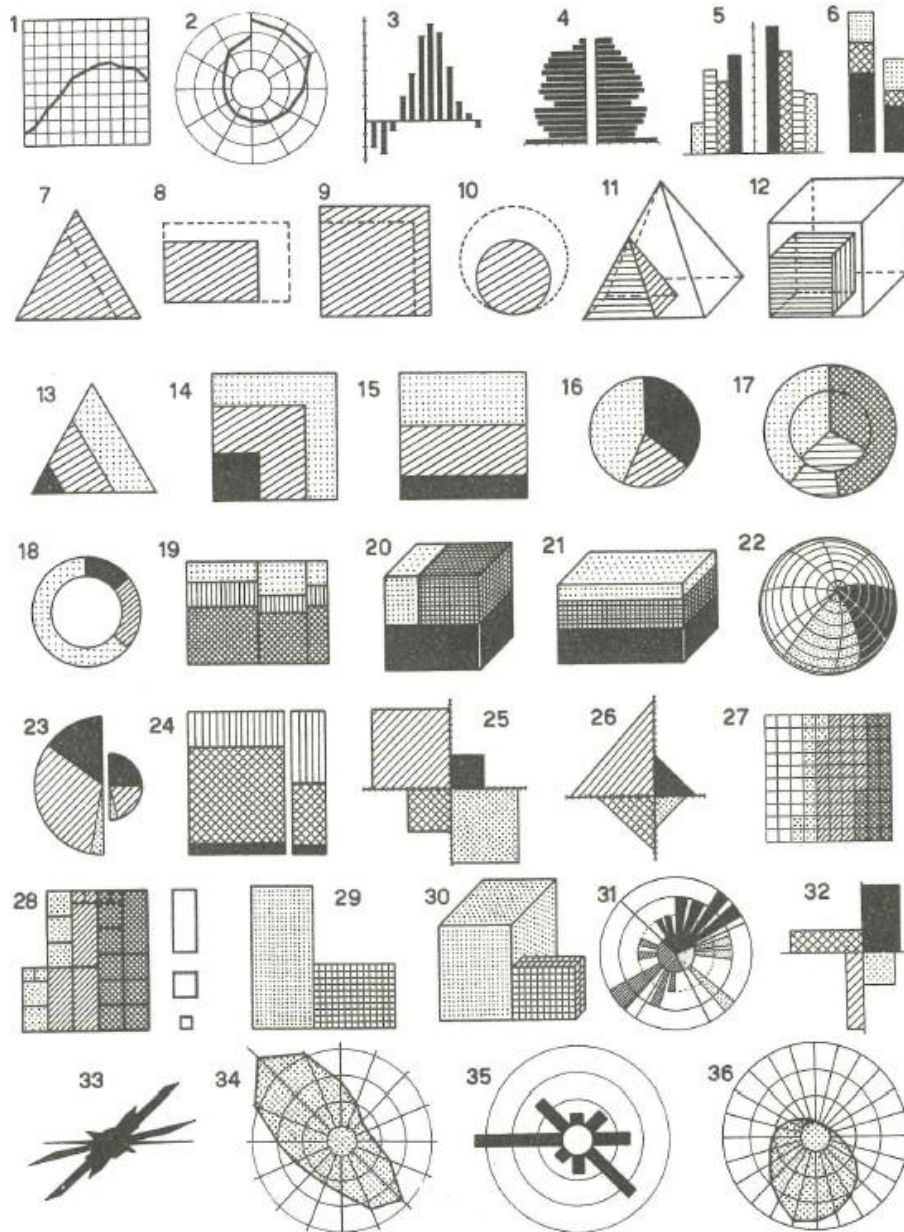
1. A diagrammódszer fogalma

A diagramok adott vonatkoztatási pontra vagy vonatkoztatási területre összegeznek (többszörre abszolút) statisztikai adatokat. A vonatkoztatási egységek az adatok területi alapú részletezésére szolgálnak, például egyes vármegyék kördiagrammal ábrázolt százalékos vallási megoszlása esetén. Több diagram vagy komplex diagramok használata lehetővé teszi akár idősoros adatok megjelenítését, például idegenforgalmi régiók vendégéjszakáinak számát a különböző években. A diagrammódszer egyszerűen adatok diagramokkal történő térképi ábrázolását jelenti. Térképészeti, geoinformatikai környezetben nagyon sokféle diagramot használhatunk – ezek típusait mutatja be a 13.2. ábra (nem teljességre törekvő módon).

A fenti szempontokat figyelembe véve diagramokat térképi ábrázolásra háromféleképpen tudjuk használni:

- valamely objektum vagy jelenség mennyiségi összetevőinek ábrázolására,
- valamely objektum vagy jelenség fejlődési dinamikájának ábrázolására,
- több objektum vagy jelenség mennyiségi értékeinek (nyers vagy levezetett) ábrázolása.

A diagramok fontos tulajdonsága, hogy mérhetőnek és számlálhatónak kell lenniük. Sokszor ez azonban időhiány vagy a bonyolult ábrázolás miatt nem, vagy csak nehezen lehetséges, ezért a legtöbb esetben előnyös a számérték kiegészítő megírása. Ez azonban csak akkor alkalmazható, ha a szabad térképfelület erre lehetőséget ad, és nem okoz olvasási, értelmezhetőségi problémát, nem válik túl „sűrűvé” a térkép.



13.2. ábra. Diagramtípusok. 1) számtani görbe; 2) görbeábrázolás poláris koordinátákkal; 3) pálcikaábrázolás; 4) korfa; 5-6) szalagdiagram; 7-10) abszolút adatok időbeli összehasonlítása egymásba épített geometriai alakzatokkal; 11-12) abszolút adatok időbeli

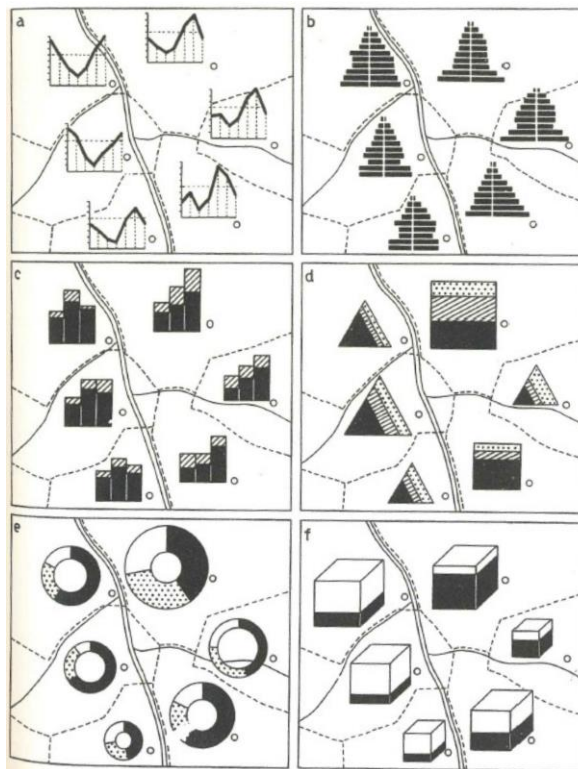
összehasonlítása egymásba épített térfogatjelekkel; 13-19) osztott felületdiagramok; 20-22) osztott térfogattediagramok; 23-26) összekapcsolt diagramok; 27-28) építőszekrény-diagramok; 29-30) korrelációs jelek; 31-32) mennyiségváltozás-diagramok; 33-35) térbeliváltozás-diagramok; 36) időbeliváltozás-diagram (Klinghammer, 1974).

Attól függően, hogy a diagramot ponthoz vagy felülethez rendeljük, beszélhetünk helyzethű diagramról vagy kartodiagramról.

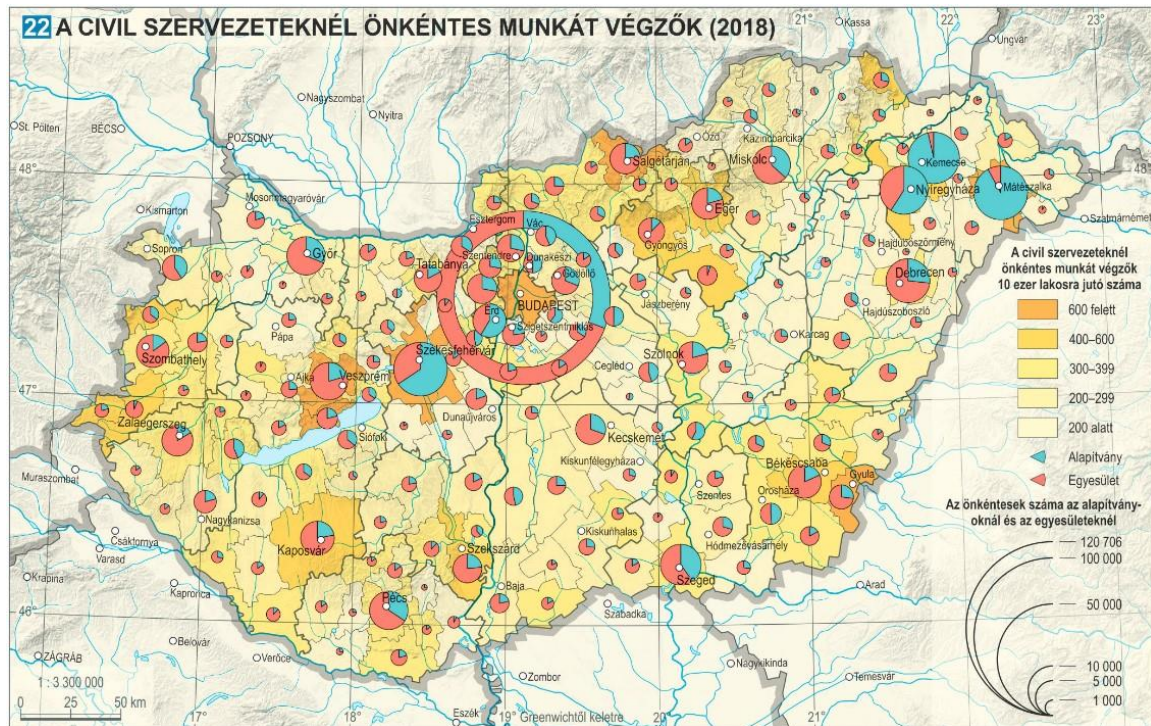
A diagrammódszer jelmagyarozatának kialakításakor figyelembe kell vennünk, hogy a diagramjel minden elemét, kategóriáját (az adatok dimenziójával együtt) egyértelműen meg kell magyaráznunk.

2. Helyzethű diagramok

Láthattuk a 13.2. ábrán, hogy a diagramok nagyon sokfélék lehetnek. Éppen ezért viszonylag körülményes őket helyzethű módon elrendezni. A legtöbb esetben tehát nem magát a diagramot, hanem egy külön helyjelet helyezünk a térképre, ami mellett ábrázoljuk a diagramot (13.3. és 13.4. ábrák).



13.3. ábra. Helyzethű diagramok vonatkoztatási jellel (Klinghammer, 1974).



13.4. ábra. A civil szervezeteknél önkéntes munkát végzők száma kördiagramos helyezthű megjelenítéssel, megírt település esetében településjellel. Forrás: MNA.

3. Kartodiagramok

A területek, melyekre a diagramok vonatkozhatnak, nagyon sokféle méretűek lehetnek: vonatkoztathatunk diagramot településrészekre, településekre, vármegyékre, országokra, de akár kontinensekre is. Fontos úgy elhelyezni őket, hogy a hovatartozásuk egyértelműen felismerhető legyen. Ezért kis felületek esetén közvetlenül a hely közelébe, nagy felület esetén pedig a súlypontba helyezzük el. A 13.5. és 13.6. ábrákon különböző kartodiagram-megoldásokat látunk.

A diagrammódszer összefoglalóan hasonlít a jelmódszerre vagy a jelkartogramokra. Lényeges különbség azonban, hogy míg a fenti módszerek egy adat bemutatására koncentrálnak (mely vonatkozhat pontra vagy területre), a diagrammódszer több adatot szintetizál.

Felhasznált irodalom

Dent, B. D., Torguson, J. S., & Hodler, T. W. (2008). *Cartography: Thematic Map Design* (6th ed.). McGraw-Hill.

Friendly, M. (2008). A brief history of data visualization. In C. Chen, W. Härdle, & A. Unwin (Eds.), *Handbook of Data Visualization* (pp. 15–56). Springer. DOI: 10.1007/978-3-540-33037-0_2.

Funkhouser, H. G. (1937). Historical development of the graphical representation of statistical data. *Osiris*, 3, 269–404.

Klinghammer, I. (1974). A tematikus kartográfia alapelvei. MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal Térképészeti Önálló Osztályának Közleményei.

Klinghammer, I. (szerk.). (2010). *Térképészet és geoinformatika I.* Budapest: ELTE Eötvös Kiadó.

Playfair, W. (1786). *The Commercial and Political Atlas*. London: J. Debrett.

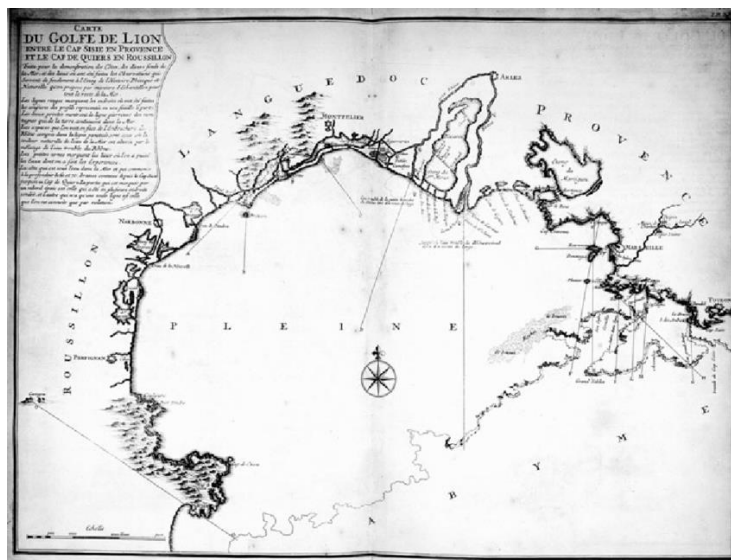
Priestley, J. (1769). *A New Chart of History*. London: J. Johnson.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (6th ed.). Wiley.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (4th ed.). CRC Press.

XIV. Az izovonalmódszer

Az izovonalak eredete a holland Pieter Bruinss munkásságáig nyúlik vissza: 1584-ben ő kötötte össze a Spaarne folyó azonos mélységű pontjait, megalkotva ezzel az első izobátot. Az első nyomtatott izobáttérkép Luigi Ferdinando Marsigli nevéhez fűződik, aki 1725-ben az Oroszlán-öbölben szemléltette ily módon a mélységeloszlást (14.1. ábra). Ezen felbuzdulva Bonifas Marcelin du Carla a Francia Tudományos Akadémiának javasolta a szárazföldek magasságának izovonalas ábrázolását. Így készült el Jean-Louis Dupain-Triel szintvonalas térképe Franciaországról 1791-ben (14.2. ábra).



14.1. ábra. Marsigli izobáttérképe 1725-ből.



14.2. Dupain-Triel szintvonalas térképe Franciaországról, 1791-ből.

Az első kézirat, még csak vázlatos izogontérképet Luis Teixeira készítette 1585-ben a Csendes-óceánról. A módszert Athanasius Kircher módszertani leírását követően Edmond Halley valósította meg 1701-ben. Kitaibel Pál és Tomcsányi Ádám 1814-es móri földrengéstérképén pontozott vonalak határolták az azonos rázkódású területeket.

A 19. század elején Alexander von Humboldt jött rá, hogy izovonalakat bármilyen folytonos jelenség ábrázolására lehet használni. Így született meg 1817-ben az első vázlatos izotermatérkép. Ezt követően gyorsan elterjedt az izobárok, izodinamok, izogonok, izoklinek, izohiéták, izoszeizmák és izotermák.

Szintén a 19. században ötvözték az izovonalakat a statisztikai felszín kialakításának ötletével (Leon Lalanne javaslatára) – így jöttek létre az álizovonalak. Az első álizovonalas térképet Niels Frederik Ravn készítette Dánia 1845-ös és 1855-ös népsűrűségéről izopletákkal, azaz a népességeloszlást

szemléltető vonalakkal. Később ennek nevét kiterjesztették minden olyan vonalra, melyet felületek, és nem konkrét helyek adatai alapján szerkesztettek.

1. Definíció

A folyamatos jelenségek egy állandó felületet vagy területet töltenek ki. A folyamatosság állapota, értéke vagy intenzitása helyről helyre folyamatos vagy folyamatosan változó. A kontinuumokat az azonos értékű pontokat összekötő izovonalakkal, más néven izoritmussal ábrázoljuk. Ez utal a módszer angol nevére is: isarithmic vagy isoline mapping a módszer neve. Napjainkban a különböző tudományágak több, mint 150 izovonaltípust tartanak számon. Fontos szabály, hogy az izovonalak nem metszhetik és nem érinthetik egymást – hiszen a folytonos jelenségek nem változnak ugrásszerűen.

Az izovonalas térképezéshez szükséges adatok rendelkezésre állhatnak attribútumértékek folyamatos rácshálójaként (mint például egy DEM) vagy szabálytalan távolságban elhelyezkedő, attribútumértékeket tartalmazó kontrollpontok halmazaként (mint például az időjárás-állomások hőmérsékleti adatai).

Az izovonalakat a földrajzi hellyel és az ehhez tartozó diszkrét értékkel meghatározott pontok közé interpolálva szerkesztik. A vonalak pontossága az értékek sűrűségétől és pontosságától függ. Különös figyelmet kell fordítani az intervallumértékek meghatározására, hiszen törekednünk kell a jelenség jellemzésének és térképi megjelenítésének minél nagyobb szemléletességére.

Az izovonalak generalizálásakor nagyobb intervallumértékre váltunk, a vonalvezetést pedig simítjuk. Ekkor azonban figyelniük kell arra, hogy az adott jelenség jellegzetességeit megtartsuk, vagy hangsúlyozzuk.

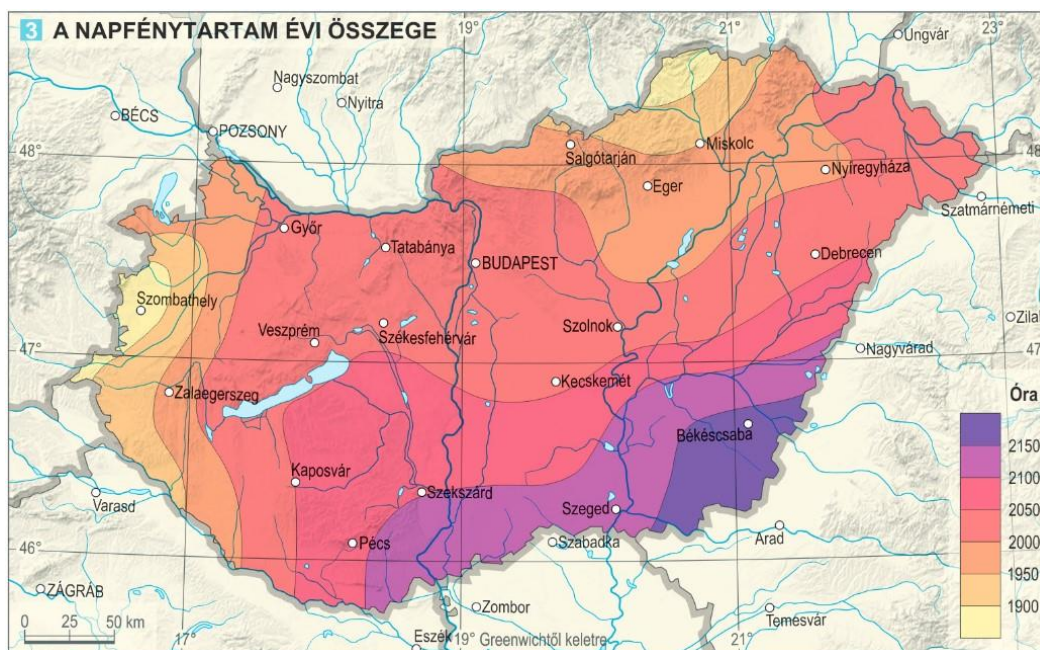
Léteznek álizovonalak, amelyek egyenlő értékű vonalait olyan objektumokra szerkesztik, melyek maguk nem kontinuumok, de az ábrázolás lehetővé teszi bizonyos térbeli szerkezetek és mintázatok felismerését. Ilyen például a telekárak vagy a népsűrűség ábrázolása. Az értékeik ugrásszerűen is változhatnak, így az álizovonalak akár érinthetik is egymást.

2. Megfelelő adatok kiválasztása

A módszer definíciója szerint folyamatos adatok esetén használhatunk izovonalakat – az álizovonalak bevezetése azonban lehetőséget teremt diszkrét adatokból levezetett ábrázolásra is.

Az izovonalas ábrázolás alapjául szolgáló kontrollpontokon kétféle adatot lehet gyűjteni.

A valódi pontadatok értékeit egy adott földrajzi ponton mérjük, állapítjuk meg (pl. hőmérsékleti értékek). Az így rögzíthető jelenségek lehetnek természetes vagy mesterségesen kialakított mértani kontinuumok. A természetes kontinuumok (14.3. ábra) (hőmérséklet, légnyomás stb.) izovonalai zárt görbék, nem válnak szét és nem keresztezik egymást. A mértani kontinuum pl. egy adott ponttól azonos távolságra lévő helyek ábrázolása azonos távközöket mutató izodisztansokkal. Hasonló jellegű az izokrón ábrázolás is (csak azonos időre értelmezve – 14.5. ábra).

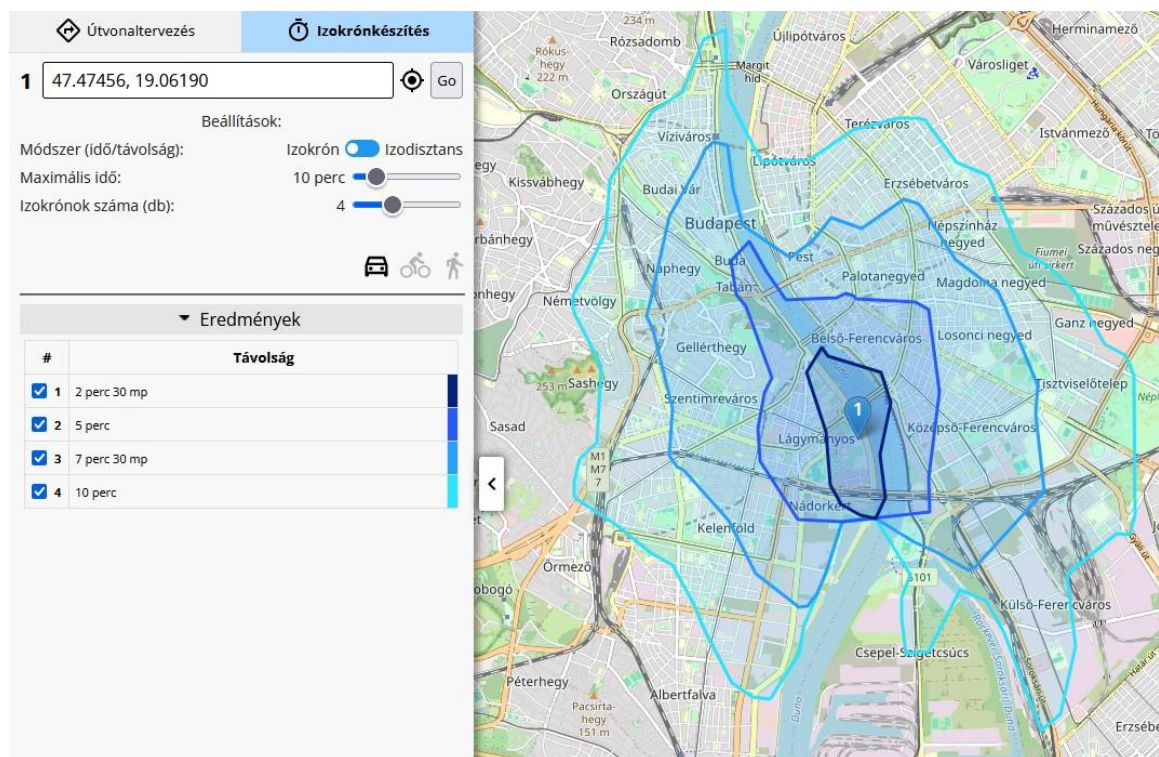


14.4. ábra. Napfénytartam évi összegének (természetes kontinuum) térképe. Forrás: MNA.

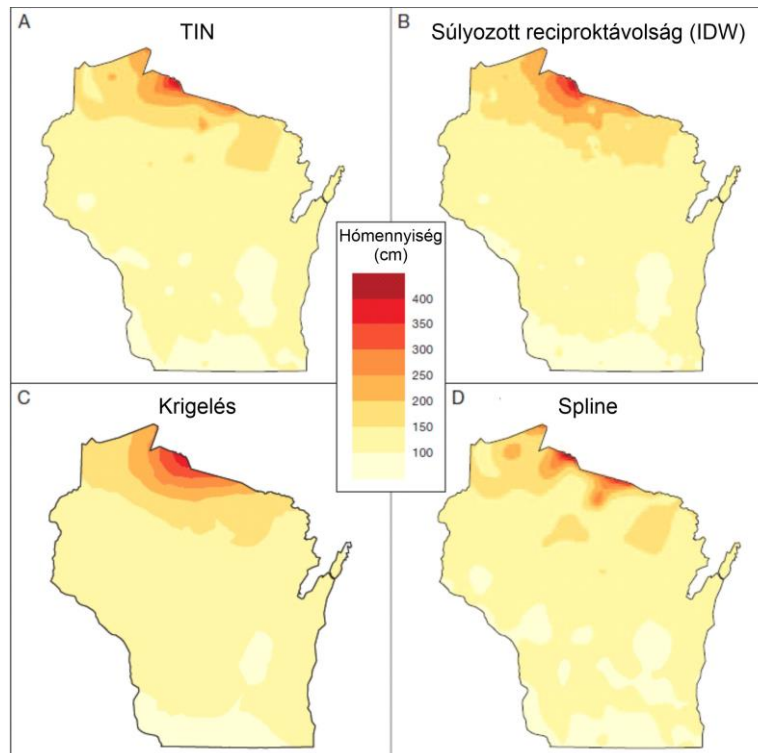
A fogalmi pontadatokat egy területre (vagy térfogatra) gyűjtik, de feltételezik, hogy azok ponthelyeken fordulnak elő. Például gyűjthetünk népességi adatokat megyékre vonatkozóan, és feltételezhetjük, hogy a népesség a megyék középpontjaiban található. Az így kapott térképeket hívjuk álizovonalas

térképeknek. Ebben az esetben mindig levezetett, standardizált adatra van szükség. Viszont bányuk óvatosan az alízovonalakkal a hirtelen szakadások és adatváltozások miatt - mindig mérlegeljünk, nem célszerű-e esetleg más tematikus ábrázolás alkalmazása.

Térképezés során a fő jelenség interpolációjának javítására felhasználhatók segédinformációk is. Képzeliük el például, hogy egy hegyvidéki régióban található időjárás-állomásokon gyűjtöttünk csapadékadatokat. A csapadék mennyisége a magassággal (orográfiai okok miatt) általában növekszik, ezért van értelme a magasságot kiegészítő attribútumként bevonni az interpolációs eljárásba.



14.5. ábra. Izokróntérkép Balla Dániel webes alkalmazásában. Forrás: <https://balladaniel.github.io/ors/>.



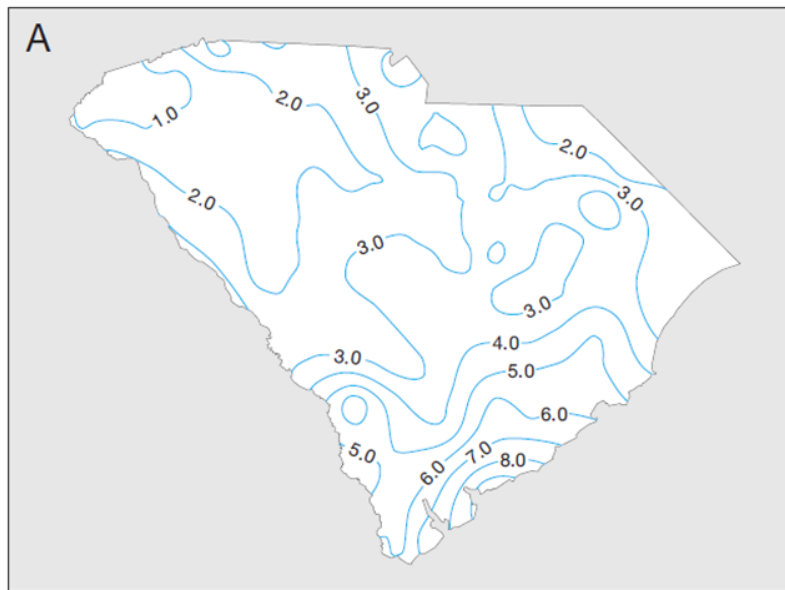
14.6. ábra. Különböző interpolációs módszerekkel készített hó mennyiség térkép Wisconsin állam területéről.

Nagyon fontos szempont, hogy a rendelkezésre álló adatok tükrében milyen interpolációs módszert használunk az izovonalak előállítására. A különböző módszerek az adatok függvényében nagyon eltérő képet eredményezhetnek (14.6. ábra), ezért figyelniük kell a megfelelő interpoláció kiválasztására. Ezeket a módszereket részletesen a földtudományi alapképzés „Tematikus térképek a geotudományokban” gyakorlati kurzus jegyzete tárgyalja matematikai megfontolások alapján, mely itt érhető el: <https://www.inf.elte.hu/dstore/document/1163/Albert%20G%C3%A1sp%C3%A1r%20-%20Modellez%C3%A9s%20%C3%A9s%20szerkeszt%C3%A9s%20a%20geotudom%C3%A1nyok%20t%C3%A9rkepein%202018.pdf>. A témakör teljes megértéséhez javasolt e szakirodalom feldolgozása.

3. Megjelenítési lehetőségek

Az izovonalmódszerhez köthető térképi megjelenítésnek többféle módszere is van. Ezeket az 1989-es Hugo hurrikán során lehullott Dél-Karolinai csapadékmennyiség-adatokon (az előálló izovonalakat ebben az esetben izohiétáknak hívjuk) szemléltetjük. Természetesen más jellegű adatok ábrázolásához is e módszerek az irányadók.

3.1 Izovonalas ábrázolás



14.7a. ábra. Kizárólag izovonalakat (és azok megírását) tartalmazó ábrázolás.

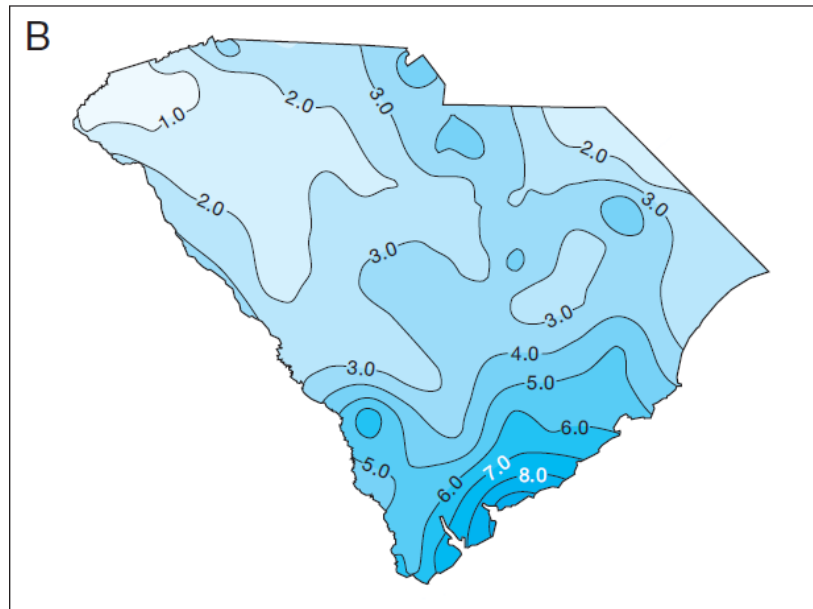
A pusztán izovonalak kirajzolásán nyugvó ábrázolást (14.7a. ábra) gyakran használták folytonos jelenségek ábrázolására, különösen akkor, amikor a térképeket még kézzel készítették, mivel az előállítás kevés erőfeszítést igényelt.

Ezzel a megjelenítéssel az a probléma, hogy a háromdimenziós felszín reprezentációjához az egyes vonalak helyzetének és értékeinek alapos tanulmányozására, sőt, térlátásra van szükség - vagyis a leképezett felszínt csak nehezen tudjuk elképzelni.

3.2 Rétegszínezéssel kiegészült izovonalas ábrázolás

A rétegszínezés alkalmazása az izovonalak közötti területekre (14.7b. ábra) javítja a háromdimenziós felületek megjelenítésének lehetőségét, mivel a világos és sötét színeket alacsony, illetve magas értékekhez lehet társítani.

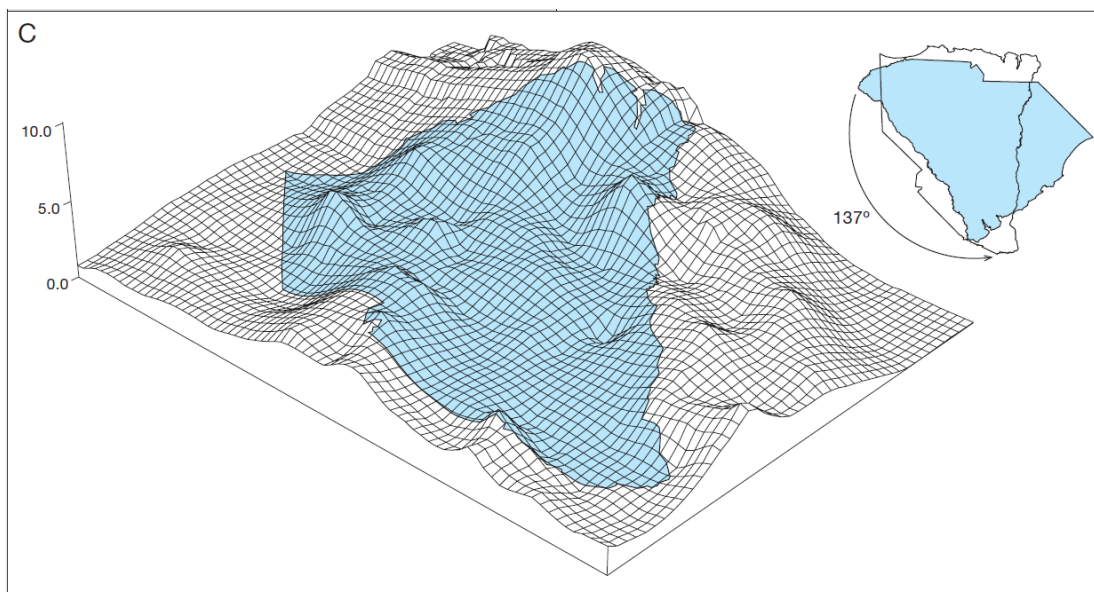
A felületkartogram-térképeknél tárgyalt színskálák izoritmikus térképeken is alkalmazhatók. A spektrális (szivárványos) skálák (amelyeket például gyakran az internetes időjárási térképeken használnak hőmérsékletadatok bemutatása esetén) alkalmazásakor mégis óvatosság ajánlott, mivel a látásproblémákkal rendelkezők számára nehezen érthetőek lesznek, és a színek világossága nem áll logikus kapcsolatban a numerikus adatokkal.



14.7b. Rétegszínezést és izovonalakat (ebben az esetben izohiétákat) együttesen is megjeleníthetünk.

3.3 Hálós térképek

Egy másik megközelítés, amely segít a folytonos jelenségek értelmezésében, a perspektivikus magasság vizuális változójának használata (pl. egy hálós térkép – 14.7c. ábra).



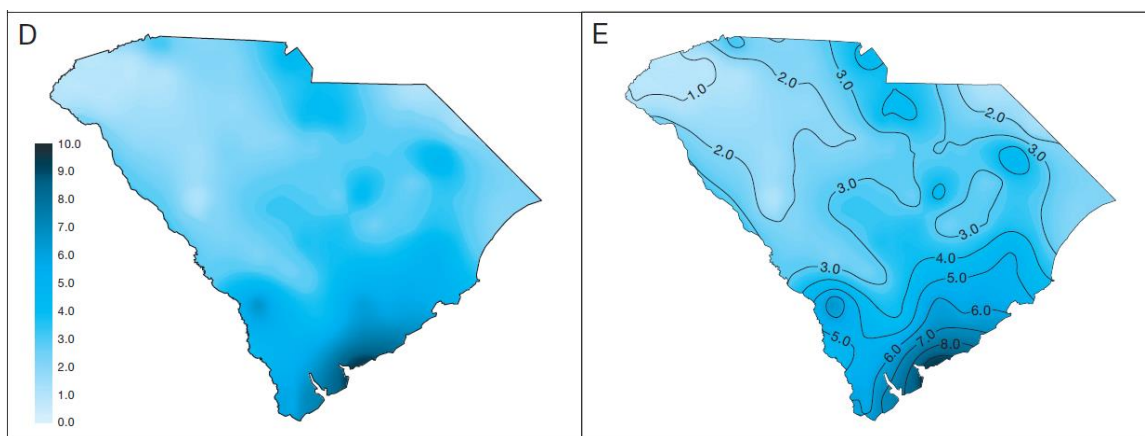
14.7c. ábra. Hálós térkép módosított tájolással a takarások kiküszöbölésére.

Ezzel a megközelítéssel nemcsak a felület változik fokozatosan, hanem ténylegesen „láthatjuk”, hogy bizonyos pontok magasabbak vagy alacsonyabbak, mint mások. Bár a perspektivikus magassági megjelenítés hasznos az izoritmikus térképezésben, van néhány hátránya, többek között az, hogy az alacsony pontokat kitakarják a magasabbak, és hogy a takarás miatti forgatás olyan látványt eredményezhet, amely ismeretlen lehet az olyan olvasók számára, akik általában olyan térképeket látnak, amelyeknek a tetején észak van.

3.4 Ábrázolás folyamatos színtónusokkal

Az izovonalak közötti területek szekvenciális színskálájának alkalmazásával az egyik probléma az, hogy a színek (vagy osztályok) korlátozott száma inkább egy lépcsőzetes felületet sugall, mint a valóságban előforduló folyamatos jelenséget.

Ez a probléma javítható egy folytonos ábrázolású, a színtónus változásán alapuló térkép létrehozásával (14.7d. ábra), amelyben a felület minden egyes pontja a felület adott ponton mért értékének megfelelő színű. A folytonos tónusú térkép értelmezésének egyik problémája, hogy a jelmagyarázatban szereplő számokat nehéz a konkrét helyekkel összekapcsolni, de ez a probléma megoldható a folytonos színek hagyományos izovonalakkal való átfedésével (14.7e. ábra).



14.7d-e. ábra. Folyamatos ábrázolás kiegészítő izovonalak nélkül, illetve ezek használatával.

Felhasznált irodalom

Albert, G. (2018). Modellezés és szerkesztés a geotudományok térképein [Egyetemi jegyzet]. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatikai Kar. Elérhető:

<https://www.inf.elte.hu/dstore/document/1163/Albert%20G%C3%A1sp%C3%A1r%20-%20Modellez%C3%A9s%20%C3%A9s%20szerkeszt%C3%A9s%20a%20geotudom%C3%A1nyok%20t%C3%A9rkepein%202018.pdf>.

Dent, B. D., Torguson, J. S., & Hodler, T. W. (2008). Cartography: Thematic Map Design (6th ed.). McGraw-Hill.

Friendly, M. (2008). A brief history of data visualization. In C. Chen, W. Härdle, & A. Unwin (Eds.), Handbook of Data Visualization (pp. 15–56). Springer. DOI: 10.1007/978-3-540-33037-0_2.

Funkhouser, H. G. (1937). Historical development of the graphical representation of statistical data. *Osiris*, 3, 269–404.

Klinghammer, I. (1974). A tematikus kartográfia alapelvei. MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal Térképészeti Önálló Osztályának Közleményei.

Klinghammer, I. (szerk.). (2010). Térképészet és geoinformatika I. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó.

Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2020). Cartography: Visualization of Geospatial Data (4th ed.). Routledge.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). Elements of Cartography (6th ed.). Wiley.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). Thematic Cartography and Geovisualization (4th ed.). CRC Press.

A mozgásvonalak módszerének kialakítása, fejlesztése sokáig fájdtotta különböző korok térképészeinek fejét, hiszen különösen nehéz egyszerre időbeli és térbeli változást megjeleníteni. A 17. század során Athanasius Kircher és

Eberhard Happel térképeiken tengeráramlásokat mutattak be áramlásvonalakkal, szalagszerű, mozgást kifejező jelekkel, az irány hangsúlyozása nélkül.

Edmond Halley 1686-ban írt egy cikket a Királyi Társaság folyóiratába, melynek mellékletében megjelentette passzátszéltérképét. Ez tekinthető az első nyomtatott, mai értelemben vett mozgásvonalas ábrázolást is tartalmazó térképnek (15.1. ábra) amellet, hogy ez az első meteorológiai térkép is. A szélereősséget és szélirányt olyan jelekkel ábrázolta, melyek utaltak a hátszéllal haladó hajó nyomvonalára.

A tengeráramlások hasonló szellemű ábrázolása 100 évig váratott magára. Benjamin Franklin 1786-ban a Golf-áramlatot ábrázolta mozgásvonalakkal (15.2. ábra), aminek melléktérképén a heringek mozgása is bemutatásra került – szintén mozgásvonalakkal.



15.2. ábra. Benjamin Franklin 1786-os térképe a Golf-áramlatról.

Charles Joseph Minard munkásságáról már volt szó a kartogrammódszer esetében: kivételes tehetsége volt a szalagkartogramok létrehozásában. Azonban ezek közül sok mozgásvonalként is értelmezhető, pl. a napóleoni hadjárat térképe

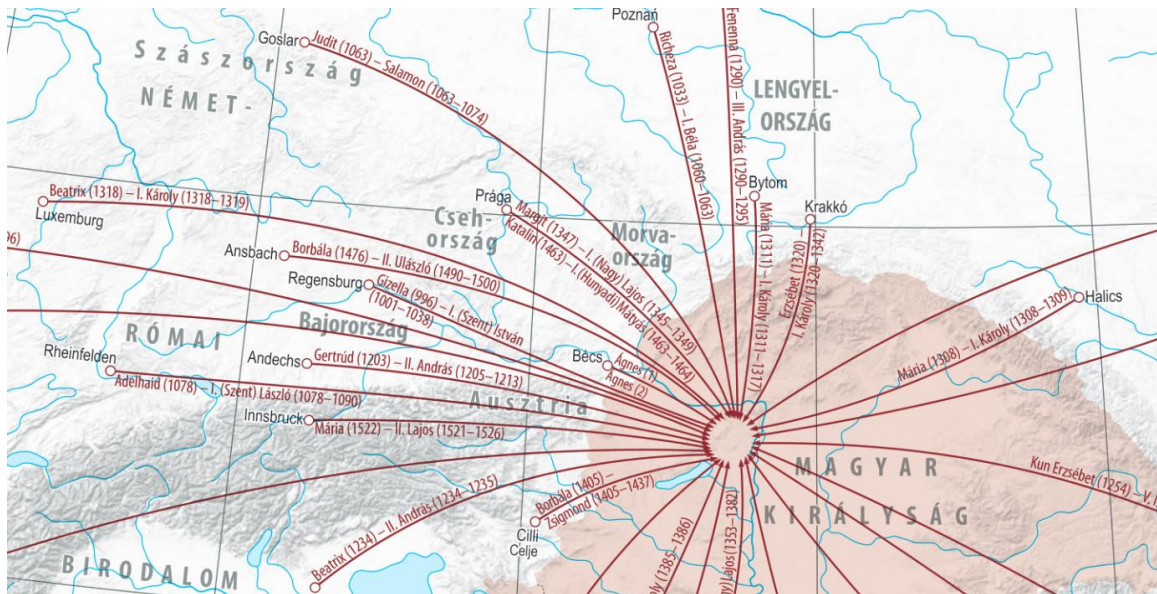
tekinthető útvonalalapú mozgásvonalas térképnek is. Edward Tufte (1983) szerint ez „a valaha készült legjobb mennyiségi-statisztikai ábrázolás”.

1. Definíció

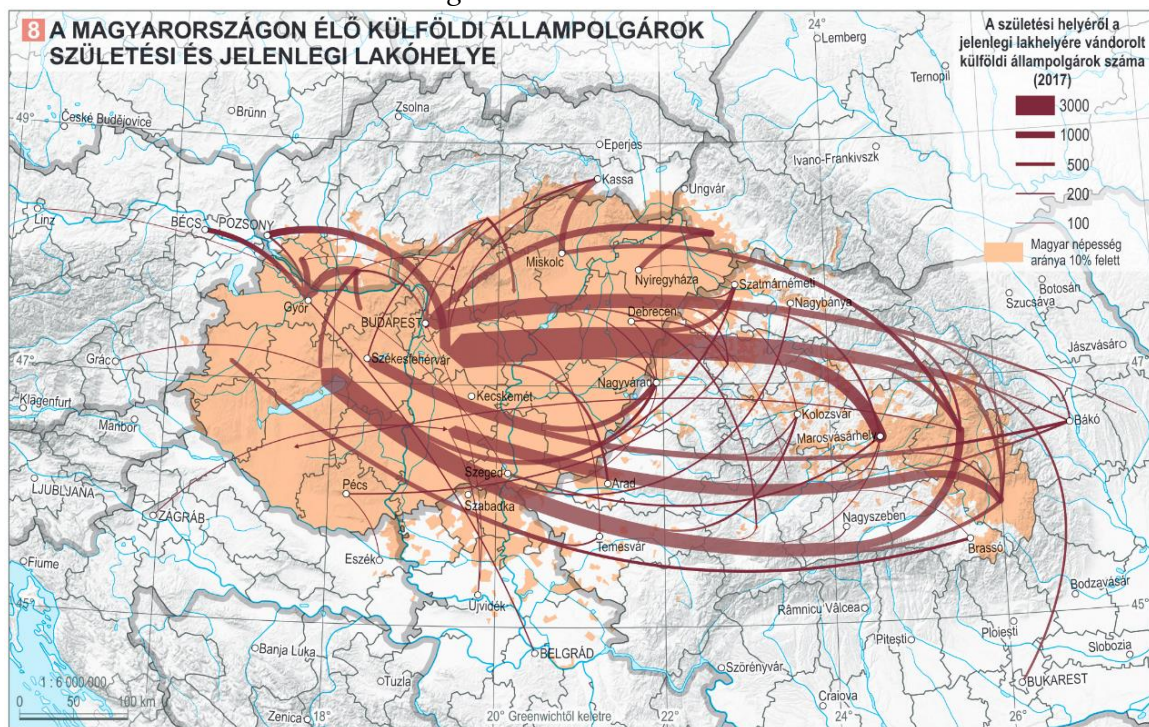
A mozgásvonalak módszerét az objektumok helyváltoztatásának ábrázolására alkalmazzák. A módszer feladata a minőségi és mennyiségi értékekkel jellemezhető tárgyak és jelenségek térbeli elmozdulásának szemléltetése. A vektormódszer (ahogy szintén nevezzük) három információ – az irány, a minőség és a mennyiség – egyidejű közlésére is alkalmas. Nyers és levezetett adatok ábrázolását is véghez tudjuk vinni vele.

Az irány legfontosabb ábrázolási eszköze a nyíl (de nem feltétel a vonalak, sávok nyíllal való ábrázolása). A minőség a nyíl alakjával, rajzi erősséggel (vonalvastagság), a nyilat kitöltő színnel vagy kiegészítő megírással (15.3. *ábra*) ábrázolható.

A mennyiségi adatok (15.4. *ábra*) a nyíl szélességével és számkiegészítéssel jeleníthetők meg. Ebben az esetben a nyíl szélessége mérethelyesen, arányosan rögzíti a mozgó értékek mennyiségét. A szélességet a méretaránytól és az értékek alsó-felső határa közti különbségektől függően, a jelmódszernél megismert folyamatos vagy lépcsős értékábrázolási módszerrel határozzák meg. Önkényes sávszélességet is választhatunk: bár eltorzítja a tényleges viszonyok ábrázolását, a szélsőséges értékek kifejezésére hasznos lehet a szabályszerű ábrázolás nehéz kivitelezhetősége miatt.



15.3. ábra. Minőségi adat – középkori magyar királynék származása – ábrázolása megírással. Forrás: MNA.



15.4. ábra. Mennyiségi adat – hazánkban élő külföldi állampolgárok lakóhely szerint – áttetsző mozgásvonalakkal. Forrás: MNA.

2. A mozgásvonalas térképek alaptípusai

A tematikus térképészet nemzetközi szakirodalma szerint három alapvető térképtípus létezik: vázlatos, útvonalalapú és folyamatos.

2.1 Vázlatos térképek

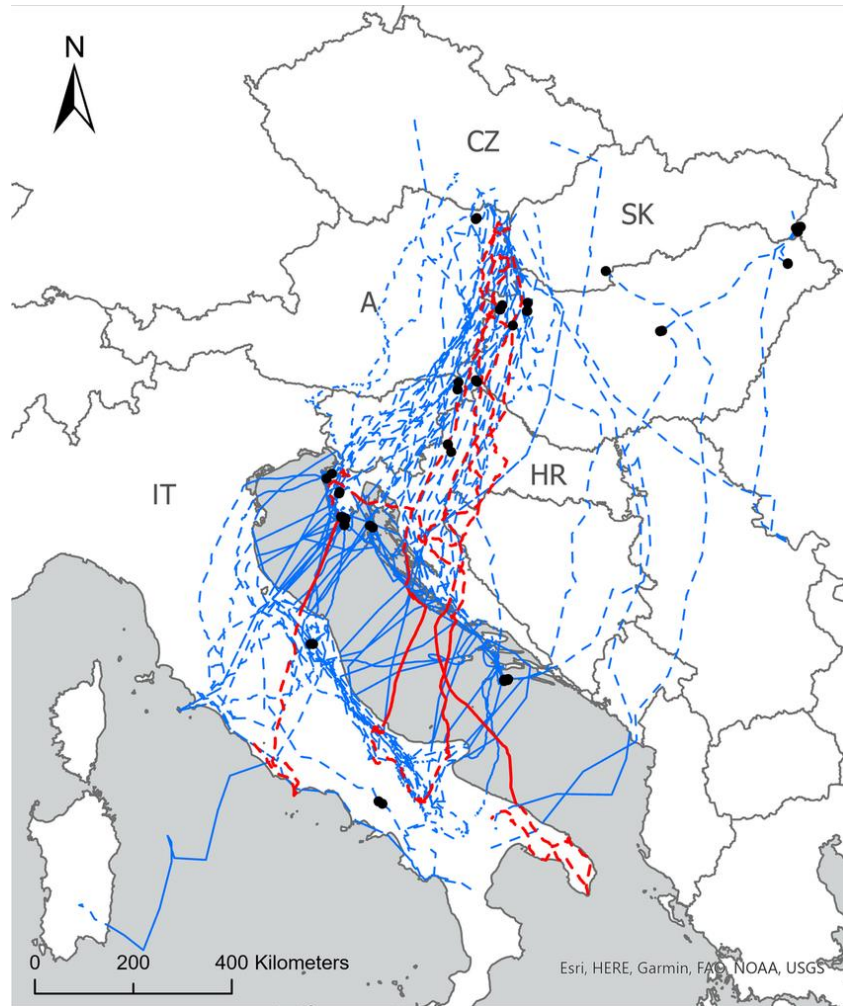
A vázlatos térképeket a földrajzi helyek közötti áramlások egyszerűsített ábrázolására használják, amikor az áramlás, mozgás tényleges útvonala nem fontos.

Ha például térképet szeretnénk készíteni a világ országai közötti migrációról, általában nem foglalkozunk az egyes személyek által bejárt útvonallal, hanem az egyik országból (származási ország) egy másik országba (célország) irányuló teljes áramlást szeretnénk ábrázolni. Ezt egyenes vagy görbe vonallal (ez utóbbi alkalmazásával elkerülhető a vonalak-nyilak átfedése, és vizuálisan kellemesebb megjelenést eredményez) is megtehetjük.

A vázlatos mozgásvonalas térképek adataihoz területegységek vagy pontszerű helyek társíthatók. A vonatkozási területekre példa lehet a világ országai közötti migráció, a ponthoz kötött adatokra pedig egy ország nagyvárosai közötti buszforgalom (feltételezve, hogy a mozgás pontos útvonala nem fontos – vagy akár a 15.3. ábra példája).

2.2 Útvonalalapú térképek

Az útvonalalapú mozgásvonalas térképeket akkor használjuk, ha a mozgás tényleges útvonalát fontosnak tartjuk. A bonyolultabb térképeken ábrázolt útvonalak teljes megértéséhez sok esetben interaktív szoftverre van szükség (nagyobb adatmennyiség bemutatása esetén). Egy ilyen térkép egyértelműen kérdéseket vet fel a megtett útvonalak mennyiségével kapcsolatban, hiszen a mozgást sokszor egyedenként kell ábrázolni (15.5. ábra).



15.5. ábra. 19 vörös kánya mozgásának útvonala. Forrás: ESRI.

