

TURAI ENDRE,

GEOINFORMATIKA

4



A Műszaki Földtudományi Alapszak tananyagainak kifejlesztése a
TÁMOP 4.1.2-08/1/A-2009-0033 pályázat keretében valósult meg.

IV. MODELLEZÉSI ÉS TÉRKÉPISMERETI ALAPOK

A fejezet szerzője: Turai Endre

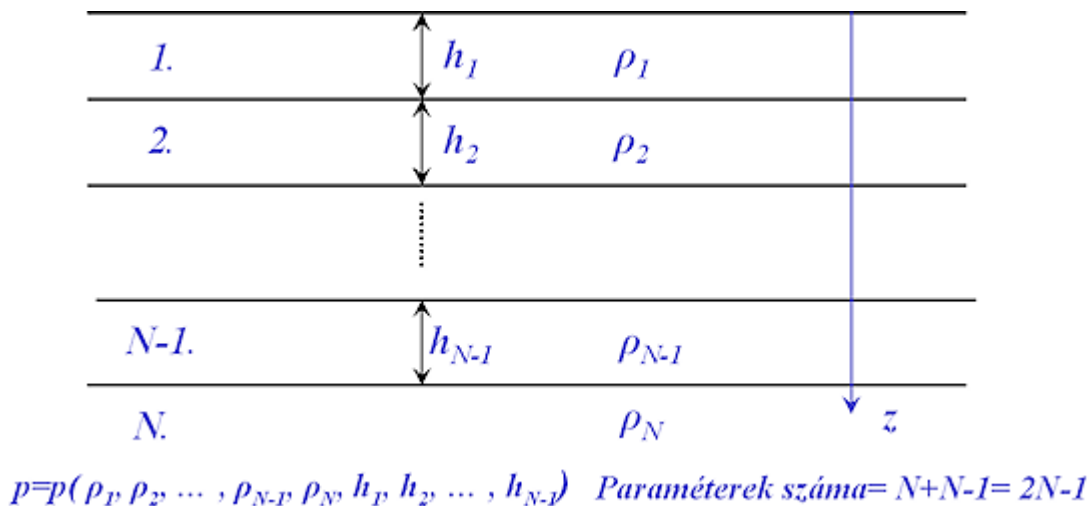
1. A MODELLEZÉS LÉNYEGE ÉS FOLYAMATA

A geoinformatikában a valós világot egyszerűsítve modelleket állítunk fel. A modell a valóság olyan leegyszerűsített képe, amely alkalmas a kitűzött fő- és részfeladatok vizsgálatára. A modellnek informatívnak kell lenni. Ez azt jelenti, hogy az alkalmazásával el lehet érni a kitűzött feladatok megoldását. Mindazokat az összefüggéseket (kapcsolatokat) tartalmaznia kell, amelyek relevánsak a feladatmegoldás szempontjából. Az alfejezet további részeiben a modell típusokat, valamint a térinformatikai modellezés folyamatát és annak fázisait mutatjuk be.

A modell típusok

A GIS alapú geoinformatikai rendszerek modelljét a vonatkoztatási rendszer és a hozzá kapcsolt tematikus dimenziók számának és a dimenziókhoz tartozó szakadatoknak, valamint a rendszer működésének - különös tekintettel a grafikus alfanumerikus adatbázis kapcsolatokra - a megadása jelenti.

