

Topográfia 9.

Digitális topográfiai térképezés alapfogalmai

Mélykúti , Gábor

Topográfia 9. : Digitális topográfiai térképezés alapfogalmai

Mélykúti , Gábor

Lektor : Alabér , László

Ez a modul a TÁMOP - 4.1.2-08/1/A-2009-0027 „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért” projekt keretében készült. A projektet az Európai Unió és a Magyar Állam 44 706 488 Ft összegben támogatta.

v 1.0

Publication date 2010

Szerzői jog © 2010 Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar

Kivonat

Digitális topográfiai térképezés alapfogalmai

Jelen szellemi terméket a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény védi. Egészének vagy részeinek másolása, felhasználás kizárólag a szerző írásos engedélyével lehetséges.

Tartalom

9. Digitális topográfiai térképezés alapfogalmai	1
1. 9.1 Bevezetés	1
2. 9.2 Digitális térképek jellemzői	1
2.1. 9.2.1 Objektum tulajdonságai	1
2.2. 9.2.2 Fogalmi változások a digitális térképen	2
2.2.1. 9.2.2.1 Geometria és grafika	2
2.2.2. 9.2.2.2 Adattárolás és adatmegjelenítés	3
2.2.3. 9.2.2.3 Méretarány fogalma	3
2.2.4. 9.2.2.4 Szöveges információ digitális térképeken	4
2.2.5. 9.2.2.5 Egyezményes jelek alkalmazása digitális térképeken	5
2.3. 9.2.3 Kétszintű adatmodell fogalma	6
3. 9.3 Digitális domborzatmodell	7
3.1. 9.3.1 Digitális terepmodell fogalma	7
3.2. 9.3.2 Digitális domborzatmodellezés fő funkciói	7
3.3. 9.3.3 Digitális domborzatmodell alapelve	8
3.4. 9.3.4 Digitális domborzatmodell definíciója	9
3.5. 9.3.5 Digitális domborzatmodell szerkezete	9
4. 9.4 Összefoglalás	11

9. fejezet - Digitális topográfiai térképezés alapfogalmai

1. 9.1 Bevezetés

A Digitális topográfiai térképezés alapfogalmai modul a Topográfia c. tantárgy részét képezi. Az ebben a modulban leírtak megértéséhez célszerű, ha ismeri a Topográfia c. elektronikus jegyzet korábbi moduljaiban leírtakat, az Informatika és Térinformatika c. tantárgyakban tanultakat.

Ebben a modulban megismerhetjük

- a digitális térképek jellemzőit, az objektum fogalmát;
- a hagyományos térképkészítés legfontosabb fogalmainak változásait a digitális környezetben;
- a kétszintű adatmodell fogalmát;
- a digitális domborzatmodellezés alapfogalmait.

A modul elsajátítása után tisztában leszünk a digitális topográfiai térképkészítés alapfogalmaival, tájékozódni tudunk a térképkészítéshez használt programok fogalmi rendszerében.

Tartalom

2. 9.2 Digitális térképek jellemzői

2.1. 9.2.1 Objektum tulajdonságai

Minden tereptárgy többféle **tulajdonsággal** rendelkezik, mely a tereptárgy fizikai paramétereire, állapotára, rendeltetésére, használatára, egyéb nem műszaki tulajdonságaira utal. Egy tereptárgy tulajdonságai közül az egyik – egy adott felhasználás szempontjából – kiemelkedő szerepet játszik. Ez a kitüntetett tulajdonság különbözteti meg az egyik fajta tereptárgyat a másiktól (pl. a sokféle építmény közül az állandó jellegű épületeket, a hidakat, a templomokat, kutakat stb. megkülönböztetjük egymástól). Ezeket a kitüntetett, megkülönböztető tulajdonságokat azonosítóval, kóddal helyettesíthetjük. Egy ilyen kóddal ellátott tereptárgy a digitális térkép alapeleme az objektum. Tehát **az objektum a valóság, a terep egy konkrét fizikai vagy fogalmi egysége, amely egyedi tulajdonságokkal rendelkezik** (pl. fizikai egység: egy épület, logikai egység: egy település), és egy kóddal azonosítunk.

Egy objektum tulajdonságai két fő csoportra oszthatók: mennyiségi és minőségi tulajdonságokra. A térképészeten ez a két csoport: az objektumok **helyzeti** és **tematikus** tulajdonságai.

Az objektum **helyzeti tulajdonsága** szintén két részre osztható:

- az egyik a geometriai,
- a másik a topológiai tulajdonság.

A geometria egy koordináta rendszer segítségével adható meg. Ebben határozható meg az objektum formája, pontjainak relatív és abszolút helyzete, valamint metrikussága.

A topológia az objektumok nem metrikus térbeli és szerkezeti kapcsolatait írja le (pl. szomszédság, illeszkedés, metsződés,...). A topológiai tulajdonságok nem változnak a különböző transzformációk hatására . Pl. ha a terepen egy épület sarkától indul a kerítés, akkor bármilyen vetületű térképet is használunk, az épület sarka és a kerítés vonala találkozni fog. Ez még azon a térképvázlaton is így lesz, amit pl. a numerikus felmérésnél a terepen szabad kézzel rajzolunk. Pedig azon a vázlaton nincs is koordináta rendszer, geometriai pontosságról nem beszélhetünk, hiszen csak szabad kézzel, a terep látványát, pontosabban az egyes tereptárgyak egymással való kapcsolatát – topológiáját – rögzítjük. A numerikus felmérésnél tehát

- a mérési vázlat rögzíti az objektumok topológiáját (nem metrikus tulajdonságait, azaz melyik pontot melyik ponttal kell összekötni),
- a mérési jegyzőkönyv pedig az objektumok geometriai (metrikus) tulajdonságait tartalmazza.

A geometria és a topológia együtt határozza meg az objektumok helyzeti tulajdonságait, és teszi lehetővé a terep térképének a kirajzolását.

