

BEVEZETÉS

Mi a térinformatika? Erre a kérdésre próbálunk választ adni ebben a fejezetben a fontosabb alapfogalmak definiálásával, és egy tipikus alkalmazási példa bemutatásával.

Térinformatika, geoinformatika: digitális térképekre épülő informatika. Interdiszciplináris terület, amely elsősorban földrajzi, térképészeti és informatikai szakismeretekre épül.

Térinformatikai rendszer (térinformációs rendszer): térképi alapú információs rendszer, amely grafikus (térképi) és nem grafikus (leíró) adatokat együtt, integráltan tud kezelni.

GIS = Geographic Information System: földrajzi információs rendszer. Tágabb értelemben megfelel a magyar *térinformatikai rendszer* fogalomnak. Szűkebb értelemben csak a kimondottan *földrajzi adatokra épülő* (pl. környezetvédelmi) rendszereket jelenti, és nem tartalmazza pl. a közműnyilvántartást. A továbbiakban a GIS-t a tágabb értelmezés szerint használjuk.

Jellemző alkalmazási területek

LIS = Land Information System: ingatlan nyilvántartás. Egyrészt az ingatlanok (földrészetek, épületek) térképi rajzát, másrészt a hozzájuk kapcsolódó adatokat (tulajdoni lap) tartalmazza. A LIS térképei jelentik azt a közjogilag hiteles térképi alapot (földmérési alaptérkép), amelyre számos más alkalmazás épül.

AM/FM = Automated Mapping / Facilities Management: közmű nyilvántartás. Adott település közműveinek (víz, villany, gáz) vezetékhálóját és berendezéseit tartalmazza a földmérési alaptérképre illesztve.

További alkalmazásokat a 7. fejezetben mutatunk be.

Történeti áttekintés

Kezdetben (1960-as évek) csak a nem térbeli (pl. könyvelési) adatokat vitték számítógépre (*gépi adatbázisok*).

Később (1970-es évek) a gépek teljesítményének növekedésével és a grafikai eszközök fejlődésével lehetővé vált a térbeli (térképi) adatok hatékony számítógépes kezelése. Megjelentek a különféle *mérnöki tervező (CAD) rendszerek* és *képfeldolgozó rendszerek* (légifényképek, műholdképek elemzése).

Ezután (1980-as évek) felmerült az igény a grafikus és nem grafikus adatokat integráltan kezelő információs rendszerek iránt, ez vezetett a térinformatika rohamos fejlődéséhez.

Az 1990-es években a térinformatikai rendszerek már személyi számítógépen is elérhetővé váltak, és ez nagyságrendekkel növelte a felhasználók körét.

A kereskedelmi korlátozások miatt 1990 előtt a GIS és CAD rendszerek Kelet-Európában nem, vagy alig voltak elérhetők, ezért a kelet-európai országok saját fejlesztésekkel próbálkoztak. Ezek a saját fejlesztésű rendszerek részben még ma is használatosak, de a nyugati rendszerek fokozatosan kiszorítják őket.

Jelenleg Magyarországon a nem térbeli adatokat már szinte mindenütt számítógéppel kezelik (relációs adatbázisok), de a térképek, tervrajzok esetén még gyakori a hagyományos, papíralapú nyilvántartás. A tervező és igazgatási cégek többségénél napjainkban folyik a technológiaváltás: a rajzasztalok szerepét fokozatosan CAD és GIS rendszerek veszik át.

1. példa: ingatlan nyilvántartás

Jelenleg Magyarországon a telekkönyvi adatok (tulajdonos, helyrajzi szám, földrészlet területe, stb.) már általában számítógépen vannak, de az ún. földmérési alaptérképeket (amelyek – többek között – a földrészletek pontos határvonalait tartalmazzák, lásd 1. ábra) még jórészt hagyományosan kezelik. Az ebből adódó hátrányok:

- Különös gondot kell fordítani a pontosságra, mivel a földmérési alaptérkép jelenti az egyedül hiteles adatot, számos építési és tervezési munka is ennek alapján történik. Ezért a térképeket speciális alapanyagon (pl. fémbetétes lap) tárolják, amely évtizedek alatt sem torzul, zsugorodik. Ezzel együtt is a pontosság korlátozott, lényegében a térképen alkalmazott vonalvastagságnak felel meg.

- A változásvezetés nehézkes: a változásokat egy ideig eltérő színnel vezetik rá a térképre, egy idő után azonban a teljes térképet újra kell rajzolni. Az újrarajzolás tovább ronthatja a pontosságot.

- A térképek helyessége csak nehézkesen ellenőrizhető (pl. van-e két azonos helyrajzi szám, egy földrészlet térképen számított területe megfelel-e az adatbázisban szereplő területértéknek, stb.)

- Bizonyos kimutatások igen nehézkesen végezhetők el. (Például kíváncsiak vagyunk azon földtulajdonosok adataira, akiknek a földjét érinti egy tervezett autópálya útvonala.)

A fenti hátrányok az ingatlan nyilvántartás térinformatikai kezelésével küszöbölhetők ki. Ez alapvetően egy digitális térképet és egy hozzá kapcsolt háttéradatbázist jelent, amelyeket a GIS szoftver együtt, integráltan tud kezelni. Mindennek a részleteivel a további fejezetekben fogunk megismerkedni.

2. példa: Önkormányzati információs rendszer, óvodai körzetek. A rendelkezésre álló adatok:

- Népeségi adatok: mely lakásban hány óvodás korú gyermek van bejelentve.
- Az egyes óvodák postai címe.

A fenti adatokat tartalmazó adatbázis alapján nehéz eldönteni, hogy például hol szükséges új óvoda, illetve hol van többszörösen ellátott terület. A feladat térinformatikai támogatása a következő lehet:

- Az óvodáskorú gyermekek népsűrűség térképe, amelyen sötétebb ill. világosabb színárnyalat jelöli az egyes terület egységekre eső óvodáskorú gyermekek számát.

- Óvodai körzetek térképe: az egyes óvodák helye körül 500 m-es kör rajzolásával jelképezi az óvoda ellátási körzetét.

A fenti két térkép egymásra vetítve jól mutatja az ellátatlan ill. többszörösen ellátott körzeteket, és megfelelően támogatja a szükséges önkormányzati döntéseket.



1. ábra: 1:2000 méretarányú földmérési alaptérkép (kataszteri térkép) részlete.

1. INFORMATIKAI ALAPOK

1.1. Raszteres és vektoros adatábrázolás

1.1.1. Raszteres adatábrázolás

A képet mátrix formájában tároljuk (2 ábra). Egy mátrixelem szokásos elnevezései: *képpont*, *pixel*, *cella*. A kép típusát alapvetően a *bit-per-pixel érték* határozza meg, vagyis az, hogy egy képpont hány bitből áll. Néhány jellemző típus:

- 1 bites pixelek: bináris kép.
- 8 bites pixelek: monochrom kép, 256 szürkeárnyalat.
- 24 bites pixelek: színes kép, ahol a színek a három alapszín (piros, zöld, kék) keverékeként kódoltak, mindegyik színtkomponensnél 256 árnyalattal (3*8 bit).
- Multispektrális műholdkép: például 7 sávban, sávonként 8-bites (vagy 16-bites) pixelek.