Harvey Miller és munkatársai (2019) szerint e térképek egyre gyakoribb megjelenése a mozgó objektumok adatainak gyűjtésére szolgáló helymeghatározó technológiák, például a GPS, mobiltelefonok, rádiófrekvenciás azonosító (RFID) chipek, geotagek, rádiólokációs eszközök és a geolokációs adattal bíró közösségi média elképesztő fejlődése miatt lehetséges.

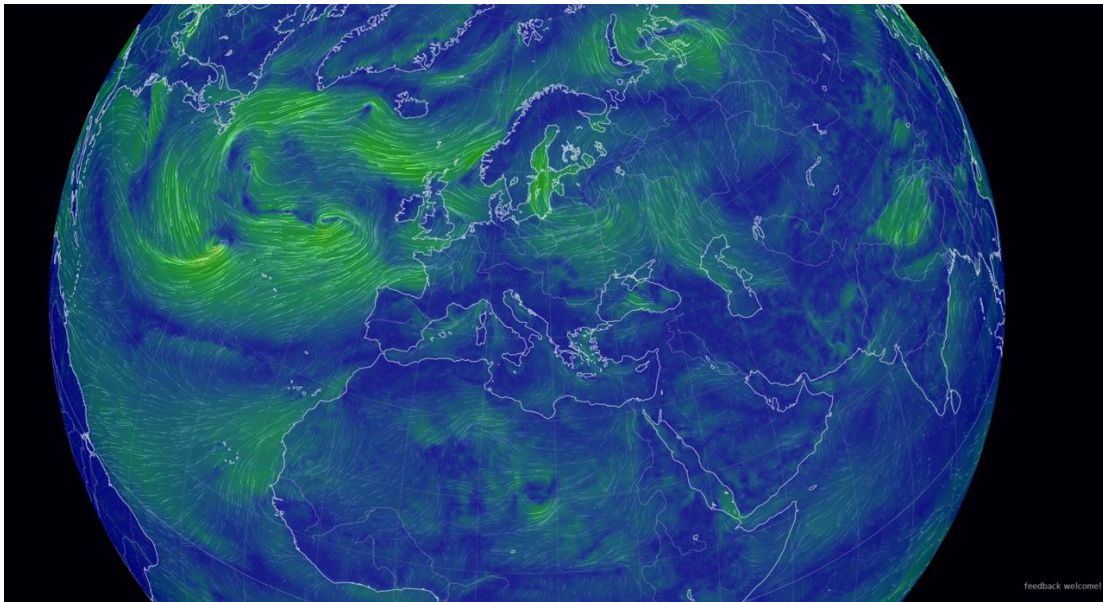
2.3 Folyamatos térképek

A folyamatos mozgásvonalas térképek olyan térben folyamatos adatok áramlásainak ábrázolására szolgálnak, mint például a szélsébség és -irány, valamint az óceáni áramlás sebessége és iránya.

Hagyományosan az ilyen térképek adatai pontok (pl. időjárás-állomások) korlátozott számú helyére alapozunk, amelyeket adatai között interpolálunk,

hogy folyamatos adathalmazt kapjunk. Manapság azonban más technológiák (pl. radar) is felhasználhatók az ilyen adatok gyűjtésére, vagy az adatokat időjárás-előrejelző modellek is generálhatják. E térképek megjelenítésére a szemléletesség érdekében digitális platformokat választunk, hiszen a folyamatos jelenségek mozgása animálva sokkal szemléletesebben átadható.

Egy érdekes, folyamatos mozgásvonalas térkép Cameron Beccario animációja a globális szélirányokról (és más időjárási jelenségekről) a <https://earth.nullschool.net/>oldalon (15.6. ábra).



15.6. ábra. Folyamatos mozgásvonalas széltérkép. Forrás: <https://earth.nullschool.net/>.

3. Javaslatok mozgásvonalas térképek készítéséhez

Borden Dent és munkatársai (2009) alapvető tervezési stratégiákat adtak közre:

- A mozgásvonalaknak van a legnagyobb jelentősége ilyen ábrázolás esetén, ezért a térképen a vizuális hierarchia csúcsán kell elhelyezkedniük.
- Átfedés esetén a kisebb mozgásvonalaknak a nagyobb mozgásvonalak tetején kell megjeleníteniük.
- Mindenképp nyilakat kell használni, ha a vektor iránya fontos a térkép jelentése szempontjából.

- Fontos a megfelelő térképi vetület kiválasztása.
- Ha az adatok lehetővé teszik, a mozgásvonalakat úgy kell elhelyezni, hogy a térkép kiegyensúlyozottnak tűnjön, nagyjából egyenlően legyenek elosztva a vonalak.
- A jelmagyaráznak egyértelműnek kell lennie, és szükség esetén értékkategóriákat is kell tartalmazniuk.

Több ábrázolási módszerhez hasonlóan osztályozatlan (folyamatos) vagy osztályozott (fokozatos) vektortérképek is készíthetők. Az osztályozatlan térképen minden eltérő adatértéket eltérő vonalszélességgel ábrázolunk, míg a fokozatos térképen az adatokat osztályokba csoportosítják, és minden osztályhoz eltérő vonalszélességet használunk.

Miután eldöntöttük, hogy a folyamatos vagy a fokozatos térkép a megfelelő, meg kell határoznunk, hogy a vonalak szélességét az adatok függvényében. Egy gyakori megközelítés az, hogy a vonalak szélességét az adatokkal arányossá tesszük. Így egy osztályozatlan térképen, ha egy adatérték kétszer akkora, mint egy másik adatérték, a vonalszélességnek kétszer akkorának kell lennie.

Fokozatos térkép esetén használhatunk egy reprezentatív értéket az osztályra vonatkozóan (pl. az adatosztály középértékét), és a vonalszélességeket arányosan skálázhatjuk ezekkel a reprezentatív értékekkel.

4. Waldo Tobler szerepe

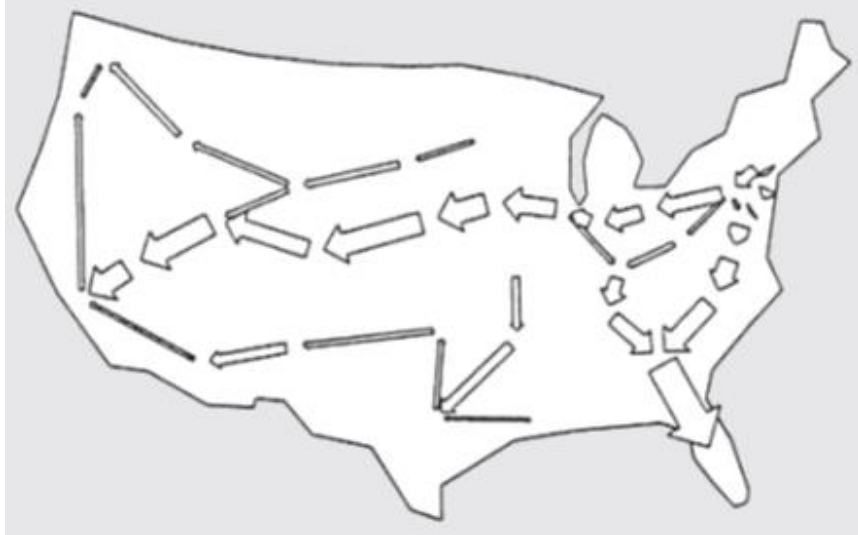
Waldo Tobler amerikai térképészt széles körben elismerik a korai digitális mozgásvonalas térképezés fejlesztésében végzett munkájáért (az 1980-as évektől). Tobler azzal érvelt, hogy a migrációs adatok különösen jól használhatók a digitális ábrázolás kialakításához, mivel nagyszámú mozgást kell ábrázolni. Például a 48 szárazföldi amerikai állam között 2256 lehetséges mozgási opció van (feltételezve, hogy az összes állampárt számítjuk). Ha figyelembe vesszük a több mint 3000 amerikai megyét, akkor több mint 9 millió lehetséges mozgás van, és így még nem is törődtünk az időtényezővel. Állíthatjuk, hogy Tobler már azelőtt elkezdett a Big Data-val dolgozni, mielőtt a kifejezés népszerűvé vált volna.

Tobler szoftverének egyik egyszerűbb megoldása az egy adott államba irányuló vagy onnan kiinduló egyirányú migráció (a 15.7. ábrán a Kaliforniába irányuló és onnan kiinduló migráció) ábrázolása volt különböző szélességű nyilakkal.



15.7. Migráció ábrázolása Tobler szoftverével.

Tobler szoftverének másik érdekes jellemzője, hogy az adatokat a migráció kiindulási és végpontja között fekvő államokon keresztül is vezette, így tükrözve azt az útvonalat, amelyen az emberek feltételezhetően vándoroltak. Így Tobler elkezdett kísérletezni a útvonalalapú mozgásvonalas ábrázolásokkal úgy, hogy nem rendelkezett adatokkal a ténylegesen használt útvonalakról (15.8. ábra).



15.8. Kvázi-útvonalalapú mozgásvonalas térkép Tobler szoftverével.

5. Néhány digitális példa

<https://usmigrationflowmapper.com/> - az USA belső migrációjának térképei.

<https://www.flowmap.blue/> - svájci példa rengeteg digitális megoldással.

<https://earth.nullschool.net/> - a már említett meteorológiai adatokat bemutató térkép.

Felhasznált irodalom

Dent, B. D., Torguson, J. S., & Hodler, T. W. (2008). *Cartography: Thematic Map Design* (6th ed.). McGraw-Hill.

Friendly, M. (2008). A brief history of data visualization. In C. Chen, W. Härdle, & A. Unwin (Eds.), *Handbook of Data Visualization* (pp. 15–56). Springer. DOI: 10.1007/978-3-540-33037-0_2.

Funkhouser, H. G. (1937). Historical development of the graphical representation of statistical data. *Osiris*, 3, 269–404.

Klinghammer, I. (szerk.). (2010). *Térképészet és geoinformatika I.* Budapest: ELTE Eötvös Kiadó.

Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2020). *Cartography: Visualization of Geospatial Data* (4th ed.). Routledge.

Miller, H. J., Dodge, S., Miller, J., & Bohrer, G. (2019). Towards an integrated science of movement: Converging research on animal movement ecology and human mobility science. *International Journal of Geographical Information Science*, 33(5), 855–876. DOI: 10.1080/13658816.2018.1564317.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (6th ed.). Wiley.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (4th ed.). CRC Press.

Tobler, W. R. (1987). Experiments in migration mapping by computer. *The American Cartographer*, 14(2), 155–163. DOI: 10.1559/152304087783875271.

Tufte, E. R. (1983). *The Visual Display of Quantitative Information*. Cheshire, CT: Graphics Press.

XVI. Összetett ábrázolások

Az előző fejezetekben egyváltozós térképezéssel - az egyes attribútumok (vagy változók) külön-külön megjelenítésével - foglalkoztunk. Gyakran azonban több attribútumot is ábrázolnunk kell. A több jelenség vagy adat egyidőben történő megjelenítését többváltozós térképezésnek nevezzük. Gyakran csak két attribútumot jelenítünk meg – ezt kétváltozós térképezésnek nevezzük.

A többváltozós térképezés alapvető kérdése, hogy az egyes attribútumokhoz különálló térképeket kell-e készíteni (ebben az esetben a térképeket összehasonlítjuk), vagy az összes attribútumot ugyanazon a térképen kell megjeleníteni (ebben az esetben a térképeket kombináljuk). A kétváltozós térképezés kombinációs szakaszában például azt vizsgálhatjuk, hogy hogyan lehet két külön kartogramtérképet egymásra helyezni úgy, hogy kétváltozós felületkartogramokat hozzunk létre. Az ebben a szakaszban vizsgált egyéb szimbólumok közé tartozik a téglalapjel, amelyben a téglalap szélessége és magassága arányos a két megjelenítendő attribútum értékével, valamint a kétváltozós sugárjel, amelyben egy kis kör bal és jobb oldalán lévő sugarak (egyenes szakaszok) irányszögei két attribútumot képviselnek.

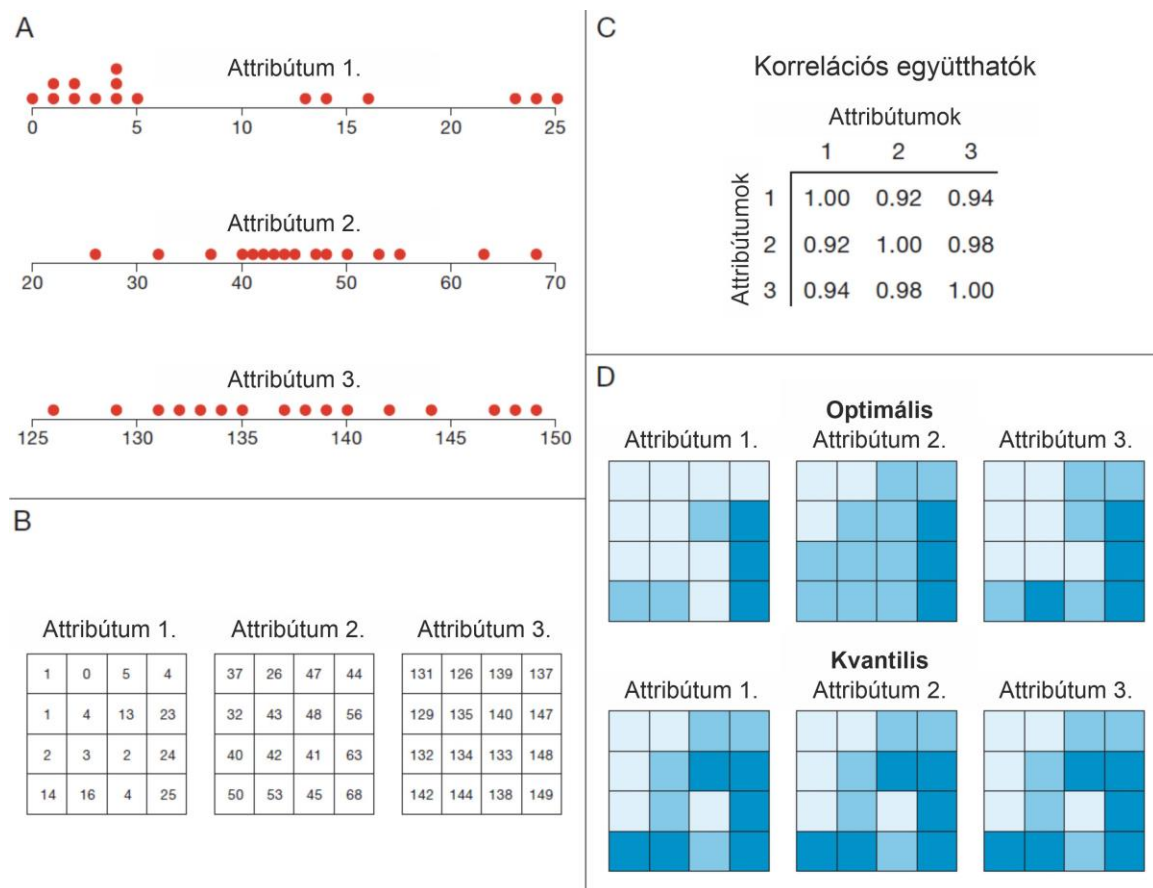
A többváltozós térképezés legegyszerűbb formája a többszörösök – három vagy több térkép egyidejű megjelenítése – alkalmazása. A többszörösökön ábrázolt információk szintézisének komplexitása számos megközelítést eredményezett az attribútumok egyetlen térképen történő kombinálására. A fejezetben bemutatott

technikák közé tartozik a háromváltozós felületkartogram, a többváltozós pontszórástérkép (amelyen különböző színű pontokat használunk több jelenség ábrázolására) és a többváltozós pontszerű jel (érdekes példa a Chernoff-arc, amelyben különböző arcvonásokat jelenítünk meg több attribútum ábrázolására).

1. Kétváltozós tematikus térképezés

Ebben a részben a kétváltozós térképezés olyan megközelítéseit vizsgáljuk, amelyekben az egyes térképeket az egyes attribútumok alapján összehasonlítjuk, vagy egy közös ábrázolást lehetővé tévő módszert alkalmazunk.

1.1 Felületkartogramok adatainak összevetése



16.1. ábra. Három attribútum eloszlásának és adatosztályainak összehasonlítása.

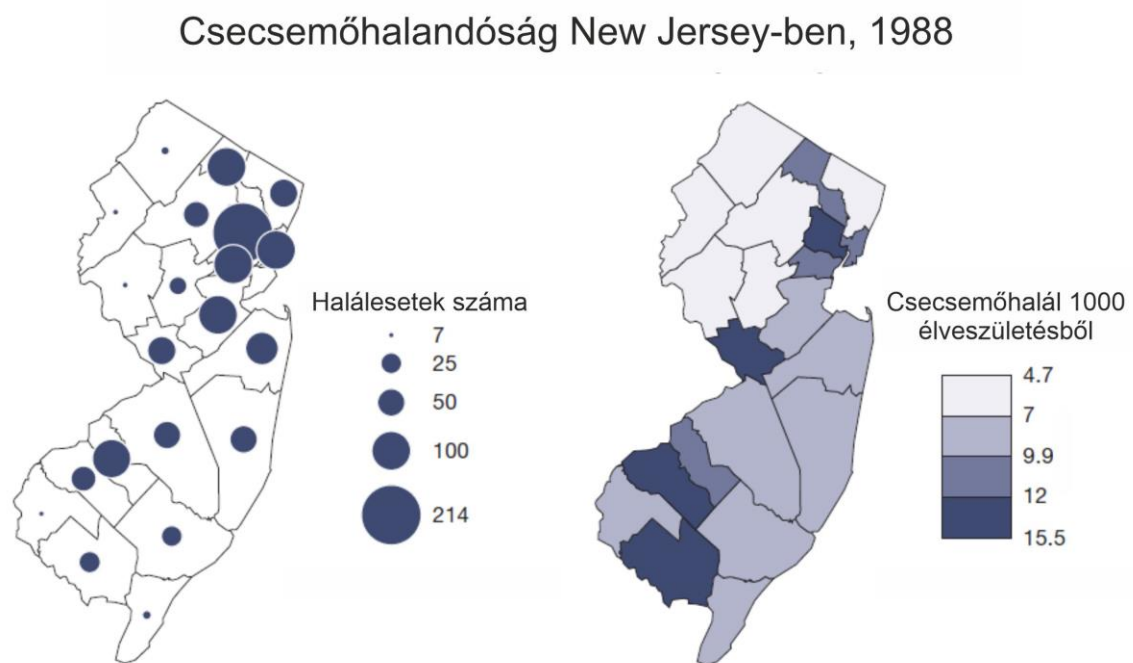
Ahogyan egyetlen felületkartogram esetében, két (vagy több) összehasonlításakor is fontos szempont annak eldöntése, hogy az adatokat osztályozni kell-e, és ha igen, milyen osztályozási módszert kell alkalmazni. Kezdetben feltételezzük, hogy osztályozni kívánjuk az adatokat, és ezért az osztályozás módszerére összpontosítunk. Azt is feltételezzük, hogy több egyedi attribútumot kívánunk összehasonlítani egyetlen időpontra vonatkozóan. Az osztályozási módszer kiválasztásakor kiemelt fontosságú, hogy figyelembe kell venni az egyes attribútumok eloszlását a számegyenes mentén. Ha az attribútumok eltérő eloszlásúak (pl., ha az egyik attribútum eloszlása ferde, a másik pedig normális), bizonyos osztályozási módszerek nem megfelelő mintázat kialakulásához vezetnek. Ennek illusztrálására tekintsük a 16.1A. ábrán látható eloszlásokat. Az első adatcsoport eloszlása egyértelműen pozitívan ferde, míg a 2. és a 3. attribútum normális eloszlásúnak tűnik. A 16.1B. ábrán ezen attribútumok értékeit térbeli eloszlással úgy rendeltük hozzá, hogy minden esetben rendkívül magas korrelációt eredményezzenek (a korrelációs együtthatók, R , a 16.1C. ábrán jelennek meg).

Az optimális módszer a korábban tanultak szerint minimalizálja az osztályozási hibát, természetesnek tűnik tehát, hogy használjuk térképek összehasonlításakor. Bár a mintaadatokból keletkező térképek (16.1D. ábra) az egyes attribútumpárok közötti pozitív kapcsolatokat sugallják, nem támasztják alá a 16.1C. ábrán látható magas korrelációs együtthatókat (1 az R maximális értéke). A ferde és normál eloszlások közötti erős vizuális kapcsolat hiánya talán nem meglepő (hasonlítsuk össze az 1. és 2. attribútum optimális térképeit), de vegyük észre, hogy a normális eloszlások (2. és 3. attribútum) térképei között is hiányzik a vizuális kapcsolat. Az optimális módszer nem tükrözi az attribútumok közötti magas korrelációt, mivel az egyes attribútumok pontos eloszlására összpontosít.

A kvantilis osztályozási módszer az adatok rangsora alapján (megközelítőleg) azonos számú megfigyelést sorol minden osztályba. Mivel a kvantilis módszerrel kapott osztályokat nem befolyásolják az adatok értékei, a módszer nem alkalmas a 16.1A. ábrán látható eltérő alakú eloszlások összehasonlítására. Ezt szemlélteti a 16.1D. ábra, ahol látható, hogy a kvantilis módszer nemcsak a normáeloszlások, hanem a ferde és a normáeloszlások között is magas korrelációt ábrázol. Így alátámasztható, hogy a kvantilis módszer jobban használható két vagy több attribútum összehasonlítására.

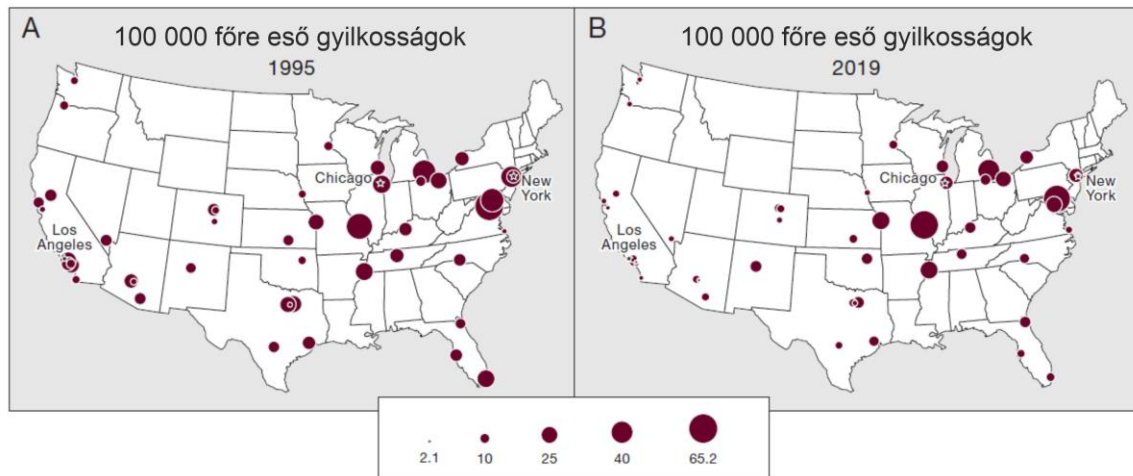
1.2 Különböző ábrázolási módszerek adatainak összevetése

Bár a térképek összehasonlításakor a térképezési módszert szokás változatlanul hagyni (pl. két kartogram vagy két izovonalas térkép összevetése), gyakran hasznos információ nyerhető két különböző típusú tematikus térkép összehasonlításával is. Ez különösen akkor fordulhat elő, ha az egyik térképen nyers adatokat, a másikon pedig levezetett, standardizált adatokat mutatunk be. Vegyük például a 16.2. ábrát, amely a New Jersey-i csecsemőhalálozások nyers adatát ábrázoló fokozatos jelkartogrammal készült térképet hasonlítja össze a csecsemőhalálozási arányt ábrázoló felületkartogrammal. Az arányos szimbólumtérkép azt sugallja, hogy a csecsemőhalandóság „problémája” az állam északkeleti részén van (ahol a legnagyobb körök vannak). Ez a térkép önmagában azonban nem túl sokatmondó, mivel a minta valószínűleg a népesség függvénye (a nagyobb lakosságú megyékben több a csecsemőhalálozás). Ezzel szemben a felületkartogram egységesíti a nyers halálozási adatokat az élve születések számához viszonyított halálozások számának figyelembevételével, és azt sugallja, hogy a „probléma” máshol emelkedik ki (ezeket a legmagasabb osztályba sorolt árnyalatok jelzik).



16.2. ábra. Jelkartogrammal ábrázolt nyers adatok és felületkartogrammal ábrázolt levezetett (standardizált) adatok összehasonlítása.

1.3 Két időpillanat adatainak összevetése



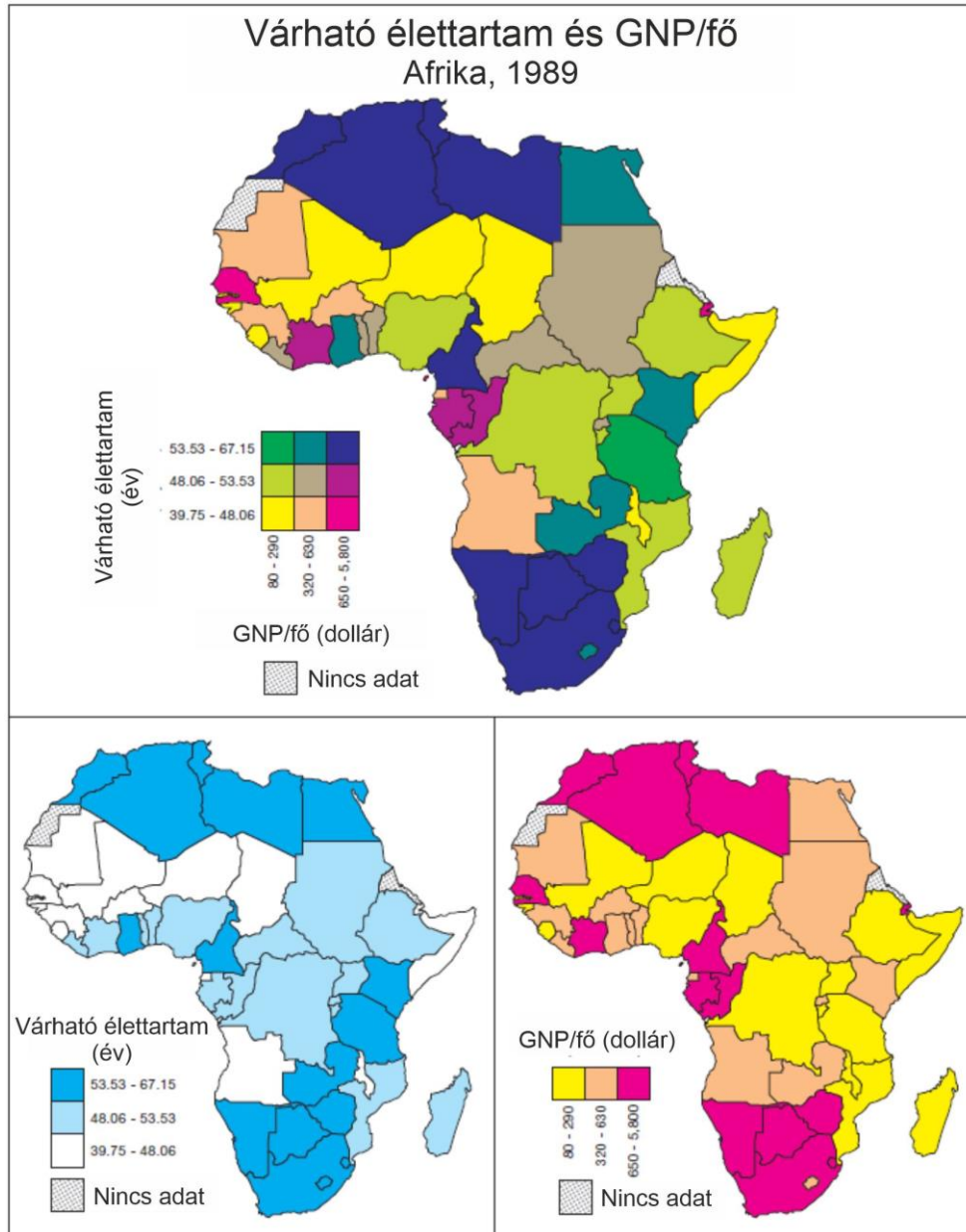
16.3. ábra. Két külön időpillanatra vonatkozó jelkartogramok – közös jelmagyarázattal.

Azt is fontos megfontolni, hogy hogyan hasonlítsuk össze az ugyanazon attribútum két időpontra vonatkozó térképeit. Annak érdekében, hogy a két év adatai közvetlenül összehasonlíthatóvá váljanak, a két adatsort összevonjuk, és a két térképen található legkisebb adatérték alapján skáláztuk az ábrázolást – a 16.3. ábrán jelkartogramokat látunk. A közös beosztás, osztályozás miatt csak egy jelmagyarázatot használunk. Bár a példán jelkartogramot használunk egy attribútum időbeli változásának érzékeltetésére, a két adatkészlet egyesítésének elve más tematikus térképezési technikákra, például a felületkartogramokra is alkalmazható.

1.4 Kétváltozós felületkartogramok

Az 1970-es években az Egyesült Államok Népszámlálási Hivatala kifejlesztette a kétváltozós felületkartogramot – két különálló felületkartogram (azaz két egyedi attribútum) kombinálására. A 16.4. ábra egy kétváltozós felületkartogramot ábrázol, amely a Népszámlálási Hivatal által használthoz hasonló színsémát használ, valamint a kétváltozós térkép létrehozásához alkalmazott egyváltozós (az attribútumokat külön-külön bemutató) ábrázolásokat. Bár a kétváltozós felületkartogramokat technikai szempontból sikeresnek ítélték, jelentős kritika érte őket amiatt, hogy nem közölnek egyedi információt sem az egyes attribútumokról, sem a köztük lévő korrelációról. E kritikákra válaszul Judy Olson (1981) kísérleti tanulmányt végzett, amelyben a Népszámlálási Hivatal által

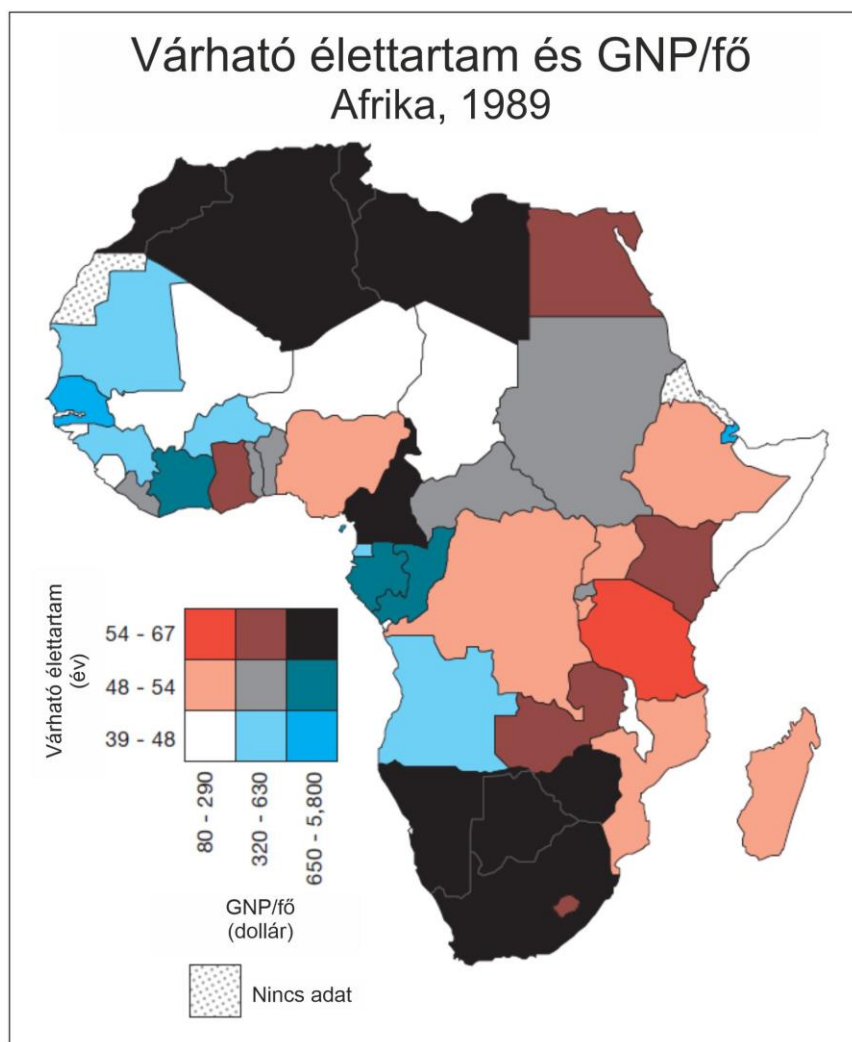
használtakhoz hasonló színskálákat próbált ki. A korábbi kritikákkal ellentétben Olson azt fedezte fel, hogy a kétváltozós térképek „homogén értékkombinációk területeiről nyújtottak információt”, és hogy a felhasználók ahelyett, hogy összezavarodtak volna ezektől a térképektől, inkább pozitívan viszonyultak hozzájuk.



16.4. ábra. Kétváltozós felületkartogram – illetve ennek attribútumai külön-külön ábrázolva saját színskálájukkal.

A Népszámlálási Hivatal megközelítésének alternatívájaként J. Ronald Eyton (1984) kifejlesztett egy kétváltozós módszert, amely komplementerszíneken,

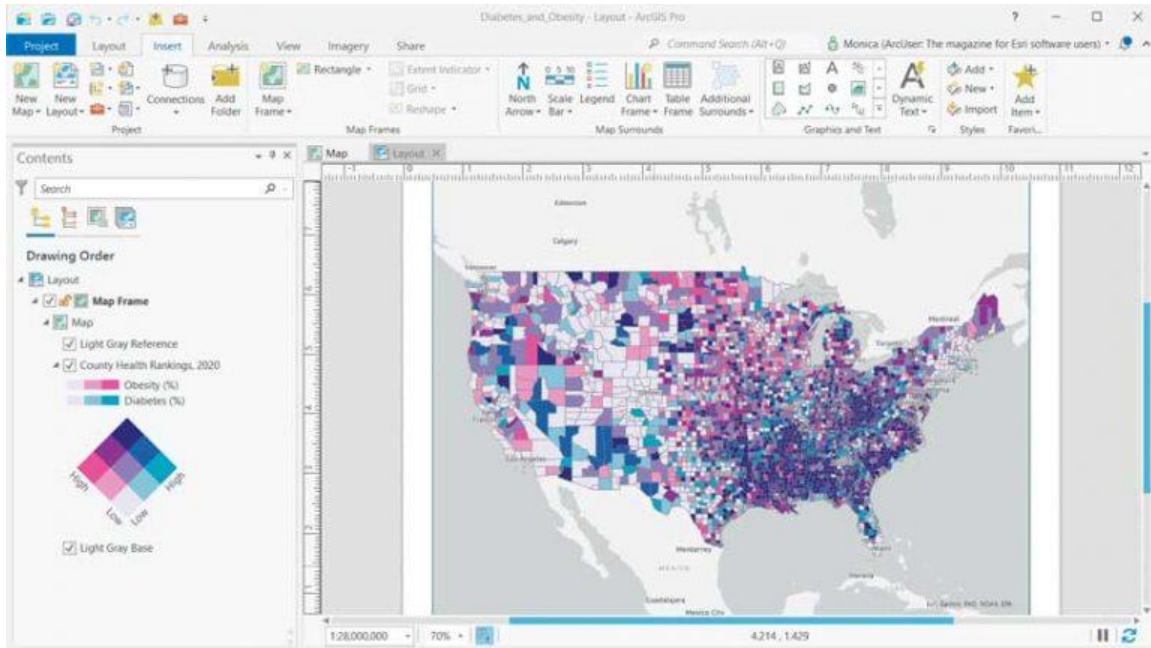
vagyis olyan színeken alapul, amelyek kombinációjával a szürke egy árnyalatát kapjuk. Eyton a térképek komplementerszíneinek a pirosat és a ciánt választotta, feltehetően azért, mert ezek esztétikai szempontból vonzó térképet eredményeznek. A szubtraktív alapszíneket (CMY) használva Eyton a vöröset a magenta (M) és a sárga (Y) kombinálásával hozta létre, a ciánt (C) pedig közvetlenül a cián szubtraktív alapszínből hozta létre. Mivel a CMY színek felülnyomásával nem lehet valódi szürkét előállítani, Eyton fekete tintát (K) használt azokon a területeken, ahol valódi szürkét kívánt. Az Eyton eljárásából származó kétváltozós térképet a 16.5. ábra mutatja.



16.5. ábra. Eyton színrendszere kétváltozós felületkartogramok készítéséhez.

Eyton azzal érvelt, hogy az Olson által használt tényezők többségét az ő kiegészítő módszere figyelembe vette, és a felhasználók láthatóan könnyebben megértették a térképet, mint a Népszámlálási Hivatal színein alapuló térképet. A

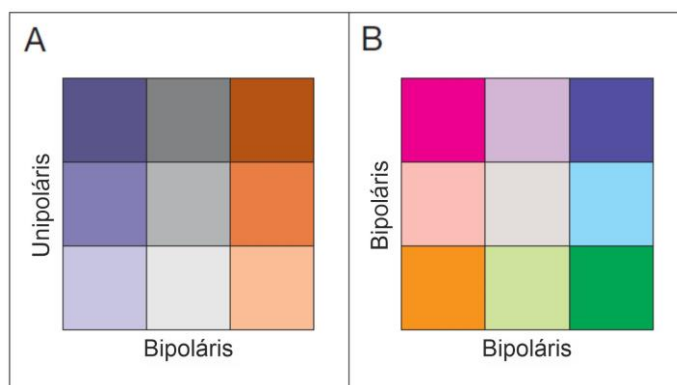
16.4. és a 16.5. ábra vizuális összehasonlítása azt sugallja, hogy Eytonnak igaza volt. A Hivatal színskálája névleges különbségeket sugall, és a jelmagyarázat alapos vizsgálatát igényli, míg Eyton színrendszere logikusabban rendezettnek, és könnyebben társíthatók értékekhez a térképen lévő jelek.



16.6. ábra. Kétváltozós színskála ArcGIS Pro munkakörnyezetben.

A módszer gyakoriságát jól tükrözi, hogy az ArcGIS megjelenítési palettájában beépített, könnyen elérhető helyet kapott a kétváltozós térképek módszere (16.6. ábra). Fontos belátnunk, hogy ez a módszer csak akkor igazán hatékony, ha a két változó valamilyen mértékben függ egymástól.

Cynthia Brewer (1994) szerint a kétváltozós térképek színskáláinak attól kell függniük, hogy az adatok egy- vagy kétpólusúak. Két egypólusú adatkészlet (pl. a városok százalékos aránya az összes településhez képest és a nők várható élettartama) esetében vagy komplementerskálát, vagy két szubtraktív alapszint javasolt; ez utóbbi állandó árnyalatokból álló átlót eredményez, szemben a komplementerszínekből eredő szürkékkel. (Brewer a magenta és a cián kombinációjával liláskék színű átlót hozott létre.) Ha az egyik attribútum egypólusú, a másik pedig kétpólusú, akkor az egypólusú adatokhoz szekvenciális, a kétpólusú adatokhoz pedig divergens skálát ajánlott használni (16.7A. ábra). Ha mindkettő kétpólusú, akkor két eltérő színskálát ajánlott használni (16.7B. ábra).



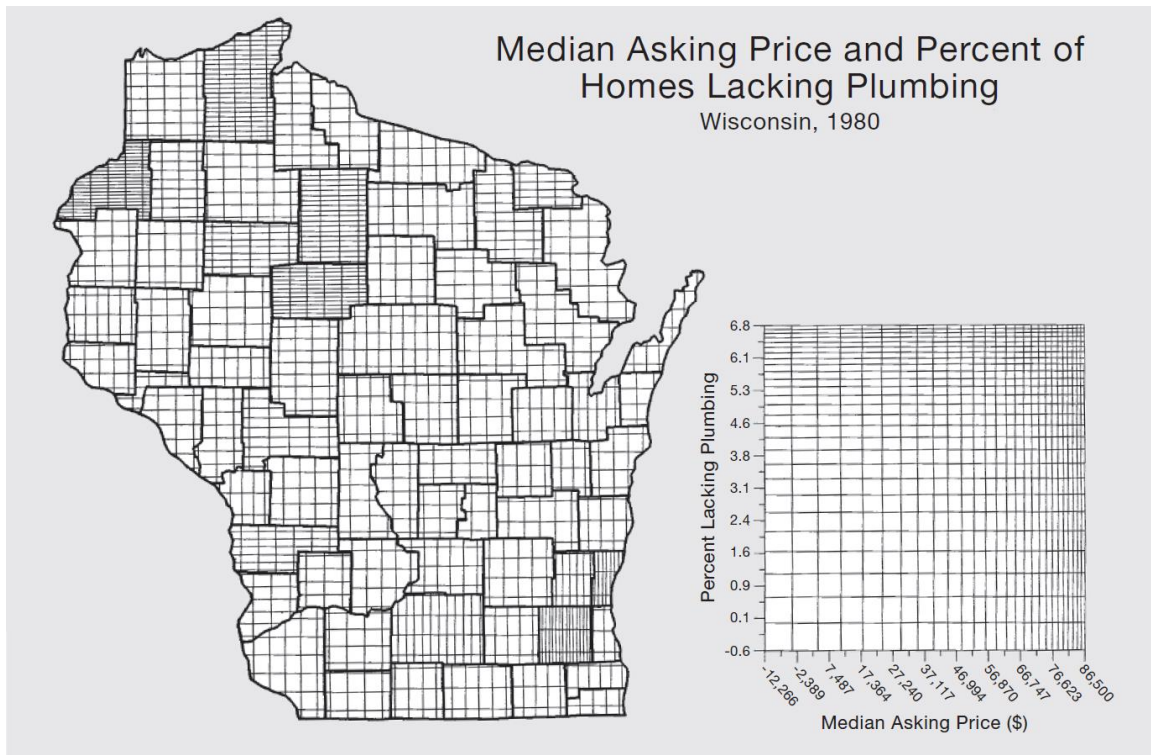
16.7. ábra. Brewer által javasolt skálák egy unipoláris és egy bipoláris adatsor (A) és két bipoláris adatsor esetén (B).

A kétváltozós felületkartogrammal kapcsolatos lehetséges probléma az egyes attribútumokhoz használt osztályok száma. Az eddig bemutatott példákon minden attribútumhoz három osztályt használtunk. A csak három osztály használata követi Olson és Eyton gondolkodását; Eyton például így érvelt: „A használandó kategóriák száma nem haladhatja meg azt a számot, amellyel az olvasó képes megbirkózni. A 3×3-as mátrixba szervezett jelmagyarázat egyszerűbb, mint a 4×4-es elrendezés, és valójában jobban interpretálható képet ad az olvasó számára” (Eyton 1984, 480).

A kétváltozós felületkartogramokhoz eddig figyelembe vett megközelítések mindegyike színeken alapult. Alternatívaként mind Laurence Carstensen (1982, 1986), mind Stephen Lavin és J. Clark Archer (1984) vízszintes és függőleges vonalakkól álló, keresztsoros árnyékolással készített kétváltozós térképeket (16.8. ábra). E térképek értelmezése a keresztsoros vonalak által alkotott négyzetek méretére és alakjára összpontosít (mindkét attribútum alacsony értékeit nagy négyzetek, míg a mindkét attribútum magas értékeit kis négyzetek ábrázolják). A magas pozitív korrelációt a térképen a különböző méretű négyzetek túlsúlya jelzi a területegységeken belül, a magas negatív korrelációt pedig a téglalapok ábrázolják.

Mind Carstensen, mind Lavin és Archer hangsúlyozta, hogy osztályozatlan, keresztsoros, kétváltozós térképeket kell használni. Ez a javaslat ellentétes Eyton (1984, 485-486) javaslatával, aki szerint a sima színű, osztályozatlan kétváltozós térképek nehezen értelmezhetők. Az ok, amiért az osztályozatlan, keresztsoros megjelenítések hatékonyabbnak tűnnek, mint a színes osztályozatlan térképek, az az, hogy a vonaltávolság-attribútum lehetővé teszi az egyes attribútumok

kiemelését. Carstensen (1982) szerint a keresztsorozott kétváltozós térképek meglehetősen hatékonyak a korrelációval kapcsolatos fogalmak közvetítésében, de két problémát állapított meg: a kis területegységek megjelenítésének, „bevonalkázásának” nehézségét és a térkép küllemének kellemetlen megjelenését. E problémák miatt ezt a módszert ritkábban használják, mint a színeken alapuló kétváltozós térképezést.

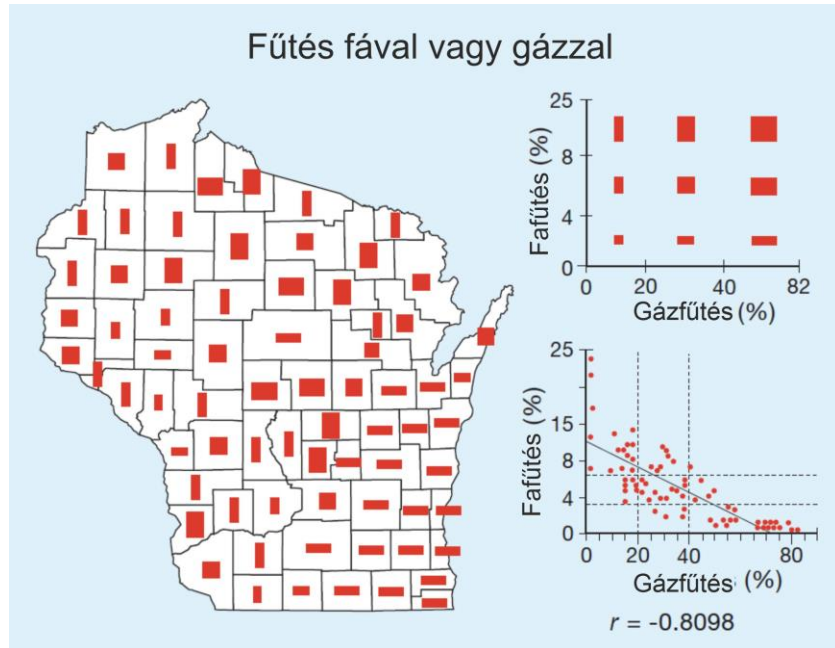


16.8. ábra. Carstensen és Lavin-Archer módszertanain alapuló keresztvonalkázott kétváltozós térkép (Wisconsin vízvezeték nélküli lakásokban élő és a lakások eladási árának mediánját párba állítva).

1.5 Egyéb kétváltozós lehetőségek

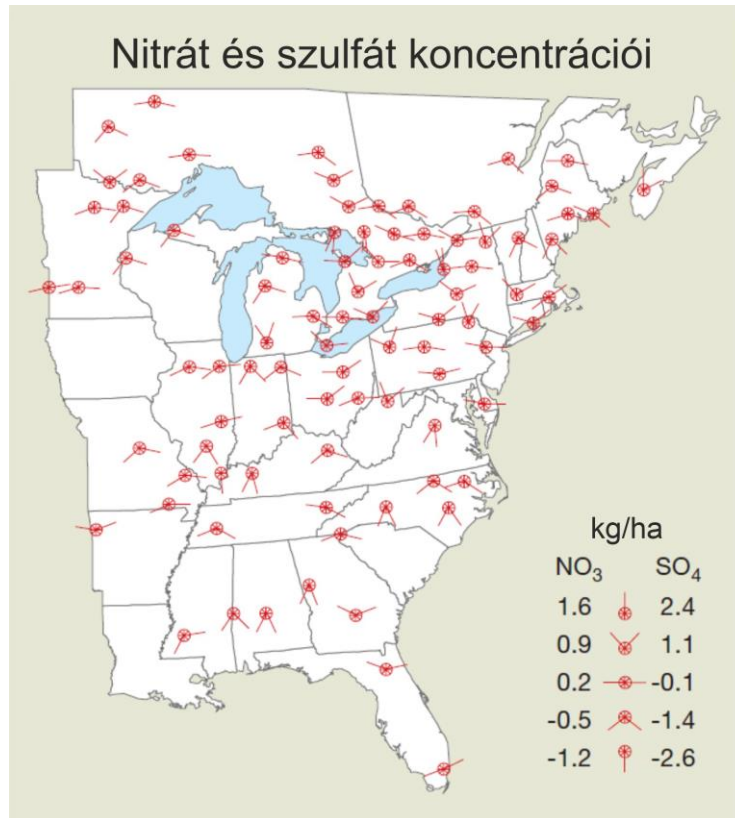
A kétváltozós jel a felületkartogramok egyik jól alkalmazható alternatívája. A 16.9. ábra a kétváltozós jelkartogram egyik formáját, a téglalapjelet mutatja, amelyben a téglalap szélessége és magassága arányos az ábrázolandó adatokkal. Stanton Wilhelm (1983) és Sean Hartnett (1987) is ezt a módszert javasolta a keresztsoros szimbolika alternatívájaként; Hartnett azzal érvelt, hogy a téglalapalakú jelek olvasása sokkal egyszerűbb, mint a keresztsoros vonalak által alkotott kis „dobozok” vizsgálata, és hogy az így kapott térkép esztétikailag is

kellemesebb. Mivel a pontszerű jelek könnyebben társíthatók pontszerű helyekkel, mint területekkel, a kétváltozós pontszimbólumok különösen alkalmasak lehetnek valódi pontszerű adatok ábrázolására.



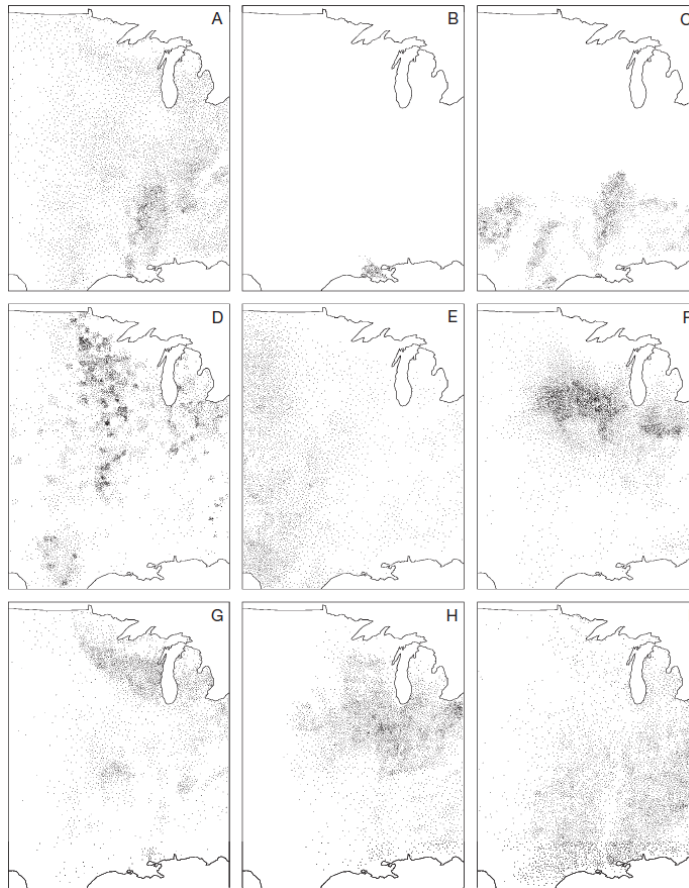
16.9. ábra. Kétváltozós téglalapjel alkalmazása.

A kétváltozós jel egy másik formája a kétváltozós sugárjel, amelyet Daniel Carr és munkatársai (1992) használtak a nitrát- és szulfátkoncentrációk 1982 és 1987 közötti trendjének vizsgálatára az Egyesült Államok és Kanada keleti részén. A 16.10. ábrán a balra mutató sugarak (az egyenes szakaszok) a nitrátkoncentrációt, a jobbra mutató sugarak pedig a szulfátkoncentrációt jelölik. A koncentrációk magas értéke a sugarak a szimbólum teteje felé való elhelyezkedésekor olvasható le, míg az alacsony értékek a szimbólum első része felé találhatóak. A sugárjel előnye, hogy a kis szimbólumok viszonylag szűk helyre szoríthatók. Nehezebb értelmezhetőségük és leolvashatóságuk miatt azonban viszonylag keveset alkalmazzák.



16.10. Nitrát és szulfát koncentrációinak megjelenítése sugárjelekkel. A különböző adatértékek a sugarak elhelyezkedése alapján olvashatók le.

2. Többváltozós tematikus térképezés

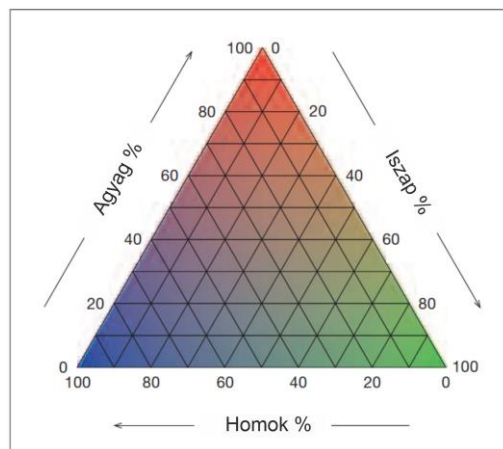


16.11. ábra. Mezőgazdasági adatok többszörösrel (small multiple): (A) V. osztályú gazdaságok, (B) cukornád, (C) gyapot, (D) pulyka, (E) legelő, (F) sertések és sertések, (G) tejtermékek, (H) mészre fordított költségek, és (I) lakógazdaságok.