Az objektumok egyéb tulajdonságait tematikus információknak, vagy leíró adatoknak is szokás nevezni (pl. erdőben a fafajta, famagasság, stb.).

Az objektumot tehát az objektum kód azonosítja és az egyediségét és a többi objektumhoz való viszonyát a:

- a
- és a
- határozza meg.

2.2. 9.2.2 Fogalmi változások a digitális térképen

A digitális térképek előállítása és használata során az analóg térképekkel kapcsolatban természetesnek tűnő fogalmak új értelmezést kapnak. Ezeket tekintjük át röviden a következő fejezetekben.

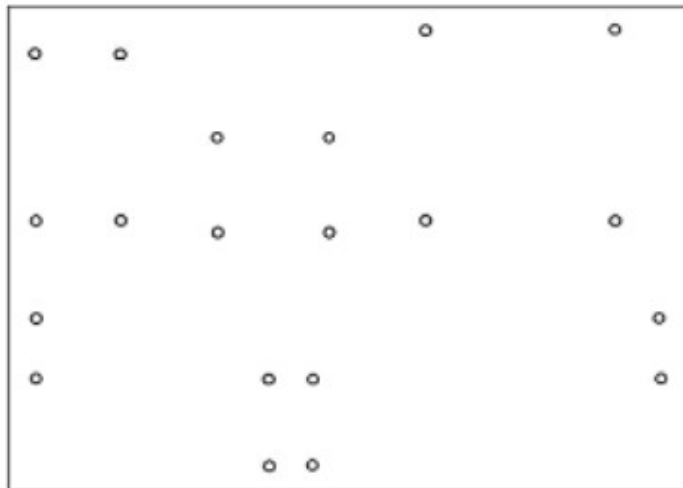
2.2.1. 9.2.2.1 Geometria és grafika

Az analóg térképeken a tereptárgyakat megjelenítő térképjelek geometriai elhelyezkedése, egymáshoz viszonyított helyzetük, tematikájuk rögzítése kizárólag a grafikus megjelenítés segítségével vált lehetségessé. A digitális térképeken a tereptárgyakat reprezentáló objektumok a geometriai, topológiai és tematikus információk segítségével digitális (numerikus) formában kerülnek rögzítésre. Grafikus információ csak akkor kapcsolódik ezekhez a numerikus adatokhoz, ha az objektumokat valamilyen eszközön meg kívánjuk jeleníteni. A geometriai adatokhoz esetenként hozzárendelt **grafikus adatok** határozzák meg, hogy egy térbeli objektum

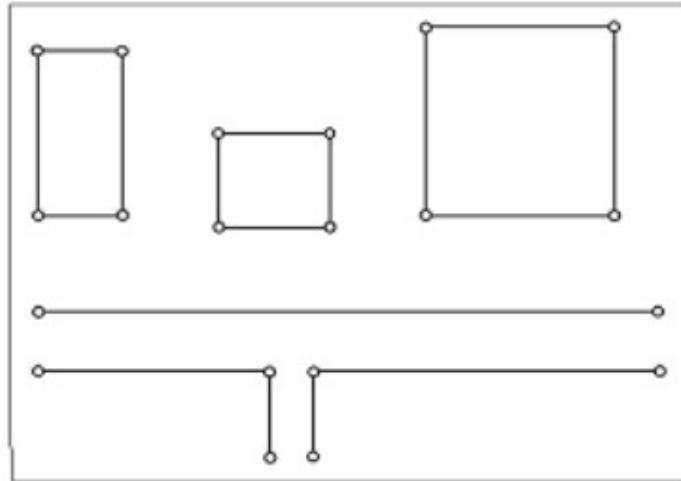
- egy meghatározott tematika szerint (pl. autós térkép, turista térkép, stb.),
- egy meghatározott eszközön (papír, képernyő,...) hogyan jelenjen meg.

A *grafikus adatok* a

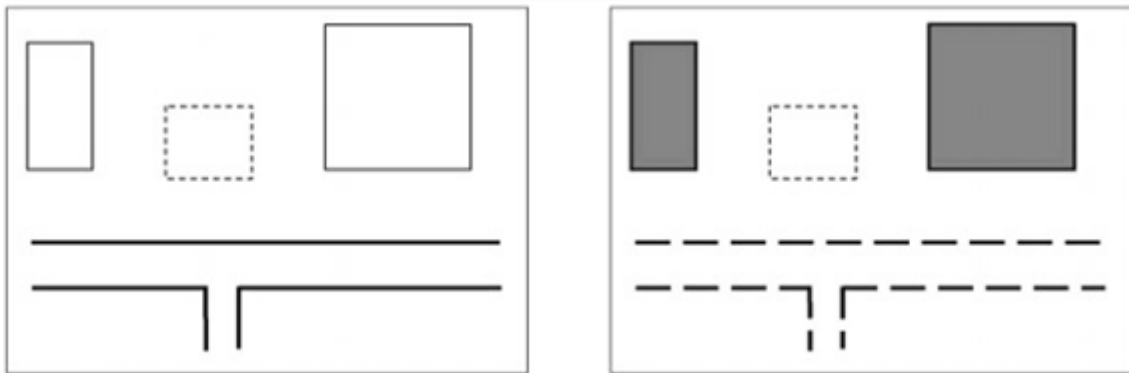
- **helyzeti adat** okból (**geometria és topológia**) és a
- **grafikus leíró adat** okból állnak.



9-1. ábra Mért pontok, GEOMETRIA



9-2. ábra Mért pontok összekötéssel, TOPOLOGIA



9-3. ábra Geometria, topológia, és megjelenítés különbözőgrafikus leíró adatokkal

A grafikus leíró adatok lehetnek pl.: vonaltípus, vonalvastagság, szimbólum, szimbólum méret, szín, felület kitöltési minta, betűtípus, betűméret, szövegelhelyezés paraméterei, stb.