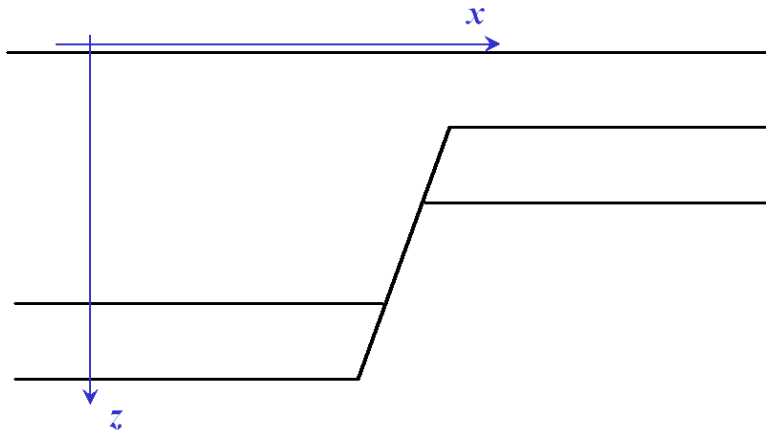
A **geoinformatikai modell a geometriája szerint** a vonatkoztatási rendszer dimenzióinak a számát tekintve lehet **1D**, **2D**, **3D**, **4D** és **4D+transzformált**. A tematikus dimenziók számát a vonatkoztatási rendszer pontjaihoz kapcsolt különböző szakadat csoportok darabszáma adja meg. A földtudományokban gyakran használt 1D modell a 4.1. ábrán megadott, horizontálisan rétegzett, homogén és izotróp közegre vonatkozó szakadatokkal jellemezhető rétegekből álló féltér. Mint az ábrán látható, a féltér tetszőleges N darab rétegből áll. A rétegek sorszáma a mélység felé 1-től N -ig növekszik. Az 1. sorszámú a felszín alatt lévő réteget, az N -edik sorszámú pedig, a végtelen vastagnak vett aljzatot jelenti. A rétegvastagságokat h , a szakadatokat pedig, ρ jelöli. A szakadat a rétegeket jellemző tetszőleges paraméter (például a réteget alkotó kőzet neve, a réteg sűrűsége, a réteg fajlagos elektromos ellenállása, stb.) lehet. A modell geometriailag egyetlen változó, a Z -irányú h_1, h_2, \dots, h_{N-1} értékek megadásával egyértelműen leírható, ezért egydimenziós (**1D**) modellnek nevezzük. Amikor a rétegeket alkotó kőzetneveket adjuk meg szakadatként (ρ) a modellben, akkor **1D+1D** modellt alkotunk. A rétegek geometriai (h) és tematikus (ρ) paramétereit a p paramétervektorba gyűjthetjük, s ezen vektor elemeinek ($2N-1$ darab paraméternek) a meghatározásával kvantitatív módon adhatjuk meg a modellt.



4.1. ábra: Horizontálisan rétegzett, homogén izotróp rétegekből álló féltér

A 4.2. ábra egy vetőt tartalmazó rétegsort mutat be. Látható, hogy a modell geometriájának a megadásához már két változó (az ábrán x és z) megadása szükséges, ezért a modell geometriája kétdimenziós (**2D**) lesz. Amennyiben a rétegeket egyetlen szakadattal (például a réteget alkotó kőzet nevével) jellemezzük, akkor egy **2D+1D** modellt alkotunk. Az előző modellek alapján látszik, hogy az 1D modell nem elégséges (nem informatív) a vetőket tartalmazó földtani szerkezetek leírásához. Nem használhatunk tehát ilyen esetekben a vetők kimutatása céljából végzett földtani kutatások kiértékeléséhez 1D modellt, mert akkor a mérésekben meglévő vetőhatásokat a kiértékeléssel tüntetjük el. A

felvett modell és a valóság eltérését modellhibának nevezzük. A modellhibák lényegesen nagyobbak is lehetnek a mérési hibáknál, amely általában abból adódik, hogy a mérések kiértékeléséhez a szükségesnél alacsonyabb dimenziószámú modellt használunk, csak azért, mert az alacsonyabb dimenziójú modell esetére az adatfeldolgozás matematikai megoldása kevesebb számításigénnyel jár.