Ha kettőnél több attribútumot jelenítünk meg, és mindegyiket különálló térképként, az eredményt többszörösnek (small multiple) nevezzük (16.11. ábra). Bár sok mindent ki lehet olvasni a többszörösökből, megvannak a korlátaik. Általános probléma, hogy két adott pont vagy terület összehasonlítása egy attribútumkészleten keresztül nehéz lehet: Mintánkon nehéz az ugyanarra a területre vonatkozó adatokat leolvasnunk, hiszen már magát a területegységet sem egyszerű megtalálni. Az ehhez hasonló problémák arra késztették a kutatókat, hogy módszereket dolgozzanak ki több attribútum ugyanazon a térképen történő kombinálására.

2.1 Háromváltozós felületkartogramok

A két felületkartogram egymásra helyezésének fogalma kiterjeszthető három változóra is, így létrehozva a háromváltozós felületkartogramokat. Ideális esetben ezt a megközelítést csak olyan három attribútum esetében lehet alkalmazni, melyek összege 100%; ilyen például a talaj alkotói (homok, iszap és agyag százalékban kifejezve) és a politikai pártokra vonatkozó szavazási adatok. A három attribútumhoz többféle megközelítéssel lehet színeket rendelni: CMY, RGB, és vörös, kék és sárga alapszínek. Az RGB használatának eredménye a 16.12. ábrán látható. A 100%-ot kitevő adatok használatának előnye, hogy a kapott színek egy háromszög alakú 2D-térre korlátozódnak. Ha az attribútumok összege nem éri el a 100 százalékot, akkor 3D-s kocka alakú jelmagyarázatra lenne szükség, és az így kapott térképet nehéz értelmezni.

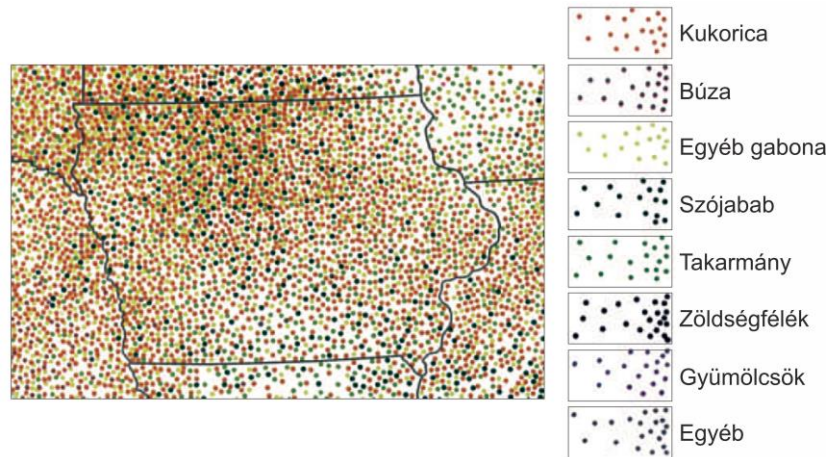


16.12. ábra. Háromváltozós talajkomponens-felületkartogram jelmagyarázata RGB színekkel.

2.2 Többváltozós pontszórástérképek

Az egyváltozós pontszórástérképek fogalma kiterjeszthető többváltozós alkalmazásokra is, ha minden egyes megjelenítendő attribútumhoz egy különálló alakú vagy színű pontszimbólumot használunk. A színek ilyen alkalmazása esetében George Jenks (1953) alkotott maradandót, és két nagy térképet dolgozott ki ezen alapulva (Jenks 1961; 1962). A pontszórás efféle alkalmazását pointillizmusnak nevezzük. A pointillizmus egyes XIX. századi festők által használt technika volt, amellyel különböző színkeverékeket hoztak létre, feltételezve, hogy a néző vizuálisan kombinálja a kiválasztott színek nagyon apró

pontjait. Jenks ezt az elvet úgy alkalmazta, hogy a különböző színű pontok különböző terményeket vagy mezőgazdasági termékeket jelképeztek (16.13. ábra); azzal érvelt, hogy az olvasók vizuálisan egyesíthetik a különálló színeket, hogy keverékeket hozzanak létre, és így realisabb képet kaphatnak a tájban gyakran előforduló termesztési gyakorlatok jellegéről. Jenks megjegyezte továbbá, hogy ha a pontok elég nagyok, a térkép részletesen megmutathatja az egyes növények elhelyezkedését a kiválasztott területeken.



16.13. ábra. Jenks pointillista mezőgazdasági térképe.

Bár a többváltozós ponttérképekből jelentős információ nyerhető, az olvasóknak nehézséget okoz a különböző színek keverékeinek „dekódolása”, mivel a jelmagyarázat csak az egyes növények színeit tartalmazza. Ez a probléma megoldható lenne, ha a térképet egy interaktív környezetben néznénk, ahol az egyes területekre fókuszálni és nagyítani lehetne, és a pontok egyes kategóriáit tudnánk be- és kikapcsolni, hogy az egyes kategóriák relatív aránya meghatározható legyen.

2.2 Többváltozós jelek

A többváltozós ábrázolás legelterjedtebb módja a különböző jelek használata. Ez történhet jelmódszerrel, jelkartogrammal vagy diagrammódszerrel. Az adatok két különböző formáját szokták megkülönböztetni többváltozós jelek használata esetén: kapcsolódó (vagy additív) és nem kapcsolódó (vagy nem additív).

A kapcsolódó attribútumokat ugyanabban az dimenzióban értelmezzük, és egy nagyobb egész egység részét képezik. Ilyen például a különböző faji csoportok

százalékos aránya egy népességben belül. Az ilyen attribútumok pl. a jól ismert kördiagram segítségével ábrázolhatók (diagrammódszer segítségével), amelyben egy kör az egyes attribútumok arányát jelképező cikkekre van felosztva.

A nem kapcsolódó adatokat eltérő dimenziókban mérjük, és így nem részei egy nagyobb egésznek (pl. a városi lakosság százalékos aránya és az átlagjövedelem). A nem kapcsolódó attribútumok ábrázolására használt többváltozós pontszimbólumokat általában glifeknek nevezik, amelyek közül néhányat a 16.14. ábra szemléltet.

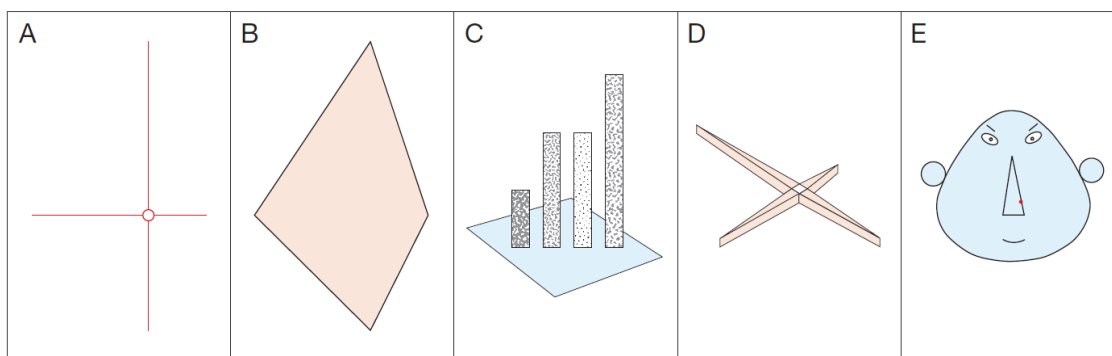
A többváltozós sugár-glif vagy csillag (16.14A. ábra) egy belső körből kiinduló sugarak meghosszabbításával jön létre, a sugarak hossza az egyes attribútumok értékeivel arányos.

Ha a többváltozós sugár-glifet alkotó sugarakat összekötjük, egy sokszögletű glif vagy hópehely jön létre (16.14B. ábra).

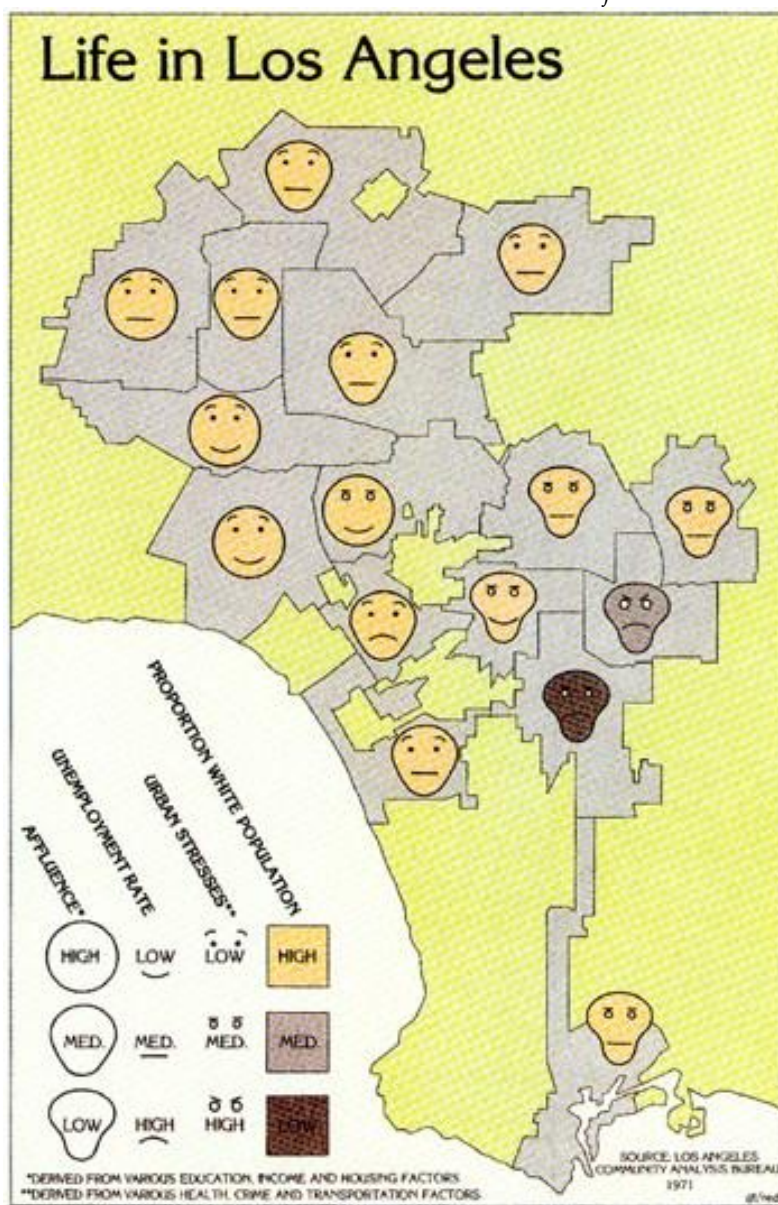
Donna Cox (1990) és munkatársai az Illinois-i Egyetem Urbana-Champaign-i Nemzeti Szuperszámítógépes Alkalmazások Központjában több újszerű többváltozós jelet fejlesztettek ki. Ilyenek például a 3D-s sávok, ahol az egyes sávok magasságát a különböző attribútumok nagyságával arányossá teszik (16.14C. ábra).

Egy másik technika az adattüske (Ellson 1990), melyben háromszögalakú tüskék nyúlnak ki egy négyzet alakú központi területből, és az egyes attribútumok nagyságával arányossá teszik őket (16.14D. ábra). A sávokhoz hasonlóan a tüskék is akkor különböztethetők meg a legkönnyebben, ha különböző színekben jelennek meg. A tüskék háromdimenziós szerkezetének előnye, hogy a 3D térben tetszőleges pozícióból nézhetők.

Egy különösen érdekes, többváltozós jel a Hermann Chernoff (1973) által kifejlesztett Chernoff-arc (16.14E ábra), amelyben a különböző arcvonásokhoz különböző típusú adatok társulnak. Például az arcok kövérsége képviselhet egy attribútumot, míg a szemek mérete egy másik attribútumot. Példák a 16.15. és 16.16. ábrák.



16.14. ábra. Különböző többváltozós jelek.



16.15. ábra. Chernoff-arcok használata Los Angeles életminőségének szemléltetésére.

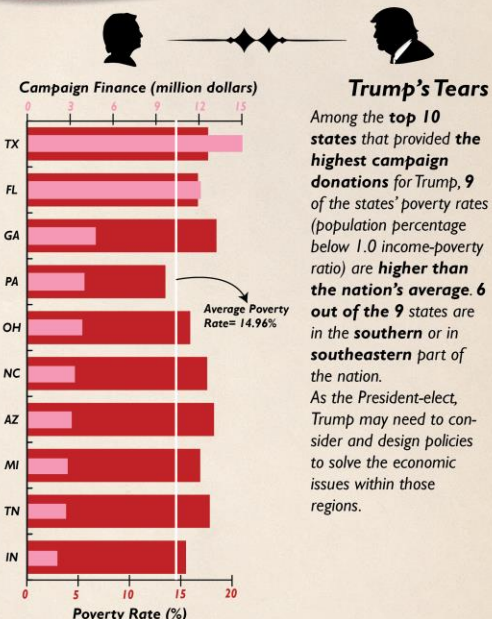
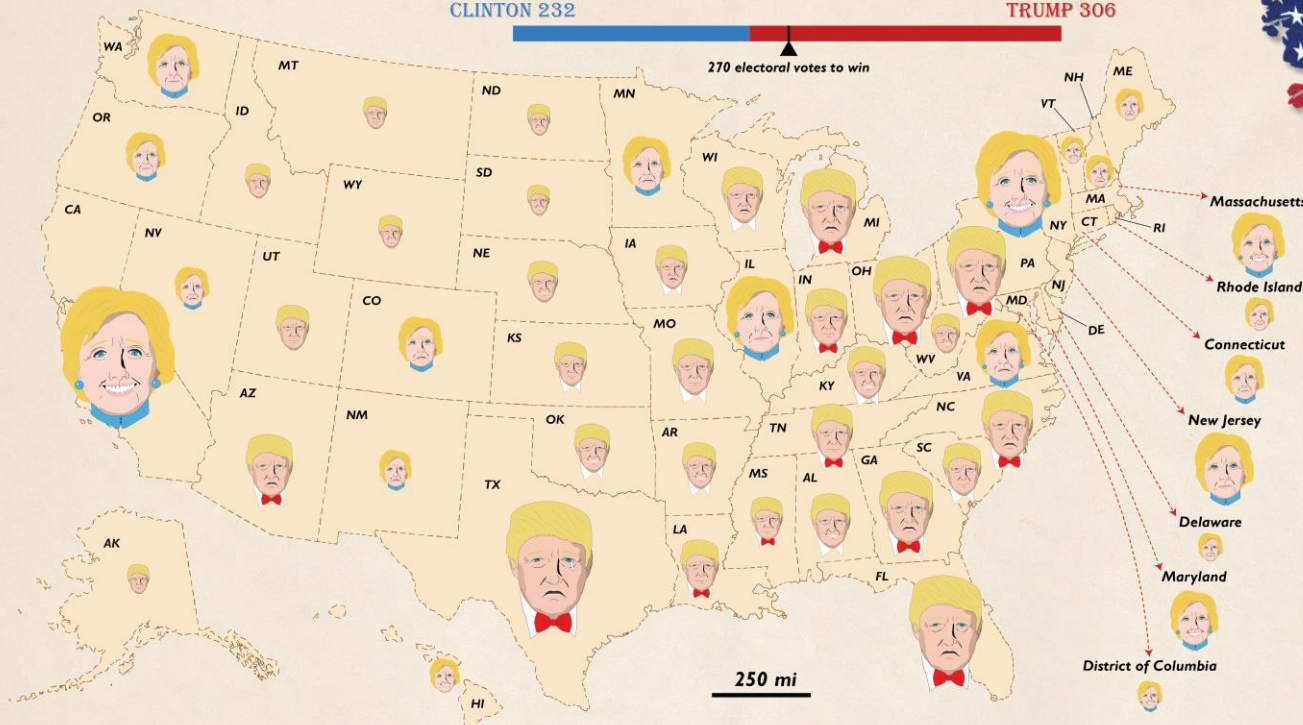
FACING THE YEAR 2016 PRESIDENTIAL ELECTION



CLINTON 232

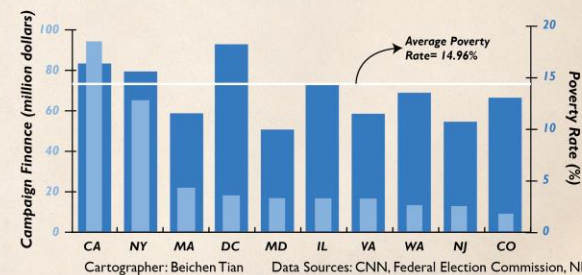
TRUMP 306

270 electoral votes to win



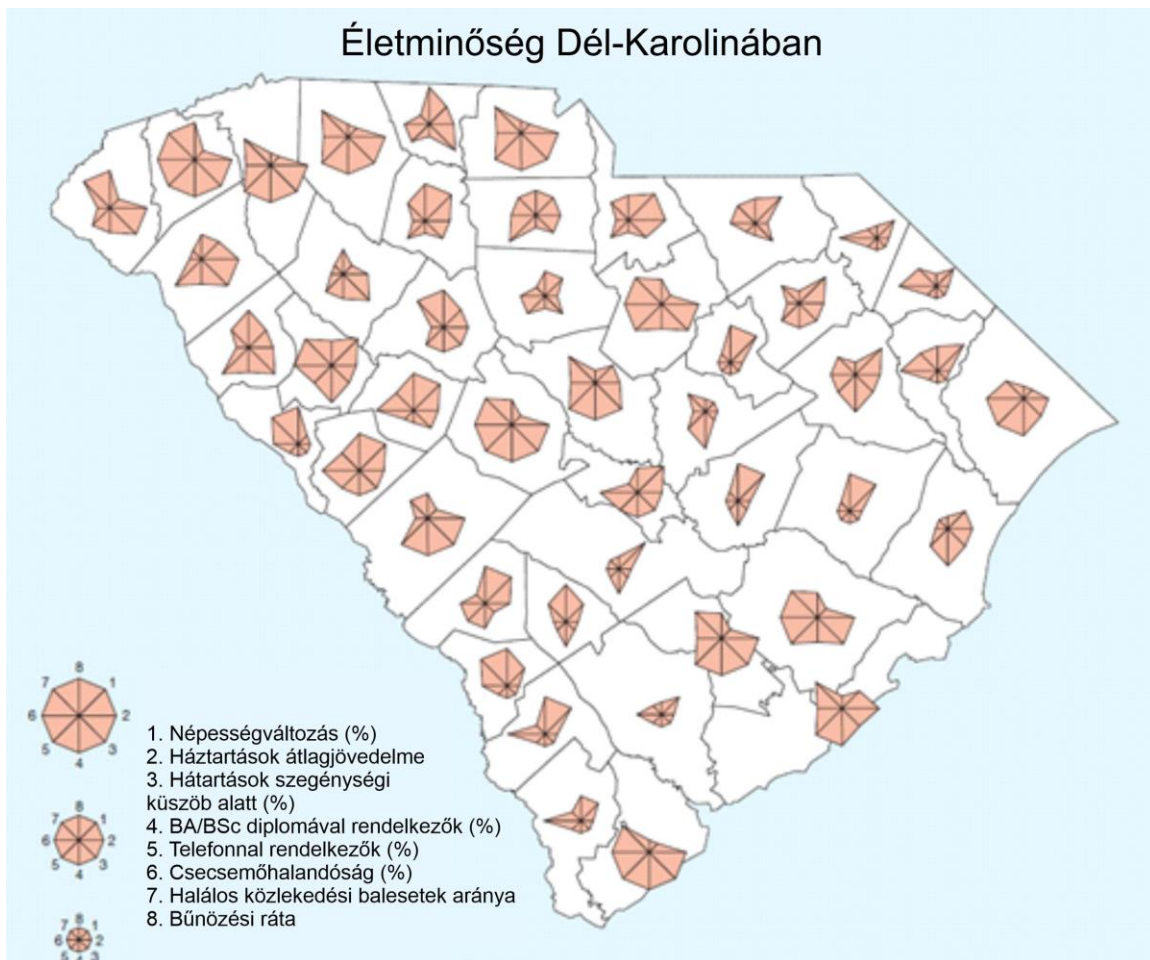
Clinton's Smiles

Within the **top 10** states that provided for Clinton the **most campaign finances**, **7** of the states' poverty rates are **lower than the nation's average**. **4** out of the 7 states are in **west coast** or in **northeastern** part of the nation, which usually are the regions with relatively higher levels of education and developed tertiary and quaternary sector economy.



Cartographer: Beichen Tian Data Sources: CNN, Federal Election Commission, NHGIS

16.16. ábra. Chernoff-arcok a 2016-os amerikai választások eredményeinek bemutatására.



16.17. ábra. Csillag- és hópehelyjelek az életminőség kifejezésére – 8 változóval!

A 16.17. ábrán kombinált csillag- és hópehelyjelet használunk az „életminőség” ábrázolására Dél-Karolina megyéiben 1992-ben. Amint a jelmagyarázatban is szerepel, ezen a térképen minden attribútumot három hosszúsági fokozatú sugarak szimbolizálnak, amelyek az alacsony, közepes és magas értéket jelzik.

3. Torzított kartogramok

A torzított kartogramok szerkesztésüket és definíciójukat tekintve a kartorammódszerhez is sorolhatók lehetnek, de az összetett ábrázolás, és nehezebb értelmezhetőség miatt itt tárgyaljuk különböző altípusait.

Néha a térképészek szándékosan torzítják a teret valamely attribútum értékei alapján; az így kapott térképi megjelenítést torzított kartogramnak nevezzük (Waldo Tobler 2004-es munkája nyomán).

A mindennapi életben valószínűleg a leggyakrabban használt torzított kartogram a távolságkartogram, amelyben a valós távolságokat torzítjuk, hogy valamilyen attribútumot hangsúlyozzunk, például a metróvonalak megállóhelyei közötti időt: itt ez az ábrázolási forma azért megfelelő, mert a megállók közötti idő (és a megállók sorrendje) fontosabb, mint a megállók közötti tényleges távolság.

A földrajzi szakirodalomban a területkartogram a leggyakrabban tárgyalt torzítottkartogram-forma. A területkartogramokat a területegységek méretezésével hozzuk létre az egységekhez tartozó adat értékének függvényében; például az országok méretét arányosíthatjuk az egyes országok népességével. A népesség egy tipikus attribútum, amelyet a területkartogramokon ábrázolnak, de bármilyen nyers összegeken alapuló adat (nem standardizált adatok) felhasználható.

A területkartogramok gyakran nem tartalmaznak jelmagyarázatot. A területkartogramok másik jellemzője, hogy a különböző méretű egységek adatai általában nincsenek osztályozva (azaz ezek osztályozatlan térképek). A megjelenítés két alapvető formája lehetséges a torzított kartogramoknál. Ha egyetlen attribútumot térképeznek fel így (azaz a területi egységek méretét az adott attribútum, például a népesség függvényében változtatják), az eredmény egyváltozós torzított kartogram lesz. Itt a hangsúly a területegységek egymáshoz viszonyított méreteinek megjelenítésén van.

Lehetőség van olyan kétváltozós torzított kartogram létrehozására is, amelyben a területek mérete egy nyers összérték (jellemzően a népesség) függvénye, majd minden egyes egységen belül elhelyezünk egy szimbólumot, amely egy második attribútumot képvisel. Például létrehozhatunk egy olyan torzított kartogramot, amely a torzítás mértékét tekintve egy államon belül a megyék népességét mutatja, és minden egyes megyén belül elhelyezhetünk egy kartogramszerű (jel vagy felület) szimbólumot, amely az egyes megyék átlagjövedelmét ábrázolja.

Az angol szakirodalom az ezeken az elveken alapuló térképeket cartogram-nak nevezi – ne keverjük össze az egyszerű felületkartogramokkal (choropleth maps)!

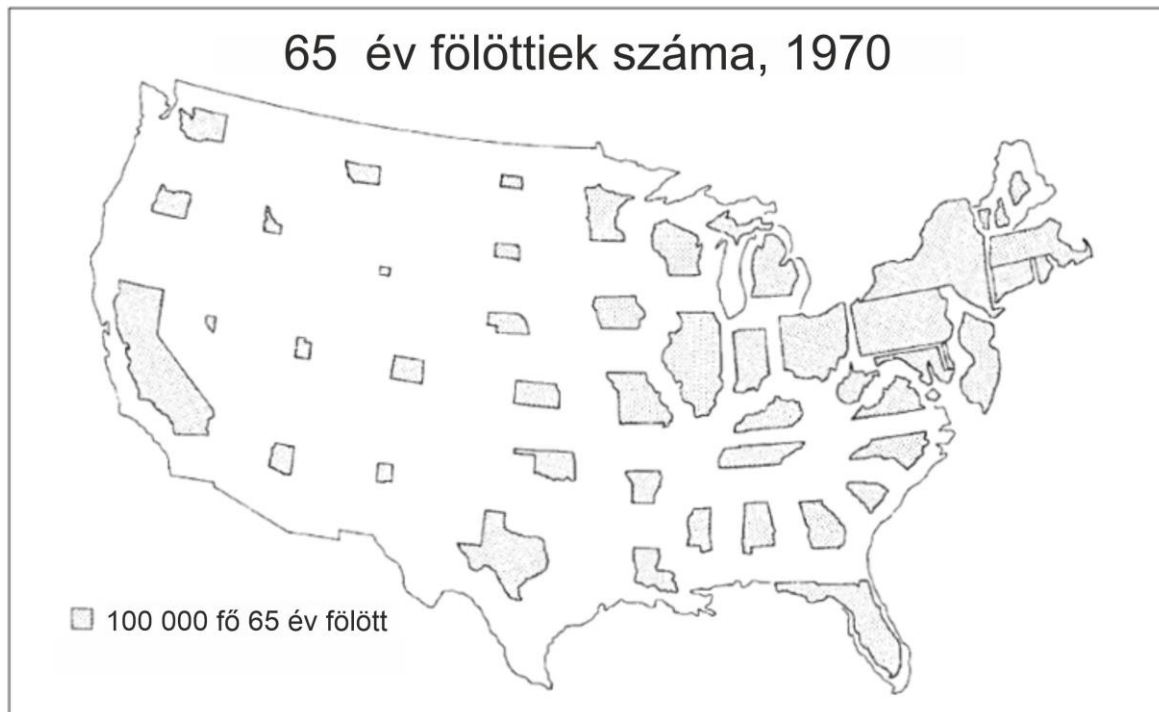
3.1 A területegységek alakját megőrző módszerek

Ezek nem összefüggő, összefüggő és mozaikkartogramokra oszthatók.

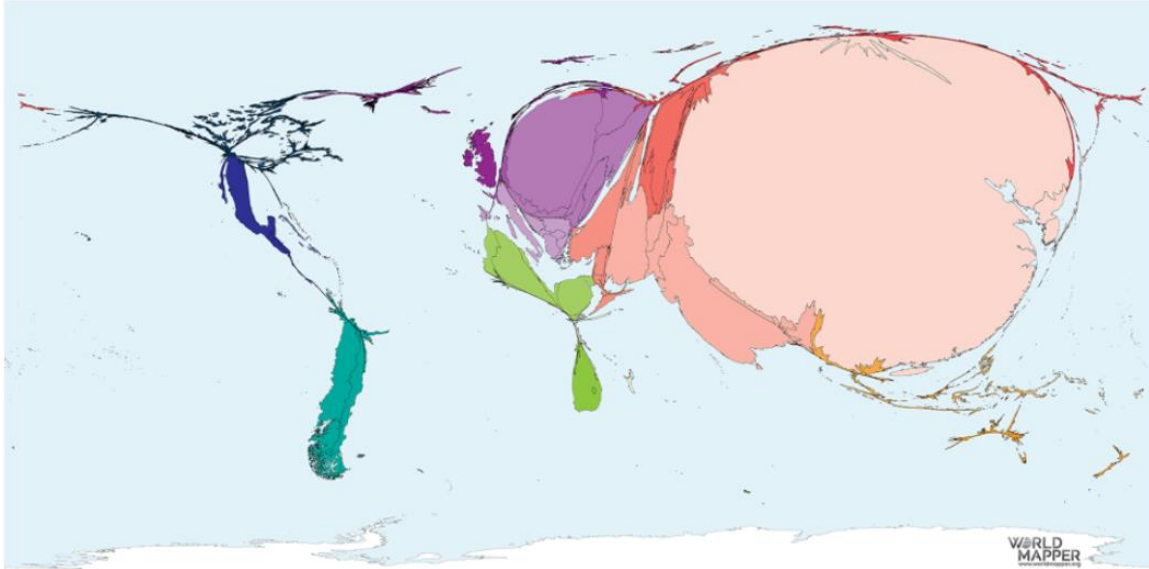
A nem összefüggő kartogram esetében a területegységek helyzete és alakja megmarad, és az egységek területét a legnagyobb értékkel rendelkező felsorolási egységhez képest lekicsinyítjük – 16.18. ábra.

Az összefüggő torzított kartogram esetében a területegységek közötti topológiai kapcsolatok megmaradnak (azaz az egyenértékű vetületben egymás mellett elhelyezkedő egységek a torzított kartogramon is szomszédosak lesznek), és az alak megőrzése is többé-kevésbé szempont.

A nem összefüggő torzított kartogrammal összehasonlítva az összefüggő torzított kartogram vitathatóan jobban adja vissza a „valódi” térképet, mivel a területegységek közötti határkapcsolatok fenntartására törekszik, nincsenek hézagok a területek között, és a teljes vizsgálati egység alakját könnyebb megtartani. Az összefüggő torzított kartogram hátránya azonban, hogy a területegységeket alakjuk miatt nehéz azonosítani – 16.19. ábra.



16.18. ábra. Nem összefüggő torzított kartogram.



16.19. Az almaexport növekedése 2000 és 2016 között.

Hagyományosan az összefüggő torzított kartogramok digitális szerkesztését két probléma nehezítette: a területi egységek közötti topológiai kapcsolatok helyes megőrzésének képtelensége és a lassú létrehozási idő. Michael Gastner és Mark Newman azonban új megközelítést dolgozott ki, amely megőrzi a topológiai kapcsolatokat és hatékony (azaz a végrehajtási idő másodperc nagyságrendű) – ezt implementálta azóta több szoftver is. A Worldmapper (<https://worldmapper.org/>) kiterjedt térképgyűjteményt kínál, amely tovább szemlélteti Gastner és Newman megközelítését.

Benjamin Hennig (2014, 2019) fejlesztette ki a rácskartogramot. Egy rácskartogram létrehozásához az adatértékekből álló raszterhálót készítünk a kívánt országra vagy területre, majd a kapott cellákat a Gastner/Newman algoritmus segítségével az egyes cellákban előforduló értékek függvényében méretezzük. Bár bármilyen mennyiségi attribútum felhasználható a ráscellák méretére, általános megközelítés a népességi viszonyok megjelenítése, amely rácsozott népességkartogramot eredményez. Az így létrejött cellákat akár egy másik változó megjelenítéséhez is használhatjuk – mint a 16.20. ábrán.

US Presidential Election 2020

Results mapped at county level showing the candidate with the largest vote share in each area

Results

Biden

80,063,589 votes (51.1%)

306 electoral votes

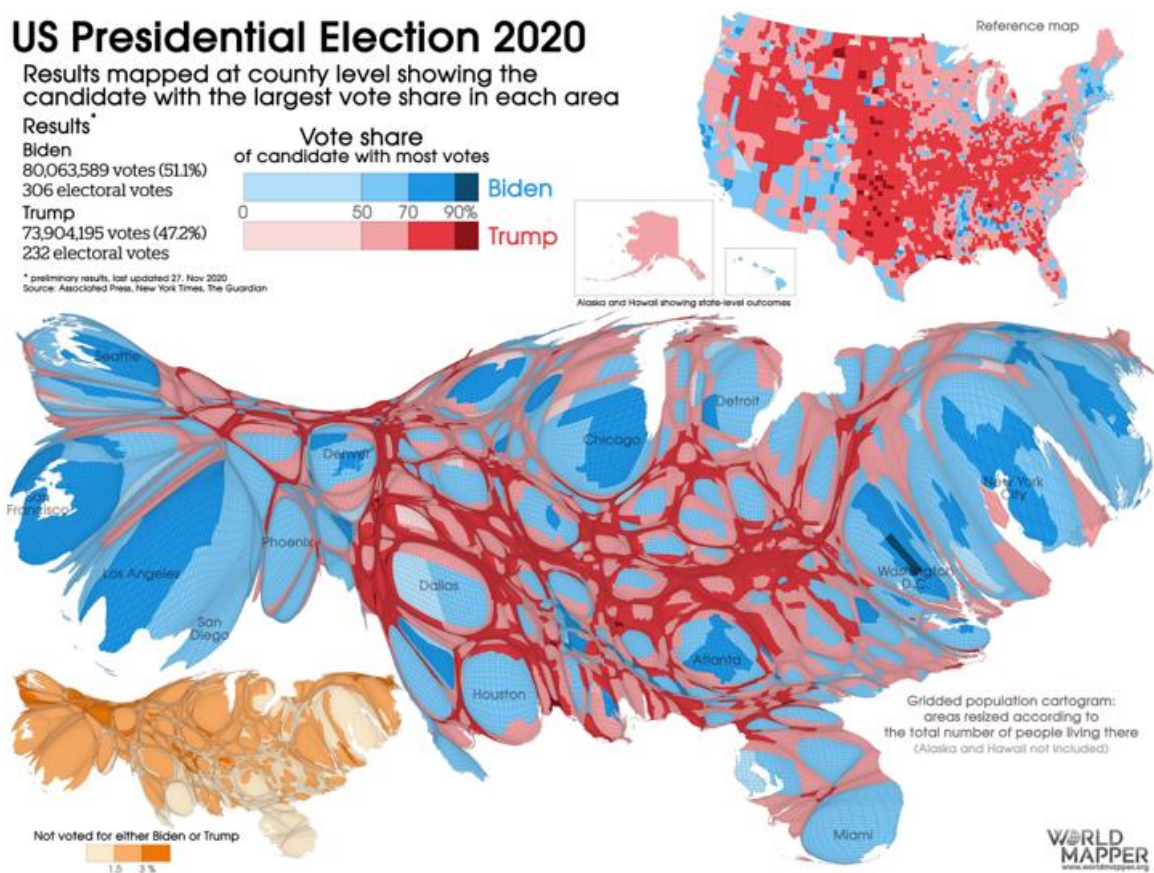
Trump

73,904,195 votes (47.2%)

232 electoral votes

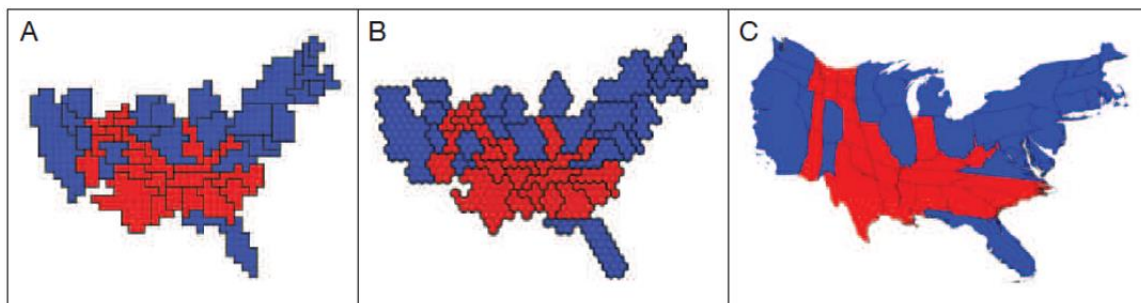
* preliminary results, last updated 27. Nov 2020

Source: Associated Press, New York Times, The Guardian



16.20. ábra. Rácskartogram. A cellák méretét a népesség határozza meg, míg a szín az amerikai elnökválasztás pártjaira utal.

Ahogy a neve is sugallja, egy mozaikkartogramot kis, egyenletes alakú geometriai szimbólumok (általában négyzetek vagy hatszögek) mozaikjának megjelenítésével hozunk létre az adatok függvényében). Gyakori példa az amerikai elnökválasztáson leadott szavazatok ábrázolása (16.21. ábra).

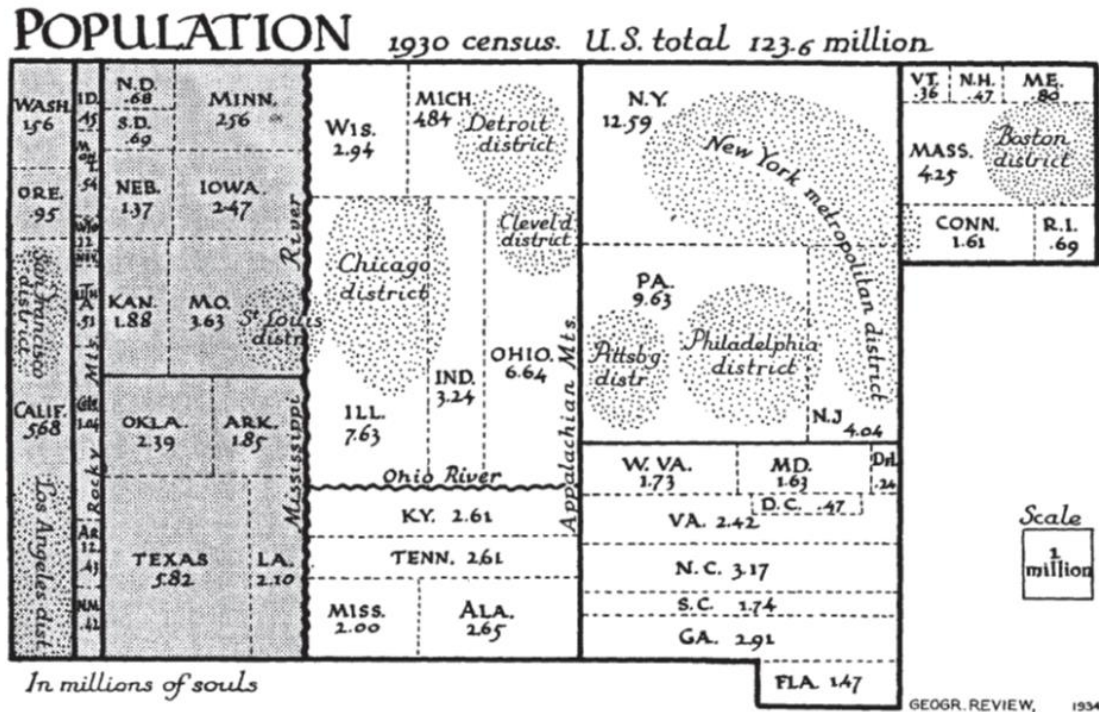


16.21. ábra. A négyzet alakú és hatszögletű mozaikkartogramok (A és B) összehasonlítása a 2012-es amerikai elnökválasztáson elektori szavazatok összefüggő kartogramjával (C).

A demokrata (Barack Obama) által megnyert államok késsel, a republikánusok (Mitt Romney) által megnyert államok pirossal láthatók.

3.2 A területegységek alakját nem megőrző módszerek

Ezeket fel lehet osztani téglalapkartogramokra, Dorling-kartogramokra és Demers-kartogramokra a létrehozáshoz használt geometriai szimbólumok alapján (téglalapok, körök és négyzetek).



16.22. ábra. Raisz téglalapkartogramja.

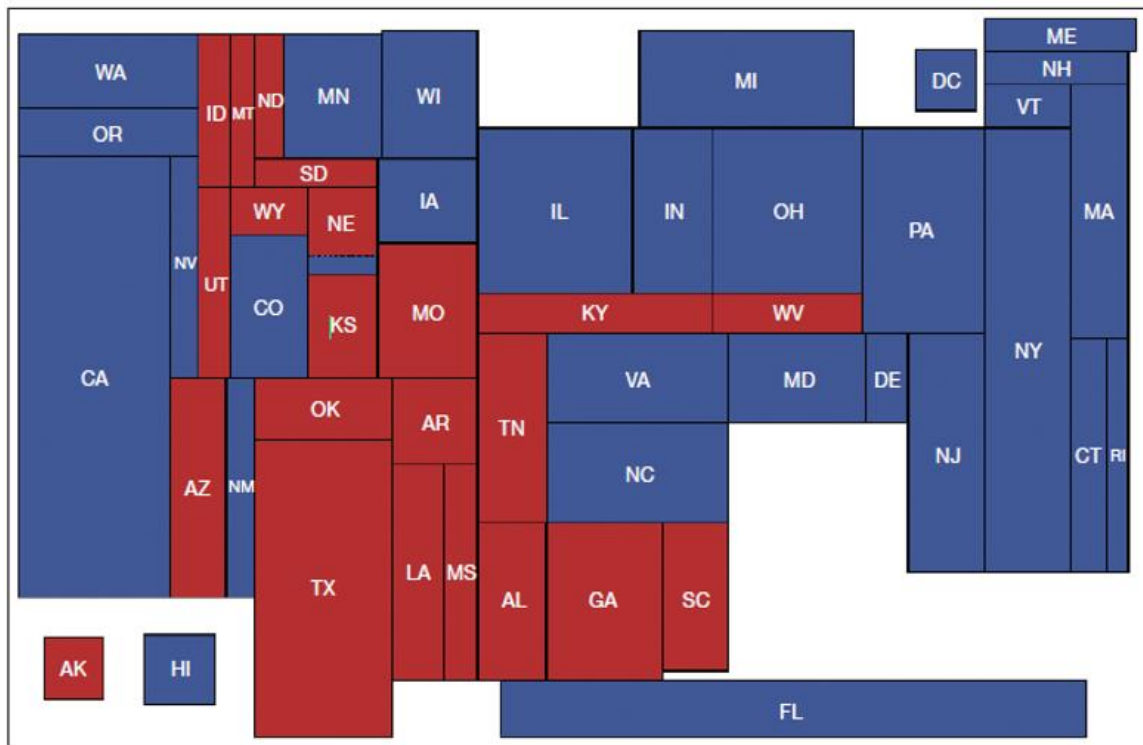
Egy téglalapkartogram létrehozása a területegységeket reprezentáló téglalapok méretezésével történik a megjelenítendő adat függvényében. A területek alakját megőrző kartogramokhoz hasonlóan a területi egységek topológiáját igyekszik fenntartani ez a módszer is – ha már a téglalapok használata az alak megtartására nem is ad lehetőséget. Klasszikus példát Raisz Ervin (1934) alkotott, ahol az Egyesült Államok lakosságát államonként 1930-as adatok alapján jelenítették meg – 16.22. ábra.

Vegyük figyelembe, hogy a területi egységek tényleges alakja helyett téglalapok használatával könnyebb részletes összehasonlítást végezni, hiszen a területek egymáshoz képesti aránya könnyebben becsülhető.

Az elmúlt években számos kutató alkotott digitális módszereket téglalapkartogramok létrehozására. A megfelelő algoritmus kidolgozásának egyik

nehézsége, hogy nem lehet egyszerre fenntartani az egységek közötti területkapcsolatok statisztikai és topológiai pontosságát.

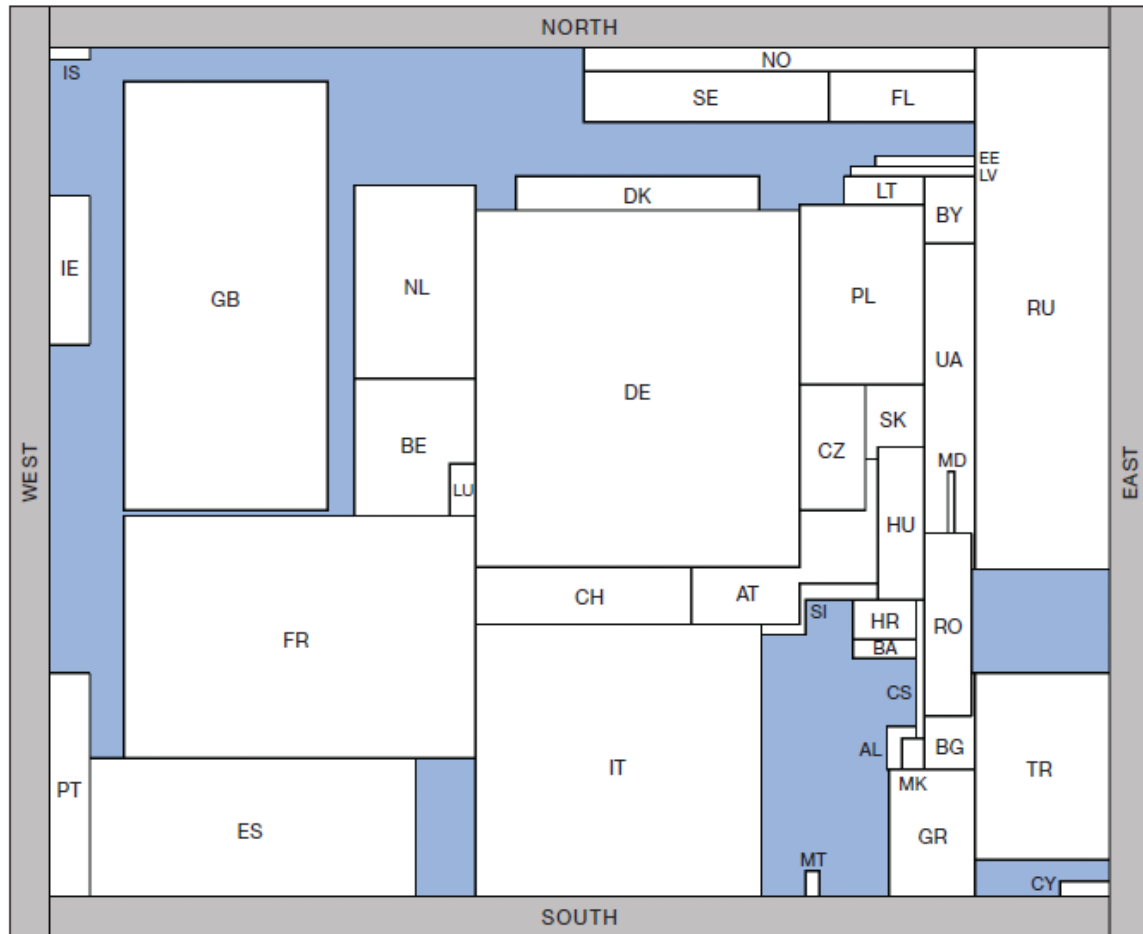
Egy példa Buchin et al. (2012) a 2008-as amerikai elnökválasztás elektori szavazatait ábrázolja – 16.23. ábra. Ez példa egy kétváltozós torzított kartogramra, mivel az egyes államok mérete a választói szavazatok számának függvénye, és az egyes államokon belüli szín pedig azt jelzi, hogy az államot Barack Obama demokrata (kék) vagy John McCain republikánus (pirossal) nyerte. Bár megközelítésük általában téglalap alakú kartogramokat hoz létre, amelyek elfogadható topológiával és nagyon alacsony statisztikai hibával rendelkeznek, Buchin et al. (2012) megjegyezte, hogy amikor a leképezett attribútumadatok rendkívül nagy szórással rendelkeznek, nehéz olyan téglalapkartogramokat létrehozni, amelyek egyszerre rendelkeznek helyes topológiával, alacsony statisztikai hibával és ésszerű oldalaránytal.



16.23. ábra. Buchin és munkatársai kétváltozós torzított kartogramja.

Az egyenes vonalú torzított kartogram (16.24. ábra) a téglalapkartogram általánosítása, amelyben a területegységeket egyenes vonalú sokszögek jelentik. Egy egyenes vonalú sokszög kétféleképpen határozható meg:

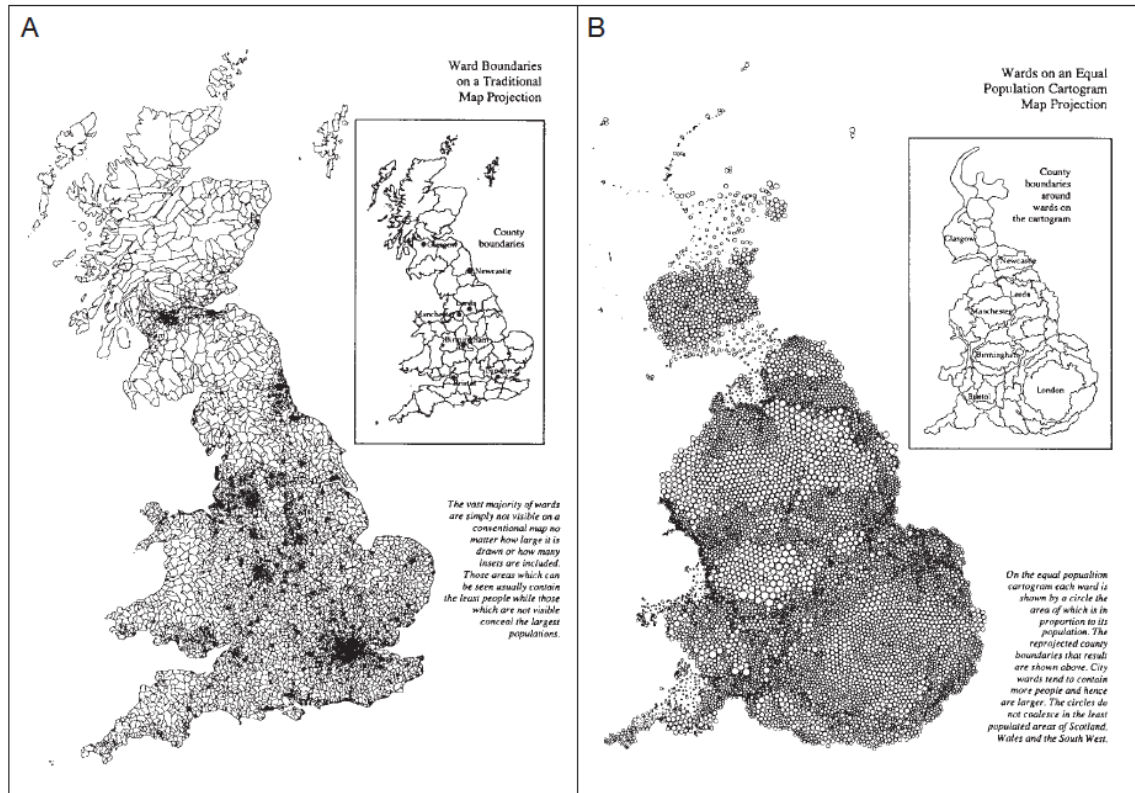
- (1) a sokszöget alkotó szakaszok mind derékszöget zárnak be (a szög mindegyik csúcsnál 90° vagy 270°), vagy
- (2) a sokszöget alkotó szakaszok mind párhuzamosak az x vagy az y tengellyel.
- Ha egy egyenes vonalú sokszög csak négy szakaszból áll, akkor a kapott sokszög egy téglalap.



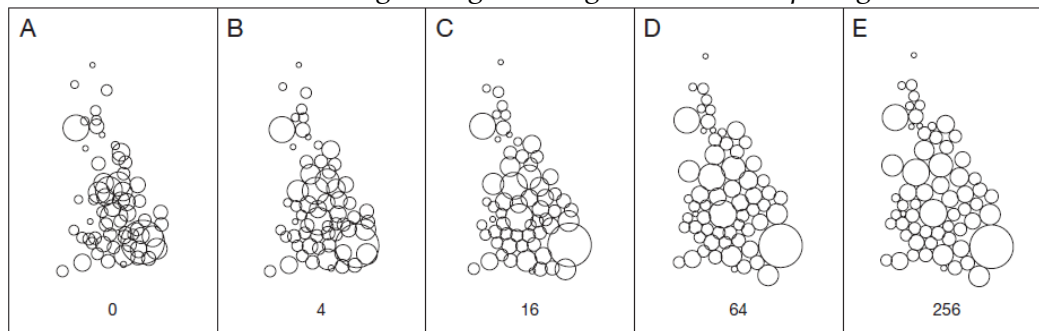
16.24. ábra. Egyenes vonalú kartogram – európai országok GDP-arányai.

Ha köröket használunk a területegységek ábrázolására egy torzított kartogramban, az eredményt általában Dorling-kartogramnak nevezzük (16.25. ábra), a Daniel Dorling (1993, 1995b) által az ilyen térképek létrehozására kifejlesztett digitális technikák miatt. A Dorling-kartogram elkészítéséhez minden egység közepére egy egységes alakú szimbólumot (általában kört) helyezünk, a szimbólum mérete pedig egy attribútum (jellemzően sokaság) függvénye. Kezdetben a szimbólumok átfedik egymást, mivel a kis területek bizonyos esetekben nagy populációkat jelenthetnek. Az átfedés kiküszöbölésére egy iteratív eljárást hajtunk végre (16.26. ábra), amelyben a szimbólumokat fokozatosan

távolítják el egymástól. Ahol lehetséges, a szimbólumok közötti érintkezési pontoknak tükrözniük kell a tényleges területegységek érintkezési pontjait, de néha nem lehet megfelelni ennek a megszorításnak (azaz a topológia nem feltétlenül tartható fenn).



16.25. ábra. Dorling-kartogram Anglia és Wales népességéről.