Tehát megállapíthatjuk, hogy **a geometria nem azonos a grafikával**, a digitális adatállományokban ezt a két fogalmat élesen meg kell különböztetnünk egymástól.

2.2.2. 9.2.2.2 Adattárolás és adatmegjelenítés

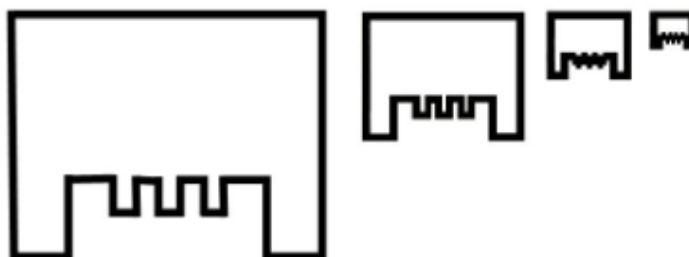
Amíg az analóg térképek az adatok megjelenítésével egyidejűleg az adatok tárolását is biztosították, addig **a digitális térképeken az adattároló és az adatmegjelenítő funkció szétválik** egymástól. Digitális térképek esetén a (geometriai, topológiai, tematikus) adatok tárolása a számítógépben kódokkal, koordinátákkal történik és független a grafikus megjelenítéstől. Az esetenkénti és különböző szempontok szerint történő megjelenítésekhez mindig meg kell határozni egy grafikus leíró szabályrendszert (LUT, look-up table), amelyen keresztül a numerikus adatok az adott megjelenítő eszközön leképződnek.

2.2.3. 9.2.2.3 Méretarány fogalma

A digitális térképek (kódok, koordináták) elvileg méretarány függetlenek, illetve a méretarány értelmezése más tartalommal bír, mint a papír térképek esetében. A tárolt numerikus adatok (képernyőn, plotteren) tetszőleges nagyításban megjeleníthetők. Az adatállományok kezelhetősége és az adatok műszaki használhatósága azonban korlátokat szab a tetszőleges méretű nagyításnak, vagy kicsinyítésnek. A korlátlan mértékű (ész nélküli) **nagyításnak, vagy kicsinyítésnek két paraméter állít ésszerűségi határt:**

- az adatok pontossága, és

- az adatok sűrűsége.



9-4. ábra Méretarány változtatás adattartalom változtatás nélkül

A digitális adatrendszer pontossága nem csak a pontok meghatározásának a pontosságától függ, hanem hatással van rá a mintavételezés sűrűsége, a „felbontás” is. (Tehát az is, hogy egy tereptárgyról milyen sűrűn vettünk fel részletpontokat.) A mérési pontosságnak és az adatsűrűségnek egymással összhangban kell lennie, illetve az egy pont meghatározásának pontossága még nem határozza meg az egész adatrendszer pontosságát. Ha a mintavételezésnél elkövetett elhanyagolás meghaladja a pontmeghatározás pontosságának értékét, akkor az lesz az egész adatrendszer pontosságára jellemző adat. Ha pl. egy épület felmérésénél nem vettük figyelembe a falsík 1 méternél kisebb ki és beugrásait, de a fő töréspontokat elektronikus tahiméterrel 2 cm pontosan megmértük, nem mondhatjuk, hogy az egész épületet 2 cm pontossággal felmértük. A grafikus felmérésnél ez a két fogalom nem vált szét egymástól, hiszen az 0,1 mm-es rajzi pontosság eleve nem tette lehetővé, hogy pl. az 1:10 000 méretarányú felmérésnél az 1 m-nél kisebb változásokat egyáltalán „tároljuk”, azaz kirajzoljuk.

A méretarány fogalmát tehát a digitális térképek esetében két fogalommal, az adatpontossággal és az adatsűrűséggel kell helyettesíteni.

A nagy adatsűrűség viszont nagy adatmennyiséget eredményez, az **adatok mennyisége** viszont határt szab az egy egységben feldolgozható és kezelhető terület nagyságnak. A túl részletesen, sok részletponttal felvett objektumok csak kis területen kezelhetők hatékonyan interaktív környezetben. A részletesség (a felbontás) nyilvánvalóan összefüggésben van a pontossággal, hiszen az egymáshoz közel eső részletpontokat megbízhatóan meg kell tudni különböztetni egymástól, és az egymáshoz viszonyított helyzetüket is a valóságnak megfelelően kell tudni visszaadni.

A megkövetelt, vagy célszerű adatpontosság és adatsűrűség meghatározásához tehát a digitális térképek esetében is az analóg térképek méretarány szemléletét lehet követni annyiban, hogy megkülönböztetünk:

- a nagyméretarányú térképeknek megfelelő pontosságú és adatsűrűségű digitális térképi állományt, (általában műszaki nyilvántartási célokra),
- közepes méretarányú térképeknek megfelelő pontosságú és adatsűrűségű digitális térképi állományt (általában azokon az alkalmazási területeken, ahol a topográfiai térképeket használták korábban)
- kisméretarányú térképeknek megfelelő pontosságú és adatsűrűségű digitális térképi állományt (általában tematikus térképezés alapjaként használható, illetve regionális jellegű feladatok ellátásához)

2.2.4. 9.2.2.4 Szöveges információ digitális térképeken

A térképeken különböző típusú megírások is szerepelnek. A térképeken ezt névrajznak nevezzük, mely lehet egy tereptárgy neve (település név, domborzat név, vízrajzi nevek, stb.), vagy egy tulajdonság, műszaki paraméter (pl. út számozása, út burkolata, híd teherbíró képessége, stb.). Ezeket az információkat általában szöveges, vagy leíró adatoknak nevezzük. Ezek a szöveges adatok, paraméterek három féle módon szerepelhetnek a digitális térképi adatok között:

- szöveges objektum (a geometriai adatokkal egy szinten tárolt szöveg),
- geometriai adat attribútuma (geometriai adathoz rendelt információ),
- geometriai adatrendszerhez kapcsolt szöveges adatbázis formájában.