Előfordulhat, hogy a rasztermátrix nem képi információt hordoz (pl. talajtérkép, terepmodell), ilyenkor a pixelenkénti bitek száma is a fentitől tetszőlegesen eltérő lehet.

Felbontás (geometriai): megadja, hogy egy pixel mekkora területnek felel meg a valóságban (pl. 10 x 10 méter).

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2. ábra: egy háromszög kontúrja raszteres adatábrázolásban

Jellemző adatformátumok: TIFF, PCX, BMP, JPEG, stb. Térinformatikai alkalmazásokban gyakori a TIFF, és ennek „földrajzi” kiterjesztése, a GeoTIFF (részletesebben lásd a Függelékben).

1.1.2. Vektoros adatábrázolás

A képet *rajzelemek* halmazaként (rendszereként) tároljuk, az egyes rajzelemeket koordináta-geometriai eszközökkel írjuk le. Leggyakoribb rajzelem az ún *vektor*, vagyis egy (irányított) egyenesszakasz, amelyet végpontjainak koordinátaival adunk meg:

LINE x_1, y_1, x_2, y_2

Például, az 2 ábrán látható háromszög vektoros adatábrázolásban (bal alsó sarok a koordinátarendszer középpontja):

```
LINE 1,1, 1,9
LINE 1,1, 9,1
LINE 1,9, 9,1
```

Példák további rajzelemekre:

CIRCLE x, y, r : Kör (x, y) középponttal és r a sugárral.

TEXT $x, y, méret, irány, szöveg$: felirat a rajzon az (x, y) pontban, adott méretben és irányban. A felirat tartalmát a "szöveg" ASCII jelsorozat adja meg.

Jellemző adatformátumok: DXF, IGES

A DXF adatformátum (Drawing eXchange Format): AutoDesk cég specifikálta és folyamatosan fejleszti. A legtöbb vektoros rendszer tudja importálni ill. exportálni.

1.1.3. Összehasonlítás

<i>Raszter</i>	<i>Vektor</i>
A látszati kép	A kép struktúrája
Minden raszterponthoz megadja , hogy ott <i>milyen objektum</i> van	Minden objektumhoz megadja, hogy az a síkon <i>hol</i> van
Pontosság a felbontástól függ	Pontosság a számábrázolástól függ
Nagyításnál: durvább lesz	Nagyításnál nem lesz durvább
Transzformáció: lassú, torzulhat	Transzf. gyors, gyakorlatilag nem torzul
Monitoron közvetlenül megjeleníthető	Megjelenítéséhez rajzolóprogram szükséges
Tárolóterület: képmérettől függ	Tárolóterület a rajz bonyolultságától függ

Megjegyzések:

– *Transzformáció*: ha például egy képet 360 db 1-fokos elforgatással körbe forgatunk, akkor raszterkép esetén számottevő torzulással számolhatunk, vektoros esetben a torzulás nem jelentős.

– *Tárolóterület*: ha adattömörítést alkalmazunk (például ZIP), akkor ugyanazon kép (mondjuk egy vonalrajz) raszteres és vektoros változatának mérete között már nem lesz nagy különbség.

1.1.4. Konverziók

Vektor \rightarrow *raszter*: az egyes rajzelemek raszteres képét kell algoritmikusan előállítani, ami viszonylag könnyen megoldható (számítógépes grafika). Vektoros kép monitoron való megjelenítésekor mindig ez történik, mivel a monitor raszteresén dolgozik.

Raszter \rightarrow *vektor*: a raszterképen az egyes objektumokat kell algoritmikusan felismerni, és megfelelő vektoros kóddal helyettesíteni. Ez lényegében alakfelismerési feladat, amelynek automatikus gépi megoldása kielégítő minőségben igen nehéz.

Vegyes adatábrázolás: raszter + vektor egymásra vetítve.

1.2. A térinformatika speciális hardware eszközei

A térinformatika elsősorban a grafikus adat be- és kivitel területén igényel speciális eszközöket, ezeket a 3. ábra tekinti át.

	Vektor	Raszter
<i>Bevitel</i>	Digitalizáló tábla	Szkenner, digitális kamera
<i>Kivitel</i>	Tollas plotter	Tintasugaras plotter

3. ábra

1.2.1. Beviteli eszközök

Digitalizáló tábla (tablet): Egy elektronikusan vezérelt, A3...A0 méretű táblából, és egy egérhez hasonló pozicionáló eszközből (*tábla kurzor*) áll. A tábla kurzor – az egértől eltérően – abszolút pozíció érzékelő eszköz: mindig pontosan érzékeli, hogy a tábla mely pontján van, akkor is, ha felemelve helyezzük át.

A digitalizáló tábla manuális vektoros adatbevitelt támogat. A digitalizálandó rajzot a táblára rögzítik, majd a tábla kalibrálásával elérik, hogy a rajz négy sarokpontja a képernyőn látható rajzterület négy sarkának feleljen meg. Ezután a tábla kurzorral manuálisan követik a rajz vonalait, és a vonal végpontoknál gombnyomással viszik be a megfelelő koordinátákat.

Az eljárás hátránya, hogy az adatbevitel pontossága és teljessége csak nehezen ellenőrizhető. Ennek ellenére, viszonylagos olcsósága miatt, ez a leggyakrabban használt adatbeviteli eszköz.

Szkenner: optikai leolvasó, raszteres adatot állít elő. Főbb típusok:

– *Diaszkenner:* speciálisan diafilmek digitalizálására készült, igen nagy felbontású szkenner.

– *kéziszkenner:* kb. 10 cm széles sávot visz be. A túl lassú húzást kompenzálja, a túl gyorsat nem.

– *Síkszkenner:* általában A4 (esetleg A3) méretű. A szkennelendő lapot egy üveglapra kell helyezni, amelyet egy levilágító-érzékelő berendezés soronként letapogat. A síkszkenner igen pontos adatbevitelt biztosít, de nagyobb méretű berendezések igen drágák, ezért a térinformatikában ritkán használatosak.

– *Dobszkenner:* A1, A0 méretű (valójában csak a szélesség korlátozott, a hosszúság nem). A síkszkennerrel ellentétben itt a levilágító-érzékelő berendezés rögzített, és előtte halad el a digitalizálandó lap. Fényes felületű lapok (fóliák) szkennelése esetén a laptovábbítás egyenetlen lehet, ami a szkennelés pontosságát rontja. Bár a dobszkenner is viszonylag drága berendezés, a térinformatikában ezt használják legáltalánosabban.

– *Plotterre szerelt kéziszkenner:* sávonként lehet vele nagyobb rajzot, térképet szkennelni. Plotterrel már rendelkező cégek számára olcsó, de nem elég biztonságos megoldás. (A sávok elcsúszhatnak egymáshoz képest.)