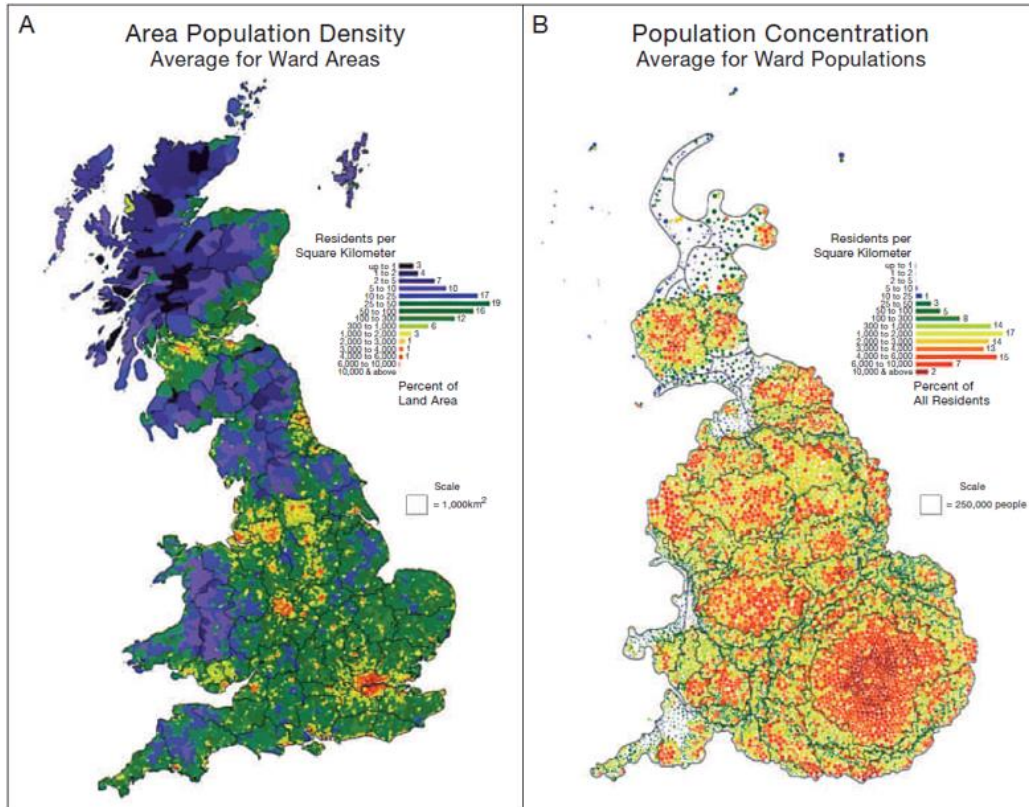


16.26. ábra. Dorling-kartogram „átfedésmentesítése”.

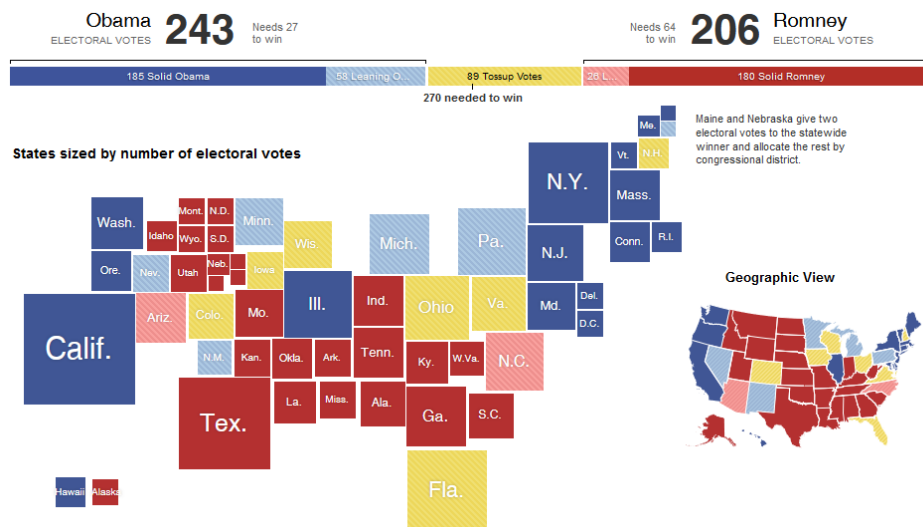
Dorling megközelítésének fő célja, hogy alapként szolgáljon, amelyen más attribútumok is megjeleníthetők (vagyis kétváltozós torzított kartogramok is létrehozhatók – 16.27. ábra).

Ha négyzeteket használunk a területegységek ábrázolására egy torzított kartogramon, az eredményt általában Demers-kartogramnak nevezzük (16.29.

ábra), mivel ezt a technikát Steve Demers fejlesztette ki. A négyzetek használatának előnye, hogy tömörebben helyezhetők el, mint a körök, és így hatékonyabban őrizhetik a topológiát (Nusrat és Kobourov, 2016). A négyzetek használatának lehetséges hátránya, hogy a köröknél kevésbé esztétikusak.



16.28. ábra. Nagy-Britannia népsűrűségének térképei (A) „hagyományos” módon és (B) torzított kartogrammal.



16.29. ábra. Demers-kartogram.

Felhasznált irodalom

Brewer, C. A. (1994). Color use guidelines for mapping and visualization. In A. M. MacEachren & D. R. F. Taylor (Eds.), *Visualization in Modern Cartography* (pp. 123–147). Pergamon.

Carstensen, L. W. (1982). Two-variable mapping by means of an isarithm and cross-hatching technique. *The American Cartographer*, 9(1), 73–76. DOI: 10.1559/152304082783018232.

Chernoff, H. (1973). The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically. *Journal of the American Statistical Association*, 68(342), 361–368. DOI: 10.2307/2284254.

Cox, D. (1990). Exploratory visualization of multidimensional data. *Proceedings of the 1st IEEE Conference on Visualization*. IEEE Computer Society Press.

Dent, B. D., Torguson, J. S., & Hodler, T. W. (2008). *Cartography: Thematic Map Design* (6th ed.). McGraw-Hill.

Dorling, D. (1996). Area cartograms: Their use and creation. *Concepts and Techniques in Modern Geography (CATMOG)*, 59. Geo Books.

Eyton, J. R. (1984). A color scheme for bivariate maps. *The American Cartographer*, 11(4), 319–326. DOI: 10.1559/152304084783914073

Friendly, M. (2008). A brief history of data visualization. In C. Chen, W. Härdle, & A. Unwin (Eds.), *Handbook of Data Visualization* (pp. 15–56). Springer. DOI: 10.1007/978-3-540-33037-0_2.

Gastner, M. T., & Newman, M. E. J. (2004). Diffusion-based method for producing density-equalizing maps. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(20), 7499–7504. DOI: 10.1073/pnas.0400280101.

Jenks, G. F. (1953). Pointillism in thematic mapping. *Annals of the Association of American Geographers*, 43(4), 318–324. DOI: 10.1080/00045605309352220.

Klinghammer, I. (szerk.). (2010). Térképészet és geoinformatika I. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó.

Nusrat, S., & Kobourov, S. G. (2016). The state of the art in cartograms. *Computer Graphics Forum*, 35(3), 619–642. DOI: 10.1111/cgf.12932.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (6th ed.). Wiley.

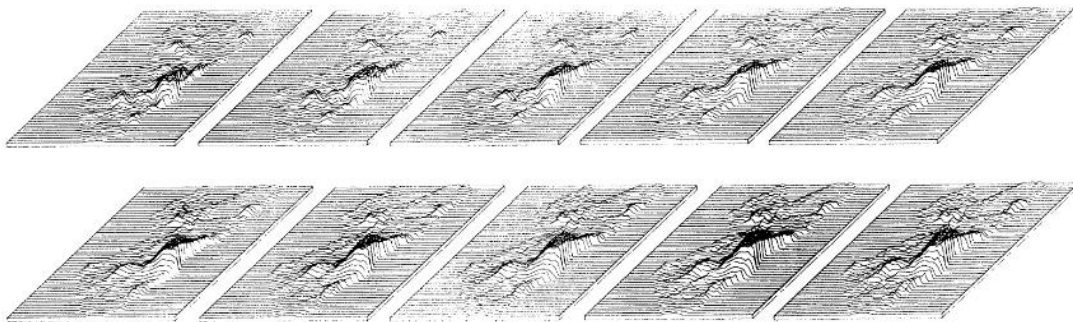
Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (4th ed.). CRC Press.

Raisz, E. (1934). The rectangular statistical cartogram. *Geographical Review*, 24(2), 292–296. DOI: 10.2307/209277.

Tobler, W. R. (2004). Thirty five years of computer cartograms. *Annals of the Association of American Geographers*, 94(1), 58–73. DOI: 10.1111/j.1467-8306.2004.09401004.x.

XVII. Térképi animációk

A térképanimációk, más néven animált térképek a kartográfia és az idődimenzió összekapcsolásával a hagyományos statikus térképeket dinamikus megjelenítéseké alakítják. A térképi elemek mozgásának és időbeli változásának ábrázolásával az animációk képesek olyan jelenségeket bemutatni, amelyek időben fejlődnek, változnak, illetve egymással összefüggésbe kerülnek – például egy város terjeszkedése, egy vihar útvonala vagy társadalmi-gazdasági trendek változása. A térképanimációk tehát lehetőséget adnak arra, hogy időbeli változások, folyamatok és összetett térbeli mintázatok is megjelenjenek a kartográfiai ábrázolásban.



Simulated population growth, Detroit Region. Selection of ten-year interval frames from computer movie. Top row 1910 through 1960, bottom row 1960 through 2000, (non-linear vertical scale).

17.1. ábra. Waldo Tobler 1970-es animációjának lépései.

A GIS rendszerek mára már lehetővé teszik az időbeli adatkezelést és térképanimációk létrehozását, így ezek készítése és megosztása széles körben elérhetővé vált.

A térképanimációk jelentősége a számítástechnikai kapacitás és a vizualizációs módszerek fejlődésével párhuzamosan nőtt. Már a korai kartográfusok is felismerték a mozgóképes megjelenítés lehetőségeit: Waldo Tobler például 1970-ben készített egy számítógépes „filmet”, amely Detroit növekedését modellezte – ezt sokan az egyik első kartográfiai animációnak tekintik. Azóta az animált térképek számos területen elterjedtek: tudományos kutatásokban, környezetmegfigyelésben (például erdőtüzek vagy klímaváltozás nyomon követése), közegészségügyben (járványok terjedésének bemutatása), a médiában és az oktatásban.

Ez a fejezet átfogó áttekintést nyújt a térképanimációkról: bemutatja azok típusait, fejlődéstörténetét, tervezési alapelveit, valamint a gyakorlati alkalmazásokat és eszközöket.

1. Definíció

A térképi animáció olyan vizualizáció, amelyben a térkép tartalma idővel vagy a felhasználó interakciójára reagálva változik, jellemzően időbeli változások vagy térbeli folyamatok szemléltetésére. Egy statikus térképen az idő egy konkrét pillanatot mutat be, míg egy animált térképen az idő a vizualizáció változójává válik. Az animáció ábrázolhat valós időbeli előrehaladást (pl. egy év képkockáinként), vagy egyszerűen mozgást használhat különböző változók összehasonlítására. Így az animációk dinamikát adnak a térképészethez, lehetővé téve azt, hogy négydimenziós térképezésnek (3D tér + idő) nevezzük.

A térképanimációk számos fontos szerepet töltenek be a földrajzi vizualizációban. Először is, természetes módját jelentik az időbeli változások bemutatásának. Az emberi agy ösztönösen érzékeli a mozgást, így a földrajzi jelenségek animált, folyamatos változásként történő megjelenítése érthetőbbé és átélhetőbbé teheti az összetett időbeli mintázatokat. Például egy város terjeszkedését bemutató animáció felfedhet ciklikus növekedési fokozatokat, vagy

kiemelheti a gyors fejlődés időszakait – olyan részleteket, amelyek különálló, statikus térképeken kevésbé lennének szembetűnők.

Másodszor, az animációk több változó egyidejű változását is képesek szinkronban bemutatni, ezáltal megkönnyítve az összefüggések és trendek felismerését. Egy animált kétváltozós térkép például egyszerre mutathatja a hőmérséklet és a csapadék alakulását az évszakok során, segítve a korreláció vizuális észlelését.

Harmadszor, az animációk képesek megragadni a néző figyelmét, és narratív módon vezetni végig a történeten. A statikus térképekkel összevetve a dinamikus térképek gyakran jobban lekötik az érdeklődést, és a mozgáson keresztül fenntartják azt. Ez különösen hasznos lehet történetmesélés során – például egy narrált térképanimáció képes bemutatni egy történelmi csata eseményeinek sorrendjét, vagy egy betegség terjedésének dinamikáját, megjelenítve a történetet a tér-idő dimenzióban.

Mindezen előnyök ellenére fontos hangsúlyozni, hogy az animáció nem mindig a legmegfelelőbb választás; alkalmazhatósága a térkép céljától és a felhasználók igényeitől függ. Az animációk kiemelkedően alkalmasak időbeli folyamatok és dinamikus jelenségek bemutatására. Ugyanakkor mivel az egyes képkockák csak rövid ideig láthatók, előfordulhat, hogy a nézők elsiklanak bizonyos részletek fölött, vagy nehezen tudják összehasonlítani az animáció egymástól időben távolabbi pillanatait. Ezzel szemben a statikus térképek vagy a többszörösök lehetőséget adnak az egyes vonatkozási idők adatainak párhuzamos összevetésre.

Kutatások hasonlították össze az animált és statikus térképsorozatok hatékonyságát, és bizonyos feladatok – például tér-időbeli klaszterek azonosítása – esetén a jól megtervezett animációk segítették a mintázatok gyorsabb és pontosabb felismerését. Más esetekben, amikor a cél pontos értékek összevetése különböző időpontok között, a statikus megjelenítés lehet hatékonyabb. Ezért a térképésznek körültekintően kell döntenie arról, hogy mikor ad hozzáadott értéket az animáció.

2. A térképi animációk típusai

A térképanimációk többféleképpen osztályozhatók. A leggyakoribb felosztás a temporális (időbeli) és a nem temporális (nem időalapú) animációk megkülönböztetésén alapul. A temporális animációk esetében az idő a változás elsődleges dimenziója – vagyis az animáció azt mutatja meg, hogyan változik valami az idő múlásával. Ezzel szemben a nem temporális animációk olyan változásokat jelenítenek meg, amelyek nem kötődnek időbeli folyamatokhoz – például a nézőpont, a lépték vagy az adatábrázolás változását. Mindkét típus hasznos a térképészetben és geoinformatikában, de eltérő célokat szolgálnak.

2.1 Temporális animációk

A temporális térképanimációk földrajzi változásokat ábrázolnak az idő során – ezek lényegében olyan térképek, amelyek idősort tartalmaznak, és kronologikusan játszanak le eseményeket vagy adatértékeket. Az animáció minden egyes képkockája (pillanata) egy adott időpontnak vagy időintervallumnak felel meg (ez az ún. „valódi idő”). Ahogy az animáció halad előre, a térkép frissül, és megmutatja a vizsgált földrajzi jelenség aktuális állapotát (például minden napra, évre vagy évtizedre). Az ilyen animációkat gyakran nevezik idővonalas animációknak, utalva arra, hogy az idő „az x-tengely” mentén halad.

Példák és alkalmazási területek:

- Történeti változásokat ábrázoló térképek: megmutatják, hogyan változnak meg határok, földhasználat vagy más földrajzi jellemzők a történelem során. Modern történeti GIS-animációk például háborús frontvonalak elmozdulását vagy egy ókori civilizáció terjeszkedését mutathatják be.
- Környezeti és éghajlati adatok: a meteorológusok animációkat alkalmaznak az időjárás térképeken (pl. hurrikánpályák), hogy a rendszerek mozgását és fejlődését szemléltessék. A klímakutatók animálják például a tengeri jég kiterjedésének változását vagy a hőmérséklet-emelkedést évtizedenként.

- Népeségi és társadalmi-gazdasági adatok: a demográfusok például a népsűrűség változását animálják, vagy a közegészségügyi szakemberek betegségek terjedését mutatják idő szerint. Ilyen volt például a COVID-19 esetszámainak időbeli alakulását bemutató számos animáció.
- Közlekedési és mozgási adatok: megjeleníthetők mozgó objektumok (járművek, állatok, emberek) térben és időben – például hajó- vagy repülőforgalom egy nap alatt, vagy vadon élő állatok vándorlása évszakok szerint.

A temporális animációkban az idő a kulcsváltozó, és a képkockák általában időrendben (a legrégebbitől az újabb felé) követik egymást. A látvány hatása olyan, mintha visszanéznénk a múltat vagy előre tekintenénk a jövőbe. Az ilyen animációk kihasználják az ember mozgást érzékelő képességét, így jól láthatók a ciklusok (napi, évszakos stb.), trendek (folyamatos növekedés, hirtelen változás) és rendellenességek.

Fontos megjegyezni, hogy a temporális animációk között is eltérhet az átmenet módja. Egyesek lépésenként (frame-by-frame) működnek, ahol minden időlépés különállóan jelenik meg (mint egy pörgetős könyvben). Mások folyamatos animációt alkalmaznak, ahol a köztes képkockákat a rendszer kiszámítja a folytonosság érdekében. A folyamatos animációk jobban alkalmazhatók folyamatosan változó jelenségekre (pl. mozgó járművek), míg a lépésenkéntiek akkor, ha minden időpillanat lényegesen eltérő (pl. évenkénti pillanatfelvételek).

Mivel a temporális animációk időbeli adatokat ábrázolnak, az időjelzők és jelmagyarázatok elengedhetetlenek. Ahogy egy statikus térképhez is tartozik jelmagyarázat, egy animációban is jelezni kell, hogy éppen melyik időpontot látjuk – például dinamikus szöveges feliratként („Év: 1980”) vagy mozgó idővonal segítségével. Jó gyakorlat, hogy az animáció vezérlőelemeket is biztosítson (szünet, időpontra ugrás stb.), főként interaktív térképek esetén. Az animációs jelmagyarázat akár interaktív is lehet, lehetővé téve az időbeli „utazást” például egy csúszka segítségével.

2.2 Nem temporális animációk

A nem temporális térképanimációk olyan változásokat jelenítenek meg, amelyek nem időbeli folyamatokat tükröznek. Ezek az animációk a térkép

nézőpontját, méretarányát vagy adatábrázolását módosítják. Céljuk, hogy térbeli összefüggéseket vagy összehasonlításokat mutassanak be logikus sorrendben váltakozó térképi jelenetek révén. Néhány gyakori típus:

- Repülés- vagy kameraanimációk: A térkép nézőpontja mozog, így olyan érzést kelt, mintha a földrajzi tér felett „átrepülnénk”. Például egy 3D-s animáció átrepül egy domborzati modellen vagy egy város felett; ilyeneket gyakran használnak virtuális túrákra.
- Nagyítási animációk (léptékváltás): A térkép folyamatosan ránagyít vagy távolodik, esetleg különböző léptékek között vált. Ezzel megmutatható, hogyan változik egy mintázat különböző méretarányokban, vagy egy adott területre fókuszálhatunk.
- Elcsúsztatás vagy forgatás: A térkép vízszintesen mozdul el vagy elforog (például egy 3D gömb esetén), hogy más nézőpontokat mutasson.
- Osztályozási vagy adatkapcsolási animációk: A térkép adatosztályozási módszere változik, vagy különböző tematikák váltakoznak egymás után. Például megjeleníthetjük ugyanazt a területet különböző osztályozásokkal, hogy lássuk a módszerek különbözőségeit. Másik példa lehet, ha először népsűrűséget, majd jövedelmi adatokat mutatunk ugyanazon a területen.
- Attribútum- vagy tematikus átmenetek: A szimbólumok vagy adatértékek fokozatosan átalakulnak egyik tulajdonságból a másikba, hogy az összefüggések könnyebben összehasonlíthatók legyenek – például népsűrűségi tematika fokozatos (nem ugrásszerűen, mint előbb) átmenete jövedelmi tematikába.

A nem temporális animációkban a képkockák logikai sorrendben vannak elrendezve, nem időrendben. A logikai sorrend lehet például egy áttekintő nézettől a részletek felé haladás (zoom), vagy kategóriák közötti váltás (osztályozási animáció). Itt a megjelenítési idő egyfajta narratív eszköz, nem a valódi idő leképezése.

A temporális animációktól eltérően itt a „valódi idő” és a „megjelenítési idő” elválik egymástól. Mindkét típus használja az animációs eszközöket (pl. jelenetsorrend, képkockák hossza), de az értelmezés eltér.

2.3 Interaktív és előre renderelt animációk

Egy másik fontos szempont az interaktív animációk és az előre renderelt (lineáris) animációk megkülönböztetése.

Az interaktív térképanimáció lehetővé teszi, hogy a felhasználó vezérelje azt – például szüneteltesse, gyorsítsa, vagy kiválassza, mely adatokat szeretné látni. Az internetes térképek elterjedésével ezek váltak a leggyakoribbá: például irányító eszköztárakon vagy történetalapú térképekben a felhasználó maga rendelkezhet az időcsúszkával, vagy rákattinthat egy objektumra, hogy megtekintse annak időbeli változásait. Az interaktivitás lehetővé teszi a felfedező jellegű elemzést – a térkép ilyenkor nem pusztán bemutat, hanem elemző eszközzé válik.

Az előre renderelt animációk ezzel szemben olyanok, mint egy film: a szerző határozza meg a sorrendet és időzítést, a néző csak passzívan nézi. Ezek lehetnek videók vagy animált GIF-ek, amelyek prezentációkban vagy akár QR-kódon keresztül nyomtatott kiadványban is megoszthatók.

A webes technológia lehetővé tette, hogy térképek ne statikus képként, hanem webes alkalmazásként jelenjenek meg, ahol az animáció dinamikusan reagál az eseményekre. A modern webes GIS API-k (Leaflet, Mapbox GL JS, ArcGIS API for JavaScript) támogatják az animált nézetváltást vagy adatváltozást. Azonban az interaktív animációk tervezése során fontos a felhasználói felület átgondolt kialakítása is – például az intuitív vezérlők, az aktuális időt mutató feliratok, vagy az idővel együtt változó jelmagyarázat megjelenítése.

3. A térképanimációk történeti fejlődése

A térképek időbeli dimenzióval való kiegészítésének gondolata meglepően régre nyúlik vissza. Már a számítógépek megjelenése előtt is kísérleteztek a kartográfusok olyan térképsorozatokkal, amelyek időbeli változásokat mutattak be – például évkönyvekben, térképatlaszokban vagy pörgethető füzetekben (flipbook). Ezek a megoldások lényegében a mai animációk előfutárai voltak, ahol a néző mentálisan vagy manuálisan interpolálta az egymást követő térképek közötti különbségeket. A valódi értelemben vett kartográfiai animáció azonban

csak akkor vált lehetővé, amikor megjelentek a grafikára is alkalmas számítógépek.

Az 1960-as évek végén és az 1970-es évek elején jelentek meg az első számítógépes animációk földrajzi jelenségekről. Az egyik legkorábbi és legismertebb példa Waldo R. Tobler nevéhez fűződik: 1970-ben készítette el „A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region” című rövidfilmjét, amely számítógéppel generált térképeken keresztül mutatta be Detroit térségében a városi terjeszkedés időbeli változását. Ez az úttörő munka demonstrálta, hogy a számítógépes animáció dinamikusan képes modellezni és vizualizálni a földrajzi folyamatokat. Tobler kísérlete mérföldkőnek számít, és másokat is arra ösztönzött, hogy az animációt a földrajzi vizualizáció egyik eszközeként használják.

Az 1970-es és 1980-as években a fejlődés lassú, de folyamatos volt. Az akkori számítógépek korlátozott grafikai képessége és tárhelye megnehezítette a térképek sorozatainak tárolását és lejátszását. Ennek ellenére néhány kartográfus már a nyolcvanas években is készített animációkat kutatási célokra, amelyek gyakran filmre vagy videoszalagra kerültek. Campbell és Egbert 1990-ben írt áttekintése – amely találóan az „Animated Cartography: 30 Years of Scratching the Surface” címet viselte – ezeknek a korai évtizedeknek a tapasztalatait összegezte. A szerzők megállapították, hogy a térképanimáció ígéretes lehetőségei ellenére akkoriban még nem terjedt el széles körben, és potenciálját sem használta ki teljesen a szakma.

Az 1990-es évek jelentették az igazi áttörést, elsősorban a személyi számítógépek és a fejlettebb grafikai szoftverek térhódításának köszönhetően. Olyan kutatók, mint Alan MacEachren, Menno-Jan Kraak és Mark Harrower, új elméleti alapokat fektettek le a kartográfiai animáció és a geovizualizáció terén. Különösen fontos lépés volt az időbeli dimenzióhoz kapcsolódó dinamikus vizuális változók formalizálása. David DiBiase és munkatársai 1991-ben új vizuális változókat vezettek be animált térképekhez – például az időtartamot, a változás ütemét és a sorrendet –, amelyek Jacques Bertin klasszikus vizuális változóinak időbeli kiterjesztését jelentették. MacEachren (1995) ezt tovább bővítette, és olyan változókat is bevezetett, mint a megjelenítési dátum, a gyakoriság és a szinkronizálás, különösen az összetettebb animációk esetén. Ezek

az elméleti keretek lehetővé tették a kartográfusok számára, hogy rendszerezettebben tervezzék és írják le animációikat.

Az évtized végére a kereskedelmi GIS szoftverek és grafikai eszközök is egyre inkább támogatták az animációs funkciókat. Például az Esri ArcView GIS (az ArcGIS elődje) már tartalmazott időbeli adatok kezelésére szolgáló kiegészítőket, míg az Adobe Flash lehetőséget adott interaktív webes térképanimációk készítésére. Ekkor vált népszerűvé a „geovizualizáció” fogalma, amely az interaktív és animált eszközök téradatak kutatására, „felfedezésére” való alkalmazását hangsúlyozta. Kraak és MacEachren, valamint más kutatók kiemelték, hogy a dinamikus térképek nemcsak prezentációra, hanem kutatásra, adatbányászatra is alkalmasak – lehetővé téve az elemzők számára, hogy a térbeli adatokat „lejátszhatóvá” tegyék, és így felismerjék a bennük rejlő mintázatokat.

A 2000-es és 2010-es években a térképanimációk széles körben elterjedtek. Az ArcGIS Desktop bevezette a Time Slider eszközt, amely megkönnyítette az időbeli rétegek animálását. Megjelentek ingyenes és nyílt forráskódú megoldások is – például a QGIS-hez készült TimeManager plugin, amely 2011-től lehetővé tette a felhasználók számára az időbeli adatok animálását. Ezzel párhuzamosan a webes környezetben is megjelentek az animációs lehetőségek: az API-k (például a Google Earth/Maps), majd később a HTML5 és JavaScript könyvtárak révén sok online térkép kapott animált funkciókat – az egyszerű lebegő hatásoktól kezdve a teljes időcsúszkás megoldásokig.

4. Az animált térképek tervezésének alapelvei

Egy hatékony térképanimáció megalkotása a kartográfiai alapelvek és a dinamikus vizualizáció sajátos követelményeinek együttes figyelembevételét igényli. A megfelelő alapelvek – például az egyértelmű jelkulcs vagy a megfelelő színhasználat – természetesen továbbra is érvényesek, azonban az animáció további térképi vizuális változókat és potenciális buktatókat is bevezet.

4.1 Vizuális változók az animációban

A statikus térképeken vizuális változókat alkalmazunk (Bertin nyomán) az adatok megjelenítésére. Az animált térképek ezeket szintén használják, de emellett időbeli vizuális változókat is ábrázolnak.

DiBiase és munkatársai (1992) három alapvető dinamikus változót definiáltak:

- Időtartam (duration): azt jelzi, hogy egy képkocka vagy jelenet mennyi ideig van megjelenítve. Ez befolyásolja az animáció folyamatosságát – rövidebb képkockák (vagy magasabb lejátszási sebesség) gyorsabb, folyamatosabb mozgást eredményeznek, míg hosszabb időtartam esetén az animáció lassabb és darabos lehet. Az időtartam megválasztásának igazodnia kell a képkockák közötti változások mértékéhez: gyors adatváltozások esetén hosszabb megjelenítés lehet szükséges.
- Változás üteme (rate of change): az animáció során egységnyi idő alatt bekövetkező változás mértéke, vagyis a változás sebessége. Magas változási ütem esetén a térkép tartalma gyorsan módosul (ami nehezen követhető lehet), míg alacsony ütem esetén a változás fokozatosabb. Az időtartam és az ütem együtt határozza meg az animáció érzékelt sebességét.
- Sorrend (order): a képkockák vagy jelenetek bemutatásának sorrendje. Időbeli adatok esetén általában kronologikus sorrendet alkalmazunk, de előfordulhat más elrendezés is (például visszafelé történő lejátszás, vagy nem időalapú jelenetek logikai sorrendje).

MacEachren (1995) további változókkal egészítette ki ezt a listát:

- Megjelenítés ideje (display date): az az időpont, amikor a térképen látható változás történik. Ez megkülönbözteti a vizualizáció pillanatát attól az időtől, amit a változás képvisel – különösen fontos összetett, több réteget tartalmazó animációk esetén.
- Gyakoriság (frequency): azt jelzi, hogy egy adott szimbólum vagy jelenség milyen gyakran jelenik meg. Például egy villogó szimbólum ki-be kapcsolása révén a gyakoriság is egy figyelemfelkeltő változóvá válhat.

- Szinkronizáció (synchronization): több idősort vagy eseményt egyszerre animálva fontos kérdés, hogy azok időben összehangoltak-e (például egyidőben változó adatok), vagy eltolva jelennek meg. A szinkronizáció különösen fontos, ha több változót hasonlítunk össze egy animációban – rossz szinkronizáció esetén a néző összezavarodhat.

Ezek a vizuális változók eszköztárat nyújtanak az animációk tervezéséhez. Ugyanakkor ez könnyen túlhasználathoz vezethet. Míg egy statikus térképet a felhasználó tetszőleges ideig tanulmányozhat, az animált térkép „mulandó” – az információ sorban, egymás után jelenik meg. Ha túl sok minden változik egyszerre vagy túl gyorsan, az túlterhelheti a néző kognitív kapacitását. Ezért a hatékony animációtervezés gyakran önmérsékletet és fókuszt igényel: kevés, de jól megválasztott változót animálunk, a többit pedig változatlanul hagyjuk, és úgy időzítjük a változásokat, hogy a néző legyen képes követni azokat.

4.2 Változástípusok és az animáció fókusza

Mark Harrower (2003) szerint a földrajzi jelenségek esetében négy általános változástípust érdemes megkülönböztetni, amikor animációról van szó:

- Helyváltoztatás: objektumok térbeli mozgása (például hurrikánok, állatok vándorlása).
- Kiterjedés- vagy alakváltozás: területek növekedése, zsugorodása, alakulása (például városok terjeszkedése, kiszáradó tó, erdőtűz terjedése).
- Attribútumváltozás: a térben rögzített hely tulajdonsága módosul (például egy régió népsűrűsége vagy hőmérséklete időben változik).
- Megjelenés vagy megszűnés: objektumok megjelenése vagy eltűnése (pl. új utak épülése, fajok kihalása).

Egy animáció több ilyen változástípust is ötvözhethet. Például egy erdőtűzet bemutató animáció egyszerre szemléltetheti a területi kiterjedés növekedését és a levegőtisztaság romlását. A változás típusának felismerése segít az animációs eszközök helyes megválasztásában: helyváltozást mozgó szimbólumokkal, attribútumváltozást színfokozatokkal vagy oszlopmagassággal, létrejövését vagy eltűnést pedig áttűnéssel lehet megjeleníteni.

Fontos döntés az is, hogy a változást folyamatosan vagy lépésenként mutatjuk be. A folyamatos jelenségek esetén a képkockák „interpolálása” (ún. tweening) lehet a megfelelő eszköz, míg diszkrét változások (pl. szakpolitikai döntések) esetén érdemes különálló kockákat használni. Peterson (1994) szerint a színátmenetek és átúszások-áttűnések jól működnek folytonos változások esetén, míg a képkockánkénti animáció jobban illik a diszkrét eseményekhez.

4.3 Kognitív szempontok és kihívások

Az animált térképek megtekintése aktív kognitív folyamat. Ellentétben a statikus térképekkel, ahol a néző szabadon irányíthatja a figyelmét és tempóját, az animáció időben vezérelt, gyakran nem interaktív. A kutatók (pl. Morrison, 2000; Harrower, 2003) több kihívást is azonosítottak:

- Tempó és eltűnés problémája: ha az animáció túl gyors vagy a képkockák túl rövid ideig láthatók, a néző lemaradhat fontos információkról. Ezt a „múlékonyosság” (transience) problémájaként ismerjük: a képkockák elmúlnak, és a néző nem tudja visszahozni őket (ha nincs interaktív lehetőség). Megoldás: a kulcsfontosságú események hosszabb ideig tartó megjelenítése, időzített szünetek, vagy visszajátszás lehetőségének beépítése.
- Túlterheltség: ha túl sok dolog változik egyszerre – például szimbólumok mozognak, színt váltanak –, a néző elveszhet a sokrétű dinamikában. Az emberi munkamemória csak kevés egyidejű változást tud nyomon követni. Megoldás: egyszerűsítés, általánosítás, vizuális hierarchia alkalmazása – például a fő adatok kiemelése élénk színekkel, míg a háttérelemek visszafogottak maradnak. Animációs trükkök, például villogás vagy szöveges kiemelések segíthetnek az eseményekre irányítani a figyelmet.
- Felhasználói kontroll hiánya: nem interaktív animáció esetén a néző passzívnak érezheti magát. Ha vannak interaktív lehetőségek, de ezek nem egyértelműek, szintén akadályt jelenthet. Megoldás: jól látható lejátszás/szünet gombok, időcsúszka, magyarázó szövegek, valamint egyértelmű felhasználói útmutatás. Oktatási környezetben narráció vagy szöveges kíséret segíthet.

- Elemzés kontra bemutatás: bár az animáció remek prezentációs eszköz, az elemzéshez, kutatáshoz nem mindig ideális – például nehéz két időpillanatot egyszerre összevetni. Megoldás: animáció kombinálása statikus térképekkel vagy grafikonokkal; interaktív váltás lehetősége több nézet között.

5. Eszközök és technikák térképanimációk készítéséhez

A térképanimációk készítése eredetileg igen időigényes feladat volt – minden egyes képkockát kézzel kellett megrajzolni vagy renderelni, majd ezeket videóvá fűzni. Napjainkban azonban a GIS szoftverek és speciális eszközök ezt a folyamatot nagyrészt automatizálni tudják.

5.1 Animáció ArcGIS rendszerben

Az ArcGIS már régóta kínál animációs lehetőségeket. Az ArcGIS Desktop (ArcMap) esetében az animáció alapja a Time Slider volt, amelyet az Animation eszköztárral lehetett kiegészíteni az animáció exportálásához. Az újabb, korszerűbb ArcGIS Pro már ennél is integráltabb munkafolyamatot kínál: az Animation Timeline panel és a képkockaalapú (keyframe) animációk révén.

- Időérzékeny adatok előkészítése. Ahhoz, hogy időbeli változásokat tudjunk animálni, a térképen szereplő adatrétegeknek időalapúnak kell lenniük, azaz tartalmazniuk kell dátum/idő attribútumot (például egy „Date” mezőt minden rekordban). Az ArcGIS Pro-ban a réteg időtulajdonságait be kell állítani: meg kell adni a dátum mezőt és az ahhoz tartozó időintervallumot. Miután ez megtörtént, a térképfelületen megjelenik egy időcsúszka (time slider), amely lehetővé teszi az időben való „léptetést” vagy időintervallum-szűrést.
- Animáció és képkockák létrehozása: Az ArcGIS Pro képkockás megközelítést alkalmaz. Egy képkocka a térkép egy adott pillanatbeli állapotát rögzíti (beleértve a nézőpontot, a látható rétegeket, az aktuális

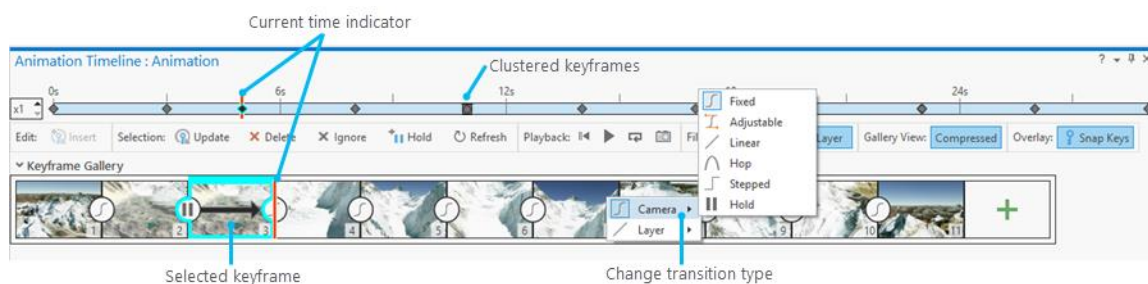
időpontot, ha időérzékeny adatot tartalmaz).Az animáció létrehozásához a View (Nézet) menüben a „Add Animation” gombra kell kattintani. Ez létrehoz egy üres animációt, és megnyitja az Animation Timeline panelt. Ezután beállítjuk a térkép nézetét és időpontját a kívánt kezdőállapotra, majd létrehozunk egy képkockát. Ezután előre lépünk egy későbbi időpontra az időcsúszkán, módosítjuk a térképnézetet vagy rétegeket, majd újabb képkockát szúrunk be.

- Az ArcGIS ezután átmenetet interpolál a képkockák között: például, ha az első kép 2000-re, a második 2020-ra vonatkozik, az animáció átvezeti a nézőt egyik évről a másikra – feltéve, hogy folyamatos áttűnést választunk.

Az ArcGIS Pro lehetőséget ad folyamatos (lineáris) és lépcsőzetes (stepped) időinterpolációra. Ha például évről évre „váltakozó” képeket szeretnénk (pl. kategóriák, amelyek nem jól interpolálhatók), a lépcsőzetes váltás az ideális. Ezzel szemben a folyamatos adatokhoz (pl. hőmérséklet) az alapértelmezett lineáris interpoláció ad fokozatos, sima átmenetet.

Az ArcGIS nemcsak az adatokat, hanem a térképkamerát (nézőpontot) is képes animálni. Létrehozhatunk kulcsképkockákat eltérő térképkiterjedéssel vagy 3D nézettel – a szoftver vezérli a kamera mozgását (pl. ráközelítés, körbepörgetés). Így könnyedén készíthetünk pásztázó vagy „fly-through” típusú animációkat is.

A képkockák tehát többféle elemet képesek rögzíteni: időpontot, nézőpontot, rétegállapotot stb. Ennek köszönhetően komplex, többretegű animációk is létrehozhatók – például miközben a térkép ráközelít egy területre, az adatok időben is változnak. Az Animation Timeline panel vizuális szerkesztőfelületet biztosít a kockák rendezéséhez és az animáció finomhangolásához.



17.2. ábra. Az ArcGIS animációszerkesztő ablaka.

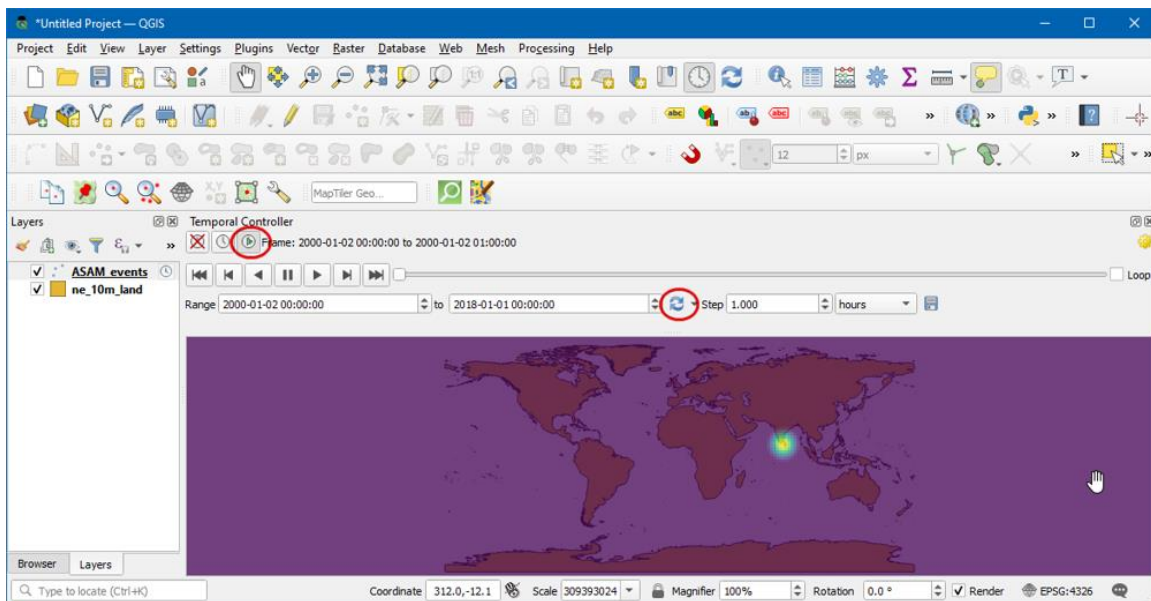
5.2 Animáció a QGIS-ben

A QGIS – mint nyílt forráskódú GIS rendszer – szintén támogatja az időalapú térképanimációkat. Bár a korábbi verziókban ez még külön plugin (TimeManager) használatát igényelte, a QGIS 3.14-es (2020-as) verziójától kezdve az időkezelés és animációs képességek a program alapfunkciói közé kerültek. A QGIS így ma már natívan képes időérzékeny rétegeket kezelni és animálni.

1. Időalapú adatok előkészítése. Ahogy az ArcGIS esetében, itt is szükség van időattribútummal rendelkező adatokra – például egy mezőre, amely dátumot vagy időbélyeget tartalmaz minden egyes rekordhoz. A rétegre jobb egérgombbal kattintva, a „Tulajdonságok” menüben az „Idő” fülön lehet megadni, hogy melyik mező tartalmazza az időinformációt, és hogy az időpont egyedi vagy időintervallumot jelöl (pl. kezdő- és záróidő). Miután ez be van állítva, az időérzékeny réteghez automatikusan hozzákapcsolódik a „Temporal Controller” eszköz, amely lehetővé teszi az időintervallum beállítását, valamint az animáció lejátszását, szüneteltetését, visszaléptetését.

2. Időcsúszká és animációs beállítások. A QGIS Temporal Controller eszköztára egy jól áttekinthető panelt biztosít, ahol meghatározható az időintervallum kezdete és vége, az animáció sebessége, valamint a lépésköz (pl. naponta, havonta, évente). A lejátszás során a QGIS automatikusan frissíti a térképet az adott időablakban érvényes adatokkal. A térkép az idő előrehaladtával frissül, így létrejön az időbeli animáció, amelyet akár képkockák sorozataként is exportálhatunk.

3. Animáció exportálása. A QGIS lehetővé teszi, hogy az animáció eredményét képsorozatként exportáljuk (PNG, JPEG stb.), amelyből később videót készíthetünk. Ez különösen hasznos lehet prezentációk vagy publikációk készítéséhez. A QGIS nem rendelkezik beépített videó-összefűzési funkcióval, de az exportált képekből könnyen készíthetünk videót más szoftverrel.



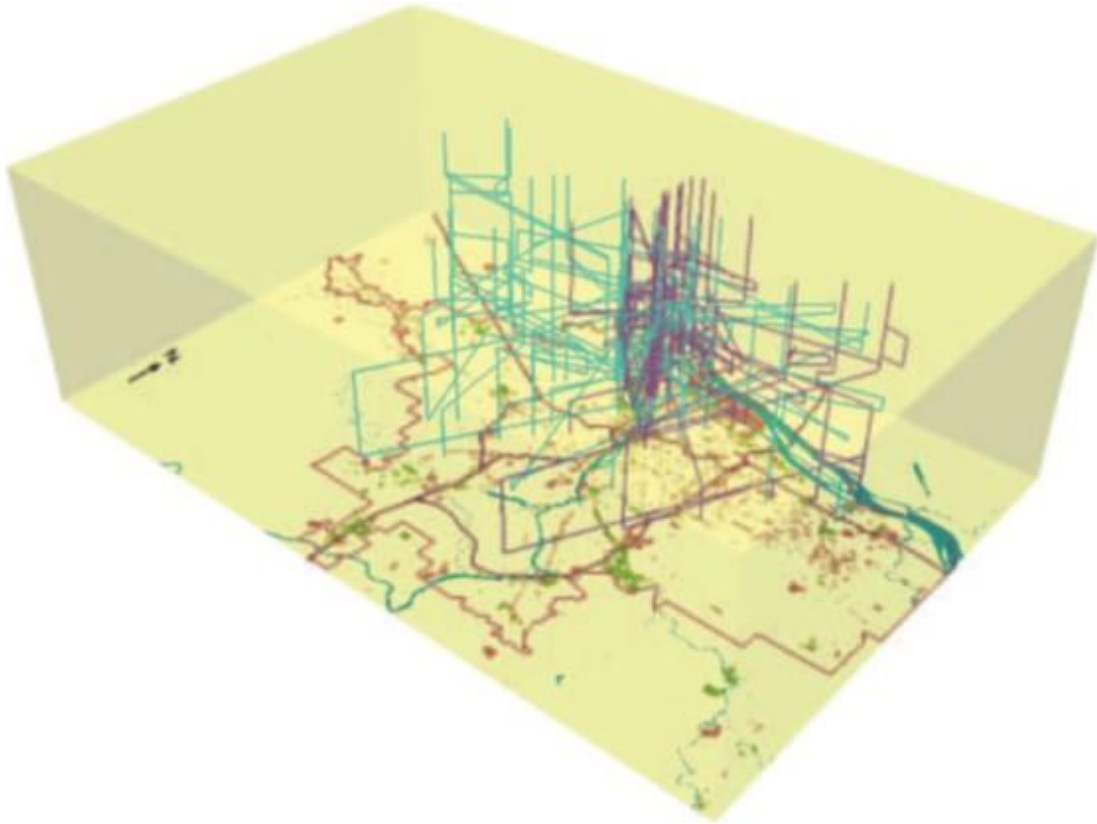
17.3. ábra. Animáció szerkesztése QGIS-ben.

6. Animációk és a 3D tér – a tér-idő kocka

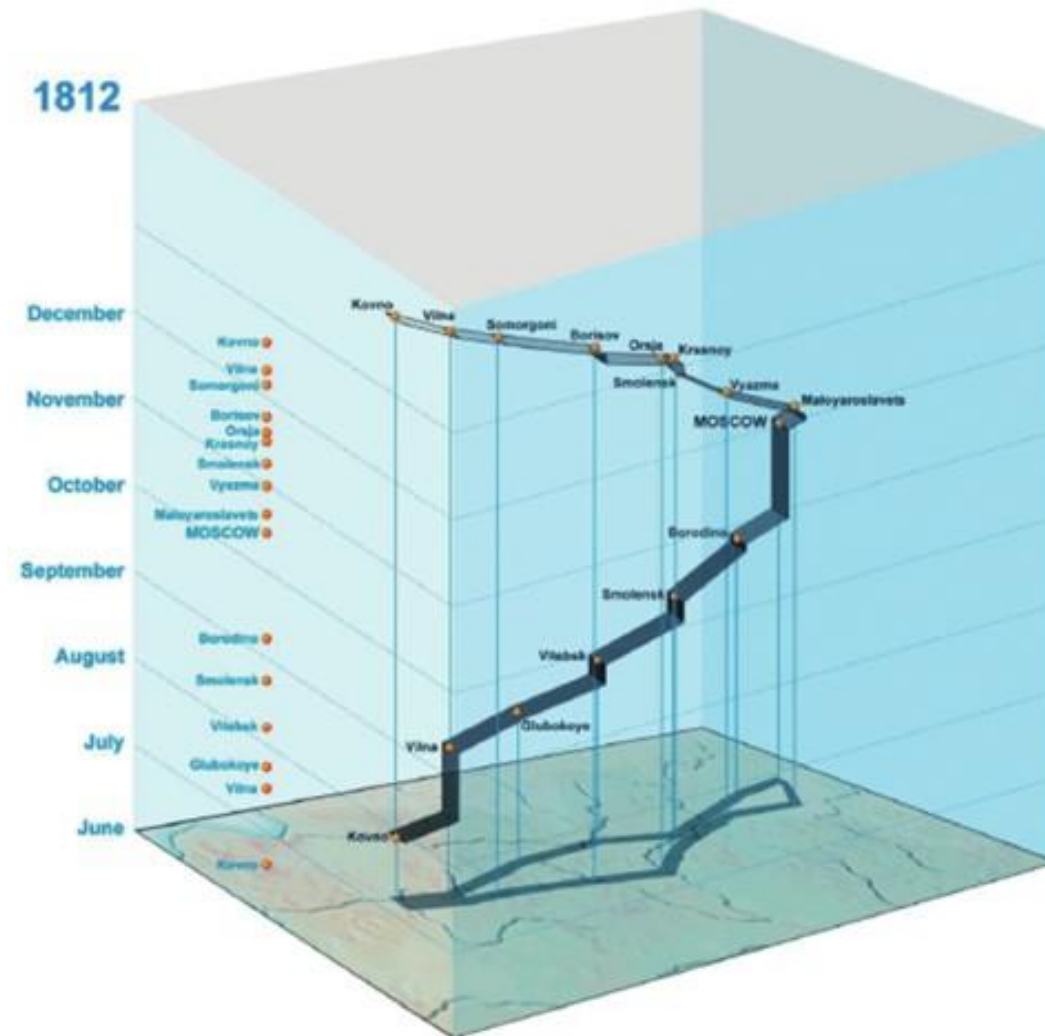
Az imént ismertetett animációk túlnyomó többsége úgy mutatja be a tér-időbeli változásokat, hogy kétdimenziós (2D) térben változtatja a képeket az idő múlásával. Ennek a megközelítésnek azonban lehet egy hátránya: egy adott pillanatban csak egy időpontot láthatunk. Egy alternatív megközelítés az, hogy az időbeli változásokat a harmadik dimenzióban (z-tengely) ábrázoljuk, és így létrehozunk egy tér-idő kockát (space-time cube).

A tér-idő kocka lehetővé teszi, hogy ne csak az egyes időpontokhoz tartozó térbeli mintázatokat lássuk, hanem az időbeli változásokat is egyetlen háromdimenziós struktúrában. Ez a megjelenítési forma hatékony alternatívája lehet az animációnak, ha célunk az időbeli változások vizsgálata.

A tér-idő kocka gondolatát általában Torsten Hägerstrand (1970) nevéhez kötik, azonban a korabeli számítógépes technológia még nem volt alkalmas arra, hogy az elképzelést interaktív vizualizációkban is megvalósítsák. Körülbelül 20 évbe telt, mire a földrajztudósok és kartográfusok ténylegesen elkezdtek kiaknázni a tér-idő kocka koncepciójában rejlő lehetőségeket (17.4-5. ábrák).



17.4. ábra. Mei-Po Kwan (2000) egy tér-idő kockát készített, amely a napi tevékenységi útvonalakat ábrázolja – a z-tengely itt a nap folyamán eltelt időt jelöli. A Portlandben (Oregon állam, USA) készült ábrán az afroamerikaiak mozgását lilával, míg az ázsiai-amerikaiakét zölddel jelenítette meg.



17.5. ábra. Menno-Jan Kraak (2014) a tér-idő kockát Minard klasszikus térképének (Napóleon 1812-es oroszországi hadjárata) időkomponensének bemutatására használta. Figyeljük meg, hogyan jelenik meg az események tér-időbeli útvonala a kockán belül!

7. Példák

Példák temporális animációkra:

Légi járatok a koronavírus előtt és után (mozgások):

<https://tinyurl.com/NYTimesCoronaAnimation>.

Légiforgalom atlasza (idősoros mozgások):

<http://maps.unomaha.community/AnimatedFlightAtlas/>

USA nemek aránya (kartogramok):

<http://www.edstephan.org/Animation/sexrations.html>

Elnökválasztási részvétel (kartogram-térképanimáció):

<https://dsl.richmond.edu/voting/voterturnout.html>

Munkahelyteremtés és -megszüntetés:

<https://tipstrategies.com/visualizations/geography-of-jobs/>

CO₂ szintek változása – izovonalas megjelenítés:

<http://co2.digitalcartography.org/>

Buboréktérképek (pl. GDP, népesség):

[https://www.gapminder.org/tools/#\\$ui\\$chart\\$opacitySelectDim:1;;&chart-type=bubbles&url=v2](https://www.gapminder.org/tools/#uichart$opacitySelectDim:1;;&chart-type=bubbles&url=v2)

Fly-over / Fly-through animációk: Olyan animációk, amelyek azt az élményt adják, mintha „átrepülnénk” egy táj vagy tematikus térkép felett. Gyakori 3D-s, domborzati megjelenítéseknél.

Grand Canyon – repülés szimuláció:

<https://www.nps.gov/grca/learn/photosmultimedia/fly-through.htm>

Nem temporális animáció – példa: Wind Map: Dinamikus, de nem időalapú megjelenítés. A szélmozgásokat folyamatosan frissülő, élő térképen mutatja.

<http://hint.fm/projects/wind/>

Interaktív animációk – felhasználó bevonásával

Menekültek mozgása (The Refugee Project):

<https://www.therefugeeproject.org/#/2022>

COVID-19 terjedésének térbeli animációja (CoronaViz):

<https://covidviz.umiacs.io/>

Felhasznált irodalom

Bertin, J. (1983). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. Madison: University of Wisconsin Press.

Campbell, C. S., & Egbert, S. L. (1990). Animated cartography: Thirty years of scratching the surface. *Cartographica*, 27(2), 24–46.