A geometriai adatbázisban tárolt adatokat a grafikus adatok segítségével lehet megjeleníteni, míg a külső, szöveges adatbázisban tárolt adatok egyrészt megjeleníthetők, másrészt vezérelhetik a grafikus megjelenítést. (pl. adott típusú vezetékek piros színnel jelenjenek meg, vagy egy adott időpont előtt épült vezetékek színe kék legyen, stb.)



9-5. ábra Szöveges információ típusai

2.2.5. 9.2.2.5 Egyezményes jelek alkalmazása digitális térképeken

A térképeken az egyezményes jelek alkalmazásának szükségességét és következményeit már tárgyaltuk. A digitális térképek esetén a jelkulcsokat szimbólum-könyvtárak formájában hozzuk létre. Az egyes megjelenítések függvényében rendeljük hozzá a geometriai és szöveges adatbázisokhoz a megfelelő grafikus adatokat tartalmazó **, méretarányfüggő szimbólum könyvtárat** . A különböző méretarányokban és a méretarányok közötti váltásnál – ami a digitális térképek esetében oly gyakori (zoomolás) – az alkalmazott szimbólumok és feliratok mérete és sűrűsége nem változtatható automatikusan. Hiszen egy felirat, vagy egy jel mérete nem nöhet pl. 2 mm-ről 20 mm-re, ha a megjelenítés méretarányát 1:5000-ről 1:500-ra változtatjuk.

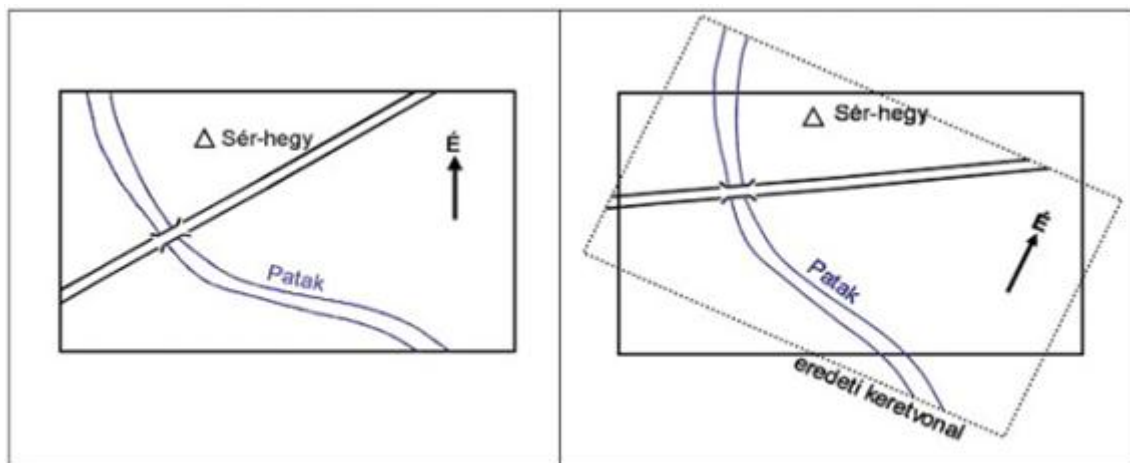
A szimbólumok definiálása és alkalmazása nem lehet minden esetben egységes, hiszen több szempontot is figyelembe kell venni egy térkép, vagy térképszelvény esetén.

Például **a szimbólum mérete**

- a térkép nagyításával együtt folyamatosan változik,
- a térkép nagyításakor csak fokozatosan, lépésenként változik, (egy térkép méretarány intervallumhoz egy szimbólum méret tartozik),
- a nagyítástól független, állandó érték,
- egy paraméter függvénye,

és **a szimbólum tájolása**

- mindig É-D irányú, (pl. Észak jel, koordináta hálózat),
- egy megadott síkrajzi elemhez kötött, (pl. út paraméterei, folyó neve)
- a térkép keretvonalával párhuzamos, (pl. felületkitöltő jel, település név).



9-6. ábra Példa a keretvonal és a szimbólumok elforgatására

A különböző értelmű szimbólumtájolásnak különösen akkor van szerepe, ha általános irányú térkép kivágotat készítünk (pl. vonalas létesítmények tervezéséhez). A feliratokat ebben az esetben is a térképszelvény hosszabbik oldalával párhuzamosan, azaz a szemlélési irányunknak megfelelően szeretnénk látni, persze csak azokat, melyek elfordulhatnak az északi iránytól, vagy egy objektum irányától.

2.3. 9.2.3 Kétszintű adatmodell fogalma

Abban az esetben, ha a digitális térképi objektumokat megjelenítjük, azt mindig csak egy adott méretarányban tudjuk megtenni. Amíg az eredeti, mért koordináták tárolása méretarány független lehet, **a megjelenítés minden esetben méretarányfüggő**. A megjelenítés nagyon sok objektum esetében csak egyezményes jelekkel, szimbólumokkal történhet. A jelkulcsos ábrázolás tulajdonságait és következményeit már láttuk:

- az objektumokat sok esetben csak méreten felül tudjuk ábrázolni,
- ennek következtében az egyes objektumokat el kell mozdítani,
- egyszerűsítéseket, összevonásokat kell alkalmazni.

A jelkulcsos ábrázolásnak ez a három fő jellemzője a **digitális térkép tárolt koordinátáira nézve a megjelenítés során az alábbi következményekkel jár:**

- Ha egy objektumot nem az alaprajzával rajzolunk ki, mert az nagyon kicsi lenne, akkor a határvonalán mért koordinátáit egy szimbólum koordinátaival helyettesítjük a megjelenítéskor.
- Ha egy objektumot a méreten felüli ábrázolás miatt el kell mozdítani a helyéről, a mért koordinátákat megváltoztatjuk.
- Ha egy objektum alaprajza az adott méretarányú megjelenítéshez túl részletes, akkor az egyszerűsítés, összevonás miatt egyes pontok mért koordinátáit elhagyjuk, vagy megváltoztatjuk.