Digitális kamera: az optika általában mátrix alakban elhelyezett érzékelőkre vetíti a képet, eredményül szürkeárnyaltos vagy színes raszterkép keletkezik. A térinformatikában műholdképek, légifényképek készítésére használatos.

1.2.2. Kiviteli eszközök

Plotter (rajzgép): A3...A0 méretű rajzok készítésére alkalmas.

– *tollas plotter:* vektorosan vezérelt berendezés. Két típusa van: a síkplotter, ahol a rajzoló tollat x és y irányban mozgatja a vezérlő elektronika, és a dobplotter, ahol a toll csak x irányban, a papír pedig y irányban mozog. Rendszerint több tollat használ, ezzel biztosít többféle színt ill. vonalvastagságot.

Hátrányok: a tollak gyakran beszáradnak ill. kimerülnek, ilyenkor a félbemaradt rajzot újra kell kezdeni. Dobplotternél a sokszori papír mozgatás után kisebb elcsúszások lehetségesek.

– *tintasugaras plotter (raszter plotter):* a tintasugaras nyomtatókhoz hasonlóan működik. Raszteresen vezérelt berendezés, ezért a vektoros rajzot nyomtatás előtt raszteresre konvertálja. Ha elég jó a felbontása (a ferde vonalak nem lesznek lépcsősek), akkor egyértelműen jobb rajzminőséget biztosít, mint a tollas plotter. Különleges előnye, hogy raszteres, ill. hibrid raszter-vektor állományokat is lehet vele nyomtatni. Jóval drágább, mint a tollas plotter, ennek ellenére egyre több felhasználó tér át a tintasugaras plotterre.

1.3. Raszteres szoftver rendszerek

a). *rajzszerkesztő rendszerek (raszter editorok):* raszteres rajzok létrehozására, módosítására (retusálására) szolgálnak. Ilyen rendszerek például a Windows *Paint* programja, *PhotoShop*, *PaintShopPro*, stb.

b). *képfeldolgozó rendszerek:* digitális képforrásból (kamera, szkennerek) származó raszterkép algoritmikus feldolgozására szolgálnak. Jellemző képfeldolgozó műveletek:

- hisztogram számítás,
- konvolúció (zajszűrés, élkiemelés, stb. céljára).
- geometriai transzformációk (lineáris, nemlineáris torzítás)

Egyszerű képfeldolgozó rendszernek tekinthető a Windows alapú *PhotoStyler*. Speciális rendszereket fejlesztettek ki például orvosi képek, műholdképek (meteorológiai képek) feldolgozására.

1.4. Vektoros szoftver rendszerek

Tipikusan vektoros szoftverek a *mérnöki tervező (CAD) rendszerek*. (CAD = Computer Aided Design = számítógéppel segített tervezés). A CAD rendszerek alapja rendszerint egy fejlett *rajzszerkesztő rendszer* amely többnyire valamilyen speciális szakterületet támogat. Például:

- Építészeti tervező rendszer
- Gépészeti tervező rendszer
- Áramkörtervező rendszer
- Térképszerkesztő rendszer

Az általános célú CAD rendszerek közül legismertebb az *AutoCAD*.

Szokásos rajzelemek (4. ábra):

- *egyenesszakasz*: x_1, y_1, x_2, y_2
- *vonallánc* (töröttvonal, *line string*, *polyline*, „ív”): $x_1, y_1, \dots, x_n, y_n$
- *kör*: x, y, r
- *ellipszis*: x, y, r_1, r_2, α (α : nagytengely szöge)
- *ív (arc)*: $x, y, r_1, r_2, \alpha, \beta_1, \beta_2$ (β_1, β_2 : az ív kezdő- és végpontjának szögei)
- *görbe*: $g_1, x_1, y_1, \dots, x_n, y_n, g_2$ (g_1, g_2 : irány a végpontokban)
- *B-spline*: kontrollpontok segítségével definiált görbe
- *alakzat (poligon)*: $x_1, y_1, \dots, x_n, y_n$ ahol $x_{n+1} = x_1, y_{n+1} = y_1$ (zárt poligon)
- *felirat (text)*: x, y , méret, irány, szöveg

Minden egyes rajzelemhez *attribútumok* tartoznak: szín, vonaltípus, vonalvastagság, réteg (lásd alább), stb.

1.4.1. Rajz strukturálása

Rétegekre bontás (földíázás): rajzelemek csoportosítása jelentésük szerint, valamilyen szempontból. Egy réteg többféle rajzelem típust is tartalmazhat. Például egy épület alaprajza az alábbi rétegeket tartalmazhatja:

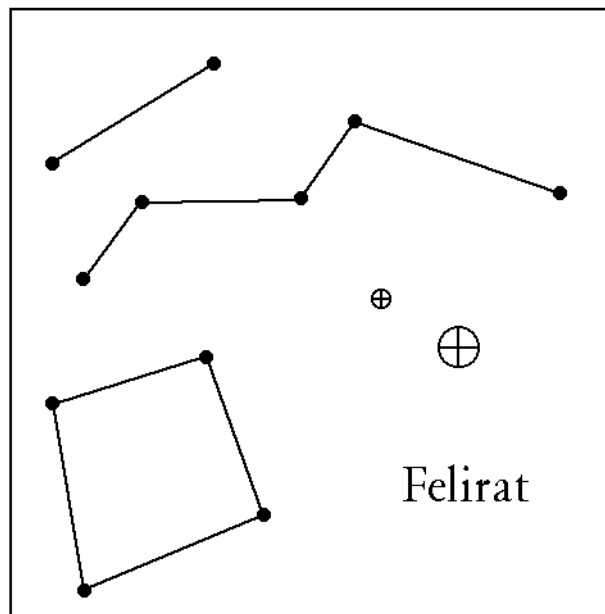
- falak,
- helyiségek feliratai,
- ajtók és ablakok,
- vízvezetékek és elzárócsapok,
- elektromos vezetékek.

Az egy réteghez tartozó rajzelemek együtt kezelhetők, például közös szín, vonaltípus és vonalvastagság rendelhető hozzájuk. Az egyes rétegek megjelenítése külön-külön ki-bekapcsolható.

Blokk (cell): többször ismétlődő rajzrészlet, jelkulcsi elem kezelésére szolgál, például túristatérképen benzinkút jele (körbe rajzolt T betű), vagy épület homlokzatrajzon ablak, vagy gépészeti rajzon csavar (lásd még a körbe rajzolt kereszt szimbólumot a 4. ábrán). A blokk kezelése két részből áll:

- *blokk definíció*: a blokk egy mintapéldánya, tetszőleges rajzelemek sorozatából áll.

– *blokk hivatkozás*, alakja: (blokknév, x, y, α , zoom). A *blokknév* blokk beillesztését írja elő a rajz (x, y) koordinátájú pontjára, α elforgatási szöggel és *zoom* nagyítási faktorral. (Általánosabb esetben transzformációs mátrix.)