DiBiase, D., MacEachren, A. M., Krygier, J. B., & Reeves, C. (1992). Animation and the role of map design in scientific visualization. *Cartography and Geographic Information Systems*, 19(4), 201–214. DOI: 10.1559/152304092783721231.

Harrower, M. (2003). Tips for designing effective animated maps. *Cartographic Perspectives*, (44), 63–65.

Dent, B. D., Torguson, J. S., & Hodler, T. W. (2008). *Cartography: Thematic Map Design* (6th ed.). McGraw-Hill.

Kraak, M.-J. (2003). The space-time cube revisited from a geovisualization perspective. In M. Goodchild, M.-J. Kraak & R. Weibel (Eds.), *Proceedings of the 21st International Cartographic Conference* (pp. 1988–1996). Durban: ICA.

Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2020). *Cartography: Visualization of Geospatial Data* (4th ed.). Routledge.

MacEachren, A. M. (1995). *How Maps Work: Representation, Visualization, and Design*. Guilford Press.

Morrison, J. L. (2000). The science of cartography and its application to map design. *Cartography and Geographic Information Science*, 27(3), 171–186.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (6th ed.). Wiley.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (4th ed.). CRC Press.

XVIII. Adatfeltárás

A hagyományos kartográfiai szemléletet követve jellemzően egyetlen „legjobb” térképet készítünk, amely egy kitűzött mondanivalót közöl a felhasználóval. Az interaktív grafikus eszközök megjelenésével azonban világossá vált, hogy nem feltétlenül szükséges (sőt, néha nem is kívánatos) egy statikus, végleges térképnél maradni. Ehelyett az adatfeltárás (data exploration) módszerét alkalmazva a térképész és a felhasználó interaktív eszközök sokaságával vizsgálhatja a térbeli adatokat. Így lehetőség nyílik a különféle megjelenítések dinamikus kipróbálására és az emberi agy vizuális feldolgozóképeségének kihasználására. Az adatfeltárás lényege tehát az, hogy ne egyetlen statikus térképre hagyatkozzunk, hanem engedjük a felhasználót „játszani” az adatokkal: változtassa a térkép paramétereit, több nézetben hasonlítsa össze az információkat, és interaktív módon fedezzen fel eddig ismeretlen mintázatokat a térbeli adatokban.

Fontos kiemelni, hogy az adatfeltárás személyes folyamat: a felfedezés a térképész vagy a felhasználó egyéni preferenciái, nem pedig előre definiált sémák szerint történik. Az interaktív felfedezés célja az ismeretlen minták feltárása. A Big Data korában ugyanakkor az is nyilvánvalóvá vált, hogy az ember és a hagyományos interaktív eszközök önmagukban korlátokba ütköznek. E korlátok áthidalására jelent meg a geovizuális analitika (geovisual analytics) területe, amely az adatfeltárás emberi-kognitív megközelítését ötvözi a számítógépek számítási

kapacitásával, hogy a hatalmas adatállományokban rejlő mintázatokat automatikus módszerekkel segítsen felfedni.

1. Az adatfeltárás céljai

Az adatfeltárás négy fő céllal rendelkezik, amelyek lényegében megegyeznek a statikus térképeknél felmerülő elemzési kérdésekkel. A különbség abban rejlik, hogy az interaktív feltáró környezetben ezek a célok sokkal hatékonyabban érhetők el a dinamikus eszközök révén. Ezek tehát:

- **Egy változó térbeli mintázatának azonosítása adott időpontban.** Példa: Milyen volt a lakásárak térbeli eloszlása Budapesten 2020-ban? – Ilyenkor egy adott jelenség (lakásárak) földrajzi mintázatára kérdezzük rá egy időpillanatban.
- **Két vagy több változó térbeli mintázatának összehasonlítása adott időpontban.** Példa: Hogyan viszonyul egymáshoz a lakásárak és a népesség iskolai végzettségének térbeli eloszlása 2020-ban? – Itt különböző attribútumok földrajzi eloszlását vetjük össze a térben (pl. magas lakásárak ott fordulnak-e elő, ahol magas az iskolai végzettségűek aránya).
- **Egy változó térbeli mintázatának változása az időben.** Példa: Hogyan változott a lakásárak térbeli mintázata az elmúlt évtizedben, 2010 és 2020 között? – Az időbeli trendek térbeli vetületét keressük, vagyis hogy a mintázat hogyan terjeszkedik, tolódik el vagy módosul időben.
- **Két (vagy több) változó kapcsolatának időbeli változása a térben.** Példa: Miként változott az összefüggés a lakásárak és a népesség iskolai végzettsége között 2010 és 2020 között térbeli vonatkozásban? – Itt már egy összetettebb, idősoros összehasonlítást végzünk: azt vizsgáljuk, hogy két jelenség térbeli korrelációja időben erősödik vagy gyengül-e, és ennek van-e térbeli mintázata.

E kérdések mindegyikét statikus térképekkel is feltehetnénk, csak hogy gyakran nem kapunk egyértelmű választ egy darab papírtérképről. Az interaktív adatfeltárás épp abban segít, hogy a fenti célok eléréséhez szükséges

információkat több nézet kombinált használatával és a térkép manipulálásával nyerjük ki. Például már az első cél esetében: ha egyetlen felületkartogramot készítünk a lakásárakról, a látott mintázat erősen függ a választott színskálától és osztályozástól – egy piros-kék divergens skála esetén más adatok tűnnek ki, mint egy kék monokróm skálánál. Egy interaktív feltáró környezetben viszont pillanatok alatt átállíthatjuk a színeket vagy a kategorizálást, és így felfedezhetünk olyan térbeli jellegzetességeket, amelyek az eredeti beállítással rejtve maradtak volna.

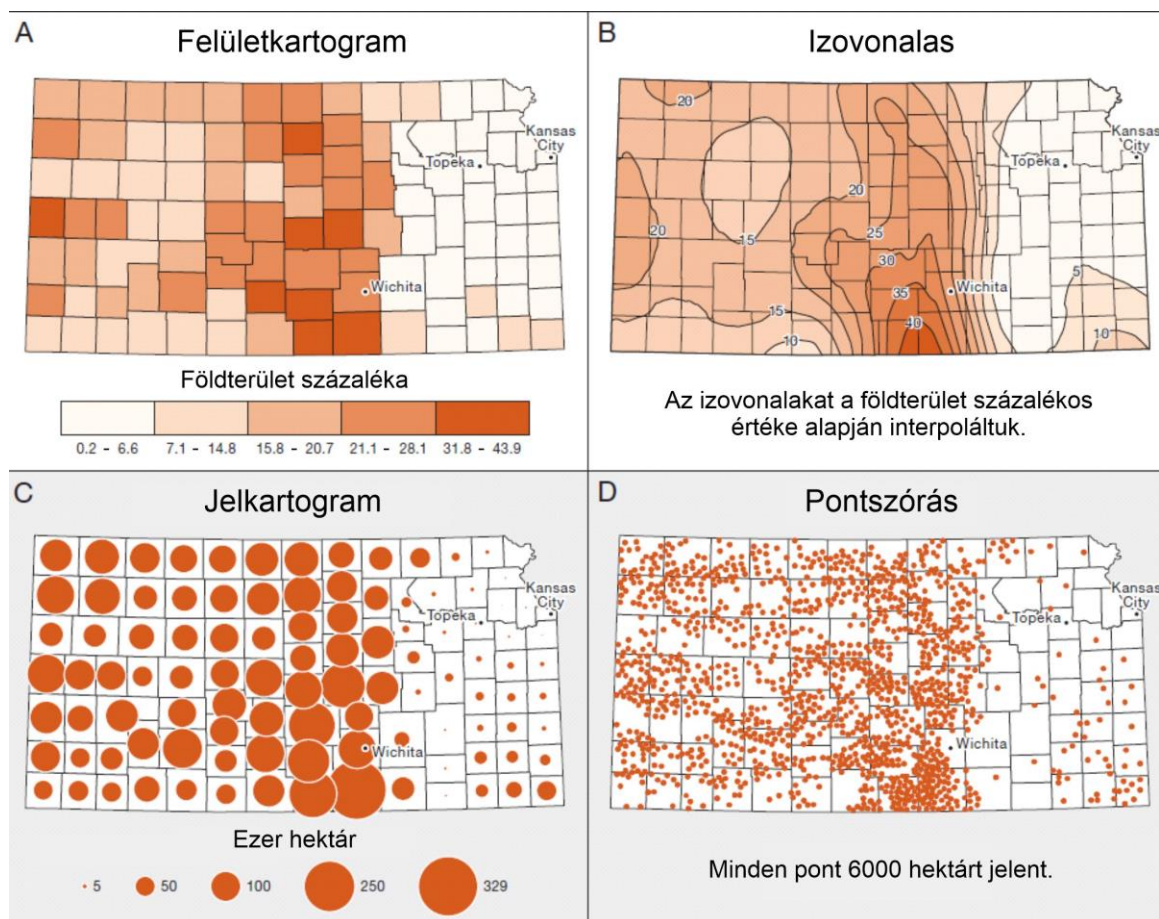
2. Az adatfeltárás módszerei

Az adatfeltáró rendszerek számos funkciót kínálnak a felhasználónak. Nincs szigorúan rögzített lista, de a szakirodalom alapján több fontos módszer azonosítható. Alább tizenkét kategóriába sorolva ismertetjük a legfontosabbakat, melyek a gyakorlatban gyakran kombináltan jelennek meg egy-egy feltáró rendszerben.

Adatok manipulálása (transzformálás és osztályozás). Az adatmanipuláció célja, hogy az adatainkat olyan formára hozzuk, amely megkönnyíti a térképi értelmezést. Ide tartozik például az adatok standardizálása (pl. nyers népességadat helyett népsűrűség vagy arányszám számítása, hogy a területegységek méretkülönbségeit kiküszöböljük), átalakítása (pl. logaritmikus transzformáció alkalmazása erősen ferde eloszlású adatoknál), illetve a különféle osztályozási eljárások használata. E műveletek egy része külső programban (pl. táblázatkezelőben) is elvégezhető, de az adatfeltáró szoftverek gyakran tartalmazzák ezeket a funkciókat beépítve – ezzel megkönnyítik és felgyorsítják a próbálkozást, hiszen a felhasználó egyetlen környezetben maradva, interaktívan változtathat például az osztályhatárokon és azonnal láthatja a hatást a térképen.

Az ábrázolási módszer változtatása. Az ábrázolási mód változtatása az adatfeltárás egyik leghatékonyabb eszköze. Ugyanazon adathalmaz esetében különböző tematikus térképtípusok más és más mintázatot mutathatnak. Például egy népességeloszlást megjeleníthetünk felületkartogramon, izovonalas térképen, kördiagramokkal vagy ponttérkép formájában – mindegyik más vizuális benyomást ad (18.1. ábra). Egy interaktív feltáró környezetben a felhasználó akár

egy gombnyomással válthat a megjelenítési módok között, gyorsan végignézzve, hogy melyik fedi fel legjobban a kívánt jelenséget. Nemcsak a megjelenítés típusa, hanem annak paraméterei is dinamikusan változtathatók. Ha például maradunk a felületkartogramoknál, számtalan színskála közül választhatunk, és ezek eltérő hatást kelthetnek. Hasonló módon variálhatjuk például a jelek méretarányát jelkartogramokon, a vonalak vastagságát egy izovonalas térképen stb. A lényeg, hogy a felhasználó rögtön látja a módosítás eredményét, és így gyors visszacsatolást kap arról, melyik megjelenítési mód segít jobban észrevenni a releváns mintákat.



18.1. ábra. Az ábrázolási módszer változtatása.

A felhasználó nézőpontjának változtatása (zoom, pásztázás, 3D nézet). A nézőpont manipulálása azt jelenti, hogy a térképi tartalmat más és más nézőpontból tekintjük meg anélkül, hogy magát az adatréteget vagy az adatábrázolás módját megváltoztatnánk. Ennek legegyszerűbb formái a nagyítás (zoom) és a pásztázás (pan), amelyek ma már minden térinformatikai alkalmazás

alapvető funkciói. Mivel a képernyők korlátozott méretűek, a zoomolás kritikus fontosságú: lehetővé teszi, hogy a részleteket is megvizsgáljuk, majd visszatérjünk az egész terület áttekintéséhez. A jobb eszközök ilyenkor automatikusan igazítják a térkép generalizáltsági szintjét (pl. nagyobb zoomnál több városnév jelenik meg, kisebb zoomnál kevesebb). A nézőpont manipulációjának egy speciális esete a halszem-lencse (fish-eye lens) technika, amikor a térkép egy kijelölt részét nagyítjuk ki lokálisan, miközben a környezetét torzítva kicsinyítjük le. Ezáltal egy adott fókuszerületen a részletek láthatóvá válnak, de a tágabb kontextus (a torzított környezet) is megmarad, csak kevésbé hangsúlyosan. Háromdimenziós (3D) térképek és felszínmodellek esetén a nézőpontváltás még fontosabb: a dőlésszög és a nézeti irány változtatásával teljesen más alakzatok és takarások jelennek meg. Egy hegyvidék 3D modelljén például előfordulhat, hogy egy magas hegy eltakar mögötte egy völgyet egy bizonyos nézőpontból – ilyenkor a felhasználó forgathatja a modellt, hogy „bekukucskáljon” mögé. A modern virtuális környezetekben (VR) és kiterjesztett valóságban (AR) a navigáció (egérrel, joystickkal, stb.) és a tájékozódás visszajelzése (pl. iránytű, rácsháló) külön kutatási téma.

Több térképnézet párhuzamos használata. Nagyon hasznos adatfeltárási módszer a több térkép egyidejű megjelenítése egy képernyőn. Ezt hívjuk többszörösöknek (small multiples): több kisebb térképet látunk egyszerre, mindegyiken más (de összehasonlítható) adatokkal. Egy másik megközelítés, hogy ugyanazt az adatot jelenítjük meg más-más módszerrel párhuzamosan. Az emberi látás kiválóan alkalmas vizuális összehasonlításra, ezért a többszörös technika egy erős eszköz: a párhuzamos térképnézetek révén finom összefüggéseket is kiszűrhetünk, amelyeket egy önálló térképen lehet, hogy elmulasztanánk.

Térképek és más megjelenítések összekapcsolása (koordinált többnézetű megjelenítés). Az adatfeltárási kulcsa gyakran az, hogy ne csak térképet, hanem diagramokat, táblázatokat is használjunk egyszerre, és ezeket összekössük. Ezt nevezik koordinált többnézetű megjelenítésnek, amikor a különböző nézetek (térképek, grafikonok, statisztikai kimutatások) együtt, egymással összhangban reagálnak a felhasználó műveleteire. A tipikus funkció az, hogy ha egy elem ki van emelve az egyik nézetben, akkor a többiben is kiemelt állapotba kerül. Például: ha a felhasználó rákattint egy megyére a térképen, akkor a program

kiemeli azt a sort az adattáblában, megjelöli a megfelelő pontot egy szórásdiagramon stb. Fordítva is: ha a táblázatban vagy grafikonon kijelölünk bizonyos értékeket, a térképen az azokhoz tartozó területek kiemelkednek. Emellett a numerikus összegzések (mint például statisztikai mutatók) is szerepet játszanak: egy jó feltáró rendszer valós időben megmutat alapstatisztikákat is. Ha több változó van a vizsgálatban, akár a korrelációs együtthatót is kiszámíthatja a rendszer az épp kijelölt adathalmazra. Ezzel a felhasználó azonnali visszajelzést kap a látott mintázatok statisztikai megalapozottságáról is.

Adatrészek kiemelése (brushing és fókuszálás). Az interaktív feltárásban alapvető fontosságú, hogy a felhasználó kijelölhessen a teljes adathalmazból egy részhalmazt, és azt vizuálisan kiemelve vizsgálhassa a térképen vagy diagramokon. Ezt nevezzük kiemelésnek (highlighting), amely gyakran együtt jár a szűréssel (filtering), amikor csak a kijelölt adatok maradnak láthatóak. Két gyakran említett fogalom e kapcsán a brushing és a fókuszálás (focusing). Az irodalom szerint a brushing két lépésből áll: egy kijelölés a felhasználó részéről (pl. egy téglalappal kijelöl néhány objektumot a térképen), majd egy manipulációs lépés, ami rendszerint a kiemelés (pl. a kijelölt objektumokat más színnel emeli ki a rendszer). A fókuszálás sokszor szinonimaként jelenik meg, de itt úgy értelmezhetjük, mint a szűkítés: az adathalmaz leszűrése a kijelölt elemekre. Például, ha az összes magyarországi járás közül kijelöljük azokat, amelyekben a népességnövekedés 2020-ban meghaladta az 5%-ot, akkor fókuszálunk ezen járások halmazára – a brushing pedig az a művelet volt, amivel kiválasztottuk és kiemeltük őket. Hagyományosan a kiemelést élénk színekkel végzik (pl. rikító vörös folt jelöli a kijelölt elemeket a térképen).

A megjelenítés lekérdezése (probing). Az interaktív térképek egyik nagy előnye, hogy közvetlenül lekérdezhetjük az értékeket: rámutatunk az egérrel egy objektumra, és megkapjuk az ahhoz tartozó attribútumadatot (vagy adatokat). Ezt a műveletet gyakran probe-nak, vagy egyszerűen azonosításnak nevezik. Míg egy statikus térképnél a jelmagyarázat alapján próbáljuk kitalálni, hogy egy adott területegység milyen értékű a színskálán, addig interaktív térképnél elég fölé vinni a kurzort. Ez a funkció megkönnyíti az adatok pontos leolvasását. Fontos megjegyezni, hogy a lekérdezés nem helyettesíti a térkép értelmezését, inkább kiegészíti azt. Ha egy osztályozatlan térképen nehezen állapítjuk meg ránézésre, hogy egy terület értéke mondjuk 50 vagy 60 között van, a probe megadja a konkrét

számot – de attól még maga a mintázat áttekintése továbbra is kihívás maradhat. Tehát a lekérdezés az egyedi adatokhoz jó, áttekintéshez viszont más eszközök (pl. megfelelő osztályozás vagy vizualizáció) kellenek.

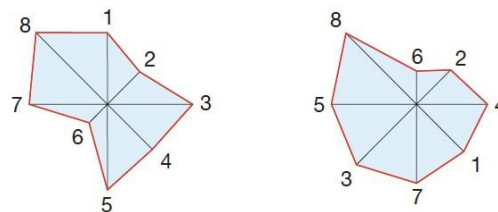
Tematikus rétegek ki- és bekapcsolása. Szinte minden térinformatikai rendszerben adott a lehetőség a rétegek kezelése: az egyes tematikus rétegeket (pl. háttértérkép, közigazgatási határ, egyes témák adatai) ki-be kapcsolhatjuk. Ez az adatfeltárás során is hasznos, hiszen ha túl sok információ van egy térképen, bizonyos rétegek ideiglenes elrejtésével jobban láthatóvá válik egy adott összefüggés.

Animáció. Az animáció a térbeli adatok többnyire időbeli változásának megjelenítésére szolgál, és gyakran szerves része az adatfeltáró szoftvereknek. A térképi animáció annyiban más, mint a kész „film”, hogy a felhasználó irányítja. Míg egy hagyományos animált térkép videóként folyamatosan lejátszik egy jelenetsort, addig az adatfeltáró animációban a felhasználó megállíthatja, visszatekerheti, lassíthatja, sőt menet közben átszerkesztheti a térképet. Ez utóbbi nagyon fontos: például egy idősoros animációnál rájöhethetünk, hogy érdemes volna más színskálát használni.

Kiegészítő információforrások elérése. Adatfeltárás közben gyakran kerülünk olyan helyzetbe, hogy további adatokra vagy információra van szükségünk, mint amivel kezdtünk. Egy jó feltáróeszköz ebben is segít: lehetőséget nyújthat például új adatrétegek betöltésére (akár külső forrásból, online is), vagy külső információk lekérésére egy-egy területtel kapcsolatban.

Az attribútumok és jelölések összerendelése. Ha a térképünkön több változót ábrázolunk egyszerre (többváltozós térkép), felmerül a kérdés: melyik változó melyik vizuális jelkulcshoz tartozzon? Például léteznek olyan összetett szimbólumok (glifek), amelyek több adatot egyszerre jelenítenek meg – ilyen a csillag- vagy hópehelydiagram, ahol több „kar” hossza kódol különböző értékeket. Ilyenkor nem mindegy, melyik karhoz melyik változót rendeljük hozzá. Egy adatfeltáró szoftverben a felhasználó könnyedén kipróbálhat különböző hozzárendeléseket. Ha például egy 8 karú csillagdiagrammal ábrázolunk népességi mutatókat, megnézhetjük, milyen a diagram képe, ha véletlenszerűen osztjuk szét a mutatókat a karok között, és milyen, ha mondjuk értékük szerint növekvő sorrendben rendezzük őket el körben. Az eredmény vizuálisan eltérő lehet: ha rendezetlenül vannak a változók, a csillagok kaotikusabbnak tűnhetnek,

míg ha rendezetten, talán formát mutatnak (18.2. ábra). Hasonló a helyzet más többváltozós ábrázolásoknál is. Párhuzamos koordináta-diagramnál például nem mindegy, milyen sorrendben követik egymást a tengelyek (változók) – egyes változók erősen korrelálhatnak, és ha egymás mellé tesszük őket, a diagramon párhuzamos vonalak jelennek meg, míg ha távolabb tesszük, a keresztező vonalak sokasága lesz zavaró. Ezért az adatfeltárás része lehet az is, hogy kísérletezünk a változók és vizuális dimenziók párosításával, és azt választjuk, ami a leginformatívabb képet adja a mintázatokról.



18.2. ábra. Csillagdiagram rendezetlen és rendezett megjelenítési módjai.

Automatikus térképértelmezés. Végül eljutunk a szakterület azon határához, ahol a számítógép már önállóan próbál következtetéseket levonni a térképi adatokból. Az automatikus térképértelmezés (interpretáció) azt jelenti, hogy összetett, többváltozós vagy idősoros adatok esetén a rendszer megpróbálja azonosítani a lényeges mintázatokat vagy felhívni a figyelmet bizonyos jelenségekre. Ez lényegében az adatbányászat (data mining) bevonását jelenti a térinformatikai vizualizációba. Míg eddig a hangsúly azon volt, hogy az ember interaktív eszközökkel maga fedez fel mintákat (ismeretlent az ismertben), itt arról van szó, hogy a számítógép valamilyen algoritmus segítségével „rásegít” a felfedezésre. Egy példa lehet, hogy a szoftver klaszteranalízist futtat a háttérben a többváltozós adatra, és a térképen automatikusan jelöli, hol vannak a hasonló területek (mondjuk színkódolt csoportokat rajzol). Vagy idősoros adatoknál megjelölheti, hol tapasztalható szignifikáns trendtörés. Ezek a funkciók átlépnek a geovizualizáció határán a geovizuális analitika területére. Az automatikus értelmezés azt a célt szolgálja, hogy segítse az elemzőt a nagy és bonyolult adatokban eligazodni. Nem feltétlenül ad kész választ (és nem is szabad kritikátlanul elfogadni), de rámutathat olyan összefüggésekre, amelyek mellett esetleg elsiklunk. Így módon az adatfeltárás és a mesterséges intelligencia összekapcsolódik.

3. Néhány példa

Az elmúlt évtizedekben számos kutatási és kereskedelmi szoftver született az adatfeltárás támogatására a tematikus kartográfiában és geoinformatikában.

3.1 ViewExposed – sérülékenység vizualizálása Norvégiában

Link: <https://opach.folk.ntnu.no/tools/viewexposed/>

A ViewExposed egy norvégiai fejlesztés, amely egy adott gyakorlati problémára készült adatfeltáró megoldást valósít meg: természeti katasztrófákkal szembeni sérülékenység vizsgálatára fejlesztették, norvég települések és járások szintjén. Azért érdekes számunkra, mert szabadon elérhető webes alkalmazás formájában kipróbálható, és szépen demonstrálja a koordinált többnézetű vizualizáció gyakorlati hasznát.

A ViewExposed-ben a sérülékenységet egy összetett index fejezi ki (Integrált Sérülékenységi Index), amely két fő komponensből áll: expozíciós index (mennyi veszélynek van kitéve a hely) és társadalmi sérülékenységi index (mennyire sebezhető a lakosság demográfiai, szociális tényezők alapján). Az expozíciós index további három részre bontható: árvíz-, földcsuszamlás- és viharkitettségi részindexekre. Egy tipikus felhasználói kérdés lehet: „Az én településem mennyire sérülékeny összességében, és miben rejlik ez a sérülékenység? Hogyan állunk a megyéhez vagy az országos átlaghoz képest?”

A ViewExposed példája megmutatja, hogy egy konkrét gyakorlati problémára hogyan lehet egy testreszabott feltáró felületet készíteni. Itt a tervezők arra figyeltek, hogy a fontos kérdésekre vizuálisan választ lehessen adni: pl. „mennyire tér el az én településem a többiektől?”

3.2 Tableau – interaktív adatvizualizáció (Bigfoot esettanulmány)

Link: <https://www.tableau.com/blog/finding-not-so-elusive-bigfoot-16362>

Napjaink egyik népszerű kereskedelmi vizualizációs eszköze a Tableau, mely ugyan nem kifejezetten térinformatikai szoftver, de rendelkezik térképes megjelenítő képességekkel és erős interaktív eszköztárakkal. A Tableau 2003-ban indult (a Stanford Egyetem fejlesztette), fő profilja az üzleti intelligencia és

adatvizualizáció. Összekapcsolható különféle adatbázisokkal, és sokféle diagramtípus mellett térképeket is tud megjeleníteni. A Tableau fő ereje az irányítópultok készítésében rejlik, ahol egy felületen több vizualizáció interaktívan össze van kötve.

A cég kínál fizetős termékeket (Desktop, Server stb.), de létezik egy ingyenes Tableau Public verzió is, amellyel bárki készíthet interaktív ábrákat és megoszthatja online. Ennek korlátja, hogy az adatok nyilvánosak lesznek a Tableau szerverén, de cserébe bárki számára elérhető a vizualizáció.

Esettanulmányként Észak-Amerika fantáziaszörnyének a Bigfoot észlelésének térképes dashboardját mutatjuk be. A Penn State egy GIS kurzusán egy hallgató (Robert Zupko) 2021-ben készített egy Tableau Public irányítópultot az észak-amerikai „Bigfoot” (Nagylábú) lény észlelési jelentésekről 1870–2017 között. Ez jó példa arra, mire képes a Tableau: a Bigfoot dashboard három részből áll, mind más aspektust hangsúlyoz.

3.3 Hazai példa: Magyarország Nemzeti Atlasza (elektronikus verzió)

Link: <https://emna.hu/>

Magyarország Nemzeti Atlaszának online verziója kiváló példája az adatfeltárás elveinek kartográfiai alkalmazására. Az interaktív térképi felület lehetőséget biztosít a felhasználóknak arra, hogy saját érdeklődésük mentén fedezzék fel a térbeli adatokat: szűrési lehetőségeket, egyéni jelmagyarázat kialakítását, különféle osztályozási módszereket, dinamikus rétegkapcsolást és időbeli változások megjelenítését kínálja. A felhasználó nem csupán passzív szemlélő, hanem aktív résztvevő az információk értelmezésében, hiszen a platform ösztönzi a kérdésfeltevést, az összefüggések vizsgálatát, valamint a mintázatok észlelését.

Felhasznált irodalom

Andrienko, G., Andrienko, N., Demsar, U., Dransch, D., Dykes, J., Fabrikant, S. I., ... & Tominski, C. (2010). Space, time and visual analytics. *International Journal of Geographical Information Science*, 24(10), 1577–1600. DOI: 10.1080/13658816.2010.508043.

Bertin, J. (1983). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. Madison: University of Wisconsin Press.

DiBiase, D. (1990). Visualization in the earth sciences. *Earth and Mineral Sciences*, 59(2), 13–18.

Keim, D. A., Mansmann, F., Schneidewind, J., Thomas, J., & Ziegler, H. (2008). Visual analytics: Scope and challenges. In S. J. Simoff, M. H. Böhlen, & A. Mazza (Eds.), *Visual Data Mining* (pp. 76–90). Springer.

MacEachren, A. M. (1994). Visualization in modern cartography: Setting the agenda. In A. M. MacEachren & D. R. F. Taylor (Eds.), *Visualization in Modern Cartography* (pp. 1–12). Pergamon.

MacEachren, A. M., & Kraak, M.-J. (2001). Research challenges in geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(1), 3–12. DOI: 10.1559/152304001782173970.

Robinson, A. H., Morrison, J. L., Muehrcke, P. C., Kimerling, A. J., & Guptill, S. C. (1995). *Elements of Cartography* (6th ed.). Wiley.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization* (4th ed.). CRC Press.

Thomas, J. J., & Cook, K. A. (2005). *Illuminating the Path: The Research and Development Agenda for Visual Analytics*. IEEE Computer Society.

XIX. A média és a propaganda térképei

A térképek médiában betöltött szerepe folyamatosan növekedett az elmúlt évszázadok során. Napjainkban szinte minden hírfogyasztó találkozik térképekkel – legyen szó újságcikkek illusztrációiról, televíziós hírösszefoglalók ábráiról vagy online adatvizualizációkról. A térképek nem csupán földrajzi információt közölnek, hanem komplex társadalmi, gazdasági jelenségek bemutatására is alkalmasak. A média gyakran használ tematikus térképeket különböző hírek magyarázatára és a közvélemény befolyásolására, manipulálására. Ezek a térképek segíthetnek összefüggések felismerésében, de éppen emiatt veszélyeket is hordoznak: megfelelő (vagy éppen nem megfelelő) szerkesztéssel egy térkép könnyen válhat propagandává vagy félrevezető információ forrásává.

A következőkben két fő témakört tekintünk át részletesen:

- A média tematikus térképei – történeti áttekintés a térképek használatáról a sajtóban és online médiában, valamint a térképek szerepéről a hírközlésben, adatértelmezésben és véleményformálásban.
- A propaganda térképei – példák arra, miként használták és használják a térképeket politikai-ideológiai célokra, beleértve a történelem ismert

propagandatérképeit és a mai manipulációs technikákat (vetületek torzítása, jelkulcs, retusált vagy eltitkolt adatok).

Mielőtt részletesen elemezzük a média- és propagandacélokra készített térképeket, fontos megjegyezni, hogy ezeket legtöbbször nem térképészek készítik. Grafikus szakemberek átfogó földrajzi és térképészeti ismeretek nélkül szerkesztik ezeket az illusztrációkat, így nem csoda, hogy tartalmazznak pontatlanságakat ábrázolási szempontból. Ettől függetlenül térképészként mi is kerülhetünk olyan helyzetbe, hogy ezekhez hasonló térképeket kell készítenünk.

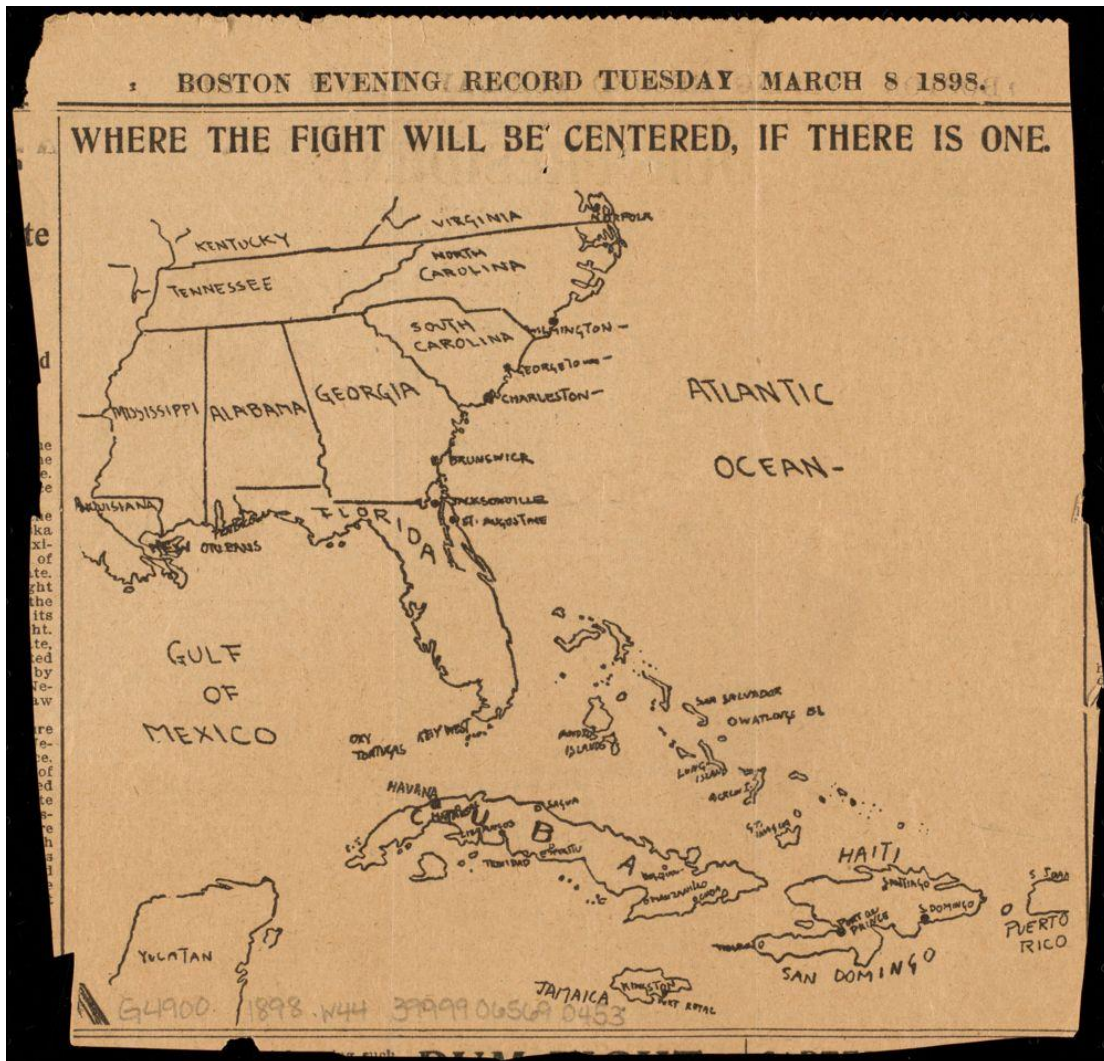
1. Történeti áttekintés

A média térképein keresztül a közvélemény valamely általa nem, vagy csak közvetetten befolyásolható jelenségről, térbeli tulajdonsággal bíró történésről tájékozódhat. Épp ebben rejlik az a szerep, mely ezeket az ábrázolásokat véleményformálásra alkalmassá teszi: az emberek elfogadják, készpénznek veszik a térképek, ábrák által közölt információt. Ezt nagyon korán felismerték, így e művek története a 17. századig vezethető vissza. Már ekkor találunk példákat újságokban közölt térképekre: egyes korai hírlapok metszetek formájában közöltek térképeket hadjáratokról. A 18-19. század folyamán, különösen a személyi mobilitás kiteljesedésének korában, egyre gyakoribbá vált, hogy az újságok és folyóiratok térképeket közöltek a távoli vidékek bemutatására.

A 19. század vége felé a tömegsajtó fejlődése és a nyomdatechnika költséghatékonyra válása tette lehetővé a térképek nagy számban való közlését. Például az amerikai polgárháború és az azt követő konfliktusok idején az újságok térképeken ábrázolták a csataterületeket és hadmozdulatokat. Az 1898-as spanyol–amerikai háború idején, amely távoli (az amerikai közönség számára ismeretlen) helyszíneken zajlott, a sajtó kiemelten támaszkodott térképekre. Az ún. „sárga sajtó” (yellow press) lapjai – melyek szenzációhajhász módon próbálták növelni eladásaikat – rendszeresen közöltek térképeket, hogy az olvasók földrajzi kontextusba helyezhessék a konfliktust (19.1. ábra).

A Boston Evening Record például 1898 márciusában térképet közölt Kuba és a Karib-térség szigeteiről, hogy bemutassa, hol „gyülekeznek a háború felhői” a USS

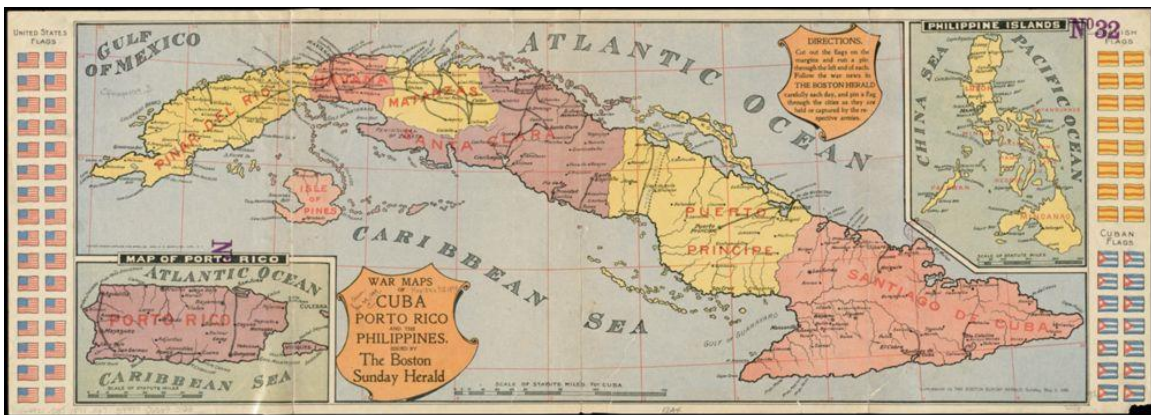
Maine hadihajó felrobbanása után kialakult feszült helyzetben (19.1. ábra). A Boston Sunday Herald egy interaktívnek mondható térképet adott ki: az újság „War Games” című térképéhez (19.2. ábra) kis papírzászlókat mellékeltek, melyeket az olvasók kivághattak, és a naponta érkező hadijelentések alapján áthelyezhettek a térképen, követve a csapatok mozgását. Ez a kreatív megoldás bevonta az olvasókat a háborús események követésébe.



19.1. ábra. Sajtótérkép az 1898-as spanyol-amerikai háborúból. Forrás: Boston Evening Record.

A 20. század első fele a sajtótérképek aranykorát hozta el. A második világháború idején a nagy napilapok és magazinok rendszeresen közöltek részletes térképeket a frontvonalakról, stratégiai fontosságú területekről. Az Egyesült Államokban például a Los Angeles Times 1942 és 1945 között közel 200

teljes oldalas, színes térképet jelentetett meg, amelyeket Otto G. Owens rajzolt. Ezek a térképek gyakran művészi igényű, illusztratív térképek voltak, melyeket díszítő rajzokkal kereteztek, hogy drámai hatást és könnyebb érthetőséget érjenek el. A világháborús években óriási volt az érdeklődés a lapok térképmellékletei iránt – sokan gyűjtötték és falra függesztették ezeket, követve rajtuk a háború alakulását. A térképek a hírszerkesztés kulcsfontosságú eszközévé váltak, a nagyközönség pedig hozzászólt ahhoz, hogy a fontos világpolitikai eseményeket térképeken keresztül értelmezze.



19.2. ábra. 1898-ban a Boston Sunday Herald egyik térképe a spanyol–amerikai háború hadszíntereit mutatta be. A lap arra buzdította olvasóit, hogy a mellékelt zászlókkal kövessék a napi hírek alapján a csapatok mozgását Kubában, Puerto Ricóban és a Fülöp-szigeteken. Ez a példa jól mutatja, hogyan váltak a térképek a hírközlés interaktív eszközévé a 19. század végén.

A második világháború után, a hidegháború idején a térképek továbbra is jelen voltak a médiában, bár a hangsúly némileg eltolódott. A nyomtatott sajtó mellett megjelent a televízió, ahol a híradókban és dokumentumfilmekben gyakran alkalmaztak térképes bejátszásokat (pl. országok kiemelése, hadszínterek animált térképeken való bemutatása). A hidegháborús propagandáról a következő alfejezetben részletesen lesz szó, de itt fontos kiemelni, hogy a média sokszor térképekkel szemléltette a világ két pólusra szakadását – gondoljunk csak a gyakran látott világtérképekre, ahol a „szabad világ” és a „kommunista blokk” eltérő színekkel szerepelt.

A 20. század végére a számítógépes térképészet és a grafikai tervezés fejlődésével a sajtótérképek minősége tovább javult. Az 1980-as évekre a térképek már nemcsak háborús tudósításokban, hanem békeidőben, hazai hírekben is megjelentek. Mark Monmonier kartográfus *Maps with the News* című

munkájában kimutatta, hogy a 1980-as évekre az amerikai újságokban a belföldi hírekhez kapcsolódóan is egyre gyakrabban használtak térképeket, nem csak a látványos, nagy méretű háborús térképeket, hanem kisebb, magyarázó térképeket is. Ez részben a nyomdai technológia fejlődésének, részben annak köszönhető, hogy az újságok külön rovatokra tagolódtak (pl. helyi hírek, gazdaság, időjárás), és mindegyik területen megjelent az igény a térképes ábrázolásra. A meteorológiai térképek például a 20. század második felétől váltak a napilapok és televíziók alapvető elemévé (időjárási frontok, hőmérsékleti értékek stb. térképes bemutatása).



19.3. ábra. Időjárás-jelentés az Egyesült Királyságban 1954-ben – „újrahasznosítható” térképpel. Forrás: Getty Images.

2. Térképek a digitális és online médiában

Az internet és a digitális média térhódításával a 21. században a térképhasználat új dimenziót kapott a sajtón belül. Ma már nemcsak statikus térképeket találunk a cikkekben, hanem interaktív online térképeket is, amelyekkel az olvasó a maga ura lehet: önállóan nagyíthat, válthat rétegeket, vagy animációkon követheti az adatok változását. A nagyobb online hírportálok és adatvizualizációs oldalak (pl. The New York Times, The Guardian, Financial Times, BBC adattudós csapatai) rendszeresen készítenek látványos térkép-alapú infografikákat. Ide tartoznak például:

- **Választási eredményeket bemutató interaktív térképek:** a választási tudósításoknál ma már elvárás, hogy a szavazatok területi megoszlását térképen lehessen böngészni. Az interneten a felhasználó rá is nagyíthat egy-egy szavazóközre, megnézheti a részletes adatokat. A televíziókban is gyakori látvány az előben frissülő választási térkép, amit a műsorvezető érintőképernyőn elemez.
- **Adatújságírás (data journalism) térképei:** A data journalism keretében a újságírók nagy adathalmazokat dolgoznak fel, és az eredményeket sokszor térképen ábrázolják. Például bűnözési statisztikák várostérképen, járványterjedési modellek világtérképen, gazdasági egyenlőtlenségek vagy éppen a klímaváltozás hatásai földrajzi bontásban. Ezek a térképek gyakran interaktívak, lehetővé teszik a felhasználónak a részletes vizsgálatot és a különböző szempontok szerinti szűrést.
- **„Story map”-ek és narratív térképek:** Az ESRI Story Maps platform és más hasonló eszközök megjelenése óta egyre népszerűbbek az olyan online cikkek, amelyek gördülékenyen kombinálják a szöveges narratívát a térképekkel. A cikk görgetése közben a térkép dinamikusán változik, új területekre mozog, vagy új adatokat jelenít meg, illeszkedve a történet meséléséhez. Ez a formátum kifejezetten narratív térképnek tekinthető, hiszen a térkép nem csupán statikus adatot mutat, hanem a történet „szereplőjévé” válik. Például egy migrációról szóló riportban a

story map folyamatosan mutatja az útvonalat a térképen, miközben a szöveg az egyes állomások eseményeit meséli el.

A digitális térképek megjelenése a médiában új kihívásokat és lehetőségeket is hozott. A lehetőségek közül kiemelendő, hogy sokkal összetettebb adatok is közérthetően találhatók (pl. interaktív háromdimenziós földrengéstérképek, időben változó animált térképek a járványok terjedéséről stb.). Ugyanakkor a kihívás az, hogy az olvasók befogadóképessége véges – a túl sok információval túlzsúfolt interaktív térkép zavaró lehet. A jó sajtótérképek egyszerre informatívak és könnyen értelmezhetőek. Fontos a kartográfiai letisztultság: egy online térkép kartográfiai szempontból visszafogott, nem túlbonyolított (olvasható jelkulcs, megfelelő színválasztás, ne torzítsuk aránytalanul a vetületet stb.), különben az interaktivitás sérül, csökken az olvasói élmény.

3. Térképek a hírközlésben és a véleményformálásban

A média tematikus térképei nem pusztán dekorációk vagy illusztrációk – sok esetben a térkép maga a hírközlés eszköze, és szerepet tölt be az adatok értelmezésében:

- Információ vizuális közvetítése: Száraz statisztikai adatok vagy bonyolult leírások helyett egy jól megtervezett térkép azonnal érthető vizuális információt ad. Például egy járvány területi elterjedését bemutató térkép egy pillantással érzékelteti, hol találhatók a gócpontok, míg ha számadatokat közölnének területi egységenként, az olvasónak sokkal nehezebb lenne értelmezni a képet.

How the virus has spread in China

■ No cases ■ 1 to 50 ■ 51 to 100 ■ 101 to 500 ■ More than 500

20 Jan: 291 cases



22 Jan: 446 cases



24 Jan: 864 cases



26 Jan: 2,021 cases



28 Jan: 4,524 cases

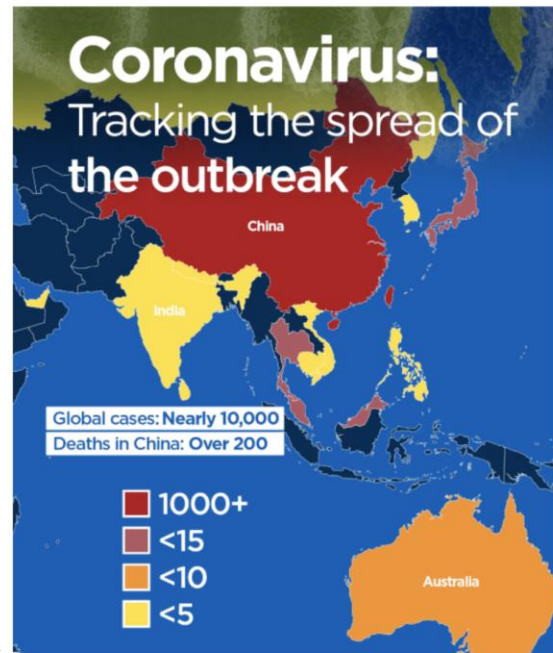


30 Jan: 7,711 cases



Source: China National Health Commission, BBC Research, 30 Jan

BBC



19.4. ábra. A BBC és a kanadai Global News egyik térképe a koronavírus kitörésének idejéről, kínai és délkelet-ázsiai járványadatokról. Figyeljük meg a hibát: a nem standardizált, a népességhez viszonyított járványadatok félrevezető képet adhatnak.

- Kontextus teremtése: A térképek gyakran globális összefüggéseket mutatnak be, egy térkép segít földrajzi kontextusba helyezni az eseményeket. Például egy közel-keleti konfliktusról szóló cikkben a térkép megmutatja a régió országait, határait, a vitatott területeket – így az olvasó jobban megérti a távolságokat, szomszédsági viszonyokat. A térkép narratív keretben mutatja a választ a „hol?” kérdésre, ami alapvető a hírártáshoz.

egy- társadalmi jelenségek földrajzi klasztereket alkotnak). A médiában megjelent térkép gyakran már egy elemző munka eredménye is – az olvasó ezt kapja meg vizuális formában.

- Véleményformálás és meggyőzés: Mivel a térképek erős vizuális hatással bírnak, a média által közölt térképek a közvélemény alakításának eszközei is lehetnek. Egy ügyesen megválasztott térképes ábrázolás befolyásolhatja, mit gondol a befogadó egy ügyről. Például, ha egy hírcsatorna a bűnözés elterjedését térképen mutatja, nem mindegy, hogy abszolút esetszámokat ábrázol (ami nagyobb városokat sötét foltként jelenít meg), vagy standardizált adatokat (bűnesetek száma 100 ezer lakosra, ami reálisabb képet adhat). A kétféle térkép a nézőben más-más benyomást kelt: az egyik azt sugallhatja, hogy „a nagyvárosok veszélyesek”, a másik esetleg azt, hogy „a bűnözési ráta mindenhol hasonló”. „Az emberek bíznak a térképekben, egy érdekes térkép magára vonja a tekintetet és tekintélyt sugároz” – írja Monmonier. Ezt a bizalmat a média vagy akár politikai szereplők is kihasználhatják (19.5. ábra).

Fontos hangsúlyozni, hogy a jó sajtótérkép sosem öncélú: mindig a hír, a mondanivaló szolgálatában áll. Ugyanakkor a befogadóknak – az olvasóknak, nézőknek – érdemes tudatában lenniük annak, hogy a térkép egy a valóságot modellező ábrázolás, nem maga a valóság. Már a térképkészítés alapvető lépései (a vetület megválasztása, az adatok kiválogatása, az osztályozás módja stb.) is szubjektív döntéseket követelnek meg.

4. Propagandatérképek: térképes politikai manipuláció

A térképek véleményformáló szerepét hamar felismerték a politikai propagandavezérek is. A történelem során számos példa van arra, hogy a térképeket ideológiai üzenetek közvetítésére, a közvélemény befolyásolására, sőt megfélemlítésre használták.

A propagandatérkép olyan térkép, amelyet kifejezetten azzal a céllal szerkesztettek, hogy a nézőben bizonyos (előre megtervezett) gondolati vagy érzelmi hatást váltson ki, a valóság objektív bemutatása helyett. A propagandatérkép tartalma lehet teljesen hamis, de az is gyakori, hogy csak bizonyos torzítások, kiemelések vagy elhagyások révén sugalmaz félrevezető üzenetet. A térképek különösen hatékony propagandaeszközök, mert az emberek hajlamosak kicsinyített, pontos másként tekinteni rájuk – kevesen gondolnak bele, hogy a térkép is lehet „torz”.

4.1 Történelmi példák – háborús propagandatérképek


Már a középkorban is találunk példát olyan térképekre, amelyek vallási-ideológiai meggyőzést szolgáltak (például a középkori O-T világtérképeken Jeruzsálem középre helyezése a keresztény világrend szerinti eszményt szolgálta) – bár ezeket sem tartalmuk, sem a korabeli világkép miatt nem nevezhetjük propagandának. A reneszánsztól kezdve a térképek politikai felhasználása egyre tudatosabb lett, különösen Itáliában, ahol a városállamok közötti vetélkedés korán ráirányította a figyelmet a térképek stratégiai és propagandisztikus értékére.

A 20. század első felében a propagandatérképek virágkorukat élték. Az I. világháború alatt mindkét oldalon készültek térképek, amelyek az ellenséget fenyegető alakzatokkal vagy torzításokkal ábrázolták. Például 1917-ben az amerikai Liberty Loan Committee (a hadikötvényeket népszerűsítő bizottság) egy reklámban közölt egy Európa-térképet, amely állítólag német forrásból származott. Ez a térkép egy elképzelt jövőt mutatott: a Német Birodalom egész Európát bekebelezi, Franciaország új német tartomány, Anglia pedig német gyarmat lesz. A hirdetés e térkép alapján próbálta meggyőzni az amerikai közönséget arról, hogy vegye meg a szabadságkötvényeket, különben a németek fenyegető terve valóra válhat. E térkép szövege drámai hatású: „Mint egy falánk nyelv, a Német Császárság felnyalta egész Európát” – áll a kép mellett, erős érzelmi reakciót kiváltva. A valós térképészeti tartalom másodlagos; a fő cél a félelemkeltés és a hazafias érzelmek felszítása volt. Az I. világháború idején propagandacéllal közölt térkép (1917) azt vizionálta, hogy a németek egész Európát elfoglalják. A hirdetés szövege (Buy Liberty Bonds! - Vegyen szabadságkötvényt!) egyértelművé teszi a célját: az amerikai lakosság mozgósítása

a háború finanszírozására, a fenyegető térkép segítségével. A térkép szándékosan eltúlozza a német terjeszkedést, hogy sokkolja a nézőt (19.6. ábra).

A II. világháború alatt a náci Németország emelte magas szintre a térképek propagandaeszközként való alkalmazását. Monmonier szerint „egy csoport sem aknázza ki olyan nyíltan és kitartóan a térképet mint szellemi fegyvert, mint a nácik”. A náci propaganda számos térképet terjesztett mind belföldön, mind külföldön. Gyakori volt az ún. sugalló térképek használata, amelyek a német nép sérelmeit és igényeit hangsúlyozták. Például térképeken mutatták be, hogy Németország milyen „élettérre” tart igényt Kelet-Európában. Joseph Goebbels propagandaminiszter különösen hitt abban, hogy a vizuális üzenetek – így a térképek – erőteljes hatással vannak az azokat szemlélőkre. Egy 1944-es náci propagandatérkép például azt állította, hogy a szövetségesek Németország feldarabolását tervezik. E térkép alapjául egy amerikai publicisztikai pamflet szolgált („Germany Must Perish!” – 19.7. ábra), amelyet kiforgatva a nácik saját céljaikra használtak. A térkép azt mutatta, hogyan osztanák fel Németországot a szomszédai - mintegy azt sugallva, hogy a német nép létét fenyegetik a külső hatalmak. Goebbels utasítására ezt a térképet milliószámra sokszorosították és terjesztették, hogy felkorbácsolják a németek haragját és félelmét.

EUROPE'S FUTURE MAP



AS THE GERMAN AND AUSTRIAN ARMIES PLAN THE MAP OF EUROPE.
(Translation)

Would Germany be satisfied with this?