A mért koordináták nagy részét a megjelenítés méretarányának függvényében megváltoztatjuk. Ez végeredményben azt jelenti, hogy egy teljesen új geometriai adatrendszert hozunk létre. Ha nem akarjuk, hogy az eredeti – a terepi – állapotnak megfelelő koordináták elveszenek, akkor **új adatállományt hozunk létre a megjelenítéshez**.

Az eredeti, a mért koordinátákat tartalmazó adatrendszert nevezük topográfiai adatmodellnek (vagy topográfiai adatbázisnak).

Az adott méretarányú megjelenítés érdekében a megváltoztatott koordinátákat és szimbólumokat tartalmazó adatrendszert nevezük kartográfiai adatmodellnek (vagy kartográfiai adatbázisnak).

Egy topográfiai adatmodellből a kartográfiai adatmodell mindig előállítható, fordítva azonban nem, mert nem ismerjük a kartográfiai modell előállításánál alkalmazott koordináta változtatások helyét, módját és mértékét.

Ezért egy analóg térkép digitalizálásával az ábrázolt területnek a kartográfiai modellje előállítható, a topográfiai modellje azonban nem.

3. 9.3 Digitális domborzatmodell

A grafikus térképezés során láttuk, hogy a síkrajz felmérése és ábrázolása, valamint a domborzat felmérése és ábrázolása egészen más szemléletet, felmérési és ábrázolási módszert követelt meg. Hasonló a helyzet a digitális feldolgozás során is. Amíg a síkrajzi tartalom objektumok, kódok segítségével rendszerbe szervezhető, addig a domborzat digitális módszerekkel történő feldolgozása alapvetően matematikai feladat.

3.1. 9.3.1 Digitális terepmodell fogalma

A terep digitális változatának a neve a **digitális terepmodell (DTM)**. De láttuk, hogy a terep alapvetően két nagy jelenségcsoport összessége, az **egyik a síkrajzi objektumok, és a másik a domborzat**. Az előző fejezetben láttuk, hogy a síkrajzi objektumokat a digitális topográfiai modellben, illetve a digitális kartográfiai modellben tudjuk tárolni és feldolgozni.

Egy térbeli felületet valamilyen matematikai módszerrel tudunk meghatározni. Ha általánosságban beszélünk egy **térbeli felület** digitális modellezéséről (pl. hőmérsékleti értékek eloszlása, tavak, folyók mélysége, stb.) akkor **általában digitális felületmodellezésről** beszélünk. Ha ez a felület a terepi magasságokkal kapcsolatos, akkor a magassági adatok digitális formában történő tárolására és feldolgozására három fő formát különböztetünk meg attól függően, hogy a magassági adatok mire vonatkoznak, illetve, milyen formában állnak rendelkezésre:

- digitális domborzatmodell (DDM)
- digitális felszínmodell (DFM)
- digitális szintvonalmodell (DSZM)

DDM, digitális domborzatmodell elnevezést használjuk, ha a magassági adatok a **földfelszínre** vonatkoznak. Ez felel meg a földmérési, topográfiai gyakorlatban használt terepfelszín, domborzat fogalomnak, ennek a felületnek a szintvonalait ábrázoljuk a térképeken.

DFM, digitális felszínmodell elnevezést használjuk, ha a terep fölé emelkedünk, lenézünk, és amit látunk, annak felszínnek a magassági modelljét állítjuk elő. Ez a kép rögzítődik a légifényképeken. Ebben benne vannak az építmények, a növényzet, és ahol szabadon van, természetesen a földfelszín is. Ennek a fogalomnak a megkülönböztetésére azért került sor, mert az új automatikus mérési technikák ezt a felszín modellt tudják előállítani. Ilyen, pl. a digitális képfeldolgozás ún. matching (illesztés) eljárása, mely a két szomszédos légifényképen látható képelemek automatikus egymáshoz illesztésével határozza meg az egyes képelemek magasságértékeit. Szintén ezt a felszínt határozza meg a Laser Scanner (LIDAR) eljárás is, mely repülőgépről végzett pásztázó lézeres távméréssel határozza meg az alatta lévő tereptárgyak magasságait. Nyilvánvalóan ebben az esetben is a **felülről látható felszín** magassági adatait tudjuk ily módon meghatározni. Annyiból előnyösebb a Laser Scanner eljárás a térfotogrammetriai eljárással szemben, hogy egy tereppontot elegendő csak egy felvételi álláspontból látni, már akkor is meghatározható a térbeli koordinátája. Így pl. erdős területen is többször „lát be” a fák közé és tudja a talaj magasságot is meghatározni.

DSZM, digitális szintvonalmodell elnevezést használjuk, ha a domborzatnak a **szintvonalait** rögzítjük digitális formában. Ennek szintén gyakorlati magyarázata van, hiszen az ország teljes területéről elkészült már a szintvonalas topográfiai térkép, mely igen jó minőségben rögzíti a domborzati formákat és a földfelszín magassági adatait. Ha digitális formában szeretnénk valamilyen formában a terepről magassági információt kapni, a legkézenfekvőbb, és legolcsóbb eljárás, ha meglévő térképek szintvonalait digitalizáljuk. Természetesen számolnunk kell a térképi ábrázolás korlátaival, ennek ellenére számos alkalmazáshoz megfelelő információt biztosíthat.