4. ábra: Jellemző rajzelemek (egyenesszakasz, töröttvonal, poligon, felirat) és blokk hivatkozások.

1.4.2. Rajzrészlet kijelölése

A kijelölés általában téglalappal, vagy zárt poligonnal történik. A kijelölt rajzelemek meghatározásának lehetséges módjai:

- csak a teljesen belül lévőket jelöljük ki,
- mindent kijelölünk, amelynek valamely részlete belül van,
- a kijelölési határ mentén elvágjuk a rajzelemeket, és csak a belül lévő részek kerülnek kiválasztásra. (Mellékhatás: az elvágott rajzelemek törlődnek, és helyettük több kisebb rajzelem keletkezik.)

1.4.3. Pontosságot biztosító eszközök

Pontos (numerikus) koordináta megadás

Pontrács (grid): egyrészt tájékozódást szolgál, másrészt viszont megkövetelhető, hogy csak grid-re eső pontokat lehessen bevinni.

Csatolás (snap): az aktuálisan bevitt pont ráhúzása a legközelebbi rajzelem megfelelő pontjára. Példák:

- Polygon bezárása (a kezdő és záró pont pontos megegyezésének biztosítása).
- Rajz folytatása már berajzolt szakasz végpontjából.
- T-elágazás (meglévő egyenesszakasz közepére való pontos csatlakozás).

A fentieket speciális vonaltípusokra (kettős, szaggatott, stb.) is helyesen hajtja végre a rendszer.

1.4.4. További CAD lehetőségek

Kitöltő minták alkalmazása (patterning): adott terület (például poligon belsejének) kitöltése bizonyos mintázattal. (vonalkázás, pontozás, téglafal minta, stb.).

Méretezés (dimensioning): a műszaki dokumentációkban szokásos méretvonalak automatikus felvitele, ill. méretszámok automatikus kalkulálása a rajzi méretek alapján. (A rajz módosításakor nem kell újra méretezni.)

Parancsnyelv: minden interaktív műveletnek van egy parancs megfelelője. Parancsok sorozatából paraméterezett segédprogramok készíthetők. Példa: interaktívan megadott két pont között kerítés rajzolása.

Két monitoros üzemmód: egyik monitoron a rajz, másikon a menük.

1.5. Adatbázisok

Az első számítógépeket matematikai feladatok megoldására készítették, de már az 1960-as évek elejétől a számítógépes alkalmazások nagyobbik részét az adatfeldolgozás tette ki. Az adatbázis kezelés tehát – a szövegszerkesztés mellett – a számítógépek leggyakoribb alkalmazási területének tekinthető.

Adatbázison adott formátum és rendszer szerint tárolt adatok együttesét értjük. Az adatbázis gyakran szöveges információt tárol (például személyek nevét, lakcímét), mégis lényegesen különbözik a szövegfájlok felépítésétől. Amíg ugyanis a szövegfájlok esetén a *forma*, addig az adatbázis esetén a *tartalom* a fontos: az adatbázis keveset törődik a tárolt információ megjelenítési formájával, inkább az adatok közötti *kapcsolatok* kódolására helyezi a hangsúlyt.

Tegyük fel például, hogy egy vállalat dolgozóinak önéletrajzát tároljuk egy szövegfájlon. Ebben a fájlban rá lehet keresni adott névre, lakcímre, de például képtelenség lekérdezni azon dolgozók listáját, akik 1950 és 1960 között születtek. Ez utóbbi lekérdezés csak akkor valósítható meg, ha a fontosabb életrajzi adatokat (név, lakcím, születési dátum, iskolai végzettség) adatbázis formájában tároljuk.

Az adatbázisok lehetnek igen bonyolultak (például egy banki információs rendszer), de egyszerűek is (például amelyben egy pizzeria az ügyfeleit tartja nyilván). Egyszerű adatbázis megtervezésére és kezelésére mélyebb informatikai szaktudás nélkül is vállalkozhatunk, a továbbiakban az ehhez szükséges ismereteket tárgyaljuk.

1.5.1. Az egyed-kapcsolat modell

Az adatbázis tervezés első lépéseként modellezni kell a leírni kívánt jelenségekört. Tegyük fel, hogy az ingatlanok *nyilvántartását* szeretnénk adatbázissal megoldani. Ehhez nyilvántartást kell vezetni

- a telkekről,
- a tulajdonosokról,
- a tulajdonviszonyokról (melyik telek kinek a tulajdona).

A modell megalkotásához néhány alapfogalmat meg kell ismernünk.

Egyednek vagy *entitásnak* nevezünk egy, a valós világban létező dolgot, amit tulajdonságokkal akarunk leírni. Esetünkben egyed lehet egy adott telek, illetve egy tulajdonos. Általánosított fogalmakat használva beszélhetünk "telek" egyedről és "tulajdonos" egyedről is.

Tulajdonságnak vagy *attribútumnak* nevezzük az egyed egy jellemzőjét. Például a telek, mint egyed legfontosabb tulajdonságai a helyrajzi száma és a területe. A tulajdonos legfontosabb attribútumai a neve és lakcíme.

A tulajdonságokat úgy célszerű megválasztani, hogy azok egyértelműen meghatározzák az egyedet. Mivel elvileg előfordulhat, hogy két azonos nevű tulajdonos lakcíme is megegyezik, így a tulajdonosok attribútumait valamilyen személyi azonosító számmal célszerű bővíteni.

Ingatlan nyilvántartásunk azonban ezzel még nincs kész. A "telek" és "tulajdonos" egyedek között ugyanis egy sajátos *kapcsolat* léphet fel, amelyet "*birtoklás*"-nak nevezünk. Ezen kapcsolathoz a tulajdoni hányad értékét rendelhetjük tulajdonsággént.

A valós világ jelenségeit egyedekkel, tulajdonságokkal és kapcsolatokkal leíró modellt *egyed-kapcsolat modellnek*, az ezt ábrázoló diagramot *egyed-kapcsolat diagramnak* nevezik. Az angol *entity-relationship model* elnevezés alapján az *E-R modell* illetve az *E-R diagram* rövidítés használatos. Az E-R diagramoknak sajátos jelölésrendszerük van:

- az egyedeket téglalappal,
- a tulajdonságokat ellipszissel,
- a kapcsolatokat rombuszsal szokták jelölni.

Entitások:

- telek: helyrajzi szám, terület.
- tulajdonos: azonosító, név, lakcím.

Kapcsolat:

- telek → tulajdonos. Attribútum: tulajdoni hányad

A kapcsolatoknak két fő típusa van:

a). *Kettőnél több egyed közötti kapcsolat*. Ez a típus ritkábban lép fel, ezért vele itt nem foglalkozunk.

b). *Két egyed közötti kapcsolat*, mint az ingatlan nyilvántartás esetében. Ennek három altípusa lehetséges:

- *1:1 kapcsolat*, amikor egy egyedhez mindig csak egy másik egyed tartozhat.
- *1:N kapcsolat*, amikor az egyik fajta egyedhez több másik fajta egyed tartozhat, de ez fordítva nem igaz, vagyis egy másik fajta egyedhez mindig csak egyetlen egyik fajta egyed tartozhat.
- *N:M kapcsolat*, amikor mindkét fajta egyedhez tetszőleges számú másik fajta egyed tartozhat.