Not at all.

The Kaiser has planned just such a map of the United States. He has frequently boasted that the United States would pay the expenses of the European War. He believes himself the destined successor to Caesar and Napoleon. His mania is for "the earth with a gold fence around it", and the inscription "German Empire" on the entrance gate.


The Kaiser's dream must not come true. An American army and navy, American ships, guns, shells, and aeroplanes will teach Germany to deal fairly with the world.

Words will not cure the Kaiser. Action is called for—all the action we can muster as a united nation.

Buy Liberty Bonds!


LIKE a greedy tongue the "Deutsches Kaiserreich", the "German Empire", has licked up the entire continent of Europe.

Europa's Zukunftskarte



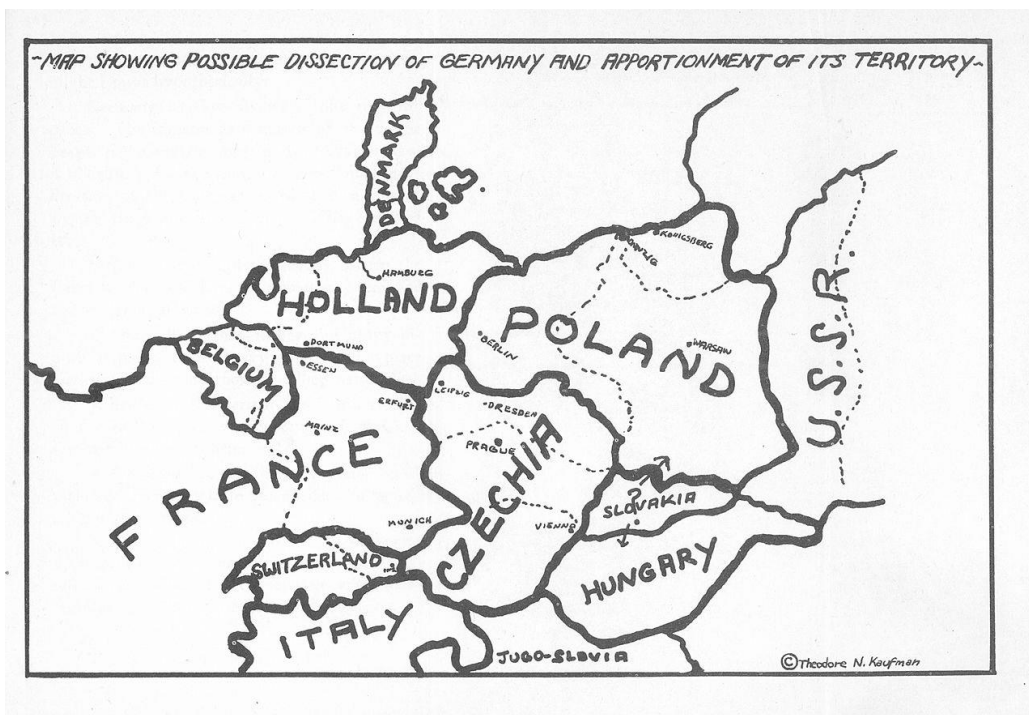
wie die deutsch-österreichischen Heere dargestellt werden!

(This is a photographic reproduction of a map recently published in Berlin and for sale there for 20 pfennig. The translation appears in the larger picture above.)



LIBERTY LOAN COMMITTEE
Grand Palace, Boston, Mass.
PUBLICITY DEPARTMENT

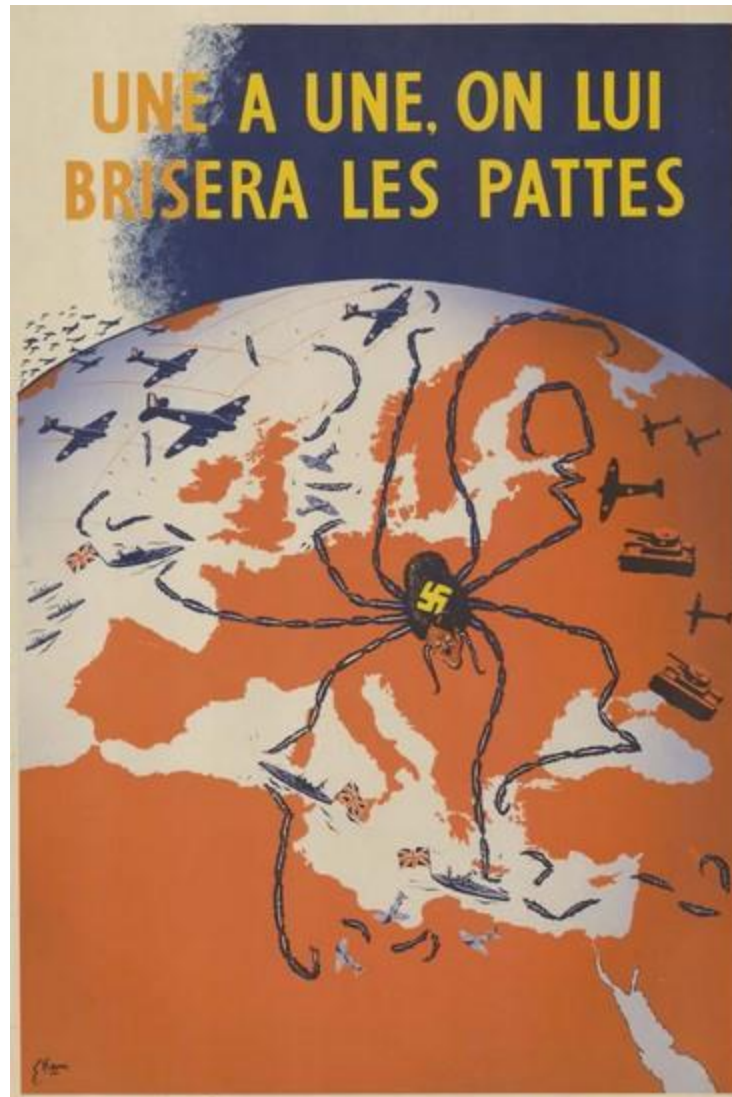
19.6. ábra. Hadikötvény vásárlására buzdító amerikai propagandisztikus kiadvány.



19.7. ábra. A „Germany Must Perish!” pamflet térképmelléklete.

A fenti példákban látható, hogy a propagandatérképek gyakran az ellenség démonizálását vagy a saját nemzet áldozati szerepének hangsúlyozását szolgálták. Gyakori motívum volt az ellenség valamiféle félelmetes, allegorikus figuraként való ábrázolása térképen – például polipként, pókként vagy óriáskígyóként, amely fojtogatja a világot. Az II. világháborúban készült híres francia propagandatérképeken Hitlert pókként ábrázolták, amely lábaival Európa részei felé nyúl (19.8. ábra). Az ellenség terjeszkedését gyakran felnagyították: pl. túlnagyították a térképen elfoglalt területeit, vagy vérző sebekkel, lángokkal jelölték meg a támadásait – mindez az érzelmi hatás kedvéért.

Magyar történelmi példa is akad szép számmal. Az 1920-as trianoni békeszerződés után Magyarországon egész propagandamozgalom épült a térképekre. A köznyelvben „irredenta térképeként” ismertek azok a plakátok és kiadványok, amelyek a történelmi Magyarország térképét használták fel politikai üzenetek közvetítésére. Az egyik híres ilyen propagandaanyag egy 1920-ban külföldre terjesztett magyar röplap volt, amely az Egyesült Államok térképén mutatta be a trianoni béke következményeit: az USA-t ugyanúgy feldarabolva, ahogy Magyarországgal történt (19.5. ábra). A magyar kormány e sokkoló térkép révén próbálta az amerikai közvéleményt saját sérelme iránt együttérzésre készíteni, érzékeltetve a béke igazságtalan voltát.

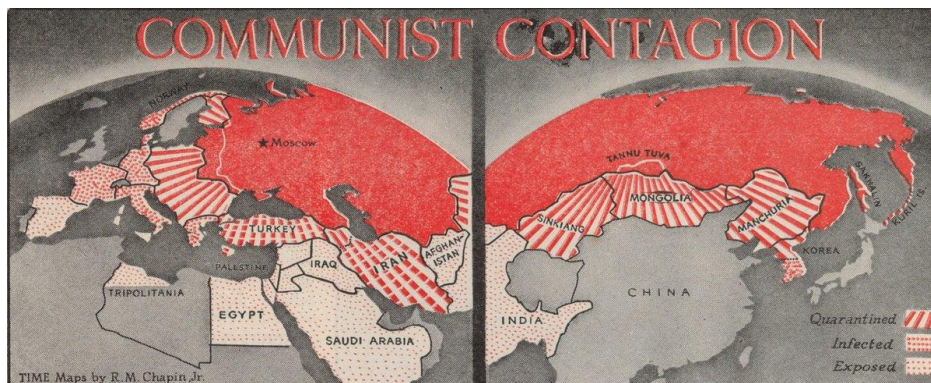


19.8. ábra. Hitler pókként nyúl Európa összes része felé – az ellenfél démonizálását tűzte ki célul e francia propagandatérkép.

4.2 A hidegháború és a modern kor propagandatérképei

A propagandisztikus térképhasználat a II. világháború után sem szűnt meg, új formában folytatódott a hidegháború idején. Mind a nyugati, mind a keleti blokk alkalmazott olyan térképeket, amelyek a másik felet fenyegetőnek tüntették fel. Az USA-ban például a médiában is megjelentek olyan térképek, amelyek a Szovjetuniót hatalmas, vörös foltként ábrázolták, míg a Nyugatot kicsinek és fenyegetettnek. Az 1946. április 1-i Time magazin közölt egy hírhedt térképet „Communist Contagion” (Kommunista fertőzés) címmel (19.9. ábra). Ezen a térképen a világ két félgömbre van osztva: a bal oldalon Európa és Afrika, a jobb

oldalon Ázsia. A szerkesztés trükkje, hogy a térkép a Szovjetuniót kettévágja és a két szélre helyezi, így vizuálisan mintegy körbeöleli az egész világot. A Szovjetunió területe élénkpiros színű, és hatalmasnak látszik a vetületi trükk miatt. A környező országokat (Kelet-Európa, Kína, Észak-Korea stb.) különböző mintázatok jelölik: fertőzött (csíkos piros terület), veszélyeztetett (pontosított terület) kategóriákban, mintha a kommunizmus járvány lenne, ami terjed. A térkép kifejezetten a félelemkeltést szolgálta: a nyugati olvasó azt látta, hogy a „vörös pestis” már majdnem az egész világot beborította. Ezzel a vizuális retorikával igyekeztek alátámasztani a feltartóztatási doktrína (containment) szükségességét. Érdekesség, hogy hasonló módszerrel a Szovjetunió is készített propagandatérképeket, csak a fordított szereposztásban – náluk az USA és szövetségesei jelentek meg fenyegető erőként.

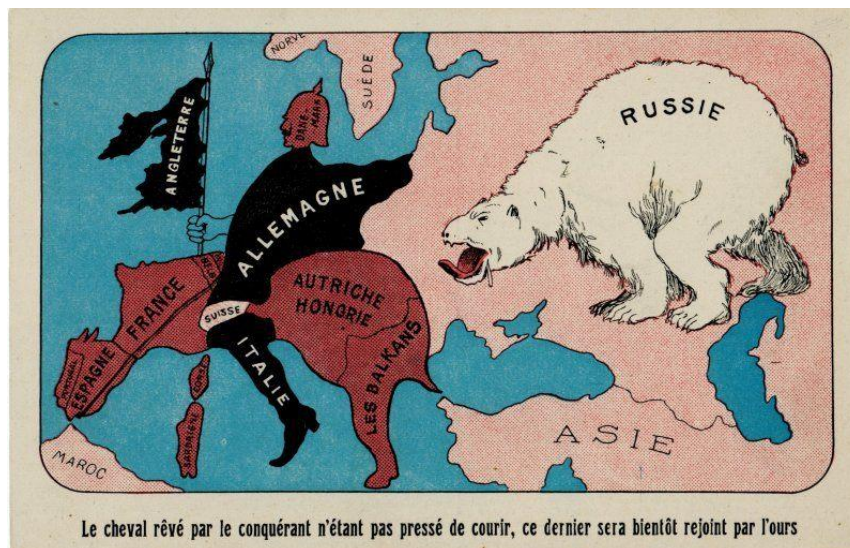


19.8. ábra. A Kommunista fertőzés c. térkép a Times magazinból (1946).

A hidegháború alatt gyakori fogás volt az is, hogy a térképeken megváltoztatták a vetületet annak érdekében, hogy a két szembenálló fél közelebb kerüljön egymáshoz, és így a fenyegetés közvetlenebbnek hasson. Az amerikai sajtóban például szívesen használtak poláris vetületű térképeket, ahol az északi-sarkvidék van középpontban – ezen az USA és a Szovjetunió „egymás szomszédságában” jelenik meg, mivel az Északi-sarkon át minimális távolság választja el őket. Az interkontinentális rakéták fenyegetését így érzékeltették: ezeken a térképeken pár ezer kilométerre látszott csak a két nagyhatalom, és a rakétaíveket megrajzolva szemléltették, milyen közel csapódhatnak be egymáshoz. Ez a vetületválasztás technikailag helyes, és retorikailag is hatásosabb, mintha „hagyományosabb” vetületen mutatnánk a rakétaútvonalakat. Ugyanez fordítva is igaz: ha távolítani akarták egymástól a dolgokat, egyszerűen más vetületet vagy léptéket választottak.

Összefoglalva, a propagandatérképek történelmi példáiból néhány tipikus manipulációs technika rajzolódik ki:

- **Vetületi torzítás:** Szándékosan olyan vetület használata, ami az üzenetnek kedvez. (Pl. a Mercator-vetület aránytalanul nagyítja az északi területeket – a hidegháborúban a nyugati atlaszokban a Szovjetunió így eleve hatalmasnak tűnt.) A vetületválasztás révén a területek méretét és egymáshoz viszonyított helyzetét lehet torzítani.
- **Méretarány manipulálása:** A térképen használt lépték meghatározza, mi mennyire látszik részletesen. A propagandista vagy felnagyítja a problémás területet (hogy nagyobbnak, dominánsabbnak hasson), vagy kicsinyíti azt. Például egy birodalom nagyságát sokszor úgy érzékeltetik, hogy kis léptékű térképen egyszínű tömbként ábrázolják – így minden más kisebbnek tűnik mellette.
- **Színek és jelek:** A színek érzelmi hatása közismert. A piros gyakran a veszély, agresszió színe (és a 20. században a kommunizmusé is). A propagandatérképeken az „ellenség” területe gyakran piros vagy fekete, míg a „miénk” zöld vagy kék, esetleg semleges fehér. Jelekkel is operálnak: „Nyilak, nyilak, nyilak!” - ahogy Monmonier is kiemeli: kevés térképjel olyan erőteljes, mint a nyíl. A vastag nyilak inváziót, támadást jelezhetnek, hatalmas lendületet sugallnak. Gyakori, hogy a térképen nyilakkal jelzik az ellenség előrenyomulását, eltúlozva ezzel annak erejét vagy épp a fenyegetés mértékét.



19.9. ábra. Első világháborús francia propagandatérkép -a német császár ül a „lován”.

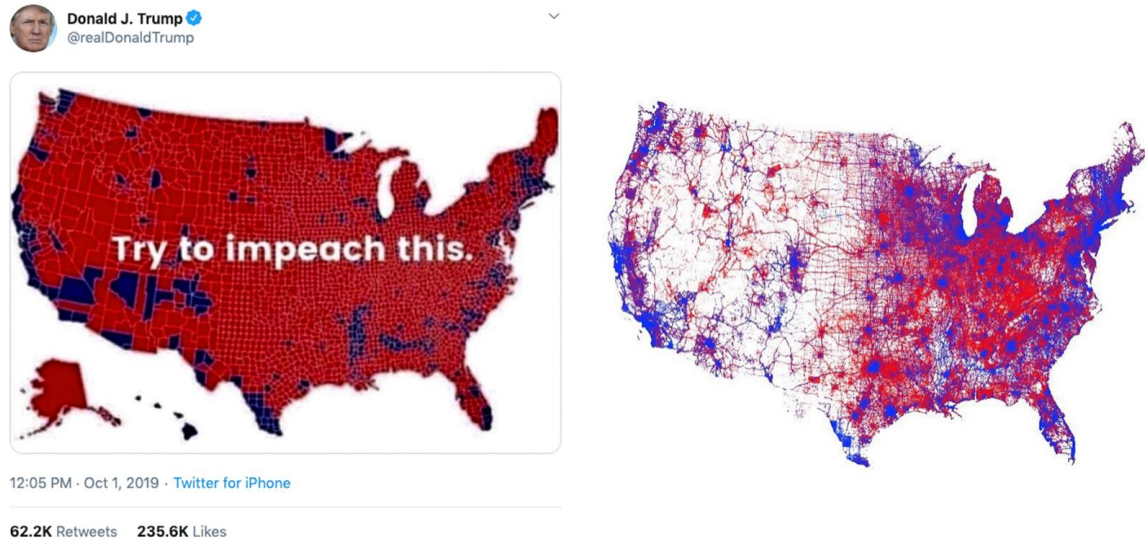
- **Térképallegóriák:** Ide tartozik, amikor a térképen rajzokkal kombinálják a földrajzi elemeket (piktoriális térképek). Pl. a már említett pókábrázolás, vagy amikor a térképen egy figurát lehet „kiolvasni” (ilyen volt pl. a francia propagandatérkép, amely a német császárt ábrázolta Európára rajzolva, amint „lovagol” a kontinens egy részén – 19.9. ábra). Ezek az allegóriák mélyen rögzülnek a néző emlékezetében.
- **Szelekció és elhallgatás:** A propagandatérkép készítője eldönti, mit tesz a térképre és mit hagy le. Ez legalább olyan fontos, mint amit rárajzol. Brian Harley történész a kartográfiai cenzúra két fajtájáról beszél: titkosításról (bizonyos információk visszatartása biztonsági okból) és elhallgatásról (bizonyos tények kihagyása politikai-ideológiai okból). A propagandatérképeknél tipikusan kihagynak minden olyan elemet, ami gyengítené az üzenetet. Például nem tüntetik fel a pontos határokat vagy adatforrásokat, ha azok árnyalnák a képet; nem jelölik a viszonylag békés területeket, csak a konfliktus gócait stb. Így a néző azt hiheti, hogy a térkép teljes képet ad, pedig valójában szelektált részletet lát.

4.4 Kortárs jelenségek és a propaganda finomabb formái

Felvetődhet a kérdés: vajon ma, a digitális korban is léteznek propagandatérképek? A válasz egyértelműen igen, bár gyakran finomabb formában. A mai demokratikus nyilvánosságban a nyílt hazugságokat tartalmazó térképek ritkábbak, de manipulatív vagy megtévesztő térképek továbbra is felbukkannak akár a főszórú médiában is.

Vegyük példaként a közelmúltbeli eseményeket. 2020-ban a COVID-19 pandémia kapcsán világszerte térképek százai jelentek meg a médiában, hogy a vírus terjedését bemutassák. Sajnos néhány esetben a térképek félrevezetőek voltak. Donald Trump akkori amerikai elnök például megosztott egy térképet, amely az USA területét szinte teljesen piros színben tüntette fel a megbetegedések száma alapján. A laikus szemlélőnek ez azt sugallta, hogy az egész ország egyformán sújtott (és politikai narratívaként azt lehetett sugallni, hogy a veszély túl van lihegve, hiszen "mindenhol" vannak esetek). Csakhogy ez a térkép nem vette figyelembe a népsűrűséget – lényegében egy lakosságszámmal nem normált felületkartogram volt, ami a népesséeloszlást rajzolta ki, nem a járvány valós intenzitását. Kenneth Field térképész készített is egy alternatív térképet, amely

figyelembe vette a lakosság eloszlását, és ez sokkal pontosabb képet adott arról, hol koncentrálnak a fertőzések. Szintén Donald Trump hasonló térképet posztolt a 2016-os választási eredményekkel kapcsolatban is (19.10. ábra).



19.10. ábra. Választási eredmények – nyers adatként, illetve népsűrűséggel súlyozva.

A mai propagandatérképek sokszor nem egyértelmű hazugságok, hanem fél igazságok. Például Oroszország és Ukrajna konfliktusa kapcsán 2022-ben az orosz állami médiában gyakran jelentek meg olyan térképek, amelyek Ukrajna egyes részeit „öröktől fogva orosz földként” tüntették fel, visszamenőleges történelmi térképekkel igazolva a területi igényeket. E térképeken előszeretettel használják a cári birodalom vagy a Szovjetunió térképeit, elhallgatva a nemzetközi jogilag elfogadott jelenlegi határokat. Ugyanígy a nyugati médiában is megfigyelhető, hogy egyes térképeken Oroszországot szándékosan kicsinyítve ábrázolják Eurázsia kontextusában, míg a NATO-országokat kiemelve – hogy az orosz nézőpont kritikája vizuálisan is kifejeződjön. Bár ezek finomabb jelzések, a térképi vizuális retorika itt is működik.

Egy másik kortárs jelenség a közösségi média térképes mémjei. Számtalan térképes ábra kering az interneten, amelyek látszólag informatívak, de valójában gyakran manipulatív üzenetet hordoznak. Példaként hozhatók a „melyik országban élnek a legokosabb emberek” típusú térképek, amelyek mögött kétes módszertanú „kutatások” állnak, de vizuálisan megragadóak, így sokan

kritikátlanul megosztják őket. Ezek a vírusszerűen terjedő térképek is felfoghatók a meggyőző kartográfia egy fajtájaként – a szó klasszikus propaganda értelmében nem feltétlenül rosszindulatúak, de véleménybefolyásolásra törnek, gyakran torz alapokon. A Cornell Egyetem „Persuasive Maps” gyűjteménye több száz példát sorol fel a 20. századból és 21. századból egyaránt, ahol a térképek elsődleges célja nem a földrajzi információközlés, hanem valamely üzenet közvetítése (legyen az politikai, társadalmi vagy gazdasági üzenet) - <https://persuasivemaps.library.cornell.edu/>.

Összességében tehát fontos felismerni, hogy a térképek – bármennyire is tudományos eszköznek tűnnek – ugyanúgy használhatók manipulációra, mint a szavak vagy a képek. Mark Monmonier találóan írja: „A térképek is hazudnak – és nemcsak hogy könnyű velük hazudni, de néha elkerülhetetlen is.” Minden térkép torzít valamennyit, hiszen a gömbölyű Földet síkba kell vetíteni, és szelektálni kell az adatokat. A különbség a jóhiszemű torzítás (ami az érthetőség érdekében történik) és a rosszhiszemű torzítás (ami a félrevezetést szolgálja) között rejlik.

Felhasznált irodalom

Campbell, C. S. (1998). Propaganda maps. In *Geography in America at the Dawn of the 21st Century* (pp. 187–191). Oxford University Press.

Delaney, J. (2014). *Strange Maps: An Atlas of Cartographic Curiosities*. Penguin.

DiBiase, D. (1990). Visualization in the earth sciences. *Earth and Mineral Sciences*, 59(2), 13–18.

Harley, J. B. (1989). Deconstructing the map. *Cartographica*, 26(2), 1–20.
<https://doi.org/10.3138/E635-7827-1757-9T53>

Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2020). *Cartography: Visualization of Geospatial Data* (4th ed.). Routledge.

Monmonier, M. (1991). *How to Lie with Maps*. University of Chicago Press.

Monmonier, M. (2008). *Coast Lines: How Mapmakers Frame the World and Chart Environmental Change*. University of Chicago Press.

Persuasive Maps Collection, Cornell University Library. (n.d.). Retrieved June 2024 from <https://persuasivemaps.library.cornell.edu/>

Wood, D., & Fels, J. (2008). *The Natures of Maps: Cartographic Constructions of the Natural World*. University of Chicago Press.

XX. Szerkesztési hibák

Még a legjobb szándékú térképészekkel vagy újságírókkal is előfordul, hogy hibás vagy félrevezető térképet készítenek. A médianyomás alatt dolgozó grafikus csapatok általában nem rendelkeznek mély kartográfiai szakértelemmel, így gyakoriak a szerkesztési és adathibák a sajtóban megjelenő térképeken. Ezek a hibák lehetnek technikai jellegűek (pl. rossz adatok használata), tervezési hibák (pl. nem megfelelő grafikus megoldások) vagy értelmezési hibák (pl. a térkép készítője félreértelmez valamit, és így rossz térképet alkot).

1. Gyakori hibák és torzítások a tematikus térképeken

Számos tipikus hiba ismétlődik a médiában közzétett tematikus térképeken, melyek forrása többnyire az, hogy a készítő grafikus kartográfiai-szakmai ismeretei hiányosak. Az alábbiakban felsorolunk néhányat a leggyakoribb hibatípusok közül, magyarázattal és példával.

1.1 Helytelen adatok vagy hibás adathasználat

A térkép minősége alapvetően az adat minőségétől függ. Gyakori hiba, hogy az újságírók nem ellenőrzött forrásból származó adatokat használnak, vagy összekevernek különböző időpontból, módszertannal származó adatokat. Ennek eredménye lehet pontatlan vagy félrevezető térkép. Például, ha egy demográfiai térképen a népességadatok eltérő népszámlálásokból, különböző évekből vannak összeszedve, a térkép torz mintázatot mutat. Extrém példa volt, amikor 1988-ban a Fülöp-szigeteken egy újság hibásan értelmezett egy navigációs térképet: egy vonalat az új maláj tengeri határnak hitt, holott az valójában csak egy hajózási útvonal volt – ebből diplomáciai bonyodalom is keletkezett, mivel a sajtó „malajziai területfoglalást” vizionált a téves térkép alapján. Ez jól mutatja, mennyire fontos az adatok helyes értelmezése.

1.2 Nyers adatértékek térképezése levezetés, standardizálás nélkül

Az egyik leggyakoribb hiba a felületkartogramok esetében történik. Ezt csak levezetett adatra lehet teljeskörűen használni, tehát például arányokra, százalékokra, egy főre jutó értékekre. Ennek ellenére a médiában gyakran látunk olyan térképet, ahol abszolút számokat (pl. esetszám, összlakosság, összjövedelem) ábrázolnak így - ezzel súlyos torzítást okozva. Az abszolút számok a terület nagyságával vagy a népességszámmal korrelálhatnak. Ha például Magyarország megyéit megjelenítjük aszerint, melyik megyében hány bűncselekmény történt egy évben, akkor majdnem biztos, hogy Budapest és a nagyobb megyék sötét színűek lesznek (mert ott több ember él, több bűneset van), míg a kis megyék világosak. Ez a térkép azonban nem a bűnözés intenzitását mutatja, csupán a népességeloszlást. Helyesen lakosságarányos mutatót kellene térképezni (pl. 100 ezer főre jutó esetek). A hiba sajnos gyakori a nem szakmai felületeken: még gyakorlott térképkészítők is elkövetik, hogy felületkartogramokon abszolút adatokat jelenítenek meg, holott standardizálni kellett volna. Az eredmény félrevezető, ami hamis következtetésekre vihet.

1.3 Rossz osztályközű beosztás (klasszifikációs torzítás)

Amikor folytonos adatokat (pl. jövedelem, hőmérséklet, válaszadók százaléka stb.) osztályokba sorolunk térképünkön, nem mindegy, hogyan húzzuk meg a közöttük lévő határokat. Az osztályhatárok megválasztása könnyen manipulálható – akár szándékosan, akár véletlenül. Gyakori hiba, hogy a térképkészítő nem megfelelő módszerrel osztja be az adatokat. Például, ha 5 osztályt szeretnénk, de az adatok erősen egyenlőtlen eloszlásúak, az egyik kategória szinte az összes területet lefedheti, a többi pedig alig pár adatot – így a térkép végül nem lesz informatív. Előfordulhat az is, hogy egyenletes intervallumközöket szeretnénk, de az adatok nem így oszlanak el. Ekkor a térkép vagy teljesen egy színű lesz (ha a legtöbb érték egy osztályba esik), vagy ellenkezőleg, irreális térbeli mintázatot fog mutatni. Tudatos torzításra is van példa: ha egy bizonyos eredményt akarunk kiemelni, megválaszthatjuk úgy a határokat, hogy pont az legyen külön színű. Ez a fajta manipuláció első pillantásra nem evidens a nézőnek, hacsak nem vizsgálja meg a jelmagyarázatot alaposan. Összességében az osztályozás egy sarkalatos pont: gyakori szakmai hiba a nem indokolt kategóriaválasztás.

1.3 Nem megfelelő színskála használata

A színek kiválasztása nem csak esztétikai kérdés, hanem adattípus-függő döntés. Gyakran látni szakmaiatlan térképeket, ahol például divergens skálát használnak olyan adatra, aminek nincs természetes „közepe”. Ez akkor indokolt, ha van egy középérték, amihez képest eltérés történik (például hőmérsékletanomália: a sokévi átlaghoz képest melegebb vagy hidegebb van). Ha azonban mondjuk az országok GDP-jét ábrázoljuk, annak nincs negatív vagy pozitív iránya, így oda folytonos egyirányú skála szükséges (pl. világostól sötétig egy szín árnyalatai). Gyakori hiba, hogy önkényes színárnyalatokat használnak mennyiségi adatra, ami megtévesztő lehet. Ilyen lehet például a zöld-sárga-kék színezés egy térképen, ahol ezek a színek nem jelentenek logikailag semmit, csak elkülönítenek kategóriákat – az olvasó számára nem intuitív, melyik a magasabb érték. Ugyanez igaz a telítettségre is: ha nem megfelelő kontrasztú a színsor, előfordulhat, hogy a néző nem tud különbséget tenni a kategóriák között. Mindez

nemcsak esztétikai baki, hanem adatértelmezési hiba is, mert a néző mást olvashat ki a térképből, mint amit kellene.

1.4 Nem megfelelő szimbólumok és grafikus elemek

Ide tartoznak azok a hibák, amikor a térképen alkalmazott jelölés nem felel meg a bemutatott adat természetének. Például torzítás lép fel, ha kör. vagy buborékdiagramokat használunk, de nem megfelelően méretezzük azokat. Gyakori példa, hogy a kör területét lineárisan arányosítják az értékkel, holott a kör területe a sugarának négyzetével arányos – így a vizuális hatásban eltérés lesz.

Szintén hiba a torz piktogramok használata. Például, ha egy világtérképen embereket jelképező jeleket helyezünk le népességszám jelölésére, de minden piktogram ugyanakkora, csupán több vagy kevesebb van belőle – a néző könnyen összekeverheti, hogy most a darabszám vagy a sűrűség a lényeg. A torzított kartogramoknál is lehetnek hibák: ha nem tüntetik fel világosan, hogy torzított képről van szó, egy laikus néző azt hiheti, hogy földrajzilag pontos térképet lát, holott a méretek egy előre definiált adatérték szerint változnak.

1.5 Hiányzó vagy félrevezető jelmagyarázat, forrás

Gyakran előfordul, hogy a médiában publikált térképen nincs megfelelő jelmagyarázat. Így a néző nem tudja pontosan, mit jelentenek a színek vagy jelek. Ez alapvető hiba, hiszen a térkép olvashatóságát rontja. Más esetekben van jelmagyarázat, de félreérthető (pl. apró betűs, vagy a kategóriák megnevezése nem egyértelmű). Ugyancsak gond, ha a forrás nincs feltüntetve: honnan származnak az adatok? Milyen évből, melyik intézménytől? Forrásmegjelölés nélkül a térkép nem ellenőrizhető. A megbízható hírforrások általában odaírják a feltüntetett adatok forrását, de néha ez lemarad a grafikáról. Az átláthatóság hiánya hibának számít, mert a térkép hitelességét rontja.

1.6 Nem megfelelő vetület alkalmazása

Ugyan a propaganda kapcsán már említésre került a vetületek szerepe, de akaratlanul is előfordulhat, hogy a térkép készítője nincs tisztában a vetületek torzulásával. Például, ha valaki egy világtérképen Mercator-vetületet használ,

mert „az szép téglalap alakú”, elfeledkezik róla, hogy így a magas szélességeken fekvő országok (Kanada, Oroszország stb.) túlságosan nagyra „nyúlnak”. Ha egy térkép az erdőirtás mértékét mutatja világszerte, Mercatoron ábrázolva Szibéria vagy Kanada hatalmas vörös foltként látszik (hiszen nagy a területe a vetület miatt), és ezzel vizuálisan túlzott hatást kelt, eltúlozva a problémát. A vetületi torzítások figyelmen kívül hagyása oda vezet, hogy a néző esetleg fals következtetést von le területméretekről, távolságokról. Fontos, hogy a térképész tudatosan válasszon vetületet az adott témához, és ha szükséges, jelezze a torzítás mértékét (például egy távolságdiagrammal vagy figyelmeztetéssel a térképen).

2. A hibák felismerése – kritikus térképolvasás

Miután áttekintettük a tipikus hibákat, fontos arról beszélni, hogy mint térképhasználók, hogyan ismerhetjük fel ezeket, illetve térképkészítőkként hogyan javíthatjuk ki őket. Néhány kulcsfontosságú elemzési szempont segíthet a tematikus térképek kritikus értékelésében:

Ellenőrizzük a forrást és a készítőt: Mindig nézzük meg, feltüntették-e, hogy ki készítette a térképet és honnan származnak az adatok. Ha hiányzik a forrásmegjelölés vagy a készítő, legyünk gyanakvók. Egy hiteles hírtérképen általában ott van a logó vagy név (pl. egy neves hírügynökség, kutatóintézet), ami ugyan növeli a megbízhatóságot, de ez sem garancia a hibátlanságra. Mindenesetre a szerző nélküli térképeket fogadjuk fenntartással.

Vizsgáljuk meg a jelmagyarázatot és a címet: A térkép jelmagyarázata kulcs a megértéshez. Ellenőrizzük, vannak-e adatosztályok, és ha igen, milyen értékek tartoznak hozzájuk. Gondoljuk végig, logikusak-e ezek a kategóriák, vagy esetleg önkényesnek tűnnek. A térkép címe és alcíme is sokat elárul: bele van-e foglalva a térkép üzenete? Például egy cím, mint „A bűnözés legfőbb gócpontjai Magyarországon” már egy narratívát sugall – nézzük meg, a térkép adatai tényleg ezt támasztják-e alá, vagy a cím dramatizál. A dátumot is keressük; egy 10 évvel ezelőtti adatokat mutató térkép lehet, hogy már nem releváns, ezt azonban csak akkor tudjuk, ha látjuk az adatok gyűjtési idejét.

Ellenőrizzük az adatok dimenzióját, levezetetttségét: Ha egy térkép számszerű adatot mutat, mindig gondolkodjunk el, hogy „ez most abszolút vagy relatív

adat?" Ha például az van ráírva kvázi dimenzióként, hogy „összes bevándorló”, de a térkép egy felületkartogram, gondoljuk át: nem kellene ezt inkább lakosságarányosan feltüntetni? Ugyanez igaz az olyan térképekre, mint pl. „országok CO₂-kibocsátása” - ha abszolút kibocsátást látunk, az nagyban a lakosság méretét tükrözi, lehet, hogy per fő lenne érdemes nézni. Ha a térképen nem egyértelmű, hogy mit látunk, akkor keressünk magyarázatot a kísérő szövegben vagy a forrásban. Ha sehol nem derül ki, akkor sajnos könnyen lehet, hogy a térkép készítője nem standardizálta az adatokat, és így torz eredményt közöl.

Figyeljük meg a vetületet és a méretarányt: Nézzük meg, van-e északjel, méretarány vagy vetületnév a térképen. A sajtóban gyakran nincs expliciten kiírva a vetület neve, de a formából rá lehet ismerni (pl., ha Grönland akkorának tűnik, mint Afrika, az valószínűleg Mercator-vetület). Ha azt látjuk, hogy a vetület erősen torzít, gondoljuk át, befolyásolja-e a mondanivalót. Egy világtérkép esetén pl. feltehetjük a kérdést: "Nem kellett volna inkább Gall-Peters (vagy más területtartó) vetületet használni, ha területi összehasonlítás a cél?" A kritikus olvasó észben tartja, hogy a vetület választása is üzenetet hordozhat, még ha nem is szándékosan. Ha két térkép adatait akarjuk összevetni, de különböző vetületűek, legyünk óvatosak a következtetésekkel.

Azonosítsuk a kihagyott információkat: Gondoljuk végig, mi az, ami hiányzik a térképről. Minden térkép szelektál – de vajon a hiányok torzítják a képet? Például, ha egy térkép csak az országokat színezi, de a nagyvárosokat nem jelöli, lehet, hogy észrevétlen marad egy fontos összefüggés (pl., hogy a sötét színű területek mind nagyvárosok körül vannak). Kérdezzük meg: „Milyen kérdésre nem válaszol a térkép?” Vagy: „Milyen más adat segítené kontextusba helyezni ezt a térképet?” Ez a "térkép csendjének" azonosítása: Harley nyomán tudjuk, hogy amit a térkép elhallgat, az gyakran ugyanolyan fontos, mint amit kimond. Ha például a térkép nem jelöli a bizonytalanságot (pl. statisztikai hibahatárt), akkor óvatosan kell kezelni a pontos értékeket.

Keresztellenőrzés és összehasonlítás: Ha valamiben bizonytalanok vagyunk, érdemes más forrásból származó térképet vagy adatot keresni ugyanarról a témáról. Ha két független forrás hasonló eredményt mutat, az a bizonyosságot növeli. Ha nagyon eltérnek, utána kell járni, miért (különböző adatok? más módszer?). Az internet korában nem nehéz egy gyors kereséssel utánanézni a

kontextusnak – például egy sajtótérkép állítását alátámaszthatjuk vagy cáfolhatjuk tudományos cikkek, hivatalos statisztikák segítségével.

Legyünk egészséges mértékben szkeptikusak: A legfontosabb talán a hozzáállás: ne fogadjunk el automatikusan mindent, amit egy térkép sugall. „A térképek hatalmas ereje abban rejlik, hogy objektív igazságként fogadjuk el őket, holott a valóságot mindig csak részben, torzítva mutatják.” Emiatt mindig maradjunk egy kicsit kritikusak. Ahogy Monmonier könyvének címe is mondja: „How to Lie with Maps” - könnyű akár tudattalanul is megtéveszteni a térképekkel. Ugyanakkor nem kell minden térképet eleve hamisnak bélyegezni. Inkább arról van szó, hogy tegyük fel a megfelelő kérdéseket: Ki? Miért? Mit? Hogyan? Ha ezt a négy kérdést (a készítő személye, szándéka, az adat tartalma és a megjelenítés módja) mindig felvetjük, akkor jó eséllyel észrevesszük a problémás pontokat.

A kritikus térképolvasás képessége fejleszthető. Ajánlott gyakorlat, hogy az ember tudatosan elemez térképeket, akár hobbi szinten is: pl. vegyünk egy internetes médiumban található térképet, és próbáljunk rájönni, megfelel-e a fenti kritériumoknak.

Végül a hibák korrigálása térképkészítői oldalról: ha mi magunk készítünk térképet (akár hallgatóként házi feladatban, akár később szakemberként a nyilvánosságnak), akkor az előzőekben felsorolt hibákat kerüljük el. Mindig kérjünk szakértői és nem szakértői lektorálást térképeinkre: több szem könnyebben kiszúrja a hibát vagy kétértelműséget. Ha észrevesszünk egy hibát egy már publikált térképen, vállaljuk fel és javítsuk – a digitális korban egy online térkép frissítése gyorsan megtehető, és a korrektség növeli a hitelességet.

3. Néhány könnyen észrevehető, mulatságos hiba



20.1. ábra. Vigyázzunk az országok és más földrajzi nevek elhelyezésével!



20.2. ábra. Fontos, hogy ügyeljünk a nyomdai lehetőségekre már térképszerkesztéskor is.



20.3. A Közel-Kelet sokak számára nagyon távoli világ – nem is mindig sikerül ábrázolni.



20.4. ábra. Ne hagyjunk le véletlenül sem országokat.



20.5. ábra. Fontos, hogyne csak az országhatárok, hanem partvonalak is legyenek megfelelően kiemelve.



20.6. ábra. A CNN és Hong Kong esete.



20.7. ábra. Ez nem egy történelmi térkép!



20.8. ábra. Értjük, hogy Kelet-Ukrajna – de ennyire kelet?



20.9. ábra. Legalább a kontinenst sikerült eltalálni.



20.10. ábra. Kicsit sikerült széthúzni Franciaországot.



20.11. ábra. Érdekes az áttekintőtérképet is helyesen szerkeszteni.



20.12. ábra. Kínos.

Felhasznált irodalom

Brewer, C. A. (2016). *Designing Better Maps: A Guide for GIS Users* (2nd ed.). Esri Press.

Harley, J. B. (1989). Deconstructing the map. *Cartographica*, 26(2), 1–20.
<https://doi.org/10.3138/E635-7827-1757-9T53>

Kraak, M.-J., & Ormeling, F. (2020). *Cartography: Visualization of Geospatial Data* (4th ed.). Routledge.

Monmonier, M. (1991). *How to Lie with Maps*. University of Chicago Press.

Monmonier, M. (2008). *Coast Lines: How Mapmakers Frame the World and Chart Environmental Change*. University of Chicago Press.

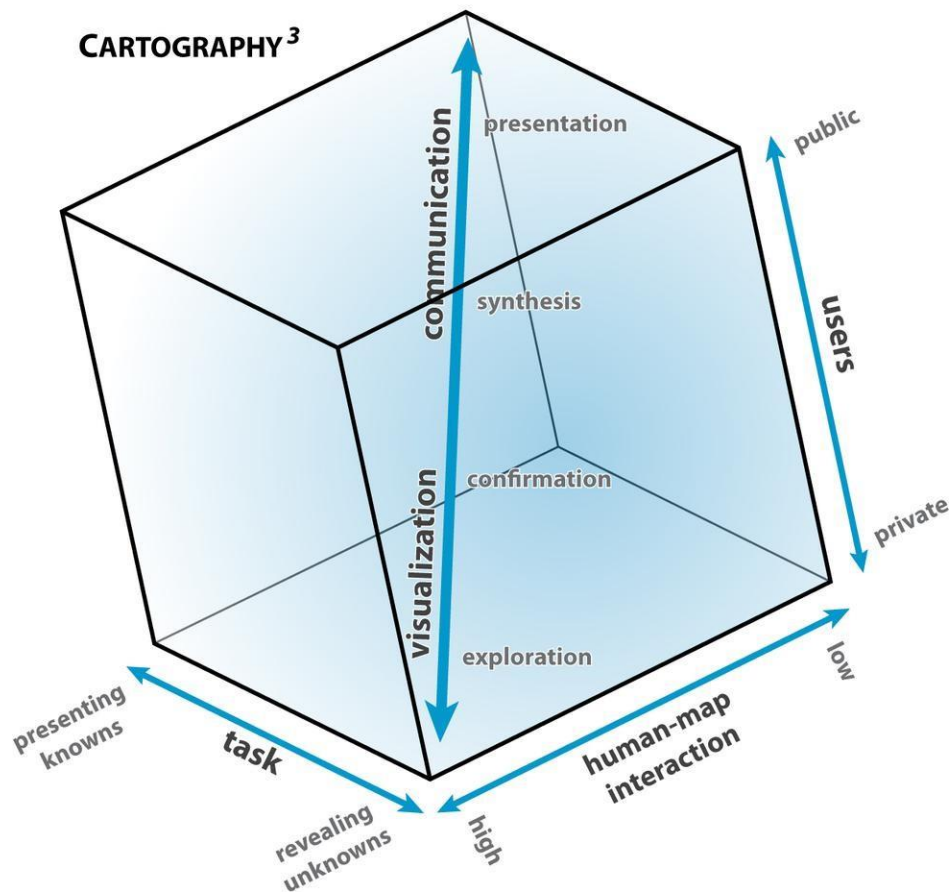
Wood, D., & Fels, J. (2008). *The Natures of Maps: Cartographic Constructions of the Natural World*. University of Chicago Press.

XXI. Geovizuális elemzés

A geovizuális elemzés vagy analitika a térbeli adatok vizuális feltárásának és a számítógépes elemzésnek az ötvözete. A fogalom a vizuális analitika területéből nőtt ki. Thomas és Cook „Illuminating the Path” című munkájukban a vizuális elemzést úgy határozták meg, mint „az analitikus következtetés tudománya interaktív vizuális felületek támogatásával, amelynek célja a vizuális minták felismerése és felfedezése”. Ha ezt kifejezetten földrajzi adatokra alkalmazzuk, geovizuális analitikáról beszélünk. Slocum és munkatársai (2023) szerint ez olyan számítógépes rendszereket jelent, amelyek kombinálják az emberi látás és észlelés erejét a számítógépek feldolgozási kapacitásával a nagy, sokváltozós és gyakran időbeli geoinformációs adatbázisok értelmezése érdekében. Más szavakkal, a geovizuális analitika célja, hogy segítsen „értelmet adni” a Big Data jellegű geoadatoknak, feltárva az eddig ismeretlen térbeli mintákat. Ehhez interaktív grafikus felületekre van szükség, amelyek lehetővé teszik az ember és számítógép szoros együttműködését.

A geovizuális analitika szorosan kapcsolódik a geovizualizáció koncepciójához, amelyet MacEachren és kollégái fejtettek ki a '90-es években. MacEachren (1994) híres kartográfiai kockája (21.1. ábra) a térképhasználat három dimenzióját különíti el: (1) a térképhasználat célja (ismeret feltárása vs. ismert információ közlése), (2) a közönség jellege (egyéni térképolvasó vs. nyilvános közönség), valamint (3) az interakció szintje (magas interaktivitás vs. statikus megjelenítés). A hagyományos,

statikus térképek többsége a kocka „kommunikáció” sarkába esik – nyilvános közönségnek szánt, ismert információt bemutató eszközök, alacsony interaktivitással. Ezzel szemben a geovizuális analitikai eszközök a kocka ellentétes csúcsát foglalják el: magas az ember-térkép interakció, jellemzően szakértők által, egyéni módon használt eszközök, amelyek célja az ismeretlen mintázatok felfedése és új ismeretek generálása. Vagyis míg a statikus tematikus térképek főleg kommunikációra szolgálnak (pl. egy atlasz térképe jól ismert demográfiai trendeket mutat be a nagyközönségnek), addig a geovizuális elemzés térképi megjelenítései elsősorban következtetések levonására használhatók – interaktív vizsgálatra, hipotézisek alkotására a nyers adatok alapján.



21.1. ábra. A kartográfiai kocka.

1. Fejlődéstörténet és módszertan

A geovizuális elemzés a számítógépes térképészet és a GIS evolúciójának legújabb eredménye. Előfutárai a kutató jellegű térképezés (exploratory cartography) és a geovizualizáció, melyek a '80-as, '90-es években alakultak ki a növekvő mennyiségű téradat interaktív vizsgálatára (DiBiase et al. 1992; MacEachren 1994). A 21. században a Big Data megjelenése – a térbeli adatok ugrásszerű méret- és mennyiségi növekedése – tette szükségessé a humán és gépi elemzés szorosabb integrációját. Az ezredforduló után a vizualizációs eszközök és a számítási teljesítmény egyaránt fejlődtek: megjelentek az online térképes vezérlőpultok, a valós idejű adatelemzés, a dinamikus térképi animációk és az összetett, többnézetű rendszerek – melyekről az adatfeltárás esetén már esett szó.

A geovizuális elemzés módszertana két fő pillérre épül: (1) a vizualizációs technikákra (emberi észlelés), és (2) a számítógépes elemző algoritmusokra. A vizualizáció terén az információvizualizáció bevált elveit követi. Shneiderman (1996) információkeresési módszertana szerint először áttekintést (overview) kell nyújtani az adatok egészéről, majd lehetővé tenni a nagyítás és szűrés (zoom & filter) műveleteit, végül pedig részletes információt adni az érdekes részletekről a felhasználó igényeinek függvényében (detail on demand). Mivel azonban a Big Data esetén gyakran már az áttekintés vizualizálása is kihívás, Daniel Keim (2008) kiterjesztette a folyamatot: „Először elemezz, mutasd a lényeges elemeket, majd válts nagyobb léptékre, szűrj és elemezz tovább, végül mutass részleteket igény szerint”. Ez rámutat, hogy a vizualizációt sokszor érdemes megelőznie bizonyos automatikus elemzésnek, amely segít kiemelni a lényeges mintázatokat.

A számítógépes módszerek között térbeliesítési (spatialization) és csoportosítási (grouping) technikákat különböztethetünk meg. A térbeliesítés lényege, hogy a többdimenziós adatok hatalmas halmazát két- vagy háromdimenziós térképi formában jelenítsük meg. Például a főkomponens-analízis (Principal Component Analysis – PCA) egy klasszikus módszer erre: sok változóból képez néhány (2-3) összetevőt, amelyeket már térképen ábrázolhatunk. A csoportosítás ezzel szemben azt jelenti, hogy az egyedi megfigyeléseket (pl. mintaterületekre vonatkozó adatokat) klaszterekbe soroljuk valamilyen algoritmussal (pl. klaszterelemzés, önszervező térkép – Self-Organizing Map [SOM]). A klaszterezés segít az adatban rejlő rejtett csoportok felfedezésében.

Az interaktív vizualizáció eszköztára kiterjed minden olyan megoldásra, amelyet a modern GIS és térképszerkesztő szoftverek kínálnak. Ide tartozik többek közt: az adatmanipuláció (pl. szűrés, újraszámítás valós időben), a jelkulcs dinamikus változtatása (színskálák, szimbólumok interaktív cseréje), a több nézet egymás melletti használata (pl. több térkép különböző időpontokra vagy változókra), a térkép összekapcsolása diagramokkal, táblázatokkal, bizonyos részletek kiemelése (brushing), a lekérdezés (query/probing) konkrét pontokra kattintva, valamint a témarétegek ki- és bekapcsolása, valamint animáció időbeli adatokhoz. Ezek az interaktív műveletek mind a felfedezést, az adatok sokrétű jelentésének megismerését szolgálják: a felhasználó kísérletezhet a térképpel, különféle nézőpontokat és megjelenítési lehetőségeket próbálhat ki, hogy rátaláljon a számára fontos, érdekes mintázatokra. A humán és gépi komponens összehangolt működésére jó példa egy modern adatfeltáró folyamat: az Andrienko és munkatársai (2020) által leírt adattudományi ciklusban az adatelőkészítés és automatikus elemzés után a vizuális feltárás segít mintákat azonosítani, majd a gépi modellezés és visszacsatolás következik. A lényeg, hogy a számítógép végezze azt, amiben jó (nagy adathalmazok gyors feldolgozása), az ember pedig azt, amiben ő jobb (mintázatfelismerés, értelmezés, kontextusismeret).

2. Elemző algoritmusok

Az előzőekben megismerkedtünk az elemzés számítógépes módszertanának két fő technikájával, a térbeliesítéssel és a csoportosítással. Nézzünk meg mindkettőhöz egy-egy térbeli adatokon gyakran használt algoritmust.

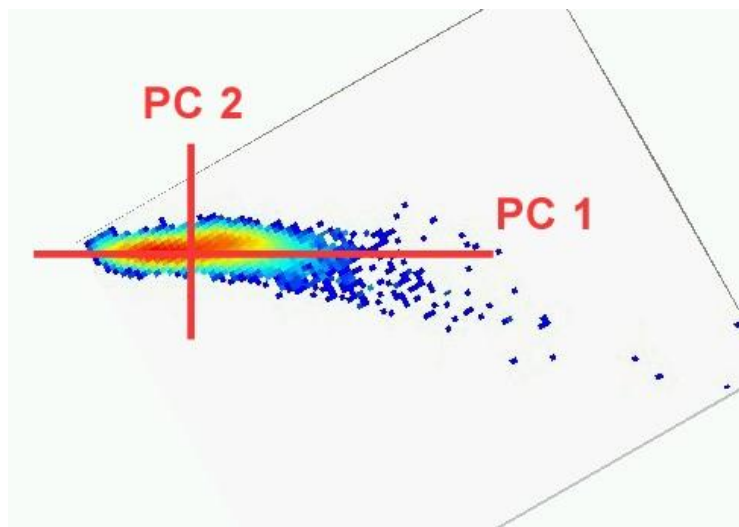
2.1 Térbeliesítés: főkomponens-analízis (Prime Component Analysis – PCA)

A modern adatfeldolgozás egyik fő kihívása a nagy dimenziószámú adathalmazok értelmezése és kezelése. Legyen szó társadalmi-gazdasági, egészségügyi vagy spektrális távérzékelte adatokról, gyakran több tucat vagy akár több ezer változóval kell dolgoznunk. A főkomponens-analízis (PCA) olyan

matematikai módszer, amely az ilyen komplex adathalmazokat dimenziócsökkentés révén teszi áttekinthetőbbé és elemezhetőbbé, miközben megőrzi az adatok varianciájának legnagyobb részét. A PCA a lineáris algebra és a statisztika határterületén helyezkedik el, és mára a legelterjedtebb adatfeltáró-elemző technikák közé tartozik. Széles körűen alkalmazzák a természettudományokban, társadalomtudományokban, gépi tanulásban, valamint térinformatikában is.

A főkomponens-analízis célja, hogy egy p dimenziós adathalmazt k -dimenziós térbe vetítsen ($k < p$) úgy, hogy a lehető legtöbb információ (variancia) megmaradjon. A módszer nem csupán adatvizualizációt tesz lehetővé, hanem előkészíti a klaszterezést, osztályozást vagy más statisztikai elemzéseket is, csökkentve a redundanciát és zajt. A PCA egy lineáris dimenziócsökkentő eljárás, amely feltételezi, hogy az adatok legfőbb szerkezete egy alacsonyabb dimenziós lineáris térben is megragadható.