3.2. 9.3.2 Digitális domborzatmodellezés fő funkciói

A következőkben csak a földfelszínre vonatkozó magasságok digitális feldolgozásával, a digitális domborzatmodellezéssel fogunk foglalkozni. A digitális domborzatmodellezés egy folyamat, mely több feldolgozási lépésből áll. Ezek a lépések:

- **DDM levezetése** , mely magában foglalja a magassági adatok gyűjtését, és azt az eljárást, mely segítségével egy általánosan használható, egységes modell létrejön. Egy munkaterületen belül a terület jellegétől függően többféle magasságmérési eljárást is alkalmazhatunk, ezek eredményeit egységes rendszerbe kell foglalni, ennek eredményeként áll elő egy terület egységes domborzat modellje.
- **DDM kezelése** , mely azt jelenti, hogy az előállított modellen különböző számításokat, módosításokat végzünk, közbülső modelleket vezetünk le a célszerűbb felhasználás érdekében. Például ugyanazon a területen, ahol már rendelkezésünkre áll a DDM, az egyik feladat elvégzéséhez egy sűrűbb, egy másik feladat elvégzéséhez ritkább adatrendszerre van szükségünk. Tehát egy meglévő DDM-ből egy másikat vezetünk le ugyanazon a területen.
- **DDM elemzése** , azokat a számításokat foglalja össze, melyek segítségével a DDM-ből különböző további, a terep magasságával összefüggő információkat vezetünk le. Például a területet különböző magassági kategóriákba soroljuk, különböző magassági öveket alakítunk ki; vagy a lejtőszögek nagyságának függvényében csoportosítjuk a területet, ezt lejtőkategória térképnek nevezzük; vagy a lejtők iránya szerint csoportosítjuk a területet, ez a kitétségi térkép (pl. déli lejtők, északi lejtők, stb.).
- **DDM megjelenítése**, az a feladatcsoport, mely biztosítja, hogy az előállított modell, vagy az abból levezetett információk szemléletesen jelenjenek meg, és jól értelmezhetők legyenek. A DDM-ben tárolt adatokat már nem csak felülnézetben, szintvonalak segítségével lehet ábrázolni, hanem a legkülönbözőbb térbeli nézeteket és színfokozatos, árnyékolt ábrázolásmódokat is alkalmazni lehet.
- **DDM alkalmazások**, ebbe az igen széles körbe tartozhatnak a legkülönbözőbb felhasználói területek speciális alkalmazásai, melyek a digitális magassági adatokat kiindulási alapnak tekintik a feladataik megoldásához. Például az úttervezés, az előírt formátumú és adattartalmú hossz- és keresztzelvényeivel; a vízépitési alkalmazások, a lefolyási, elárasztási modellek, stb.

3.3. 9.3.3 Digitális domborzatmodell alapelve

A digitális domborzatmodell előállítását egy matematikai feladat, melynek során igyekszünk megtalálni és meghatározni egy olyan függvényt, mely a kiválasztott területre helyettesíteni tudja a földfelszínt. Ezt követően a földfelszín helyett már ezen a matematikai felületen tudjuk a különböző számításokat elvégezni. Ez a függvény általános formában így írható fel:

$$Z = f(x,y)$$

A feladat konkrét megoldásához ez nem sokat mond, de két fontos dolgot megállapíthatunk:

- Az **f** függvény egy kétváltozós, **egyértékű függvény** , amely azt jelenti, hogy egy **x,y** értékpárhoz (a vízszintes sík egy pontjához) csak egy **Z** függvényérték (terepmagasság) tartozik. A gyakorlatban a megoldásokat keresve ez azt jelenti – amit szintvonalrajzolásnál is mondtunk, – hogy csak olyan területeken tudunk digitális domborzatmodellt létrehozni, ahol **egy terepi ponthoz csak egy magasságérték tartozik** . Pl. sziklafalak, függőleges támfalak esetén, a domborzatmodellezési eljárások nem alkalmazhatók, ezeken a helyeken szintvonalakat sem tudunk rajzolni. Ez azt is jelenti, hogy a domborzatmodellezés **nem 3D** (háromdimenziós) feladat, csak a 3D tér egy szeletét, rétegét, a földfelszínt modellezi.
- Nem ismerjük az **f** függvény formáját, nem tudjuk melyik matematikai függvény írja le helyesen a domborzati formákat, különösen nem egy nagyobb területen. A számítások elvégzéséhez azonban feltétlenül szükségünk van valamilyen függvényre. Abban biztosak lehetünk, hogy egy általunk választott függvény sohasem fogja a domborzat formáit pontosan leírni, csak közelíteni fogja azt. Tehát az **f** függvény mindig csak egy **közelítő függvény** lesz.

A földfelszín, a domborzati formák közelítését matematikai függvények segítségével három fő közelítési elv, stratégia szerint tehetjük meg:

- Egy függvényt, vagy függvényt választunk az egész feldolgozandó területre, és ezek paramétereit határozzuk meg a mért pontjaink segítségével. Ez az egy függvény fogja a feldolgozás során helyettesíteni a terepfelszínt.

- A feldolgozandó területet kisebb részterületekre bontjuk, és ezeken a részterületeken külön-külön határozzuk meg egy közelítő függvény paramétereit. A munka során később mindig azt a függvényt használjuk, amelyet az éppen feldolgozásra kerülő részterület fölött határoztunk meg, ott közelíti a terepfelszínt.
- Minden pontban, ahol magasságot számítanunk kell, újra és újra meghatározzuk egy függvény paramétereit.

A domborzati formák rendkívüli változatosságot mutatnak. Nem tudunk egy olyan függvényt, vagy függvénytípust mondani, mely segítségével modellezni lehetne valamennyi domborzati formát. A különböző domborzati formákat, a különböző domborzati típusokat különböző függvény típusok segítségével tudjuk a legjobban modellezni. Ehhez járulnak még az előbb felsorolt különböző megoldási stratégiák. Ezért van az, hogy egy domborzatmodellező programban általában több függvényt is felkínálnak választásra, hogy a feladatunkhoz legjobban illőt kiválaszthassuk.