Ingatlan nyilvántartásunk mindhárom típusra példával szolgálhat.

1. *változat*: Tételezzük fel, hogy a telkek tulajdonlásával kapcsolatban az alábbi korlátozások érvényesek:

- a). Egy személy csak egy telket birtokolhat.
- b). Egy telek nem lehet több személy közös tulajdona. (Ekkor fölöslegessé válik a "tulajdoni hányad" tulajdonság.)

A fenti feltételezések mellett a telek és tulajdonos egyedek között *1:1 kapcsolat* lép fel, hiszen egy telek csak egy tulajdonosé lehet, illetve egy tulajdonos csak egy telket birtokolhat.

2. *változat*: Most tekintsünk el az a). feltételtől, vagyis megengedjük, hogy egy személy egyidejűleg több telket birtokoljon. Ekkor a telek és tulajdonos egyedek között *N:1 kapcsolat* lép fel.

3. *változat*: Ha eltekintünk a b). feltételtől is, akkor már egy telek egyszerre több tulajdonoshoz tartozhat, így a két egyed között *N:M kapcsolat* áll elő.

Mivel a kapcsolat típusa igen lényeges az E-R modell szempontjából, ezért azt az E-R diagramon is jelölni szokták.

Az E-R modell szemléletesen leírja a valós világ dolgait és kapcsolatait, de semmilyen támpontot nem ad arra nézve, hogy mindezt hogyan képezzük le számítógépes adatstruktúrára. A gépi adatbázis kezelés története során három olyan *adatmodell* alakult ki, amelyek már a gépi adatstruktúra alapelveit is meghatározzák, ezek

- a hierarchikus adatmodell,
- a hálós adatmodell és
- a relációs adatmodell.

Egy E-R modellt mindhárom gépi adatmodellre le lehet képezni. Tekintettel azonban arra, hogy a ma használatos számítógépes rendszerek szinte kizárólag a relációs adatmodellt alkalmazzák, így a továbbiakban csak ennek a tárgyalására szorítkozunk.

1.5.2. A relációs adatmodell

A relációs adatmodellt 1970-ben definiálta E. F. Codd amerikai kutató, de gyakorlati alkalmazása csak az 1980-as években vált általánossá. Lényege, hogy az egyedeket, tulajdonságokat és kapcsolatokat egyaránt táblázatok, úgynevezett *adattáblák* segítségével adja meg. Az adattábla, mint minden táblázat, sorokból és oszlopokból áll. Egy sorát *rekordnak* nevezzük, amely annyi *mező*ből áll, ahány oszlopa van a táblának.

Több adattábla együttesen alkotja az *adatbázist*, amely egy teljes jelenségkör komplex leírására alkalmas.

Most vizsgáljuk meg, hogy az előző pontban tárgyalt ingatlan nyilvántartást hogyan valósíthatjuk meg relációs adatmodell segítségével. A telkeket egy TELEK adattáblában tarthatjuk nyilván, amely az alábbiak szerint épül fel:

HELYRAJZISZÁM	TERÜLET
1121	250
3655	400
2276	1300
1782	330

Az tulajdonosok nyilvántartására egy TULAJDONOS nevű adattábla szolgálhat:

AZONOSÍTÓ	NÉV	LAKCÍM
122	Kiss István	Szeged, Virág u. 10.
612	Nagy Ágnes	Szentes, Petőfi út 38.
355	Tóth András	Budapest, Jég u. 3.
482	Kovács Pál	Pécs, Lejtő u. 7.

Kérdés azonban, hogy a "birtoklás" kapcsolatot hogyan írjuk le adattábla segítségével. A megoldás attól függ, hogy milyen típusú kapcsolatról van szó. Vizsgáljuk meg sorra az előző pontban tárgyalt három változatot!

1. változat: Minden telekhez egyértelműen rendelhető tulajdonos, tehát a TELEK adattáblát egy AZONOSÍTÓ oszloppal bővítve a nyilvántartás megoldható (5. ábra).

Megjegyzés. Mivel 1:1 kapcsolatról van szó, a feladatot úgy is megoldhatjuk, hogy a TULAJDONOS adattáblát bővítjük HELYRAJZISZÁM mezővel, vagyis az egyes tulajdonosoknál tartjuk nyilván az – egyetlen – birtokolt telket.

A TELEK adattábla:

HELYRAJZISZÁM	TERÜLET	AZONOSÍTÓ
1121	250	612
3655	400	355
2276	1300	122
1782	330	482

A TULAJDONOS adattábla:

AZONOSÍTÓ	NÉV	LAKCÍM
122	Kiss István	Szeged, Virág u. 10.
612	Nagy Ágnes	Szentes, Petőfi út 38.
355	Tóth András	Budapest, Jég u. 3.
482	Kovács Pál	Pécs, Lejtő u. 7.

5. ábra: Az ingatlan nyilvántartás 1. változata.

2. változat: Ha egy személy egyszerre több telket birtokolhat, akkor a telek-tulajdonos kapcsolat N:1 típusú. Ez azt jelenti, hogy minden telekhez egyértelműen rendelhetünk tulajdonost, tehát a TELEK adattábla bővítése AZONOSÍTÓ oszloppal itt is járható út. A különbség az előző változathoz képest annyi, hogy több teleknél is szerepelhet ugyanazon személy azonosító száma (6. ábra).

A másik lehetőség, vagyis hogy a TULAJDONOS táblát bővítsük HELYRAJZISZÁM oszloppal, már nem járható. Ugyanis egy tulajdonoshoz több helyrajzszámot kellene beírunk, ami ellentmond a relációs adatmodell alapelveivel: *az adattábla egy mezőjébe csak egy adatot lehet beírni.*

A TELEK adattábla:

HELYRAJZISZÁM	TERÜLET	AZONOSÍTÓ
1121	250	482
3655	400	482
2276	1300	122
1782	330	482

A TULAJDONOS adattábla:

AZONOSÍTÓ	NÉV	LAKCÍM
122	Kiss István	Szeged, Virág u. 10.
482	Kovács Pál	Pécs, Lejtő u. 7.

6. ábra: Az ingatlan nyilvántartás 2. változata.

3. *változat*: N:M kapcsolat esetén sem a TELEK, sem az TULAJDONOS tábla bővítésével nem boldogulunk, hanem egy új, BIRTOKLÁS nevű adattáblát kell felvennünk (7. ábra).