4.2. ábra: Vetőt tartalmazó rétegsor

A természet azonban gyakran produkál csak térben (3 dimenzióban) leírható földtani szerkezeteket. Ilyenek például az antiklinális szerkezetként megjelenő szénhidrogéncsapdák, a bemélyedések, a gyúrt szerkezetek, az ásványi nyersanyagtelepek és a környezetszennyezések jelentős része. Ezek a **3D** vonatkoztatási rendszerű modellek már csak három térbeli változó (**X**, **Y** és **Z**) segítségével írhatók le. A teljes tér időbeli változásainak a vizsgálatánál pedig, rákényszerülünk a **4D** referencia rendszerű (**X**, **Y**, **Z** és **t**) modellek használatára. Ilyen modellek alkalmasak például a szennyezések terjedésének a leírására, vagy pedig a szénhidrogén tárolók termelés hatására történő fázishatár-változásainak az időbeli nyomonkövetésére. A többdimenziós vonatkoztatási rendszerű modellekben (**2D+1D**, **3D+1D** és **4D+1D**) egyetlen szakadat eloszlásának a kiszámítását analitikus matematikai módszerekkel már csak egyszerű modellek esetén tudjuk megoldani, az esetek döntő részében a közelítő módszerek (véges különbséges, véges elemes) alkalmazására kényszerülünk. Bizonyos hatások jobb kiemelhetősége miatt gyakran alkalmazunk a primer tér-idő vonatkoztatási rendszerek mellett transzformált vonatkoztatási rendszerű modelleket is.

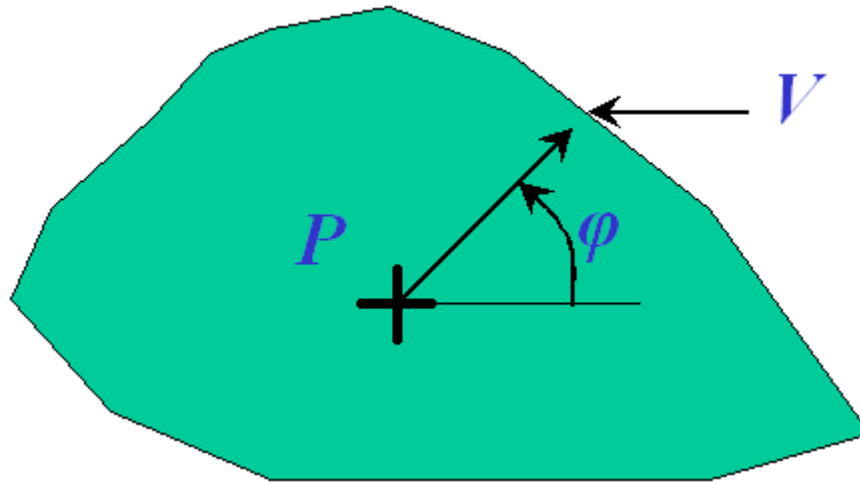
A **geoinformatikai modell** a szakadatok referencia rendszerben való eloszlása szerint lehet **homogén**, **inhomogén**, **izotróp** vagy **anizotróp**.

Legyen adott 4.3. ábra szerint a vonatkoztatási rendszerben egy tetszőleges **V** térrész, annak egy tetszőleges **P** pontja, valamint a **P** pontban egy φ -vel jelölt tetszőleges térbeli irány. **Homogén modell** esetében a tematikus (szakadat) dimenzió a **V** térrészben nem függ helytől. Matematikailag megfogalmazva minden **V**-beli **P** pontban ugyanaz a $\rho(P)$ szakadat értéke:

$$\rho(P) = \text{constans}, \text{ ha } P \in V$$

Inhomogén modell esetében a tematikus dimenziót alkotó szakadat a **V** térrészen belül helyfüggő. Nem ugyanaz a $\rho(P)$ szakadat értéke minden **V**-beli **P** pontban:

$$\rho(P) \neq \text{constans}, \text{ ha } P \in V$$



4.3. ábra: Tetszőleges V térrész a referencia rendszerben

Izotróp modell esetében a tematikus dimenzió értéke nem függ a φ térbeli iránytól. Megkülönböztetünk pontbeli és térfogati izotrópiát. **Pontbeli izotrópia** fennállásakor a szakadat értéke az adott P pontban nem függ a térbeli iránytól:

$$\rho(P, \varphi) = \text{constans}, \text{ ha } P = \text{constans}$$

Térfogati izotrópia lép fel, ha az adott V térrész minden P pontjában irányfüggetlen a szakadat értéke:

$$\rho(P, \varphi) = \text{constans}, \text{ ha } P \in V$$

Az **anizotróp modell** esetében a tematikus dimenzió értéke irányfüggő. Amennyiben az adott P pontban irányfüggő a szakadat értéke **pontbeli anizotrópiáról** beszélünk:

$$\rho(P, \varphi) \neq \text{constans}, \text{ ha } P = \text{constans}$$

Térfogati anizotrópia esetében az adott V térrész minden P pontjában irányfüggő a szakadat értéke:

$$\rho(P, \varphi) \neq \text{constans}, \text{ ha } P \in V$$

A legegyszerűbb modell a homogén izotróp 1D modell, melyben a fizikai tulajdonságokhoz kapcsolódó szakadatok elméleti értékeit analitikus matematikai módszerekkel meg tudjuk határozni. Az előzőek miatt a földtudományokban szeretjük alkalmazni ezeket az egyszerűbb és könnyebben kezelhető modelleket. Sajnos a természet azonban leggyakrabban többdimenziós inhomogén és anizotróp földtani szerkezeteket hoz létre, melyekre a szakadatok elméleti értékeinek a kiszámítását csak közelítő módszerekkel és fáradtságosabban tudjuk megoldani. Mindezt a munkát azonban fel kell vállalni, mert az alacsonyabb dimenziójú egyszerűbb modell nem lenne informatív a földtani kutatási cél szempontjából. Természetesen igaz az is, hogy a vizsgálati cél szempontjából informatív modellek közül a legalacsonyabb dimenziós számú és legegyszerűbb modellt célszerű alkalmazni.

A térinformatikai modellezés folyamata és fázisai

A GIS alapú geoinformatikai rendszereknél térinformatikai modellezést kell végeznünk. Ekkor a valós világ egy olyan térinformatikai modelljét kell felállítanunk, amely segítségével működő GIS alapú geoinformatikai rendszert hozunk létre.

A térinformatikai modellezési folyamat fázisai [1]:

1. a valós világ kapcsolatainak az elemzése,
2. az elméleti modell felállítása,
3. a logikai modell létrehozása,
4. a fizikai modell megvalósítása,
5. a működő GIS alapú rendszer alkalmazása.

A **valós világ kapcsolatainak az elemzése** alkalmával a vizsgálat céljainak szempontjából fontos tulajdonságok összességét (entitásokat) és az ezek közötti kapcsolatokat keressük meg. Legfontosabb entitások a típusok, a kapcsolatok és az attribútumok (jellemzők).

Az **elméleti modell felállításakor** meghatározzuk a tulajdonságok típusait és attribútumait, valamint ezek kapcsolatrendszerét. Az elméleti modell megalkotásakor a valós világ helyett annak egyszerűsített képét hozzuk létre.

Az elméleti modell létrehozása szakmai ismeretek segítségével, mélyebb informatikai tudás nélkül megvalósítható.

A **logikai modell létrehozása** alkalmával kifejlesztjük az elméleti modell digitális kódolásához szükséges formát. Meghatározzuk az objektumokat, mint az entitások digitális kódolással megadható megfelelőit. A legfontosabb objektumok a típus, a geometria, az attribútum, a kapcsolat és a minőség. Az így kialakított logikai modellt **adatmodellnek** is nevezik. Az adatmodell létrehozásához már rendszerszemléletű informatikai tudás szükséges. Nem igényel viszont ennek a modellszintnek a létrehozása professzionális programozói ismereteket.