A domborzat ábrázolásánál láttuk, hogy a domborzati formákat nem csak egy ponthalmazzal próbáljuk meghatározni, hanem a domborzati formákon jellemző vonalakat, pontokat is meg tudunk különböztetni. Ilyen vonalak az **idomvonalak** (hátvonal, völgyvonal, lejtőátmeneti vonal), a **jellemző magassági pontok** (kúppont, teknőpont, nyeregpont), és a **törésvonalak** (rézsű, vízmosás, tereplépcső), melyek mentén a felszín változása nem folytonos. Összefoglalóan ezeket a vonalakat, pontokat a domborzat szerkezeti, vagy struktúra adatainak is nevezzük. **Azokat a digitális domborzatmodelleket, melyek előállításánál ezeket a domborzati struktúra adatokat is fel tudták dolgozni, struktúrált modelleknek nevezzük.** Ez természetesen nemcsak fejlettebb adatfeldolgozási eljárásokat, hanem részletesebb adatgyűjtést is feltételez, mely a DDM előállítási költségeit is megemeli. A megfelelő domborzatmodellezési eljárást mindig a konkrét feladat függvényében kell kiválasztani.

3.4. 9.3.4 Digitális domborzatmodell definíciója

A különböző jellegű tájak és a domborzati formák változatossága miatt erősen változó a mért pontok száma és elhelyezkedése, amelyek szükségesek a terep magassági viszonyainak a meghatározásához. A változó pontmennyiséghez és a különböző domborzati formákhoz más és más közelítő függvény, matematikai eljárás biztosítja a legjobb megoldást. Ezért a digitális domborzatmodell definícióját csak általánosan tudjuk megfogalmazni:

A digitális domborzatmodell a terep domborzati viszonyairól gyűjtött magassági adatok

- számszerű formában rögzített,
- célszerűen rendezett halmaza,
- a szükséges számítási eljárásokkal együtt,

melyek segítségével a további magassági adatok és információk egyértelműen, a megfelelő megbízhatósággal levezethetők.

A DDM definíciójában szereplő első megállapítás egyértelmű, hiszen számítógéppel csak akkor tudjuk az adatokat feldolgozni, ha azok számszerű formában állnak rendelkezésre. A domborzat meghatározásához mért pontok elhelyezkedése sokféle lehet az alkalmazott mérési módszer és a domborzati formák függvényében. Egy munkaterületen belül is változhat a mérési technológia, a pontok elrendezése. A felhasználáskor azonban zavaró lehet, ha még erre is figyelemmel kellene lenni. Ezért célszerű egy munkaterületre egy egységes pontelrendezést kialakítani.

A domborzatmodellezésnek az első lépése, a mérési eredményekből a DDM levezetése, melynek során kialakítjuk a DDM egységes, célszerűen rendezett adatszerkezetét.

A felhasználás függvényében a DDM adatszerkezete különböző lehet, és a különböző adatszerkezetekhez különböző számítási módszerek biztosítják a hatékony és megfelelő minőségű adatfeldolgozást. Ezért a definícióban szereplő három megállapítás így alkot egy egységet.

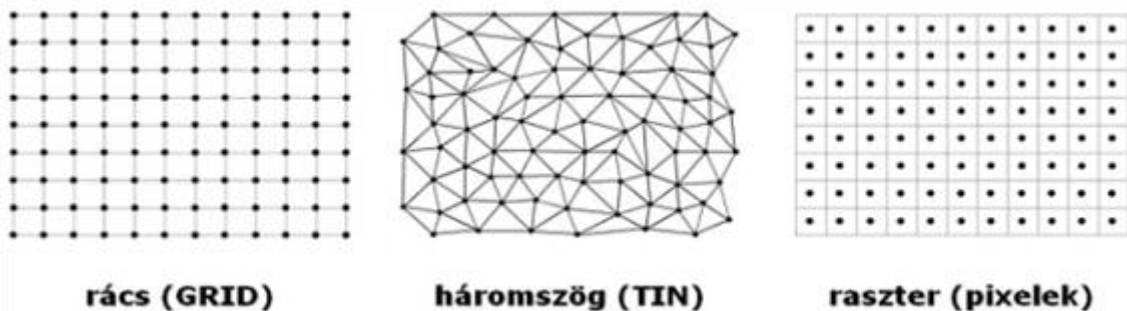
3.5. 9.3.5 Digitális domborzatmodell szerkezete

Az 1960-as évek óta, amióta egyáltalán digitális domborzatmodellezésről beszélünk, igen sok megoldási módszer alakult ki. A számítási módszerek terén természetesen ma is igen sok eljárás áll rendelkezésre, de az

adatszerkezetek terén tisztult a kép. A gyakorlatban ma három adatszerkezetet különböztetünk meg, melyeket a DDM adatszerkezetének tekinthetünk:

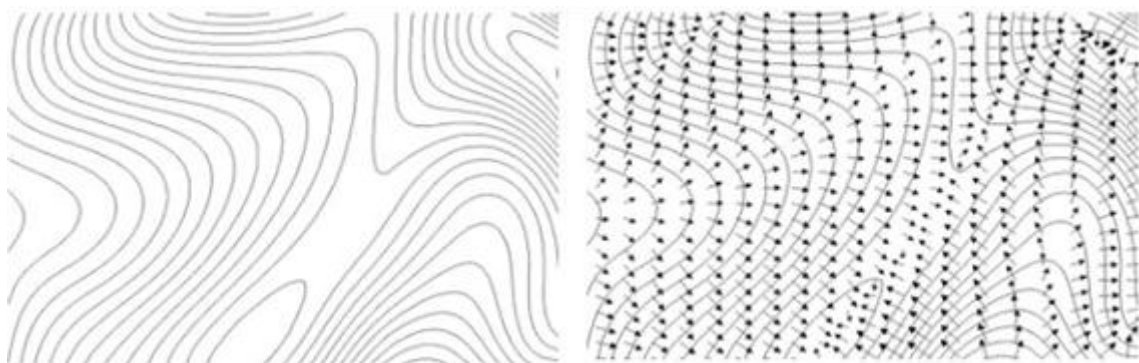
- **négyszögrács** elrendezés, melyben a *magassági adatokat egy rácsháló sarokpontjaihoz* rendeljük hozzá. (Angolul ez a *GRID* adatszerkezet.) Előnye, hogy teljesen szabályos, tömören tárolható, igen gyorsan lehet benne az adatokat megtalálni, egyszerű számítási módszer alkalmazható a további feldolgozás során. Hátránya, hogy nem alkalmazkodik a domborzat jellemző formáihoz, vagy nagyon sűrű rácshálót kell alkalmazni.
- A szabálytalan **háromszöghálózat**, vagy *TIN* modell, (Triangulated Irregular Network), melyben *a magassági adatok a háromszögek csúcspontjaira vonatkoznak*. Előnye, hogy nagyon jól követi a domborzat jellemző vonalait, jó matematikai megoldások választhatók a felület közelítésére, segítségével kialakítható a domborzat struktúrált modellje. Hátránya, hogy összetettebb az adattárolás és az adatkeresés.
- **Raszteres adatszerkezet**, melyben egy raszter elemhez, egy felületelemhez, *egy pixelhez tartozik egy magassági adat*. Ez az adattárolási forma megegyezik a digitális képek tárolási szerkezetével. Előnye, hogy mindazok a raszteres számítási eljárások, melyek a digitális képfeldolgozásban ismertek, ugyanúgy használhatók a magassági adatokra is. Ez rendkívül változatos feldolgozást tesz lehetővé, különösen a megjelenítések területén (árnyékolás, színezés) jelentkezik az előnye. Hátránya, hogy a domborzat jellemző vonalai a feldolgozás során nem, vagy csak nehezen vehetők figyelembe.