A TELEK adattábla:

HELYRAJZISZÁM	TERÜLET
1121	250
3655	400
2276	1300

A TULAJDONOS adattábla:

AZONOSÍTÓ	NÉV	LAKCÍM
122	Kiss István	Szeged, Virág u. 10.
612	Nagy Ágnes	Szentese, Petőfi út 38.
355	Tóth András	Budapest, Jég u. 3.
482	Kovács Pál	Pécs, Lejtő u. 7.

A BIRTOKLÁS adattábla:

HELYRAJZISZÁM	AZONOSÍTÓ	HÁNYAD
1121	355	25
1121	612	25
1121	122	50
3655	122	100
2276	482	33
2276	355	67

7. ábra: Az ingatlan nyilvántartás 3. változata.

A fent leírtakat általánosítva megállapíthatjuk: *E-R diagramból úgy készítünk relációs adatbázist*, hogy

1. Az E-R diagram minden egyedhez felírunk egy adattáblát.
2. Az E-R diagram kapcsolatait azok típusa alapján kezeljük:
 - N:M típusú kapcsolathoz (és kettőnél több egyed közötti kapcsolathoz) külön adattáblát írunk fel.
 - 1:1 illetve 1:N típusú kapcsolatokat a megfelelő adattáblák bővítésével valósítunk meg.

Miért nevezik *relációs*nak a fenti adatmodellt? A kérdés megválaszolásához tekintsük a fenti példában a TULAJDONOS adattáblát, és vezessük be a következő jelöléseket:

- A = az összes azonosítók halmaza,
- N = az összes nevek halmaza,
- L = az összes lakcímek halmaza.

Képezzük most az $A \times N \times L$ Descartes-szorzatot, vagyis azt a halmazt, melynek elemei az összes lehetséges (azonosító, név, lakcím) hármasok. Mivel a TULAJDONOS adattábla minden egyes sora is egy (azonosító, név, lakcím) hármas, így a TULAJDONOS adattábla az $A \times N \times L$ halmaz egy részhalmazának tekinthető. A matematikában halmazok Descartes-

szorzatának részhalmazát relációnak nevezik, így minden adattábla matematikailag egy relációnak felel meg.

Mindez azért fontos, mert a relációs adatbázisokon végzett műveletek a *relációs algebra* segítségével írhatók le, így az adatbázis kezelés egzakt elméleti háttérrel rendelkezik.

Relációs sémának nevezzük egy adattábla felépítési sémáját, amely a tábla nevét és a tábla oszlopaihoz tartozó *mezőneveket* tartalmazza. Például a TELEK tábla relációs sémája TELEK (helyrajzszám, terület).

Ha egy adatbázis valamennyi táblájának relációs sémáját felírjuk, akkor *relációs adatbázis sémát* kapunk. Például, az ingatlan nyilvántartás 1. és 2. változatának sémája

TELEK (helyrajzszám, terület, azonosító)

TULAJDONOS (azonosító, név, lakcím)

míg a 3. változat sémája

TELEK (helyrajzszám, terület)

TULAJDONOS (azonosító, név, lakcím)

BIRTOKLÁS (helyrajzszám, azonosító, hányad)

Ezen sémákat vizsgálva jól látszik a relációs adatmodell lényege: a különböző relációs sémák azonos mezőneveket (pontosabban: egymásnak megfelelő mezőket) tartalmazhatnak, ezáltal kerülnek kapcsolatba egymással, és így a különálló adattáblák rendszere egy szervesen összefüggő, egységes adatbázist alkot.

A relációs adatbázishoz *digitalizált kép* (vagy hanganyag) is kapcsolható az alábbi módon:

- Minden egyes kép külön fájlban kerül tárolásra.
- Az egyes képek adatrekordokhoz kapcsolhatók úgy, hogy a megfelelő adattábla egy mezővel bővítendő, amelybe a kapcsolt képfájl neve kerül (elérési útvonallal együtt).
- Az adatbázist kezelő alkalmazói program feladata, hogy egy adatrekord kiválasztásakor a hozzá kapcsolt kép megjelenítését lehetővé tegye.

2. TÉRKÉPÉSZETI ALAPOK

2.1. Térképtípusok

Térkép: a Föld felszínén illetve azzal kapcsolatban álló anyagi vagy elvont dolgoknak kicsinyített, általánosított, síkbeli megjelenítése. (A Nemzetközi Térképészeti Szövetség (International Cartographic Association, ICA) meghatározásának megfelelően.)

Megjegyzés: A *map* szó nemcsak térképet, de a matematikában leképezést is jelent. Valóban, a térkép is általában a földfelszín leképezése egy papírlapra meghatározott szabályok szerint.

Méretarány

A méretarány a térképi távolság és a valós távolság hányadosa. (Ezt a meghatározást a vetületi rendszereknél majd pontosítjuk.) Ha a térkép méretaránya 1:50.000, akkor a térképen 1 mm a valóságban 50.000 mm-nek, azaz 50 méternek felel meg a Föld felszínén.

A "kisméretarányú" és a "nagyméretarányú" jelzők használata gyakran téves vagy félreérthető, ezért fontos tisztázni:

– *nagyméretarányú* a térkép, ha az 1:m hányados 1:10.000-nél nagyobb (vagyis $m < 10.000$). A térkép részletgazdag, az egyes objektumok relatíve nagy méretben jelennek meg.

– *kisméretarányú* a térkép, ha az 1:m hányados értéke 1:10.000 vagy ennél kisebb (tehát $m \geq 10.000$). A térkép kevesebb részletet tartalmaz, az egyes objektumok relatíve kisebb méretben jelennek meg.

A méretarány nemcsak azt határozza meg, hogy hogyan ábrázoljuk az objektumokat, de azt is, hogy mit vagyunk képesek ábrázolni. Míg az 1:2000 ma. térképen az épületek, lámpaoszlopok önállóan ábrázolhatók, addig az 1:100.000 ma. térképen már nem.

Térképszelvény: egy összefüggő papírlapon ábrázolt térképrész.

A szelvények továbbosztása általában négyesfa szerint történik, például egy 1:4000 szelvénynek négy 1:2000 szelvény felel meg.

Térképtípusok

(i) *Általános térképek:* A földfelszín kiválasztott természetes és mesterséges objektumait ábrázolja (domborzat, vízrajz, út-vasút, települések).

– *földmérési térképek:* 1:500 ... 1:10.000 méretarány (1. ábra)

– *topográfiai térképek:* 1:10.000 ... 1:300.000 méretarány

– *földrajzi térképek:* 1:300.000-nél kisebb méretarány

(ii) *A tematikus térkép* valamely földrajzi téma(csoport) közvetítésére szolgál, mint például a népesség eloszlása, klimatikus viszonyok, áruforgalmi adatok stb. Általában egy általános térkép egyszerűsített változatára épül rá.

Más felosztás szerint:

- A *vonalas térkép* (vektor) az objektumokat szimbólumokkal és (határ)vonalakkal ábrázolja.
- A *fotótérkép* (raszter) légifénykép-felvételek alapján készül. A terep jellemzői a fotótérkép alapján önállóan interpretálhatók, bizonyos jellemzők azonosíthatók feliratok elhelyezésével is. Előállításuk viszonylagosan olcsó.