A **fizikai modell megvalósítása** viszont már csak professzionális adatbázis fejlesztői és programozói ismeretek birtokában érhető el. A fizikai modell nem más, mint az objektumoknak az adott számítógépi platformra kódolt és azon futtatható formája. Az objektumrendszerek kódját célszerűen grafikus és alfanumerikus adatbázisokban helyezzük el, ezért a fizikai modellt – a szerző véleménye szerint nem túl szerencsésen – **adatbázis modellnek** is nevezik. A fizikai modell nem más, mint egy adott GIS rendszer adott számítógépes platformon futtatható kódja, beleértve az adatbázisban elhelyezett adatokat és a rendszer működését megszabó programkódot.

A **működő GIS alapú rendszer alkalmazása** nem más, mint a valós világ térinformatikai modelljének számítógépi futtatásokkal történő felhasználása a kitűzött feladatok megoldására. A modellezési folyamat befejezése alkalmával lehetővé válik a kifejlesztett GIS alapú rendszer használata.

2. TÉRKÉPISMERETI ALAPFOGALMAK

A klasszikus Open GIS rendszerek tematikus dimenzióiban (rétegeiben) a szakadatok eloszlásképét általában vetületi térképekkel jelenítik meg, ezért fontos a térképismeret alapfogalmainak az áttekintése.

Először is foglaljuk össze a legfontosabb *térképi kellékeket*:

- a térkép megnevezése,
- a térkép vetületi rendszere,
- a térkép méretaránya, vagy koordináta rendszere,
- az északi irány feltüntetése,
- a jelkulcs,
- a térkép adatfelvételének az időpontja,
- a térkép kiadásának az időpontja,
- a térkép fajtája (az ábrázolás módja),
- a térkép szerzőjének megnevezése.

A **térkép megnevezése**, vagy címe magában foglalja a térképen ábrázolt szakadat megnevezését (domborzati térkép, hőmérsékleti térkép, vízrajzi térkép, légnyomás térkép stb.), a térképezett terület földrajzi megnevezését, illetve opcionálisan a térkép fajtáját (izovonalas térkép, ponttérkép, vektor térkép, felületi térkép, stb.).

A **térkép vetületi rendszereit** itt  tárgyaljuk.

Az **északi irány feltüntetése** általában lokális koordináta rendszerben ábrázolt térképeken ajánlatos, mivel ezek koordinátatengelyei nem feltétlenül a fő égtájak irányába mutatnak.

A **jelkulcs** az egyik legfontosabb térképi kellék, amely megadja a térképen ábrázolt szakadatok (tematikus dimenziók) minőségi és/vagy mennyiségi intervallumait és azok térképi ábrázolási módjait.

A **térkép adatfelvételének az időpontja** kulcsfontosságú a térkép által ábrázolt szakadatok időbeli elemezhetősége szempontjából. A **térkép kiadásának az időpontja** évekkel is eltérhet az adatfelvétel időpontjától, ezért ennek a feltüntetése a szerzői jogi vonatkozásokon túl a szakmai elemzések vonatkozásai miatt is indokolt.

A **térkép szerzőjének megnevezése** a térképet megszerkesztő természetes személy, illetve vállalat neve. Ez a térképi kellék a térkép minőségéért való szakmai felelősség vállalását, valamint a szerzői jogi igény kinyilvánítását jelenti.

A térkép méretarányának értelmezését és a térképajtákat a következő alfejezetek ismertetik.

Méretarány

A méretarány a valóságos vetületi hossz térképi kicsinyítésének a mértékét jelenti. A méretarány (**M**) a térképi hossz és a neki megfelelő valóságos vetületi hossz hányadosa:

$$M = \frac{h}{H} = \frac{\text{"térképi hossz"}}{\text{"valódi vetületi hossz"}}$$

Például az **M=1:10000** méretarányú térképeken mért 1 centiméteres távolság a valóságban $10000\text{cm}=100\text{m}$ vetületi távolságnak felel meg.