Ezekhez a különböző adatszerkezetekhez más és más számítási eljárások tartoznak, melyekkel a DDM-en további számítások végezhetők. Azokat a számítási eljárásokat, melyek segítségével a megadott magasságú pontok között újabb pontokban tudjuk a magasságot meghatározni, összefoglalóan **interpolációs eljárásoknak** nevezzük. A választott adatszerkezet meghatározza azt is, hogy utána a DDM segítségével milyen feladatokat tudunk majd elvégezni. Tehát a DDM adatszerkezetét mindig az elvégzendő feladat függvényében kell kiválasztani.

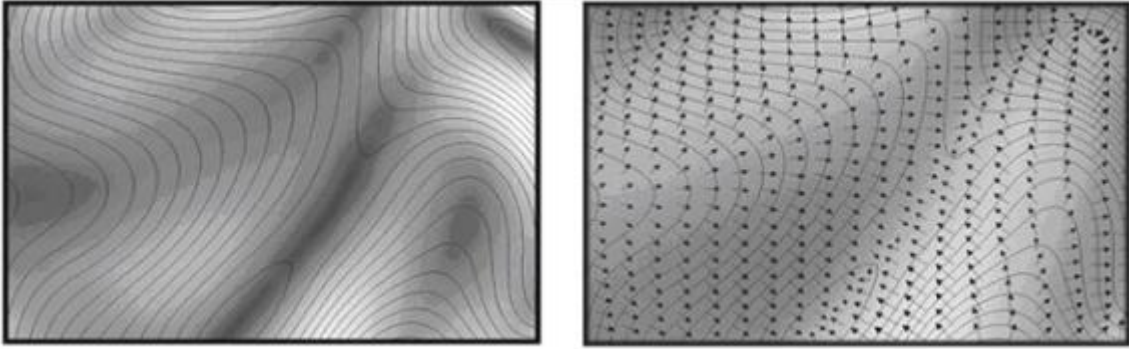


9-7. ábra Digitális domborzatmodell adatszerkezetei, a pontok azokat a helyeket jelölik, amelyekben a magasságok adóttak

A következő ábrákon látható, hogy a digitális domborzatmodell birtokában ugyanannak a tereprészletnek különböző tulajdonságait szemléletesen be lehet mutatni.



9-8. ábra Szintvonalas ábrázolás, szintvonalak esésirányokkal



9-9. ábra Szintvonalak színezéssel, bal oldalon a mélyebb részek a sötétebbek, a jobb oldalon ÉNy-i megvilágítás árnyékai a sötétebbek

4. 9.4 Összefoglalás

A Digitális topográfiai térképezés alapfogalmai modulban megismerhettük a digitális térképek jellemzőit, az objektum fogalmát; a hagyományos térképkészítés legfontosabb fogalmainak változásait a digitális környezetben; a kétszintű adatmodell fogalmát; a digitális domborzatmodellezés alapfogalmainak. Ezen ismertek birtokában tájékozódni tudunk a térképkészítéshez használt programok fogalmi rendszerében.

Önellenőrző kérdések

1. Mi az objektum, milyen tulajdonságai vannak?
2. Mi a topológia?
3. Mi a különbség a geometria és a grafika között?
4. Mi az adattárolás és az adatmegjelenítés kapcsolata az analóg és a digitális térképeknél?
5. Hogyan változik a méretarány fogalma a digitális térképek esetén?
6. Szöveges információ hogyan kapcsolódhat a digitális térképi adatállományokhoz?
7. Egyezményes jelek hogyan jelennek meg a digitális térképeken?
8. Mi a kétszintű adatmodell fogalma?
9. Milyen formában jelenhetnek meg a digitális magassági adatok?
10. Melyek a digitális domborzatmodellezés fő funkciói?
11. Mi a digitális domborzatmodellezés alapelve?
12. Mi a digitális domborzatmodell?
13. Milyen adatszerkezete lehet egy digitális domborzatmodellnek?

Irodalomjegyzék

- Alabér L.: *A topográfiai térképrendszer átalakításának lehetőségei, PhD értekezés, kézirat*, 2003
- Buga L.: *A topográfiai térképkészítés múltja és jelene, Geodézia és Kartográfia, 51.évf. p.35., 1999*
- Mélykúti G.: *Geoinformatika és a digitális terepmodell kapcsolata, Kandidátusi értekezés, kézirat*, 1993
- Mélykúti G.: *Földmérés és geoinformatika, Geodézia és Kartográfia, 43.évf. p.251., 1991*