2.2. Koordináta rendszerek, vetületi rendszerek

2.2.1. A Föld alakja

A Föld alakja az ún. *geoid*, amelyet úgy kapunk, hogy a világóceánok közepes szintjét gondolatban a kontinensek alatt is folytatjuk.

A geoid durva közelítéssel gömbnek tekinthető. Finomabb közelítéssel egy, a pólusoknál kissé lapult *forgási ellipszoid*, amelynek egyenlítői átmérője kb. 0.3 %-kal nagyobb a sarki átmérőnél. A gömb és a forgási ellipszoid közötti eltérés kb. annyi, mint a földfelszín domborzati változatossága.

Gauss-gömb: a földfelszín adott pontjához legjobban simuló gömb.

2.2.2. Gömbi geometria

Jelölés: R a gömb sugara.

Alapfogalmak:

– *főkör*: a gömb középpontján áthaladó síknak a gömbfelülettel való metszete. Főkörív: a főkör egy szakasza.

A főkörök az egyenesek szerepét játsszák a gömbi geometriában. Eltérés a síkgeometriától, hogy nincsenek párhuzamos egyenesek, bármely két gömbi egyenes (főkör) metszi egymást.

– *főkörív középponti szöge*: a két végpontjából húzott gömbi sugarak által bezárt szög, radiánban mérjük. A főkörív hossza $R \cdot \alpha$.

– *két pont távolsága*: a pontokon áthaladó főkör rövidebb ívének hossza. (Két pont között a legrövidebb út.)

– *szög*: két gömbi egyenes bezárt szöge, amelyet a síkjaik hajlásszögével mérünk. (Ugyanezt a szögértéket kapjuk, ha felületi görbék hajlásszögeként definiáljuk a szöget.)

Gömbi alakzatok:

– *Euler-féle gömbháromszög*: a gömbfelület három pontját összekötő, π -nél rövidebb három főkörív által határolt terület. Szögei kisebbek π -nél, szögeinek összege viszont nagyobb π -nél. Felszíne: $F = R^2(\alpha + \beta + \gamma - \pi)$.

– *gömbkétszög*: két gömbi egyenes által határolt terület. Két főkör a gömböt négy gömbkétszögre osztja. Felszíne $F = 2R^2\alpha$ (a két főkör szöge egyértelműen meghatározza). (A teljes gömbfelszín $4R^2\pi$.)

Földrajzi fogalmak:

– *Északi és déli pólus*: a gömb két kitüntetett, áttelleges pontja.

– *Meridián*: a pólusokon áthaladó főkör.

- *Egyenlítő*: a meridiánokra merőleges főkör.
- *Loxodroma*: olyan görbe, amely minden meridiánt azonos szögben metsz. A loxodroma ugyan nem a legrövidebb utat adja két pont között, de ha egy jármű loxodroma pályán halad, akkor az iránytűhöz viszonyított haladási irányát nem kell megváltoztatni.

2.2.3. Gömbi koordinátarendszerek

Nem törekednek a gömbfelület síkba való kiterítésére, hanem közvetlenül a gömbfelületet írják le.

1. *Geocentrikus*: egy pontot az (x, y, z) derékszögű koordinátákkal azonosítunk, ahol a koordinátarendszer origója a Föld középpontja.

2. *Földrajzi*: egy pontot a (hosszúság, szélesség) koordinátapárral azonosítunk, ahol

– *hosszúság* (λ): a pont meridiánjának a Greenwich-i kezdő meridiánnal bezárt szöge. Értéke -180° (nyugati hosszúság) és $+180^\circ$ (keleti hosszúság) között változik.

– *szélesség* (φ): a pontból az Egyenlítőre bocsátott merőleges szakasz középponti szöge. Értéke -90° (déli szélesség) és $+90^\circ$ (északi szélesség) között változik.

Szélességi kör, paralelkör: azonos szélességi koordinátájú pontok együttese. (Nem főkör, tehát két pont között nem a legrövidebb utat adja.)

Meridián: azonos hosszúsági koordinátájú pontok együttese.

2.2.4. Vetületi rendszerek

Vetületi rendszer: egy $V: (\lambda, \varphi) \rightarrow (x, y)$ leképezés, amely a földfelszín minden pontjának a síkbeli Descartes koordinátarendszer egy pontját felelteti meg.

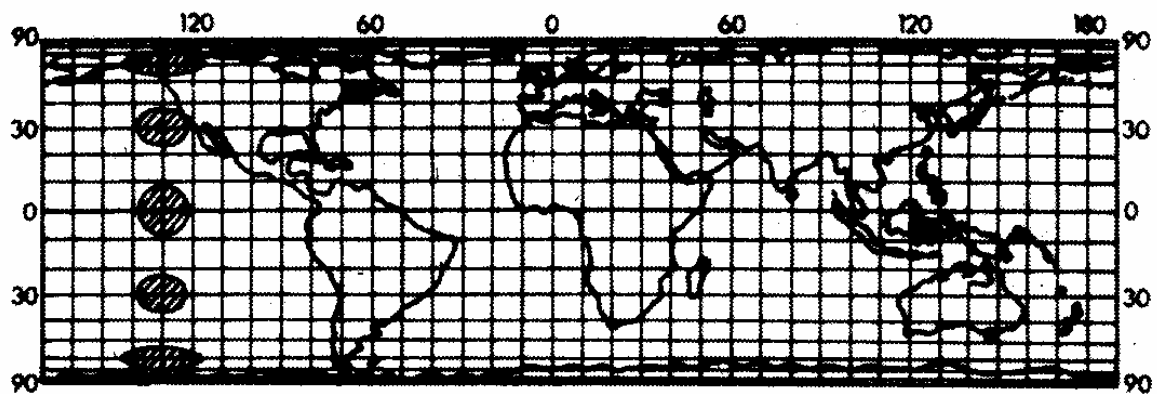
Megjegyzés: a geodéziában a függőleges koordinátákat jelölik x -szel és a vízszintest y -nal. Mi azonban a matematikai konvenciót alkalmazzuk, vagyis x a vízszintes és y a függőleges koordináta tengely.

Perspektív vetület: vetítősugarakkal történő vetítéssel előállítható.