A méretarány reciprokát arányszámnak (**m**) nevezzük:

$$M = \frac{1}{m}$$

Minél nagyobb egy térkép méretaránya és minél kisebb az arányszáma, annál nagyobb a felbontása. Például az $m=100$ arányszámú ($M=1:100$ méretarányú) térkép felbontása tízszer nagyobb az $m=1000$ arányszámú ($M=1:1000$ méretarányú) térképétől.

Térképfajták

A térkép ábrázolási módja alapján különböző térképfajtákat ismerünk, melynek két nagy csoportját a **hagyományos térképfajták** (ilyenek a régi papír alapú térképek) és a számítógépen térképszerkesztő szoftverekkel automatikusan létrehozható **digitális térképfajták** jelentik.

Hagyományos térképfajták

A hagyományos térképfajtákat *Ligetvári* könyve [vi] alapján foglaljuk össze, mely szerint jeltérképeket, ponttérképeket, felületi térképeket, kartogram térképeket, kartodiagram térképeket, izovonalas térképeket és vektortérképeket különböztethetünk meg.

A **jeltérképek** a legrégebbi tematikus térképek, melyeken az ábrázolt szakadatot ponthoz kötött jelekkel adjuk meg. A jel felülete (területe) arányos az ábrázolt mennyiség nagyságával. A jeltérképeken a színes jelekkel is érzékeltethető a szakadatok minőségi és/vagy mennyiségi változása.

A **ponttérképek** egy-egy területen különböző nagyságú (pontértékű) pontok összegével írják le a szakadatok mennyiségét. A ponttérképek főleg a szakadatok földrajzi eloszlásának, elterjedésének és szóródásának a kartográfiai érzékeltetésére szolgálnak.

A **felületi térkép** az egyértelműen körülhatárolható térképrészeknek a szakadatok minőség szerinti, illetve egy adott szakadat nagyság szerinti intervallumainak egymástól való elkülönítésére szolgál.

A **kartogram térkép** a szakadatok mennyiségi intervallumaihoz tartozó zárt felületrészeket szemlélteti. Összességében az ilyen térképek a szakadatok jelkulcs szerinti mennyiségi eloszlását mutatják.

A **kartodiagram térképek** a térkép területrészein a szakadatok abszolút értékeit ábrázolják a jelkulcsban megadott diagramok segítségével. A kartodiagram térképek a legkülönbözőbb diagramok (pl. kördiagram, iránydiagram, oszlopdigram, stb.) szerinti térképi ábrázolásra adnak lehetőséget.

A **izovonalas térképek** a hely szerint folyamatosan változó szakadatok térképi ábrázolására adnak lehetőséget. Az izovonalak azok a síkgörbék a vetületi térképen, amelyek mentén a szakadatok értéke állandó. Az izovonalak közei a térképen lehetnek kitöltés nélküliek, sraffozással kitöltöttek, vagy pedig két izovonal között állandó színnel kitöltöttek.