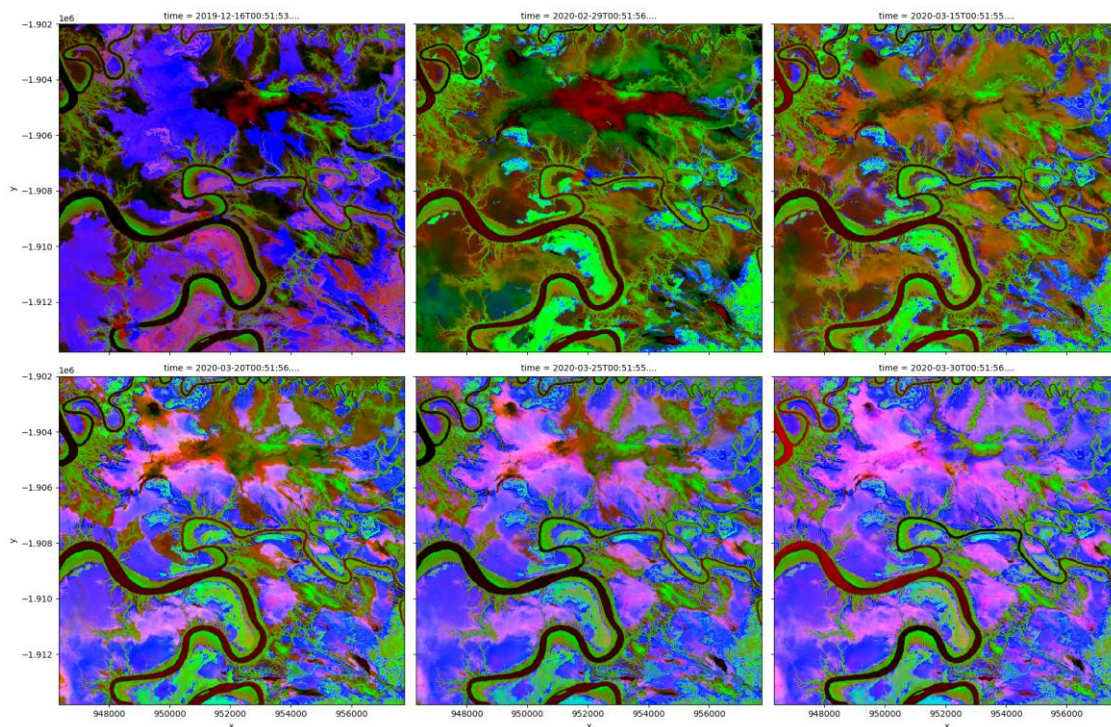
A módszer matematikai értelemben standardizálásból, a korrelációs mátrix számításából, sajátérték-számításból, valamint az új térbe való vetítésből áll. E folyamat jelöli ki a módszer nevét adó fő komponenseket (21.2. ábra), melyek számát előzetesen meghatározzuk. A PCA nemcsak dimenziócsökkentésre szolgál, hanem lehetőséget kínál az adatok új szempont szerinti értelmezésére. A főkomponensek lineáris kombinációi az eredeti változóknak, és gyakran érdekes latens (rejtett) struktúrákat fednek fel.



21.2. Főkomponensek kijelölése.

A PCA rendkívül széles körben alkalmazható, különösen ott, ahol nagy számú, egymással korreláló változót kell értelmezni vagy csökkenteni. Néhány fontosabb alkalmazási terület:

- Környezeti és térbeli elemzések: Légszennyezettségi indikátorok tömörítése; meteorológiai vagy éghajlati adatsorok strukturális feltárása; térbeli régiók összehasonlítása sokváltozós indikátorok alapján.
- Távérzékelés: Spektrális sávok redukálása műholdképeken; zajscsökkentés és célzott információkiemelés; új „kompozit” képsávok képzése osztályozási célra (21.3. ábra).



21.3. ábra. Főkomponens-analízis eltérő időpillanatban készült műholdfelvételeken a terepi objektumok, természeti jelenségek és képződmények azonosítására.

- Biológia és orvostudomány: génadatok vizsgálata; biomarkerek azonosítása; populációk genetikai diverzitásának elemzése.
- Társadalomtudományok és közgazdaságtan: társadalmi-gazdasági mutatók aggregálása (pl. életminőség-index); pszichometriai elemzések (kérdőívek, tesztek struktúrája); fogyasztói szegmensek elemzése.
- Gépi tanulás és mesterséges intelligencia: tanulóadatok kinyerése a felügyelt tanulás előtt; zajszűrés, redundáns változók eltávolítása; modellkomplexitás csökkentése (pl. regressziókban).

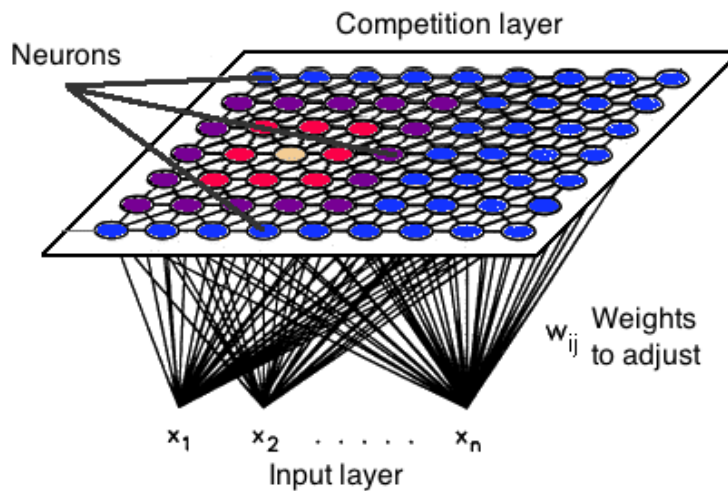
Bár a PCA erőteljes eszköz, nem mentes a korlátoktól:

- Csak lineáris kapcsolatokat tár fel: nem alkalmas komplex, nemlineáris struktúrák feltárására.
- Nehezen értelmezhetők a komponensek: a főkomponensek lineáris kombinációk, melyek nem mindig hordoznak világos jelentést.
- Érzékeny a kiugró értékekre: az adathibák jelentősen befolyásolhatják az eredményt.
- Skálafüggőség: ha nem standardizáljuk megfelelően a változókat, a nagyobb szórású változók dominálhatják az első komponenseket.

2.2 Csoportosítás: önszervező térképek (Self-Organizing Maps – SOM)

A mesterséges neurális hálózatok (Artificial Neural Networks, ANN) családján belül a Self-Organizing Map (SOM), magyarul önszervező térkép, egy különösen érdekes és sokoldalú algoritmus. A Kohonen-féle térképként is ismert módszer a felügyelt tanítás nélküli (unsupervised learning) paradigmába illeszkedik, és a magas dimenziószámú adatok vizuális és szerkezeti feltárásának egyik leghatékonyabb eszköze. A módszert Teuvo Kohonen finn kutató vezette be az 1980-as évek elején, és azóta széles körben elterjedt a különböző tudományterületeken, beleértve a földrajzot, a bioinformatikát, a pénzügyeket és a társadalomtudományokat is.

A SOM lényege, hogy egy nagy dimenziójú adathalmazt kétdimenziós (esetenként egy- vagy többdimenziós) rácsra vetít úgy, hogy az adatok topológiai szerkezete — vagyis az elemek közötti viszonyrendszer — lehetőleg megmaradjon. A térképen egymáshoz közel eső pontok a bemeneti térben is hasonlóak, míg a távol esők eltérőbbek. Ezáltal a SOM egy vizuálisan értelmezhető reprezentációt nyújt az adathalmaz szerkezetéről, hasonlóan a főkomponens-analízishez (PCA), de nemlineáris módon, gyakran informatívabb struktúrákat tárva fel (21.3. ábra).



21.3. ábra. A SOM működési elve.

A SOM egy előre definiált szerkezetű rácsból áll, amelynek minden egyes cellája egy ún. neuronnak felel meg. Minden neuronhoz hozzárendelünk egy súlyvektort, amely ugyanolyan dimenziós, mint a bemeneti adatok. A tanítás célja, hogy ezek a súlyvektorok úgy rendeződjenek el a rácson, hogy reprezentálják az adathalmaz statisztikai és topológiai tulajdonságait. A tanítás iteratív módon történik:

- Bemeneti adat kiválasztása: Véletlenszerűen kiválasztunk egy adatelemvektort az adathalmazból.
- Legjobban illeszkedő egység (Best Matching Unit, BMU) meghatározása: Kiszámítjuk minden neuronhoz tartozó súlyvektor és a bemeneti vektor távolságát (pl. euklideszi távolságot), és kiválasztjuk azt a neuront, amelyhez a legkisebb távolság tartozik. Ez a BMU.
 - Frissítés: A BMU és annak közeli szomszédjai súlyvektorait frissítjük úgy, hogy azok közeledjenek a bemeneti vektorhoz. Ez a tanulás két fontos tényezővel szabályozott:
 - Tanulási ráta (learning rate): csökken az idő előrehaladtával.
 - Szomszédsági függvény (neighborhood function): meghatározza, hogy a rácson a BMU-tól milyen távolságra lévő neuronokra milyen mértékben hasson a tanítás.
- Ismétlés: A folyamatot sok ezer iteráción keresztül ismételjük, fokozatosan csökkentve a tanulási rátát és a szomszédság méretét.

A tanítás eredményeként a neurális térkép a bemeneti tér nemlineáris leképezésévé válik, amely megőrzi az adatok topológiai szerkezetét. A SOM algoritmust rendkívül széles körben használják. Néhány példa a gyakorlati alkalmazások közül:

- Távérzékelés: műholdképek osztályozása, vegetációtípusok, földhasználati kategóriák automatikus felismerése.
- GIS: térbeli adatok klaszterezése, területek csoportosítása környezeti vagy társadalmi indikátorok alapján.
- Bioinformatika: génminták azonosítása, fehérjeszerkezetek osztályozása.
- Marketing: vásárlói szegmensek azonosítása viselkedési minták alapján.
- Pénzügy: részvénytőzsdék szegmentálása, kockázati profilok azonosítása.
- Szövegbányászat és természetes nyelvfeldolgozás: dokumentumok klaszterezése jelentéstartalom szerint.

Bár a SOM nagyon hasznos eszköz, de nem nélkülözi a kritikát sem:

- Az eredmények reprodukálhatósága nehézkes a véletlenszerű inicializálás miatt.
- A paraméterezés érzékeny: a tanulási ráta, szomszédsági függvény, rácsméret stb. befolyásolja a végeredményt.
- A kimenet értelmezése szubjektív lehet, különösen, ha nincsenek előre ismert címkék az adatokon.

3. Statikus és interaktív elemek szerepe

A geovizuális elemzés integrálja a statikus térképészeti hagyományos értékeit az interaktív vizualizáció nyújtotta lehetőségekkel. A statikus (nyomtatott vagy nem interaktív digitális) térképek továbbra is nélkülözhetetlenek a kommunikációhoz – gondoljunk egy jelentés vagy publikáció ábráira, amelyek tömören mutatják be egy kutatás eredményeit. Ezek a térképek jellemzően ismert információt ábrázolnak egy adott céllal és közönségnek, és erősségük a gondos tervezés, esztétikum, illetve a könnyű befogadhatóság. Ezzel szemben az

interaktív térképi megoldások az elemzés eszközei: lehetővé teszik a felhasználónak, hogy belemerüljön az adatokba, több nézőpontból vizsgálja azokat, és akár valós időben módosítsa a megjelenítést vagy a bemeneti paramétereket – például a fenti módszerek közül valamelyik „élő” alkalmazásával.

A gyakorlatban a statikus és interaktív módszerek kiegészítik egymást. Például egy kutató először interaktív módon térképez fel egy nagy környezeti adatállományt egy analitikai szoftverben: szűr, nagyít, összehasonlít, térben-időben animál. Miután azonosít bizonyos jelenségeket, a végső eredményeket statikus térképeken kommunikálja a tanulmányában, hogy a lényeg a célközönség számára közérthetően jelenjen meg. A geovizuális analitika így átível a feltárás és a kommunikáció fázisai között. MacEachren (1994) kockáján a teljes folyamat bejárja az egyéni-nyilvános és ismert-ismeretlen tengelyeket: a kezdeti, egyéni megismeréstől eljut a nyilvános bemutatásig. Fontos azonban, hogy a modern szoftverek lehetővé teszik az elemzés közbeni dokumentálást és megosztást is – például „storytelling” funkciókkal (történetmesélő térképek), vagy épp az interaktív eredmények online közzétételével. Így a statikus és interaktív elemek határa elmosódik: gondoljunk a webes dashboard alkalmazásokra, ahol az interaktív diagramok és térképek képei jelentésekbe ágyazhatók, vagy épp fordítva, a publikált cikk statikus térképéhez mellékelhetünk interaktív webtérképet.

Összességében a statikus térképek szerepe megmarad a végső kommunikációban és döntéstámogatásban, míg az interaktív elemek kulcsfontosságúak a felfedező analízisben. A geovizuális elemzés tudatosan használja mindkettőt: a vizuális gondolkodás (visual thinking) fázisában interakcióval segíti a mélyebb ismeretek megszerzését, majd a vizuális kommunikáció fázisában a statikus térkép nyújt összegzést a döntéshozók vagy a nagyközönség számára.

4. Geovizuális elemzés a döntéstámogatásban

A geovizuális elemzés egyre fontosabb szerepet játszik a térbeli döntéstámogató rendszerekben. Számos valós döntési probléma – legyen az

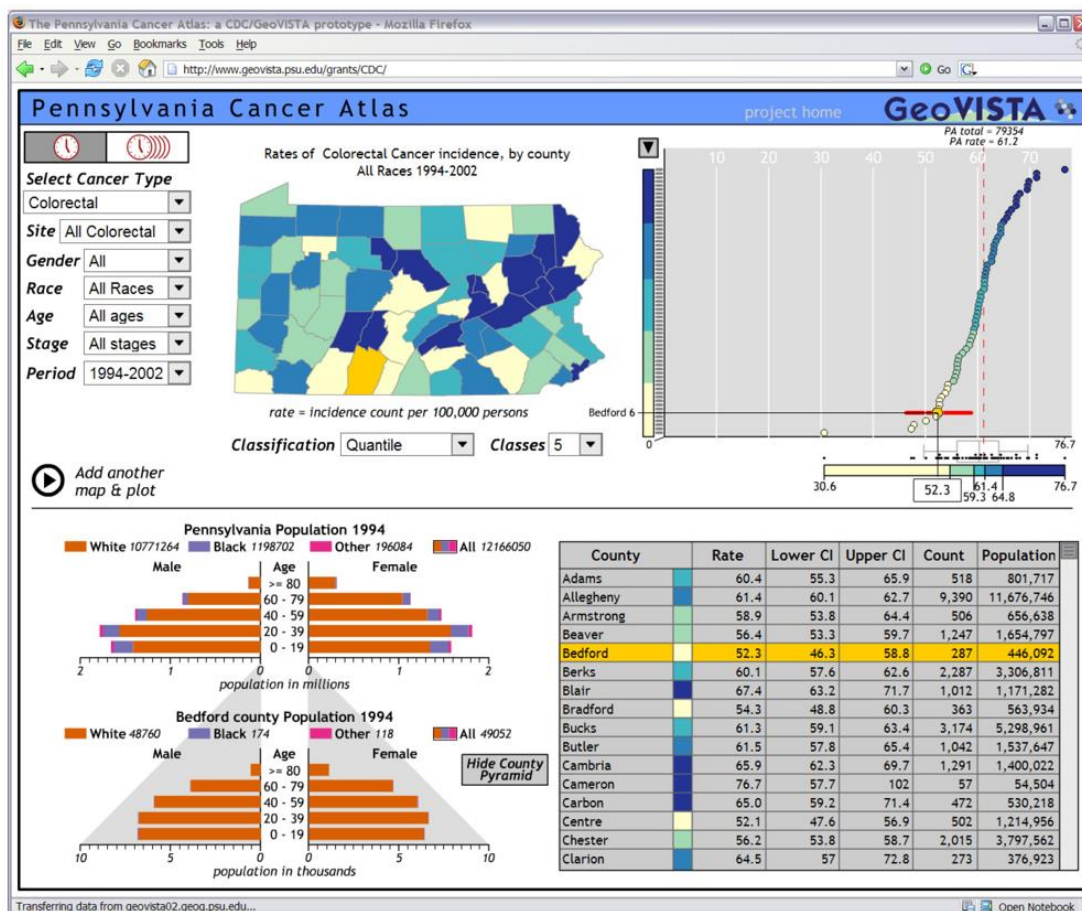
várostervezés, katasztrófamenedzsment vagy környezeti kockázatértékelés – nagy mennyiségű heterogén téradatot igényel. A hagyományos GIS-alapú döntéstámogató eszközök gyakran korlátokba ütköznek, mert a döntési problémák sokszor rosszul strukturáltak és nem írhatók le pusztán automatizálható folyamatokkal. A megoldás kulcsa ezért az emberi szakértelem bevonása a számítógépes elemzés mellé.

A döntéstámogató geovizuális elemző rendszerek jellemzői közé tartozik a többszemponútú vizsgálat (multiperspective analysis) – például egy várostervezési döntésnél térképeken, grafikonokon és táblázatokon egyszerre vizsgálhatók a demográfiai, közlekedési, környezeti adatok. A geovizuális analitika támogatja a szcenárióelemzést is: interaktívan változtathatók a bemeneti feltételek (pl. egy árvízmodellben a csapadékmennyiség), és a térképi eredmény azonnal mutatja a hatást, így a döntéshozók jobban érthetik a következményeket. Mindez növeli a döntéshozatal átláthatóságát és megalapozottságát, hiszen a szakértők és laikus döntéshozók együttesen láthatják a vizuális bizonyítékokat, és interaktívan vizsgálhatják a „mi lenne, ha” forgatókönyveket.

Fontos kiemelni, hogy a geovizuális elemzés nem automatizálja teljesen a döntéseket – épp ellenkezőleg, növeli az emberi kontrollt a folyamat felett azáltal, hogy jobban érthető formában táálja az információt. Így például egy válságkezelési helyzetben a rendszer nem pusztán egy optimális evakuációs útvonalat számít ki, hanem vizuálisan megmutatja a különböző lehetséges útvonalakat, azok előnyeit és hátrányait (pl. térképen az útvonalak, a hozzájuk tartozó időgrafikonokkal), és a döntéshozók ezek alapján, szakértői megítélésüket is alkalmazva választhatnak. Ez a fajta ember-gép együttműködés már számos területen megjelent. Például a közegészségügyben a járványok terjedésének követése geovizuális dashboardokon történik, amelyek támogatják a beavatkozások (lezárások, oltási kampányok) tervezését. Az üzleti világban a helyalapú marketing és telephelytervezés során használnak geovizuális analitikát a potenciális piac feltérképezésére. A kormányzati szféra pedig nyílt adatok tömegét teszi hozzáférhetővé interaktív térképes felületeken, hogy a nyilvánosság és a döntéshozók közösen elemezhesék például a költségvetési vagy bűnözési adatokat települési bontásban.

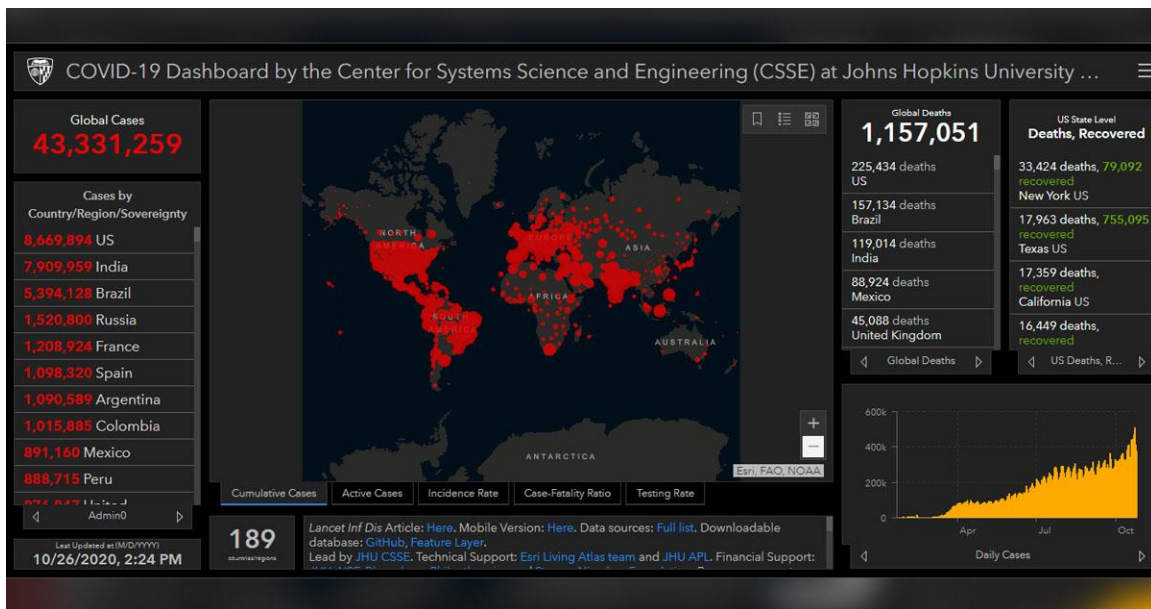
5. Példák és esettanulmányok

A geovizuális analitika elméletét számos konkrét alkalmazás illusztrálja. Az egyik korai példa a Pennsylvania Cancer Atlas interaktív alkalmazás, amelyet a Penn State Egyetem GeoVISTA központja fejlesztett (Bhowmick et al., 2008). Ez egy webalapú rendszer, amely Pennsylvania megyéinek rákkal kapcsolatos statisztikáit jeleníti meg összehangolt nézetekben: egyszerre látható egy térkép (pl. a vastagbélrák megyei előfordulási arányai), egy szórásdiagram (az adott megye adatait kiemelve), és egy adattábla a részletes értékekkel. A felhasználó interaktívan szűrhet (pl. kiválaszthat egy megyét vagy időszakot), és a kapcsolt nézetek mind egyszerre frissülnek, kiemelve a releváns információkat. A 21.4. ábra mutatja az atlasz felületét, ahol Bedford megye kijelölése esetén a diagram és a táblázat adatai is kiemelődnek, segítve az összefüggések feltárását.



21.4. ábra: Geovizuális analitikai eszköz – a Pennsylvania Cancer Atlas felülete, amely ráktérképet, korfát és adattáblát kapcsol össze interaktív módon. A koordinált nézetek lehetővé teszik az adatok egyszerre több ábrázolási módon való vizsgálatát.

A Johns Hopkins COVID-19 Dashboard (21.5. ábra) a 2020-ban kitört világjárvány egyik legismertebb és legszélesebb körben használt nyilvános adatvizualizációs eszköze volt. A térképes felületet a Johns Hopkins Egyetem Rendszertudományi és Mérnöki Központja (CSSE) fejlesztette ki, és naprakészen követte a koronavírus-fertőzések alakulását világszerte. Az eszköz középpontjában egy interaktív világtérkép állt, amely jelkartogrammal vagy hőtérképpel ábrázolta az esetszámokat országos vagy regionális bontásban. A dashboard idősoros diagramokat is tartalmazott, amelyek lehetővé tették a járvány időbeli alakulásának nyomon követését, akár egyes országokra lebontva is. A felhasználók szűrőkkel és keresőkkel vizsgálhatták az adatokat, miközben a térkép, grafikon és adattábla nézetek szinkronizáltan frissültek. Az adatok több hivatalos forrásból, köztük nemzeti egészségügyi szervezetektől és a WHO-tól származtak, napi rendszerességgel frissültek, és gépi úton kerültek integrálásra az ArcGIS platform segítségével. Az eszköz különösen értékesé vált újságírók, kutatók, döntéshozók és a szélesebb közvélemény számára is, mivel átlátható, vizuálisan értelmezhető és naprakész képet adott a világjárvány helyzetéről. Emellett lehetőséget adott az országok összehasonlítására, valamint a járvány csúcspontjainak vagy lecsengésének vizsgálatára. Link: <https://www.arcgis.com/apps/dashboards/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6>

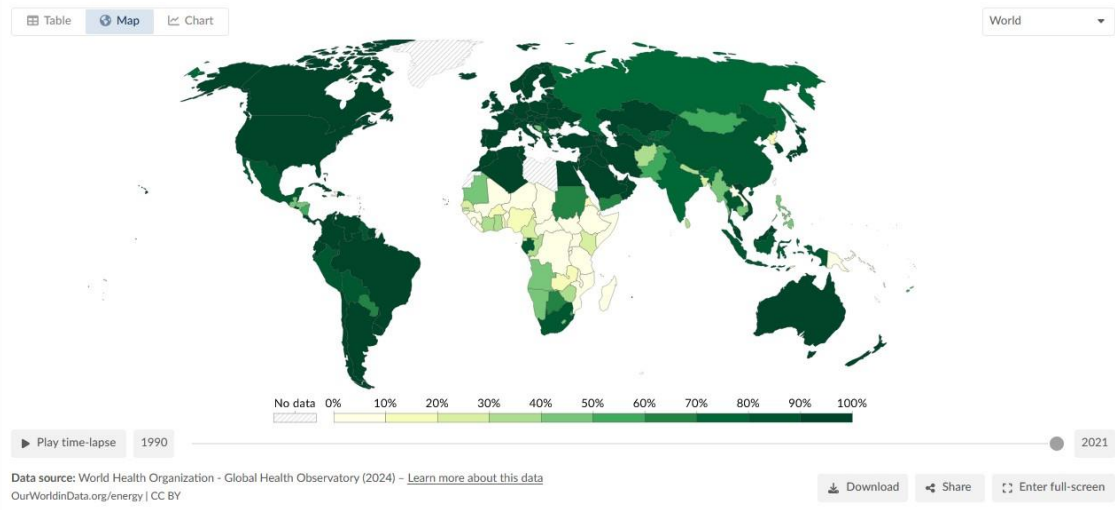


21.5. ábra. Johns Hopkins COVID 2020 dashboard.

Az Our World in Data (OWID) egy nyílt hozzáférésű, tudományosan megalapozott adatvizualizációs és elemző platform, amelyet az Oxfordi Egyetem kutatói fejlesztenek. Célja, hogy közérthető és interaktív formában mutassa be a világ nagy társadalmi, gazdasági és környezeti folyamatait. Az oldal különösen ismert részletes, országonkénti bontású diagramjairól, tematikus térképeiről és adattábláiról, amelyek szinkronizált módon frissülnek és együtt vizsgálhatók. A platform témái a népességtől az oktatáson, szegénységen és energiafelhasználáson át a járványokig és klímaváltozásig terjednek. Kiemelkedő szerepet játszott a COVID-19 világjárvány idején is, naprakész oltási, fertőzési és halálozási statisztikáival. Az OWID minden grafikonjához tartozik egy forrásmegjelölés, módszertani leírás és letölthető nyers adat, ami a transzparens tudományos kommunikációt szolgálja. A felület intuitív: az egyes grafikonokon lehetőség van országok kiválasztására, tengelyek módosítására, valamint időtartományok szűrésére. A térképes nézetek színezése a kiválasztott indikátor szerint dinamikusán változik, így a globális különbségek és tendenciák jól érzékelhetők. A felhasználók a vizualizációkat közvetlenül beágyazhatják más weboldalakba vagy exportálhatják képként.

Share of the population with access to clean fuels for cooking, 2021

Access to clean fuels or technologies such as natural gas, electricity, and clean cookstoves reduces exposure to indoor air pollutants, a leading cause of death in low-income households.



21.6. ábra. Az Our World in Data felülete.

Felhasznált irodalom

Andrienko, N., Andrienko, G., Keim, D., Von Landesberger, T., & Schreck, T. (2011). Visual analytics: Definition, process, and challenges. In: Information visualization (pp. 3–24). Springer.

Bhowmick, T., Robinson, A. C., Gruver, A., MacEachren, A. M., & Lengerich, E. (2008). Pennsylvania Cancer Atlas. GeoVISTA Center, Penn State University & CDC.

Ferreira, N., Poco, J., Vo, H. T., Freire, J., & Silva, C. T. (2013). TaxiVis: Exploring and Visualizing New York City Taxi Trips. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(12), 2142–2151. DOI: 10.1109/TVCG.2013.242

Keim, D., Kohlhammer, J., Ellis, G., & Mansmann, F. (2008). Visual analytics: Scope and challenges. In *Visual Data Mining* (pp. 76–90). Springer.

MacEachren, A. M. (1994). *Some Truth with Maps: A Primer on Symbolization & Design*. Association of American Geographers.

MacEachren, A. M., & Kraak, M. J. (2001). Research challenges in geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(1), 3–12. DOI: 10.1559/152304001782173970

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2023). *Thematic Cartography and Geovisualization* (4th ed.). CRC Press.

Thomas, J. J., & Cook, K. A. (2005). *Illuminating the Path: The Research and Development Agenda for Visual Analytics*. IEEE. (Alapmű a vizuális analitika területén; a definíció forrása.)

Wang, W., et al. (2017). NameProfiler: A User-Orientated Tool Using Cross-Cultural Onomastics for Forensic Intelligence. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 23(1), 631–640. DOI: 10.1109/TVCG.2016.2598584.

XXII. Földtudományos térképek

A tematikus térképek a földtudományok alapvető eszközei közé tartoznak. Már a 19. századtól kezdve találunk példákat földtudományi tematikus térképekre – gondoljunk William Smith 1815-ös első földtani térképére Angliáról, amely a kor geológusai számára forradalmi földtani összefüggéseket tárt fel. A 20. században a tematikus térképezés a földrajz, geológia, meteorológia, talajtan és más földtudományi ágak szerves részévé vált. A kutatók egyéni vizuális elemzésre is használják a térképeket (például terepi adatgyűjtés közben skiccelnek egy vázlatos geológiai térképet), és publikus kommunikációra is, amikor eredményeiket közlik. A tudományos publikációkban a térképek gazdagítják a mondanivalót, növelik az olvasók megértését és az eredmények terjeszthetőségét (Pál & Albert, 2020).

A földtudományi tematikus térképek használatában két fő funkció különül el: egyrészt a feltárás és elemzés (amikor a térkép a kutatás része, és a tudós számára nyújt új ismeretet), másrészt a bemutatás és kommunikáció (amikor a térkép a kutatás eredményét szemlélteti – pl. egy éghajlati térkép bemutatja a vizsgált terület klímazónáit a cikk olvasóinak). DiBiase (1990) modellje szerint a tudományos kutatás során a térképek szerepe végigvonul a kezdeti feltáró fázistól a végső publikálásig, és a térképhasználat jellege egyéniről publikusra vált. Ennek megfelelően a tematikus térképek készítőinek figyelembe kell venniük, hogy kinek és milyen célból készül a térkép: egy belső használatú kutatási térkép

megengedhet magának kísérletezőbb jellegű ábrázolásokat, míg egy nagyközönségnek szánt atlasztérképnek könnyen értelmezhetőnek kell lennie.

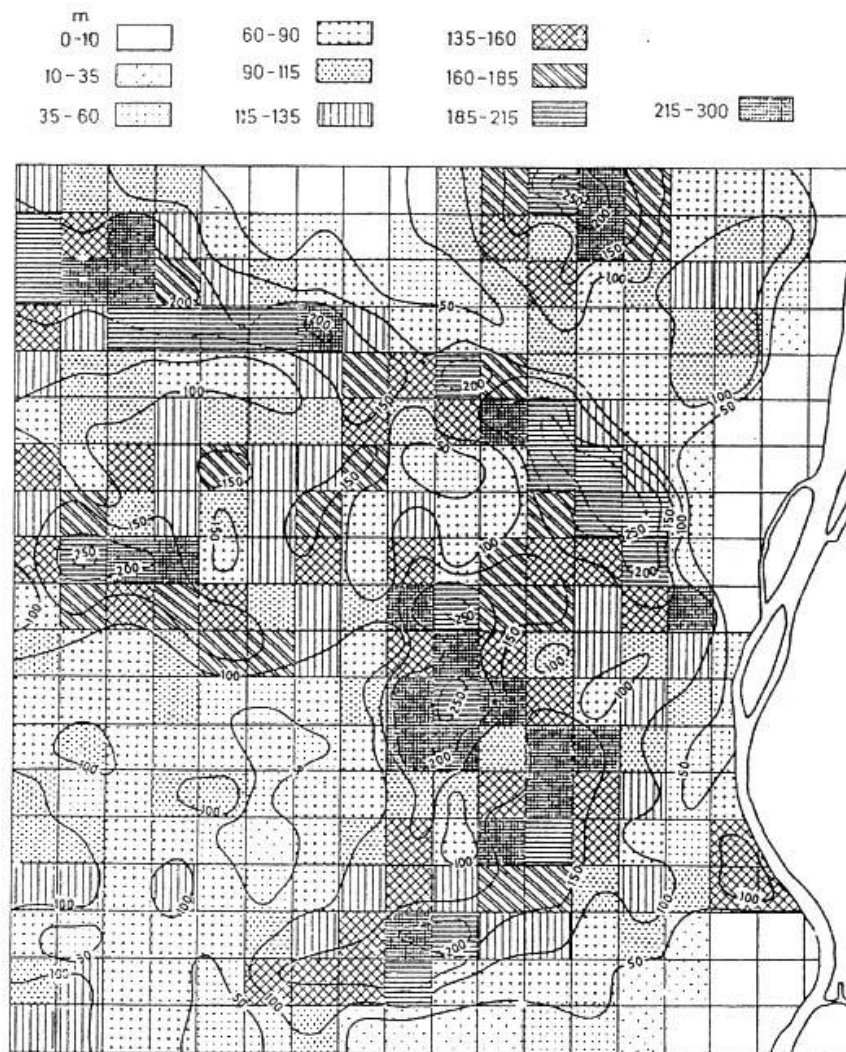
Érdemes megjegyezni, hogy a földtudományi tematikus térképek célja is változik az idők folyamán. Például a hagyományos geológiai térképek eredetileg főként a bányászati célokat szolgálták (megmutatták, hol találhatóak ércek, széntelepek stb.). Manapság viszont hasonló geológiai térképeket használnak a geoturizmusban is, hogy bemutassák egy terület földtani örökségét a turistáknak. Hasonlóképpen egy éghajlati térkép nemcsak tudományos jelentések melléklete lehet, hanem oktatási segédanyag vagy klímatudatosságot növelő vizualizáció is. A felhasználói kontextus tehát meghatározza, hogy a térképet hogyan kell megtervezni – mennyire legyen részletes, szakmai, milyen jelkulcsot használjon, mekkora méretarányú legyen stb.

Emil Meynen osztályozása

Az International Cartographic Association (ICA) Tematikus Kartográfia Bizottsága az 1970-es években – Emil Meynen vezetésével – kidolgozott egy osztályozási rendszert a földtudományi tematikus térképekre. Ez a rendszer hét kategóriát különböztet meg: (1) morfometriai térképek, (2) geofizikai térképek, (3) geológiai térképek, (4) pedológiai (talajtani) térképek, (5) geomorfológiai térképek, (6) hidrológiai térképek, és (7) meteorológiai (éghajlati) térképek. E kategóriák lefedik a földtudományi jelenségek széles körét a Föld alakjától és domborzatától kezdve a földkéreg belső folyamataiig, a talajrétegeken és felszínformákon át a vizek és az atmoszféra jelenségeiig. Az alábbiakban sorra vesszük ezeket a kategóriákat, ismertetve főbb jellemzőiket, a tipikus térképi ábrázolási módszereket, valamint a példákat.

Morfometriai térképek: Ide tartoznak mindazon térképek, amelyek a Föld felszínének alakját, méreteit, magassági viszonyait számszerűsítve mutatják be. A morfometria szó szerint alakmérést jelent. Ennek tipikus példái a domborzati (hipszometrikus) térképek, amelyek a tengerszint feletti magasságot színfokozatokkal vagy szintvonalakkal ábrázolják. Morfometriai térkép például egy lejtőtérkép, amely a domborzat meredekségét mutatja (pl. meredekségi kategóriák szerint színezve), vagy egy felszíntagoltsági térkép, amely megadja,

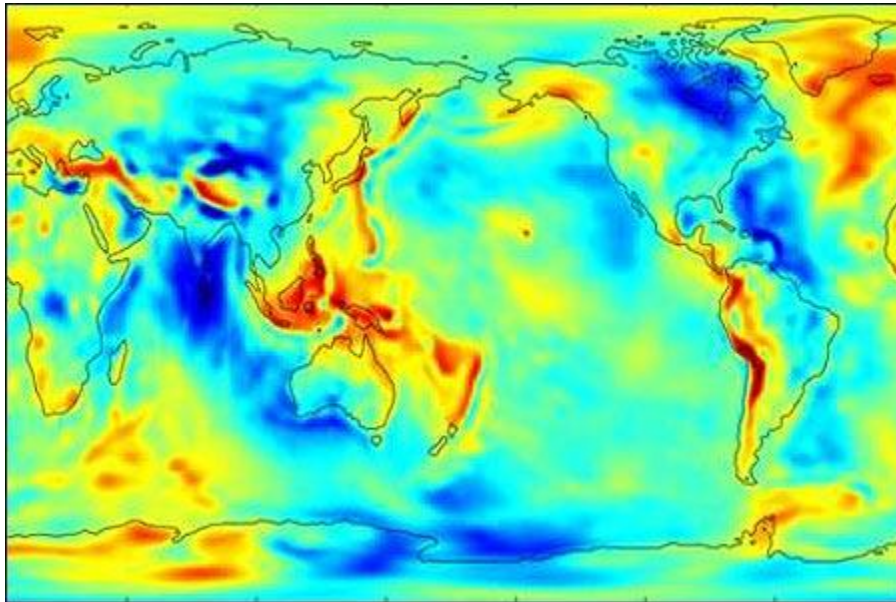
hogy egy terület domborzata mennyire komplex. Ide sorolhatók a mélységtérképek is, amelyek a tengerfenék morfológiáját mutatják be. A morfometriai térképek gyakran erősen kvantitatív jellegűek, hiszen mérési adatok (magasság, mélység, lejtőszög) alapján készülnek, és ezekből készítenek vizuális áttekintést. Ábrázolásuknál a folytonos jelleg dominál, tehát általában valamilyen interpolációval nyert felületet (pl. szintvonalhálózatot és/vagy átmenetes rétegszínezést) látunk. Ilyen térképeket alkalmaznak például a geomorfológusok a felszínfejlődés vizsgálatában, vagy a mérnökgeológusok egy tervezési terület reliefenergiájának megbecslésére (22.1. ábra).



22.1. ábra. A Budai-hegység relatív relieftartományai.

Geofizikai térképek: E kategória a Föld fizikai erőterének és tulajdonságainak térképi megjelenítését foglalja magában. Tipikus geofizikai térképek a

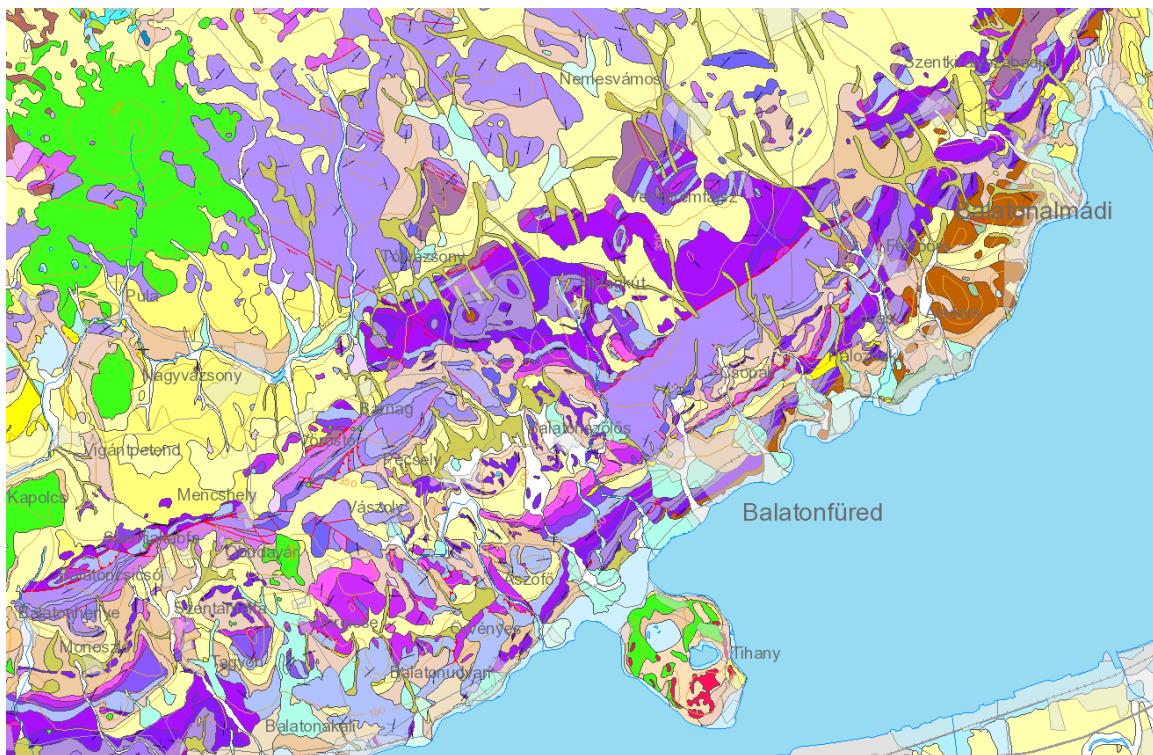
gravitációsanomália-térképek, a mágnesesanomália-térképek, a geotermikus térképek stb. Például a gravitációs térképeken a Föld nehézségi erejének apró eltéréseit ábrázolják izovonalakkal vagy ezekből interpolált felületekkel – ez segíthet a mélyben rejlő eltérő sűrűségű kőzettestek (például érctelepek, üledékmedencék) kimutatásában. A mágneses anomália térképek ehhez hasonlóan a földmágnesség lokális eltéréseit mutatják, amelyek utalhatnak mágneses ásványokra vagy kőzetekre a felszín alatt. A szeizmikus térképek is ide sorolhatók, például a földrengések epicentrum-térképei vagy a szeizmicitási zónákat ábrázoló térképek. A geofizikai térképekre jellemző, hogy gyakran absztraktabb vizualizációkat alkalmaznak, mivel nem közvetlenül megfigyelhető felszíni jelenségeket mutatnak, hanem műszerekkel mért erőterbeli változásokat. Ezek a térképek a geológusok, geofizikusok számára fontosak a földkéreg szerkezetének feltárásában, például olaj- és földgázkutatásban, vagy a lemeztektonikai vizsgálatokban (22.2. ábra).



22.2. ábra. A Föld mágnesesanomália-térképe.

Geológiai térképek: Talán a legismertebb földtudományi tematikus térképtípus a geológiai térkép. Ezek a felszíni vagy a felszín alatti kőzetek elterjedését és típusait mutatják be, gyakran feltüntetve a szerkezeti elemeket (vetőket, gyűrődéseket), a képződmények korát stb. A hagyományos földtani térképek különböző színekkel jelölik az egyes korú és típusú kőzeteket – például más színnel a triász mészkövet és mással a kréta homokkövet (22.3. ábra). Emellett

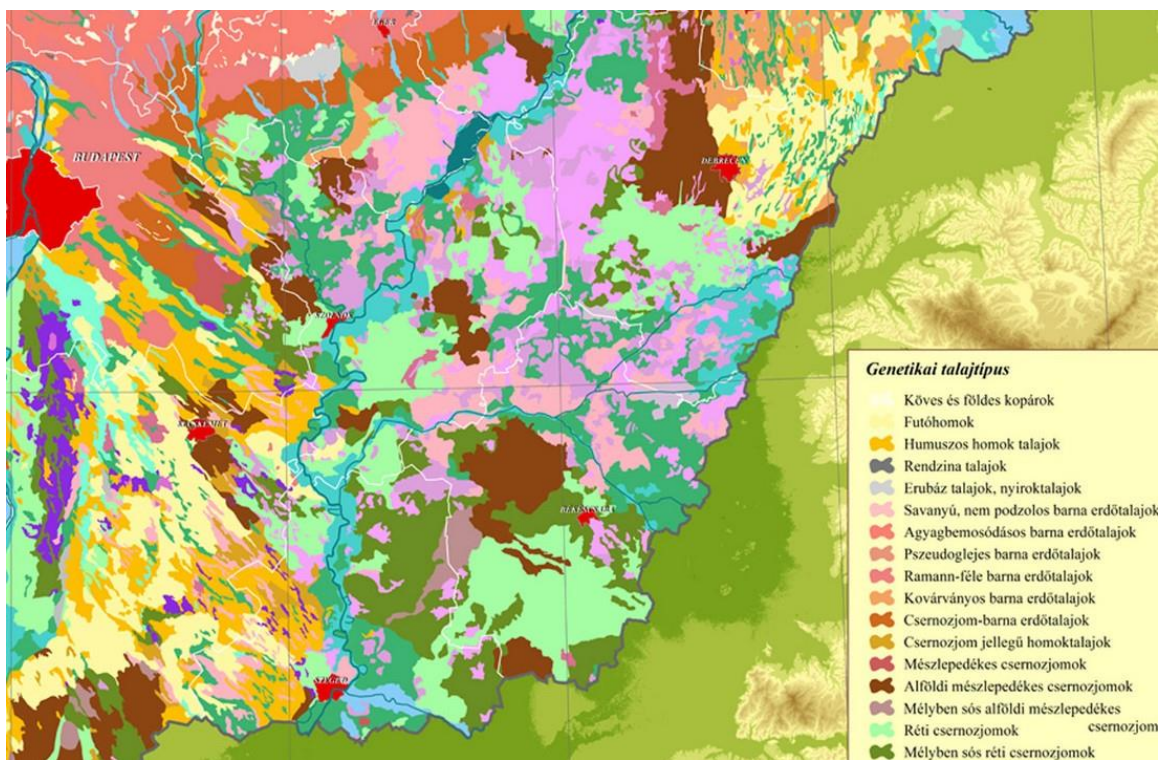
általában tartalmaznak szelvényeket is, amelyek a földfelszín alatti kőzetrétegek vertikális metszetét mutatják be. A geológiai térképek jelkulcsa nemzetközileg részben szabványosított: például a kőzetek korát sokszor a nemzetközi színkód szerint jelölik (pl. a kréta kor zöld színnel). Vannak speciális földtani térképek is, pl. tektonikai térképek (amelyek a szerkezeti egységeket, törésvonalakat emelik ki) vagy nyersanyag-előfordulási térképek (amelyek egy adott ásványkincs lelőhelyeit tüntetik fel). A geológiai térképek rendkívül fontosak olyan gyakorlati területeken, mint az ásványianyag-kutatás (hol érdemes bányát nyitni), a mérnökgeológia (hol stabil a talaj egy nagy építkezéshez), vagy a hidrogeológia (milyen kőzetekben van víztároló réteg).



22.3. ábra. Magyarország 1:100 000 méretarányú online földtani térképének részlete a HUN-REN honlapján.

Pedológiai (talajtani) térképek: A talajtani térképek a talajok elterjedését és tulajdonságait mutatják be. A talaj a földkéreg legfelső, termékeny rétege, így a pedológiai térképek főleg a mezőgazdaság, ökológia, földhasználat szempontjából fontosak. Egy tipikus talajtani térképen különböző színekkel vagy mintázatokkal jelölik a fő talajtípusokat (pl. barna erdőtalaj, vörösapagy, öntéstalaj, csernozjom stb.), és gyakran kódokkal vagy betűjelekkel azonosítják ezeket. A FAO és World

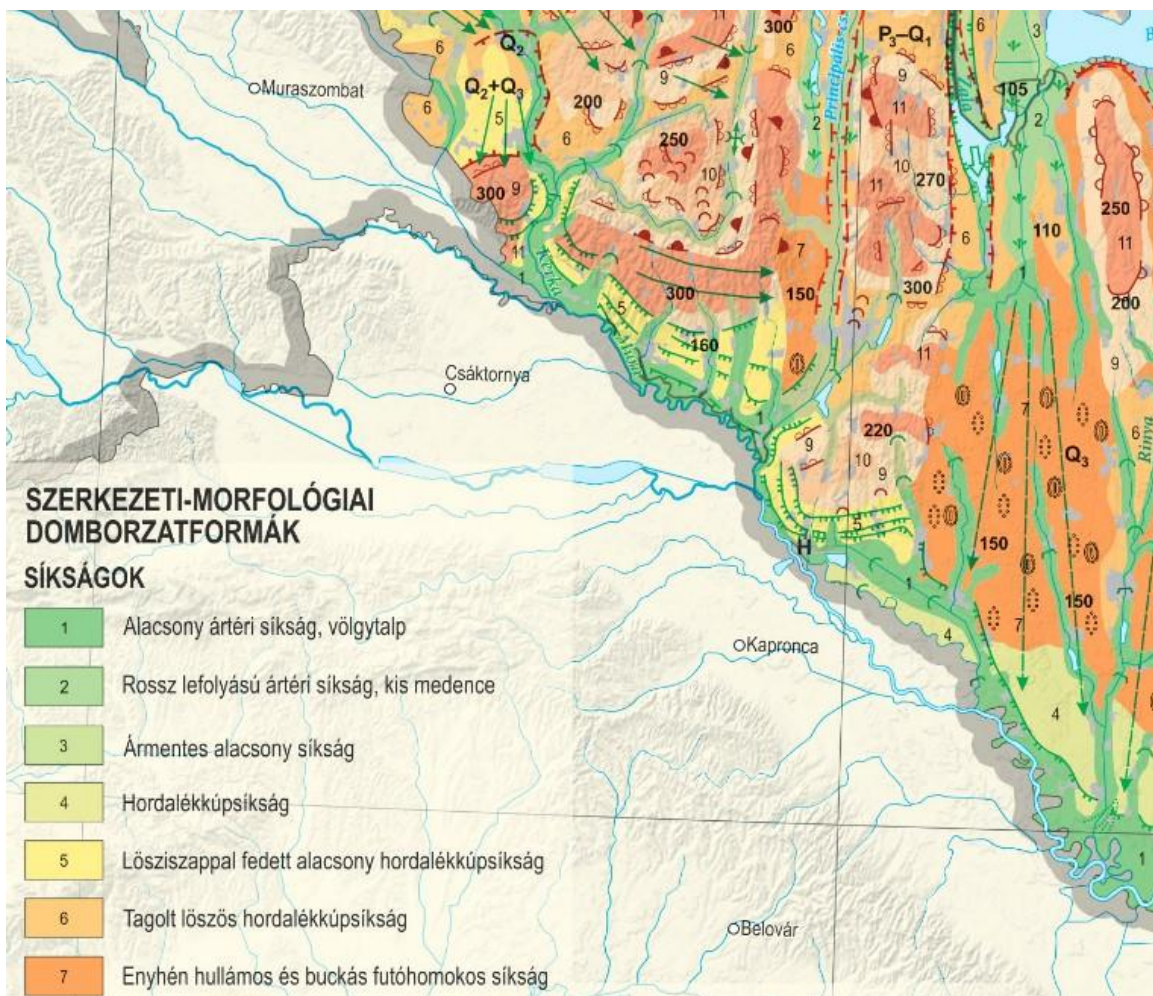
Reference Base nemzetközi osztályozások révén globális talajtérképek is készültek. Ezek készítésénél nagy mennyiségű talajszelvény-adatot integrálnak, és a talajokat genetikai típusok szerint csoportosítják. A pedológiai térképek osztályozási elvei eltérnek a geológiai térképektől: itt nem a kőzetek kora a lényeg, hanem a talajképző folyamatok (genetika) és tulajdonságok (pl. kilúgzottság foka, humusztartalom, szemcseméret). Használati környezetük szintén specifikus: egy gazdálkodó a talajtérkép alapján dönthet a művelési ágakról, egy ökológus a talajtípusok ismeretében modellezheti az élőhelyeket, míg egy klímakutató a talaj szénmegkötő képességét vizsgálhatja regionális talajtérképek alapján. A szemléltetés gyakran kombinálja a felületi területi ábrázolást (színezett foltok) és a szimbólumokat (pl. bizonyos talajjellemzők jelei). Léteznek specializált talajtérképek is, pl. talajtermékenységi vagy talajeróziós térképek.



22.4. ábra. Magyarország genetikai talajtérképének részlete.