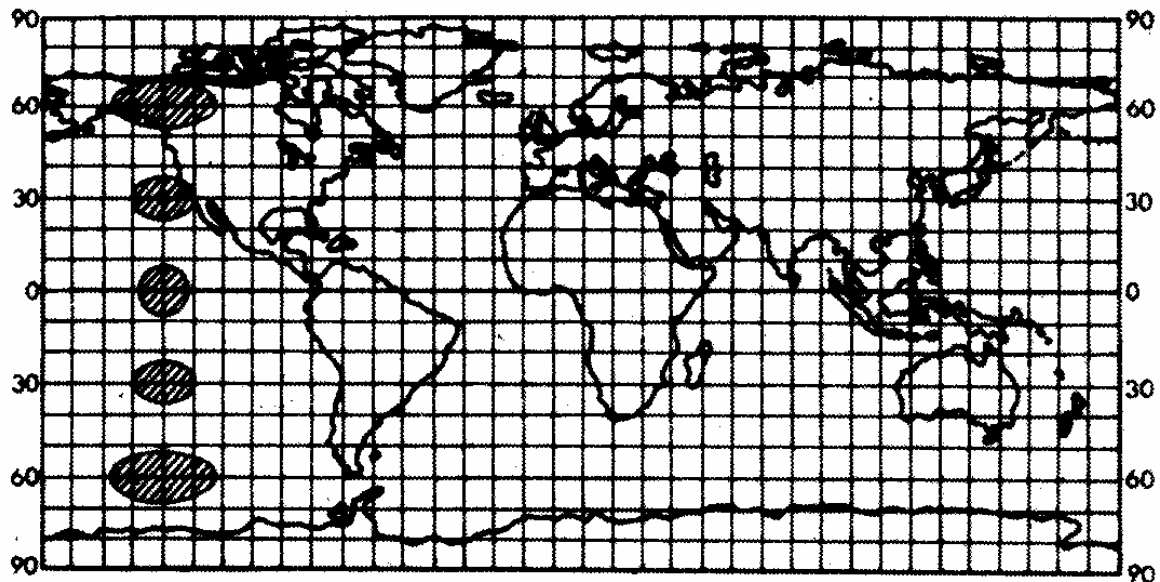
Nem perspektív vetület: nem állítható elő vetítősugarakkal.

Elérendő tulajdonságok (invariánsok):

- területtartás (8. ábra),
 - hossztartás (csak egyes vonalak mentén lehetséges) (9. ábra),
 - szögtartás (navigációs célokra) (10. ábra).
- A fenti tulajdonságok természetesen egyidejűleg nem teljesülhetnek.



8. ábra: Területtartó (Lambert-féle) vetület.

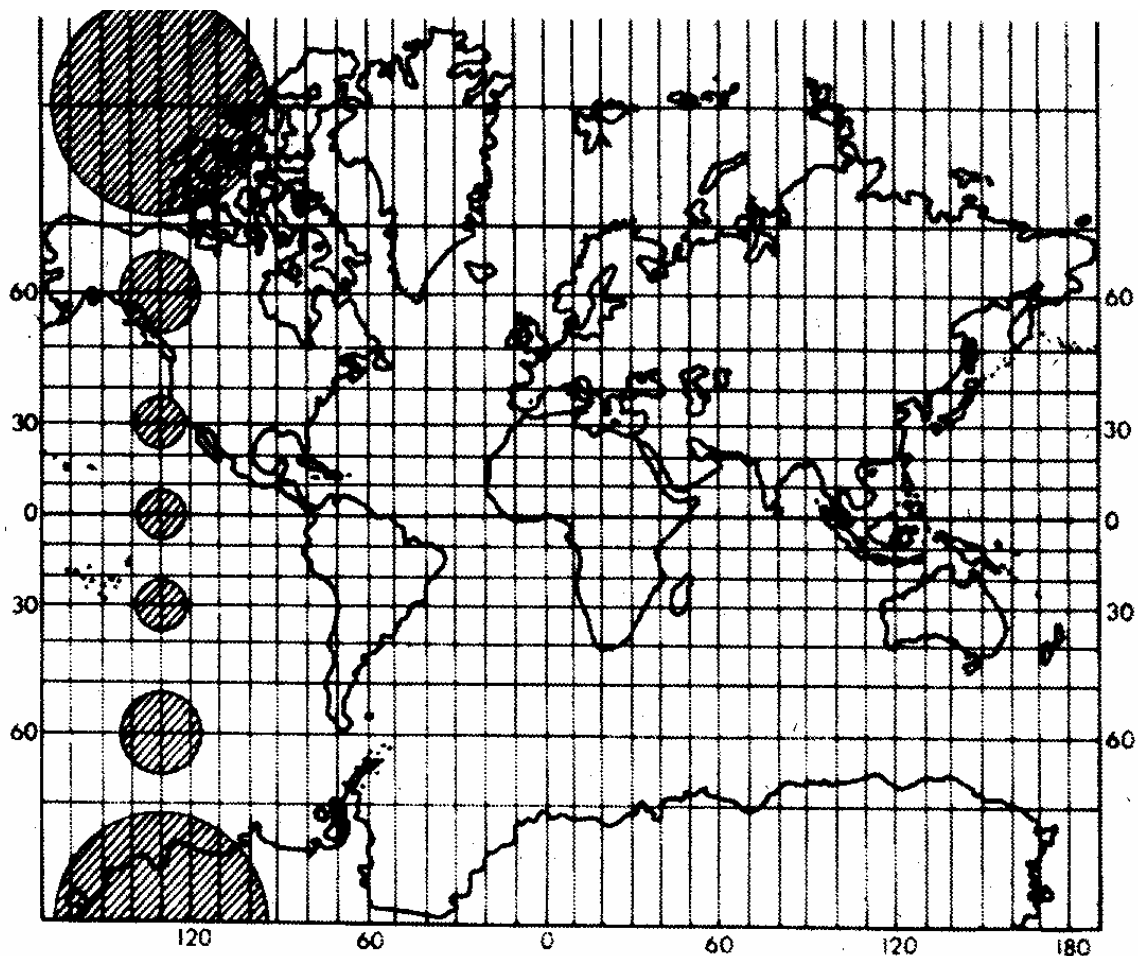


9. ábra: Meridiánban hossztartó vetület.

Tissot féle indikátrix: a gömb felszínére rajzolt kisméretű kör. Vetületi torzulások vizsgálatára szolgál: az indikátrixot mozgatjuk a gömb felszínén, és mérjük a képének alakulását (8., 9., 10. ábrák).

Típusok:

- *síkvetület:* a gömbfelületet közvetlenül síkra képezzük le.
- *hengervetület:* a gömbfelületet előbb egy hengerfelületre képezzük le, majd azt egy egyenes mentén felhasítva síkba terítjük ki.
- *kúpvetület:* a gömbfelületet előbb egy kúpfelületre képezzük le, majd azt egy egyenes mentén felhasítva síkba terítjük ki.



10. ábra: Szögtartó (Mercator) vetület.

A méretarány fogalmának pontosítása

Mivel minden vetületi rendszer torzít, így a térképen mért távolságok és a valós távolságok hányadosa helyzettől és iránytól függ, kismértékű szóródást mutat.

Ezért méretarányon a térképen mért hossz és a vetületi hossz hányadosát értjük, ahol vetületi hosszon a földfelszínnek az adott vetületi rendszer szerinti, kicsinyítés nélküli síkbeli képén mért hossz értendő.

A térképen mért távolságokból tehát a méretarány segítségével csak a vetületi távolságokat kapjuk, a valós távolságok meghatározásához az adott vetületi rendszer torzításait is figyelembe kell venni.