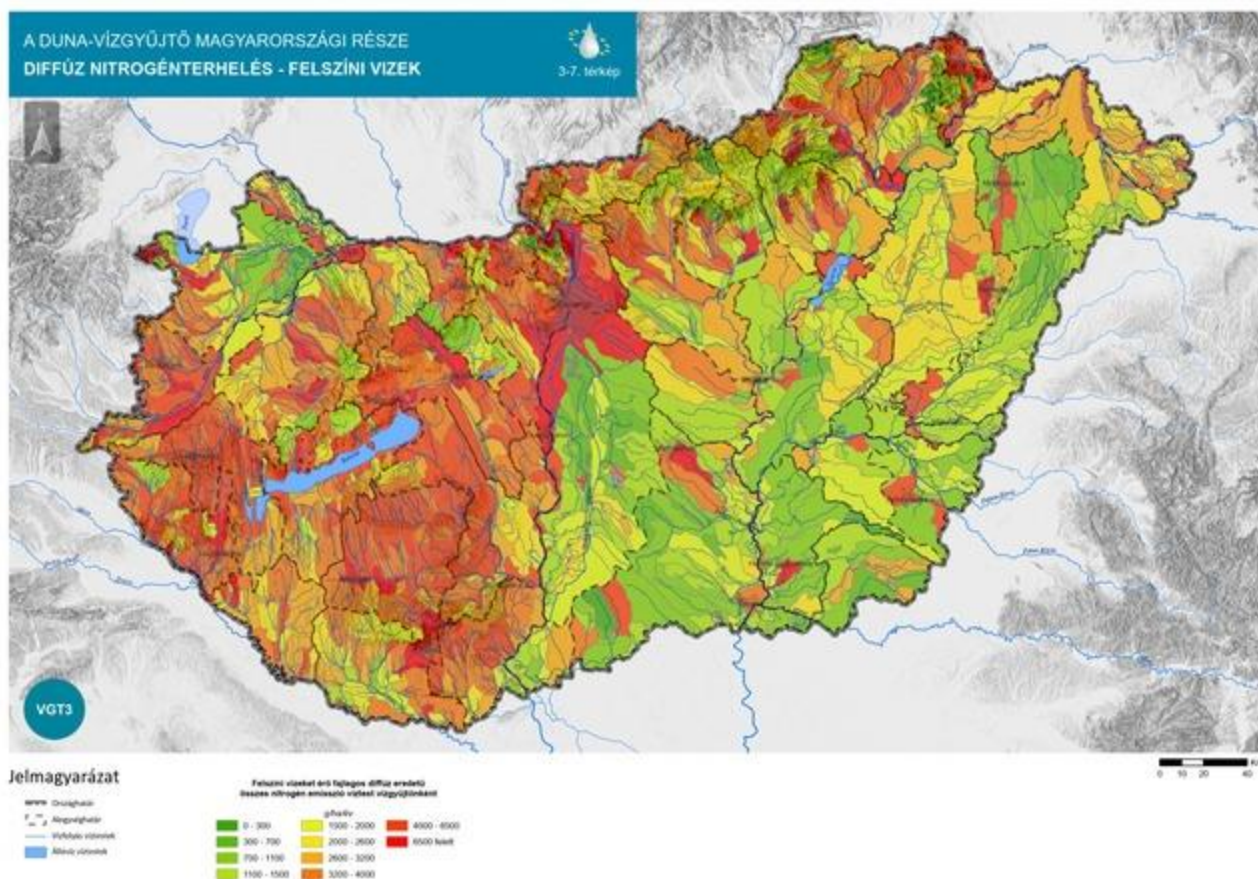
Geomorfológiai térképek: A geomorfológiai (felszínalaktani) térképek a Föld felszínének formaelemeit és azok keletkezését ábrázolják. Míg a morfometriai térkép a formák mérhető aspektusaira (magasság, lejtő) koncentrálnak, addig a geomorfológiai térkép a forma jellegére és eredetére (pl. glaciális völgy, karsztos

dolina, folyóterasz, homokdűne) helyezi a hangsúlyt. Egy geomorfológiai térképen külön jelkulcs jelöli a különböző felszínformákat (22.5. ábra). Gyakran használják a színeket is kombinálva a formák típusával – például kék a folyóvízi formáknak, zöld a növényzet takarta formáknak, barna a kopár sziklás formáknak. A geomorfológiai térképek általában igen összetett, részletgazdag ábrák, hiszen a táj sokféle apró elemét tüntetik fel. Készítésükhöz integrálni kell a domborzati adatokat, a geológiai hátteret és sok terepi megfigyelést. E térképek célja, hogy megértsük a táj fejlődését: pl. egy negyedidőszaki geomorfológiai térkép megmutathatja, merre húzódtak a jégkorszaki jégfrontok, hol vannak az egykori tengerparti teraszok, vagy hol zajlott intenzív szél általi (eolikus) formaképződés. Ilyen információk fontosak a környezetföldtanban (pl. egy terület mennyire hajlamos földcsuszamlásra), az ősrégészetben (hol lehetnek őskori felszínek, lelőhelyek), és persze a geomorfológiai alap kutatásokban.



22.5. Magyarország geomorfológiai térképének részlete.

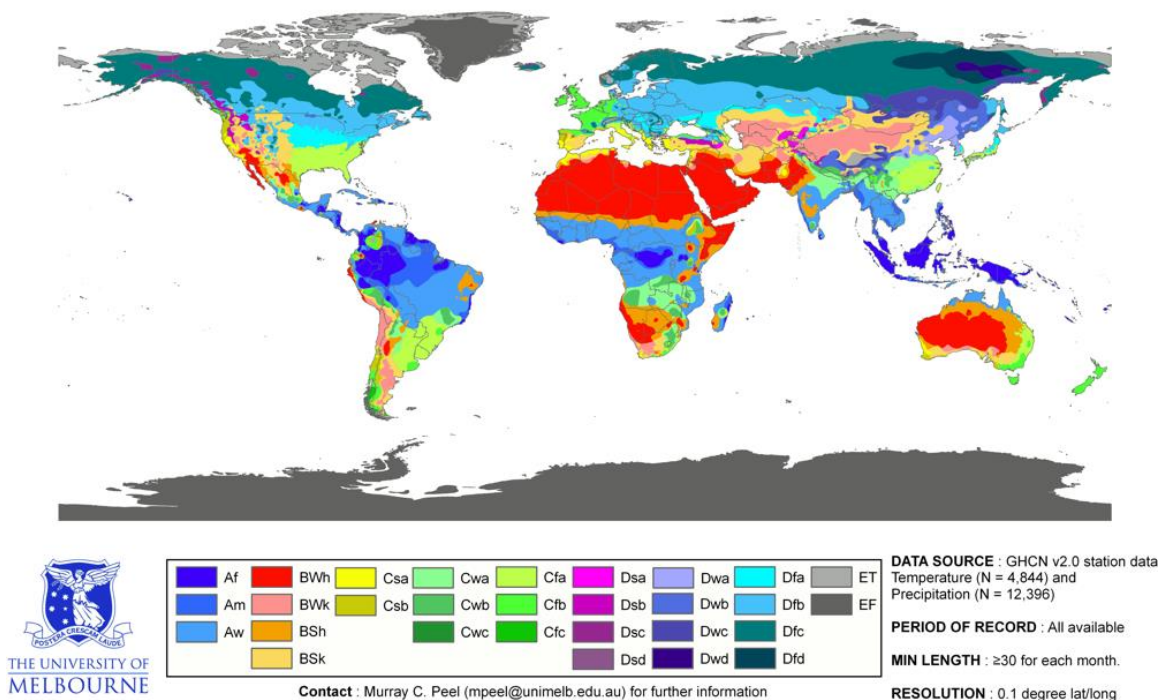
Hidrológiai térképek: A hidrológiai térképek a vízföldrajzi jelenségeket mutatják be. Ebbe beletartoznak a felszíni vizek térképei (folyók, tavak hálózata, vízgyűjtők), a felszín alatti vizek térképei (talajvízszint mélysége, vízadó rétegek elterjedése, termálvíz-hőmérsékletek), valamint az oceanográfiai térképek is (tengeráramlatok, hőmérsékleti és sótartalom-eloszlás térképek). Egy alapvető hidrológiai térkép a vízrajzi térkép, amely a folyók hierarchiáját, vízgyűjtőket ábrázolja – gyakran a topográfiai térképek részeként. Tematikus értelemben azonban a hidrológiai térképek mélyebbre mennek: például egy árterületi térkép megmutatja a folyók mentén azt a területet, amelyet bizonyos gyakorisággal elönt a víz (árvízcockázati térkép). Egy vízminőségi térkép a felszíni vizek szennyezettségét jelzi különböző paraméterek szerint (kémiai, biológiai – 22.6. ábra). A talajvíztérképek pedig megadják a talajvíz szintjét és áramlási irányait síkvidéki területeken. Az ábrázolási technikák itt is vegyesek: a folytonos jelenségeket (pl. vízmélység, szennyezettségi koncentráció) izovonalakkal mutatják, míg a diszkrét elemeket (kutak, források) pontszerű jelekkel. A hidrológiai térképek használata kiterjed a vízgazdálkodásra (pl. árvízvédelem tervezése), a környezetvédelemre (vízbázisvédelem), de a nagyközönség számára is készülnek egyszerűbb tematikával – pl. turisztikai térképeken feltüntetik az ivóvízforrásokat, horgásztavakat stb.



22.6. ábra. Felszíni vizek nitrogénterhelésének térképe.

Meteorológiai és éghajlati térképek: Ez a kategória a légkör állapotával és folyamataival foglalkozó térképeket foglalja magában. Két fő csoport tartozik ide: a meteorológiai (időjárási) térképek és a klimatológiai (éghajlati) térképek – melyeket olykor az osztályozás szintjén is külön kezeljük. Az egyszerűbb időjárási térképeket naponta látjuk a médiában: ilyenek a fronttérképek, amelyek izobárok és frontszimbólumokkal mutatják az aktuális időjárási helyzetet, vagy a csapadékradarok képei, amelyek színezéssel jelzik az eső intenzitását. Ezek dinamikus, rövid időtávú tematikus térképek. Az éghajlati térképek ezzel szemben hosszú idősorok átlagait vagy sajátosságait mutatják: pl. csapadékösszeg-térképek (éves csapadékmennyiség területi eloszlása) vagy komplex éghajlati osztályozási térképek. Utóbbiak közül a legismertebb a Köppen–Geiger féle klímaosztályozási térkép, amely a világot éghajlati övezetekre osztja a hőmérséklet és csapadék jellemzők alapján (22.7. ábra).

World map of Köppen-Geiger climate classification



21.7. ábra. A Köppen–Geiger éghajlati osztályozás világtérképe (Peel et al., 2007 alapján).

A térkép különböző színekkel jeleníti meg a Föld éghajlati övezeteit (A – trópusi, B – száraz, C – mérsékelt, D – hideg, E – sarkvidéki klímák, finomabb bontásban betűkkel jelölve). Jól látható például a szaharai és arab-félszigeti térség forró sivatagi klímája (piros), vagy épp Közép-Európa nedves kontinentális klímája (világoskék). Az ilyen térképek az éghajlati viszonyok térbeli összefüggéseit szemléltetik.

Felhasznált irodalom

Klinghammer, I., & Papp-Váry, Á. (1983). Földünk tükre: a térkép. Budapest: Gondolat Kiadó.

Pál, M., & Albert, G. (2020). Different Practices of Map Use in Earth Sciences. Proceedings of the 8th International Conference on Cartography and GIS, Volume 1, 49–58.

Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). "Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification". Hydrology and Earth System Sciences, 11(5), 1633–1644. DOI: 10.5194/hess-11-1633-2007

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2023). Thematic Cartography and Geovisualization (4th ed.). CRC Press.

Szabó, J., Dövényi, Z., & Demeter, G. (szerk.) (2008). Földrajzi atlasz (középiskolák számára). Budapest: Cartographia.

"William Smith's Geological Map of England" (2005). NASA Earth Observatory. Elérés dátuma: 2025.04.01.

Zólyomi, B., & Pogácsás, G. (1981). Magyarország éghajlati atlasza. Budapest: Országos Meteorológiai Szolgálat.

XXIII. A virtuális valóság szerepe

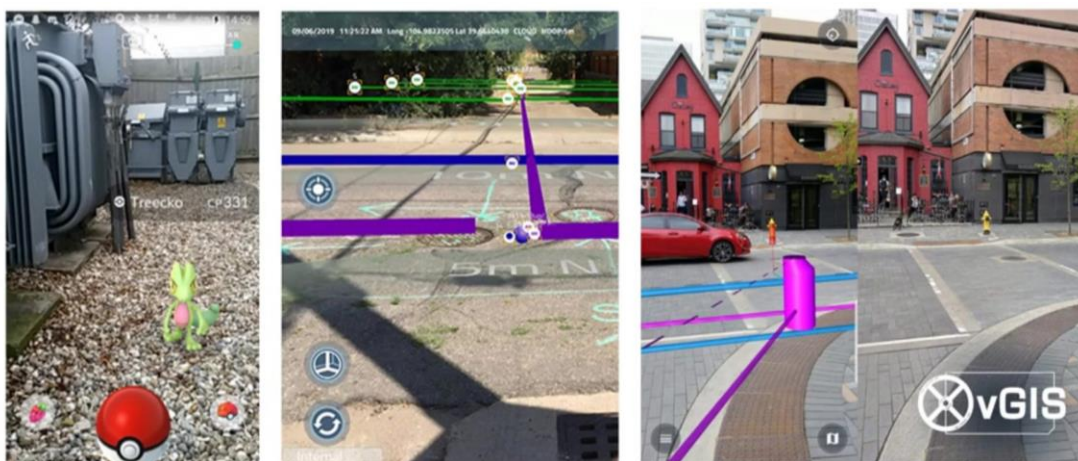
1. Bevezetés a VR/AR fogalmába és szerepébe

A **virtuális valóság (VR)** és a **kiterjesztett valóság (AR)** napjaink modern vizualizációs technológiái, amelyek új dimenziót nyújtanak a térbeli adatok megjelenítésében. A **VR** teljesen számítógép generálta 3D környezetbe helyezi a felhasználót, míg az **AR** a valós környezetet egészíti ki digitális elemekkel valós időben. Ezek a technológiák lehetővé teszik, hogy a felhasználók „**elmerült**” **módon** vizsgálják az adatokat, ami különösen hasznos lehet a tematikus térképek és adatok szemléltetésében. A VR/AR előnye, hogy **interaktív és intuitív élményt** kínál: a felhasználó térben körbejárhatja az adatokat, 3D-ben láthatja a földrajzi információkat, vagy a valós világra vetítve kaphat kiegészítő információkat.

A térinformatikában az AR alkalmazása még viszonylag újkeletű, de rohamosan fejlődik. A GIS közösség elkezdte felfedezni, miként használhatja ezt a technológiát a **valóság elméleti síkon való kezelésére** és a földrajzi adatok jobb megértésére. Például egy terepen lévő szakember okostelefonja kameráján keresztül nézve azonnal láthatja a föld alatt futó vezetékeket vagy egy tervezett épület 3D modelljét a valós környezetben, anélkül, hogy ásni kellene (23.1-2. ábra), vagy csupán 2D térképen képzelne el azt. Az AR tehát **új perspektívát nyújt** a térképi adatokhoz, amely a hagyományos síkbeli ábrázolásban rejtve maradó összefüggéseket is feltárhatja.



23.1. ábra. Egy kiterjesztett valóság alkalmazás, amelyben egy épületkomplexum 3D modelljét vetítik egy tablet kameraképére. Az AR segítségével a tervezett létesítmények valós környezetben szemlélhetők, ami hasznos várostervezésben vagy építészeti vizualizációban.



23.2. ábra. AR és GNSS kombinációi – játékos és ipari környezetben.

A tematikus kartográfiában az AR új lehetőségeket nyit. Képzeljünk el például egy olyan **városterképet AR-ben**, ahol a különböző kerületek fölé emelkedő oszlopok mutatják a népsűrűséget vagy egyéb statisztikai adatot. A felhasználó a telefonját körbeforgatva láthatja, melyik irányban milyen értékek vannak, sőt a valós utcák és házak között lebegő címkék jelezhetik a konkrét számokat vagy grafikonokat. Ez sokkal **szemléletesebb és játékosabb** módja az adatok közlésének, növelheti a térképhasználók bevonását és megértését.

2. Technológiai háttér és főbb AR-megközelítések

Az AR megvalósításához többféle technológiai megközelítés létezik, a **hardveres eszközöktől** (okostelefon, AR-szemüveg) a **szoftveres keretrendszerekig**. Az alábbiakban áttekintjük a legfontosabb platformokat és eszközöket, amelyekkel a kartográfiai AR alkalmazások fejleszthetők:

- **ARKit és ARCore:** Az Apple **ARKit** (2017-ben jelent meg, iOS eszközökre) és a Google **ARCore** (Android platform) a két vezető mobil AR keretrendszer. Ezek segítségével a fejlesztők kihasználhatják a modern okostelefonok szenzorait (kamera, giroszkóp, GPS) virtuális objektumok pontos elhelyezésére a való világban. Az ARKit és ARCore ún. *marker nélküli (markerless)* AR élményt nyújt, azaz vizuális jellemzők (pl. épületek, terek) alapján térképezi fel a környezetet. Mindkét platform lehetővé teszi a környezet síkjainak felismerését (pl. padló, asztal) és a digitális tartalmak *pozicionálását és rögzítését* ezekhez. E keretrendszerekkel natív mobil alkalmazásokat készíthetünk, amelyek valós idejű navigációt, interaktív városnéző alkalmazásokat, vagy például turisztikai AR túrákat valósítanak meg.
- **Unity és Unreal Engine (játékmotorok) AR-ral:** A játékmotorok, mint a Unity és az Unreal Engine, rendkívül fejlettek a 3D grafika és interakció terén, és ma már kiterjesztett valósághoz is kínálnak támogatást. **Unity** esetében az **AR Foundation** keretrendszer egy magas szintű, keresztplatform megoldást nyújt: ugyanazzal a kóddal fejleszthetünk AR alkalmazást iOS-re (ARKit) és Androidra (ARCore). A Unity-hez léteznek kiegészítő csomagok is, például a **Mapbox SDK for Unity**, amely globális helyadatokat és térképes megjelenítést biztosít Unity-ben. Ennek segítségével például *helyfüggő* AR élményeket építhetünk: a valódi GPS helyzethez igazítva jeleníthetünk meg 3D térképrészeket vagy modelleket a kamera képén. Az **Unreal Engine** hasonlóan támogatja az AR-fejlesztést; például az Unreal-hez is elérhető az ARCore és ARKit integráció, illetve az Esri is kiadott **ArcGIS Maps SDK-t Unreal Engine-hez és Unity-hez (2023)**, ami lehetővé teszi, hogy közvetlenül GIS adatok jelenjenek meg a játékmotorban futó AR/VR

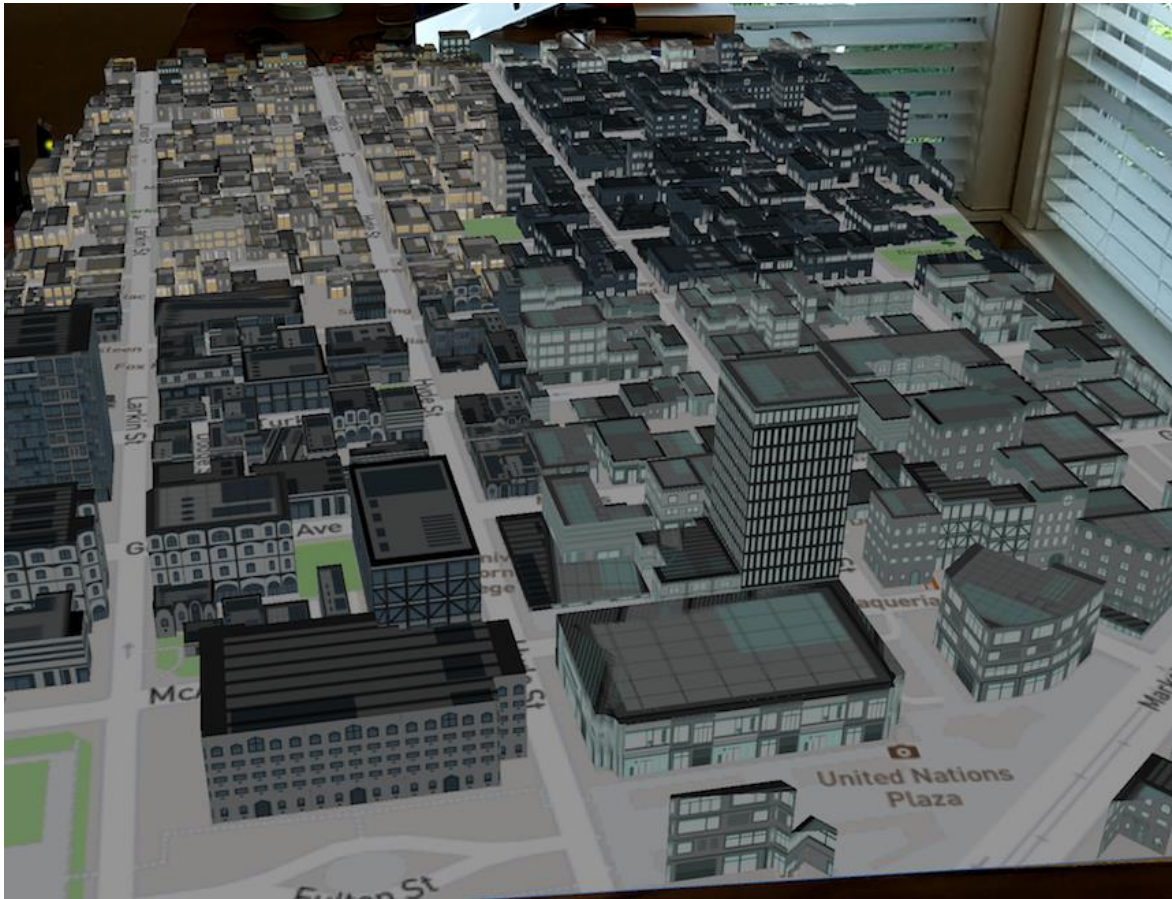
alkalmazásokban. A játékmotorok előnye, hogy **valóság-hű grafikát és fejlett interakciókat** biztosítanak, továbbá könnyen kezelik a 3D modelleket, animációkat. Kutatások is kimutatták, hogy egyedi szoftver fejlesztése helyett a játékmotorok használata **jelentősen megkönnyítheti** a fejlesztők munkáját a VR/AR GIS alkalmazások terén.

- **WebXR és webes AR:** A webes technológiák is felzárkóztak az AR/VR trendhez. A **WebXR** API a böngészőkben elérhető szabvány, amely hozzáférést nyújt VR/AR eszközökhöz (pl. headset, vagy egy AR-szemüveg) a weben keresztül. A WebXR önmagában a hardver vezérlésére és a szükséges szenzoradatok elérésére szolgál (pl. mozgáskövetés, pozíció, látómező kezelése), de **nem nyújt magas szintű grafikus megjelenítést** – ehhez a fejlesztőknek WebGL-t vagy valamilyen 3D grafikus könyvtárat (pl. Three.js, Babylon.js) kell használniuk. Szerencsére vannak **keretrendszerek** a WebXR megkönnyítésére, ilyen az **A-Frame**, amely egyszerű HTML-szerű szintaxist ad 3D jelenetek leírására, vagy az **AR.js**, amely kifejezetten webes AR-hoz készült (pl. marker alapú AR-hoz, ahol egy QR-kód vagy speciális jel felismerésekor jelenik meg a tartalom). A webes AR előnye, hogy **telepítés nélkül**, a böngészőben működik, így könnyen megosztható. Ez vonzó lehet oktatási célokra vagy gyors prototípus-készítéshez a kartográfiában is – például egy weboldalon keresztül elérhető AR térkép, ahol a felhasználó a kameráját használva nézheti meg egy város éghajlati adatait vizualizáló 3D grafikákat.
- **Egyéb platformok és eszközök:** Léteznek további megoldások is, például a **Microsoft HoloLens** (egy önálló AR szemüveg, ami a holografikus számítástechnika egyik úttörője), vagy iparági alkalmazások, mint az Esri **AuGeo** mobil appja, amely ArcGIS adatokat tud megjeleníteni AR-ban. Ezek speciálisabb esetek, de a közös bennük, hogy a térinformatikai adatokat valós környezetbe helyezve jelenítik meg.

Az AR alkalmazásoknál három fő működési modellt is szoktak említeni:

- **Asztali (tabletop) AR:** Ilyenkor a felhasználó a készülékét egy vízszintes felület (asztal, padló) felé irányítja, és azon jelenik meg kicsinyített léptékben a térbeli tartalom. Ezt térképészeti adatoknál használhatjuk

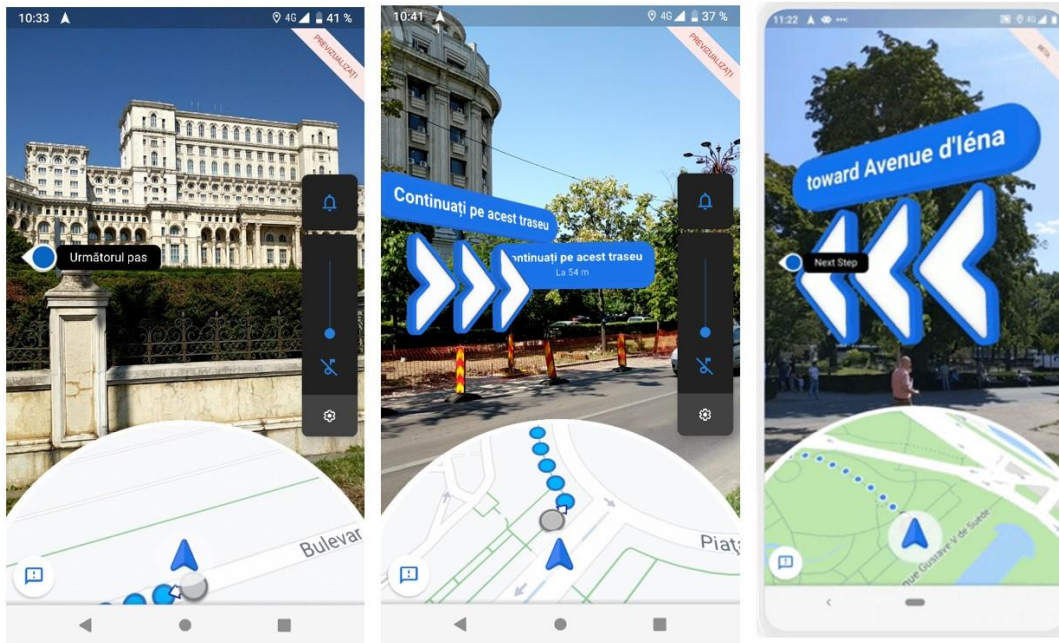
például úgy, hogy egy **terepmodellt** kicsiben kivetítünk az asztalra, amin a felhasználó körbejárhat virtuálisan. A Mapbox Tabletop (23.3. ábra) AR példája is ezt valósítja meg: egy városrészlet 3D térképe jelenik meg az asztalon, és a telefon mozgatásával különböző nézőpontokból látszik a miniatűr város.



23.3. ábra. A Mapbox Tabletop AR-alkalmazása.

- **Madártávlati (flyover) AR:** Ennél a módszernél a felhasználó a készülék kameraképén keresztül **felülről tekint** egy nagyobb területre, mintha drónfelvételt látna, de a valós környezetbe ágyazva. Például ha egy város fölé szeretnénk AR-ben adatokat tenni, de a felhasználó a földön van, a flyover AR különböző trükkökkel (GPS pozíció manipulálásával vagy speciális markerrel) azt az érzetet keltheti, mintha madártávlatból néznénk rá a térképre. Ezt a módszert használhatjuk például regionális adatok (domborzat, felhőzet stb.) AR-megjelenítésére, hogy a felhasználó egyhelyben állva, a készüléket mozgatva a “fölé vetített” térképet lássa.

- **Valós skálájú (world-scale) AR:** Itt a digitális objektumok a **valós méretükben** jelennek meg a környezetben, a felhasználó pedig mozoghat köztük. Ez az ARKit/ARCore tipikus használati módja, például amikor egy navigációs nyíl a járdán előttünk mutatja az irányt (Google Live View – 23.4. ábra), vagy egy városmodell életnagyságban jelenik meg a helyszínen. A world-scale AR a leginkább felhasználót bevonó megoldás, hiszen a környezet részeként jelenik meg a tartalom.



24.4. ábra. A Google Live View felülete.

3. Gyakorlati példák és esettanulmányok

A technológiai háttér áttekintése után nézzünk néhány konkrét példát, hogyan alkalmazhatók a fenti megoldások a tematikus térképezésben és adatvizualizációban:

- **ArcGIS AR terepmodell:** Az Esri 2019-ben egy fejlesztői konferencián bemutatott egy AR alkalmazást, amely egy terület domborzatát jelenítette meg AR-ben – igaz, akkor még csak egyszerű textúrával. 2023-ban az Esri tovább lépett, és kiadta az **ArcGIS Maps SDK for Game Engines** csomagot Unity-hez és Unreal-hoz. Ennek segítségével egy

digitális domborzatmodell (DEM) és ráillesztett térképi adatok jeleníthetők meg egy játékmotorban, VR vagy AR nézetben. Képzeljük el, hogy egy tájvédelmi terület erdősültségi adatait szeretnénk bemutatni: a Unity-ben futó alkalmazásban az erdőborítottsági térkép rétegeit egy 3D domborzatra vetítjük, majd AR szemüvegen keresztül a felhasználó az adott táj *3D makettjét* látja, különböző évekre színezve a területeket. Az Esri szerint a játékmotorok és az AR kombinációja nagy előny, mert interaktív módon lehet váltani a rétegeket, lekérdezni a térképi adatbázis attribútumait, vagy akár időbeli változásokat animálni – mindezt úgy, hogy a felhasználó mintha egy „élő térképet” nézne.

- **Unity + Mapbox: városi AR navigáció:** A Mapbox készített egy példát arra, hogyan lehet Unity segítségével *világméretű, helyalapú* AR élményt létrehozni. A **GPS AR** koncepció lényege, hogy a felhasználó aktuális GPS pozíciójához és orientációjához igazodva renderelünk 3D térképet vagy objektumokat. Például egy **AR navigációs app** Unity-ben: a telefon kameraképén a járdán megjelenik egy kék vonal vagy nyilak, amelyek a célpont felé vezetnek, az épületek fölött pedig a nevük lebeg. A Mapbox Unity SDK és az AR Foundation használatával egy ilyen alkalmazás felépíthető: beolvassuk a valós helyzetet (ARCore/ARKit), a Mapbox szolgáltatásától lekérjük a környék térképét (utcarajz, 3D épületmodellek), majd az egészet rávetítjük a kameraképre. A végeredmény egy **AR térkép-nézet**, ami a gyalogos navigációt sokkal érthetőbbé teszi – a felhasználónak nem kell a hagyományos 2D térképet néznie, hanem az utcán látja a nyilat merre kell mennie.
- **WebXR példa – interaktív AR grafikonok:** Ha nincs lehetőség natív mobil app fejlesztésére, weben is lehet kísérletezni AR megjelenítéssel. Képzeljünk el egy Jupyter Notebookban futó alkalmazást, amely mondjuk egy város légszennyezettségi szenzorainak adatait jeleníti meg. A felhasználó a weboldalt megnyitva és a telefonját a város felé fordítva (mondjuk egy poszter vagy képernyő elé, amin a város térképe van, vagy GPS pozíció alapján) a valós látványra illesztve látja a 3D oszlopdiaagramot. Ez egy *marker-alapú* AR példa is lehet: ha van egy nyomtatott térkép vagy QR-kód, amit a kamera felismer, ahhoz igazítva jelenik meg a 3D tartalom. Az ehhez hasonló megoldásokhoz jól

használható az **AR.js** könyvtár, amely egyszerű markerfelismerést és 3D objektumelhelyezést kínál weben. Bár az ilyen webes AR még korlátozottabb, de **oktatási célra** vagy prototípusként jól demonstrálja az AR lehetőségeit a tematikus térképezésben.

- **Kulturális/turisztikai AR projekt:** A tematikus kartográfia nem csak statisztikai adatok közlését jelentheti, hanem például **történelmi vagy földtudományos adatok** kreatív megjelenítését is. Például egy városi séta alkalmazásban a felhasználó AR-ben láthatja, hogyan nézett ki egy adott utcakép régen: a mai utcaképbe illesztve halványan megjelenik egy régi térkép vagy fotó. Ehhez GIS oldalról georeferált régi térképeket használhatunk, és AR-ben a megfelelő helyen ábrázoljuk. Vagy egy turista egy városi szobornál állva a telefonját felemelve nemcsak a szobor adatait láthatja szövegbuborékban, hanem mondjuk egy animált folyamatot (pl. egy csata lefolyását térképen, vagy egy épület evolúcióját időben).

Ezek a példák mind azt mutatják, hogy az AR eszköztára mennyire sokoldalúan alkalmazható a térképi adatok megjelenítésében. Fontos azonban az is, hogy a technológiai kihívásokat kezeljük: az AR alkalmazások fejlesztése során figyelni kell a **pontosságra** (GPS és érzékelők kalibrációja), a **teljesítményre** (a 3D grafika és valós idejű kamera kép renderelése erőforrás-igényes, optimalizálni kell a modelleket, textúrákat), és a **felhasználói élményre** (pl. ne terheljük túl információval a látványt, mert az rontja az érthetőséget).

Érdemes kiemelni, hogy egy 2024-es tanulmányban egy teljes **workflow-t javasoltak GIS adatok AR/VR megjelenítéséhez**: QGIS-ben előkészítették az adatokat (pl. domborzat, felszínborítás), majd **Three.js** használatával 3D objektummá konvertálták (glTF formátum), amit Unreal Engine-be töltöttek be. Az AR kiterjesztést pedig Swift nyelven, **RealityKit/ARKit** modulokkal valósították meg iOS eszközön, optimalizálva a textúrákat a telefon hardveréhez (<https://www.mdpi.com/2220-9964/13/7/241>). Ez is rámutat, hogy gyakran több technológia együttese szükséges a sikerhez: GIS szoftverek, 3D grafikus könyvtárak és AR keretrendszerek kombinációja.

4. Az MI szerepe a tematikus térképek értelmezésében

Az elmúlt években ugrásszerű fejlődésen ment keresztül a mesterséges intelligencia (MI), és ez a tematikus térképészetre is hatással van. A multimodális nagy nyelvi modellek (LMM-ek), mint például a GPT-4V (vizuális bemenetekre is képes modell), már képesek tematikus térképeket elemezni, szimbólumokat és mintázatokat azonosítani. Kutatások szerint ezek az eszközök képesek térképi elemeket felismerni, értelmezni a térképek tematikáját, sőt időbeli vagy tematikus különbségeket is észlelni két térkép között (pl. természeti katasztrófa előtti és utáni állapot).

Más esetekben az MI közvetve segíti a térképértelmezést. A nyelvi modellek – például a GPT-sorozat – integrálhatók térinformatikai rendszerekbe, így a felhasználók természetes nyelven kérhetnek lekérdezéseket (pl. „készíts térképet a népsűrűségről megyénként”), és az MI automatikusan létrehozza a szükséges GIS-műveleteket vagy programkódot. Ilyen például a QGIS-be épített „GIS Copilot”, amely a felhasználói kérések alapján automatikusan elemzési folyamatokat hajt végre, és egyszerű tematikus térképeket állít elő. Ezek az eszközök tehát már képesek tematikus térképek alapvető szintű értelmezésére és előállítására – főként jól definiált, ismétlődő feladatok esetén.

4.1 Jelenlegi lehetőségek és korlátok

Az MI jelenleg az alábbi lehetőségeket kínálja a tematikus térképezésben:

- Mintaazonosítás: látásalapú modellek felismerik a színezési sémákat, szimbólumokat és leolvassák a jelmagyarázatot.
- Térképi stílusértékelés: képesek azonosítani a rosszul megválasztott színeket, rossz kontrasztot vagy hibás ábrázolást, és javaslatokat tenni a javításra.
- Automatizált térképkészítés: az MI képes kód generálására, amelyeket különböző környezetekben használhatunk térképek generálására, illetve képes komplett elemzési munkafolyamatokat is javasolni.

Ugyanakkor fontos korlátok is fennállnak:

- Az MI „fekete doboz” jellege miatt gyakran nem világos, hogyan jutott el egy adott eredményhez.
- A mélyebb térbeli következtetések, ok-okozati összefüggések felismerése nehézséget okozhat – főleg bonyolultabb esetekben.
- Az MI nem mindig követi a kartográfiai szabályokat, néha hibásan értelmezi a jelmagyarázatot vagy hibás adatokat tulajdonít egy területnek.

Ezért a MI által létrehozott térképeket szakértői ellenőrzésnek kell alávetni, különös tekintettel a vetület, osztályozási módszer, jelkulcs és forrásmegjelölés helyességére.

4.2 Jövőbeli irányok és alkalmazások

A jövőben az MI további fejlesztések révén még nagyobb szerepet kaphat a tematikus térképezésben. Néhány lehetséges irány:

- Természetes nyelvű térképkérés: a felhasználó egyszerű szöveges utasítást ad („készíts térképet a hőmérsékletről Magyarországon februárban”), az MI pedig interaktív térképet generál – az adatok keresésétől a megjelenítésig automatikusan.
- Valós idejű, adaptív térképezés: élő adatfolyamokból (pl. időjárás, közlekedés) készülő, automatikusan frissülő tematikus térképek.
- Oktatási célú alkalmazások: MI által generált gyakorlótérképek, automatikus magyarázatok és tesztek.
- Térképezés demokratizálása: a laikus felhasználók is könnyen készíthetnek térképeket MI-asszisztensek segítségével.

A fejlődés kulcsa az MI integrálása a térbeli tudásreprezentációval (ontológiák, szemantikus web), valamint a GIS rendszerek és nyelvi modellek együttes használata lesz. A cél olyan intelligens térképészeti rendszerek létrehozása, amelyek képesek az emberi igények megértésére, és testre szabott, pontos, megbízható tematikus térképeket nyújtanak.

Felhasznált irodalom

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. DOI: 10.1162/pres.1997.6.4.355

Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction*, 8(2–3), 73–272. DOI: 10.1561/11000000049.

Burigat, S., Chittaro, L., & Gabrielli, S. (2006). Visualizing locations of off-screen objects on mobile devices: A comparison of three approaches. *Proceedings of the 8th Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, 239–246. DOI: 10.1145/1152215.1152265.

Chen, J., & Li, C. (2017). Augmented reality-based indoor navigation with Google ARCore. *Proceedings of the 2017 International Conference on Virtual Reality and Visualization (ICVRV)*, 275–276. DOI: 10.1109/ICVRV.2017.00064.

Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D(12), 1321–1329.

Unity Technologies. (n.d.). Unity Manual: AR Foundation. Retrieved June 2024 from <https://docs.unity3d.com/Manual/com.unity.xr.arfoundation.html>.

Unreal Engine Documentation. (n.d.). Augmented Reality Development. <https://docs.unrealengine.com/en-US/SharingAndReleasing/XRDevelopment/AR/index.html>.

WebXR Device API. (n.d.). MDN Web Docs. https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebXR_Device_API.

Zhu, Q., Zhang, Y., & Chen, M. (2020). GIS and augmented reality integration: A review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(9), 574. DOI: 10.3390/ijgi9090574.

XXIV. Adatvezérelt és webes térképek

1. Bevezetés: térképkészítés programozással

A hagyományos térképészetben a térképeket sokáig kézzel vagy grafikus szoftverekkel készítették, azonban a digitális korban egyre inkább előtérbe kerül a **programozás alapú térképkészítés**. Ennek számos előnye van: automatizálható a folyamat, **nagy adathalmazok** is megjeleníthetők interaktív módon, és a weben keresztül könnyen közzétehetők a térképek. A *tematikus térképek* esetén – amikor valamilyen statisztikai vagy egyéb attribútumadatot ábrázolunk földrajzi térben – különösen hasznos a programozás, mert lehetővé teszi az **adatvezérelt megjelenítést**.

Az online platformokon való térképkészítés ma már szinte egyet jelent a **webes technológiákkal**. A böngészők képesek megjeleníteni térképi grafikákat (SVG, Canvas, WebGL alapon), és számos könyvtár könnyíti meg a fejlesztők munkáját. Két fő megközelítés alakult ki:

- **JavaScript-alapú térképezés:** közvetlenül a böngészőben futó kód generálja és jeleníti meg a térképet (pl. D3.js, Leaflet, kepler.gl).

- **Python- (vagy más) alapú generálás webes kimenettel:** a programozó egy magas szintű nyelven (pl. Python) írja meg a kódot, ami mögöttesen akár JavaScriptet generál, de a fejlesztő abból keveset lát. Ilyen pl. a Folium könyvtár, ami Pythonból használható, de a végeredmény egy webes (HTML+JavaScript) térkép.

Ebben a fejezetben megvizsgálunk több népszerű technológiát és eszközt a tematikus térképek programozott készítésére, bemutatva azok előnyeit, különbségeit és használatuk módját, kód példákkal és adatkészletekkel illusztrálva.

2. Különböző megközelítések és eszközök áttekintése

Számos eszköz létezik, de nézzük a kiemelt főbb technológiákat: **D3.js**, **Leaflet** (és **Folium**), **kepler.gl**, valamint egyéb említésre méltó könyvtárakat.

2.1 D3.js – adatvezérelt dokumentumok a weben

A **D3.js** (Data-Driven Documents) egy alacsony szintű, de rendkívül rugalmas JavaScript könyvtár adatvizualizációhoz. Mike Bostock alkotta meg, és célja, hogy a fejlesztők teljes kontrollt kapjanak a böngészőben megjelenő vizualizáció felett. A D3 lényege, hogy összekapcsolja az adatokat a DOM elemekkel (pl. SVG vektoros elemekkel vagy HTML elemekkel), és így az adat változását leköveti a megjelenítésben. A D3 erőssége abban rejlik, hogy **webes szabványokra épül** (HTML, SVG, CSS), nem egy saját grafikus motort használ, ezért a böngészők natív képességeit aknázza ki. Ezért gyakorlatilag bármilyen típusú diagram vagy térkép elkészíthető vele, ha elég időt szánunk rá.

A térképészetben a D3 különösen népszerű a **vetületek** és egyedi térképi megoldások miatt. A D3 tartalmaz kódot sokféle vetülethez, és kiválóan kezeli a GeoJSON formátumú térbeli adatokat. Ez lehetővé teszi, hogy a programozók **saját térképi dizájnt valósítsanak meg** – például különleges vetületű világtérképeket, torzított térképeket vagy interaktív, nagyítható tematikus

térképeket. Bostock megfogalmazása szerint: „a D3 abban segít, hogy az adatokat életre keltsük a böngészőben HTML, SVG és CSS segítségével”, ami a térképekre lefordítva azt jelenti, hogy teljes mértékben mi szabjuk meg a térkép kinézetét és interakcióit.

Előnyök: Maximális testreszabhatóság; hatalmas közösségi példa- és sablon gyűjtemény (<https://observablehq.com/@d3/gallery>); integrálható más webes elemekkel.

Hátrányok: Meredek tanulási görbe – a D3 megköveteli a JavaScript, a webes grafika és a térinformatika ismeretét; a komplexitás miatt időigényes lehet egy vizualizáció megalkotása.

2.2 Leaflet – egyszerű interaktív térképek JavaScriptben

A **Leaflet** egy másik nagyon népszerű JavaScript könyvtár, amelynek célja **interaktív térképek egyszerű létrehozása**. A Leaflet mottója: *“an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps”*, azaz nyílt forráskódú, mobilbarát interaktív térkép-könyvtár. A Leaflet leginkább a csempézett (tile-based) webtérképekre fókuszál, hasonlóan a Google Maps működéséhez: van egy alap térképréteg (pl. OpenStreetMap csempék), erre kerülnek rá a *vektorrétegek* (pontok, vonalak, poligonok GeoJSON formátumban) és az interaktív elemek (pop-upok, jelölők).

A Leaflet erőssége az **egyszerűség és a kis méret** – kifejezetten úgy tervezték, hogy könnyen tanulható és integrálható legyen. Már néhány tucat sornyi JavaScript kóddal összeállítható egy belépő szintű interaktív térkép. Emellett gazdag plugin-ökoszisztémával rendelkezik, melyekkel bővíthető (pl. Heatmap plugin, Cluster marker plugin, stb.). A Leaflet önmagában is képes tematikus térképeket megjeleníteni: például a kartogram-példák megmutatják, hogyan lehet GeoJSON-t színezní attribútum alapján. Intézeti példa: <https://github.com/balladaniel/leaflet-dataclassification>.

Előnyök: Gyors fejlesztés, alacsony belépési küszöb; működő térkép „pillanatok alatt”; számtalan plugin; jól optimalizált mobil eszközökre.

Hátrányok: Korlátozottabb testreszabhatóság, mint D3 – a Leaflet inkább keretrendszer jellegű; nagyon nagy adatmennyiségnél (több tízezer poligon) a teljesítménye csökkenhet (bár erre vannak pluginok, pl. webgl réteg).

2.3 Folium – Python és Leaflet integrációja

A **Folium** egy Python könyvtár, amely a Leaflet erejét hozza közelebb a Python használóihoz. A Folium lényegében **Pythonban generál HTML/JavaScript kódot** a Leaflet térképhez, így a felhasználó Pythonból, ismerős objektumokkal dolgozhat. A Folium mottója: *"Manipulate your data in Python, then visualize it in a Leaflet map via folium."*, vagyis építsd fel/elemezd az adataid Pythonban, majd jelenítsd meg egy Leaflet térképen a Folium segítségével.

Ez ideális Jupyter Notebook környezetben: a Python nyelv erős adatelemző képességeit (pl. pandas, geopandas) ötvözi a szépen megjelenő interaktív térképekkel a notebook-cellában. A Folium objektumai (Map, Marker, Choropleth stb.) magas szintű interfészt adnak. Például a Folium Map objektummal létrehozunk egy térképet, majd CircleMarker-ekkel pontokat adunk hozzá, vagy a choropleth függvénnyel egyből készíthetünk kartogramot egy pandas DataFrame-ből.

Egyszerű

példák:

https://autogis-site.readthedocs.io/en/2021/notebooks/L5/02_interactive-map-folium.html.

Előnyök: Nem igényel JavaScript tudást a felhasználótól; szorosan integrálható Python adatkezeléssel (pl. adatok olvasása pandas-szal, majd átadása Foliumnak); Jupyterben azonnal megjelenik a térkép interaktív módon.

Hátrányok: Mivel a Folium a Leaflet lehetőségeire épül, bizonyos egyedi megoldások nehezebben érhetők el (a Folium fejlesztése során figyelembe kell venni a Leaflet korlátait); nagy adathalmazoknál a notebookban a renderelt térkép mérete gondot okozhat; és offline használathoz figyelni kell a szükséges js/css fájlokra.

2.4 kepler.gl – nagy adatok interaktív vizualizációja egyszerűen

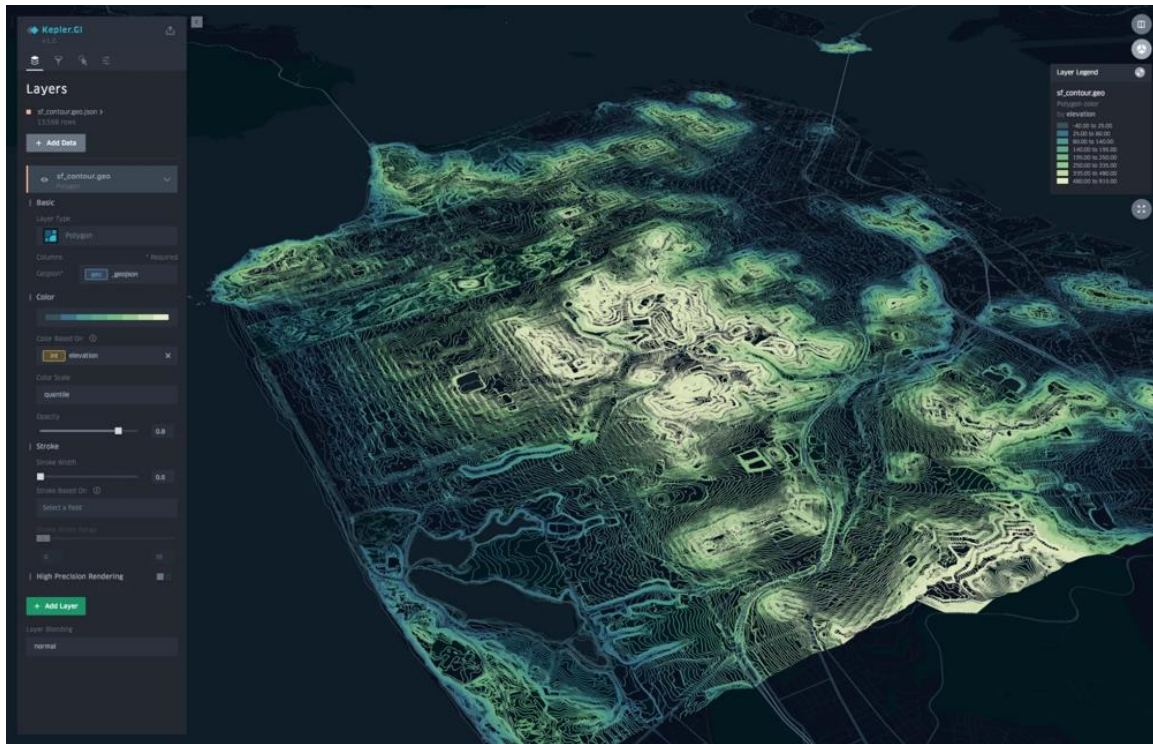
A **kepler.gl** (24.1. ábra) egy viszonylag új eszköz, amelyet az Uber fejlesztett és nyílt forráskódúvá tett. A kepler.gl célja, hogy **kód írása nélkül is lehessen látványos, big data vizualizációkat** készíteni egy webes felületen. Tulajdonképpen egy kész alkalmazás (lehet webalkalmazásként vagy Jupyter Notebook widgetként használni), amelybe, ha betáplálunk adatokat (pl. egy CSV sok koordinátával), akkor GUI-n keresztül beállíthatjuk, hogyan jelenjenek meg (pontok, hőtérkép, útvonalak, 3D oszlopok stb.). A kepler.gl épít a **deck.gl** könyvtárra (ami szintén Uber fejlesztés, WebGL alapú vizualizációs

keretrendszer), ennek köszönhetően nagyon jó teljesítménnyel tud megjeleníteni akár több százezer pontot is a térképen GPU segítségével.

Bár a kepler.gl használata sokszor “kattintgatós”, említhetjük ebben a fejezetben, mert Pythonból is integrálható (a kepler.gl csomaggal). Így a Python kódban előkészített adatokat átadhatjuk a kepler widgetnek, és a jegyzetfüzetben egy interaktív térkép nézet jelenik meg, ahol akár a felhasználó is tud változtatni a megjelenítésen. Példa: <https://kepler.gl/demo/ukcommute>.

Előnyök: Nagy méretű adatok esetén is gördülékeny (WebGL miatt); 3D nézetet is kínál (kiemelt oszlopdiagramok, pontfelhők); nem igényel mély programozást a beállítások finomhangolása sem; rengeteg beépített vizualizációs lehetőség (idősoros animáció, színsémák, térképi témák).

Hátrányok: Kevésbé testre szabható, mint a D3 (a rendelkezésre álló megjelenítési típusok közül választhatunk, nem rajzolhatunk teljesen egyedi grafikát); inkább felfedező eszköz, mint publikációra szánt egyedi design.



24.1. ábra. A kepler.gl felülete nagy adatok vizualizálására: a példában San Francisco szintvonalai láthatók 3D formában, színátmenettel jelölve a tengerszint feletti magasságot. A bal oldali panelen a rétegek és stílusok interaktívan állíthatók, a WebGL-alapú megjelenítés pedig sima navigációt tesz lehetővé még sok adat esetén is.

2.4 Egyéb említendő technológiák

Érdemes megjegyezni néhány további népszerű platformot a tematikus térképek programozásához:

Plotly / Dash: A Plotly Python (és JS) könyvtárával interaktív grafikonok és térképek készíthetők, akár tematikus térképek is. A Dash keretrendszerrel pedig teljes webes dashboard építhető Pythonban, amibe térképi elemek is integrálhatók. Előnye, hogy webalkalmazást készítünk anélkül, hogy frontendet kellene külön programozni – hátránya, hogy kicsit kötöttebb a működés a kész komponensek szerint.

Bokeh: Egy másik Python könyvtár, ami hasonló célt szolgál, mint a Plotly, de JavaScript oldalon a BokehJS jeleníti meg a grafikákat. Támogat térképi megjelenítést, de nem elterjedt tematikus térképezésre.

Carto, Google Maps API, Mapbox GL JS: Ezek inkább online szolgáltatás platformok. A **Carto** egy felhőalapú megoldás, amely SQL adatbázissal és egyszerű stíluskezelővel (CartoCSS) teszi lehetővé tematikus térképek készítését. A **Google Maps JavaScript API** és a **Mapbox GL JS** pedig térképi megjelenítő motorok: előbbi a Google saját térképadatain alapszik, utóbbi nyílt adatokon (OSM) vagy saját adatsompénken. A Mapbox GL JS különlegessége, hogy WebGL-t használ a megjelenítéshez, így pl. folytonos zoom és 3D épületek is lehetségesek. Érdekesség, hogy a kepler.gl által exportált **konfigurációt** be lehet tölteni a Mapbox online stúdiójába is, és így integrálni más projektekbe. Példák: <https://atlo.team/>.

Összefoglalva, rengeteg út vezet a célhoz – a választás attól függ, milyen jellegű a projekt, mekkora az adat, milyen interaktivitást várunk, és a fejlesztő csapat milyen technológiai háttérrel rendelkezik.

Felhasznált irodalom

Bostock, M., Ogievetsky, V., & Heer, J. (2011). D3 data-driven documents. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 17(12), 2301–2309. DOI: 10.1109/TVCG.2011.185.

Folium Developers. (n.d.). Folium Documentation. <https://python-visualization.github.io/folium/>.

Leaflet Contributors. (n.d.). Leaflet: An Open-Source JavaScript Library for Mobile-Friendly Interactive Maps. Retrieved June 2024 from <https://leafletjs.com/>.

Uber Technologies. (n.d.). kepler.gl Documentation. <https://docs.kepler.gl/docs/keplergl-jupyter>.

Plotly Technologies Inc. (n.d.). Plotly Python Open Source Graphing Library <https://plotly.com/python/>.