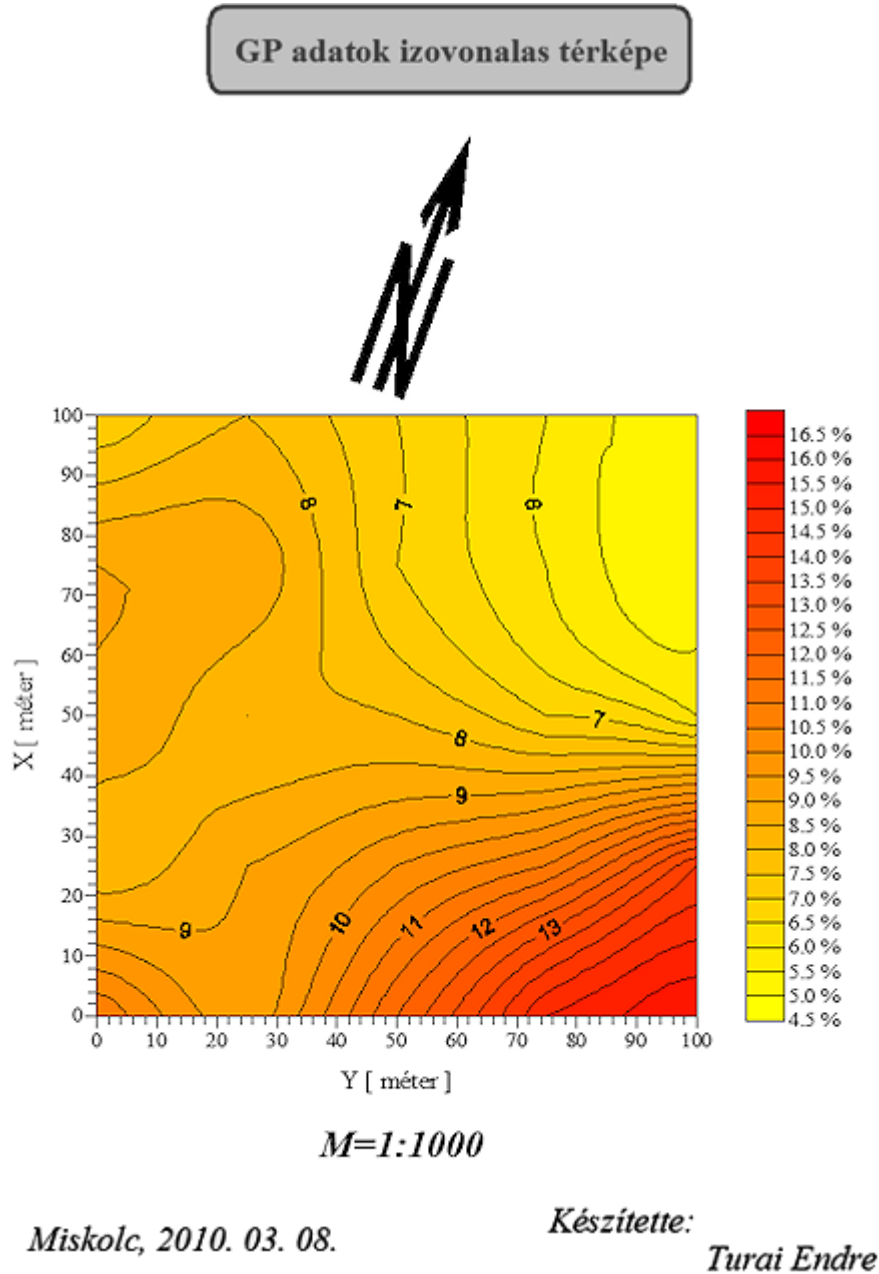
A **vektortérképek** a szakadatok térképi változásainak irányát és a változások mértékét érzékeltetik az adott térképi pontokban ábrázolt irányított szakaszokkal (vektorokkal). A vektorok jelkulcsban megadott nagyságai a szakadatok adott pontbeli változásával arányosak.

Digitális térképfajták

A digitális térképfajták a térképszerkesztő szoftverek által ponthoz kötötten megadott adatokból automatikusan szerkeszthető és kódoltan tárolható térképfajtákat jelentik. Az alfejezetben belül a *Surfer 8.0* térképszerkesztő szoftverrel létrehozható digitális térképfajtákat mutatjuk be. Ezek közül az izovonalas térképek és a vektortérképek a hagyományos térképfajták között már röviden bemutatásra kerültek, a többi térképfajta ("image" térkép, árnyékolt domborzati térkép, felületi térkép és a drótváz térkép) viszont kifejezetten a digitális számítástechnika fejlődésével alakult ki.

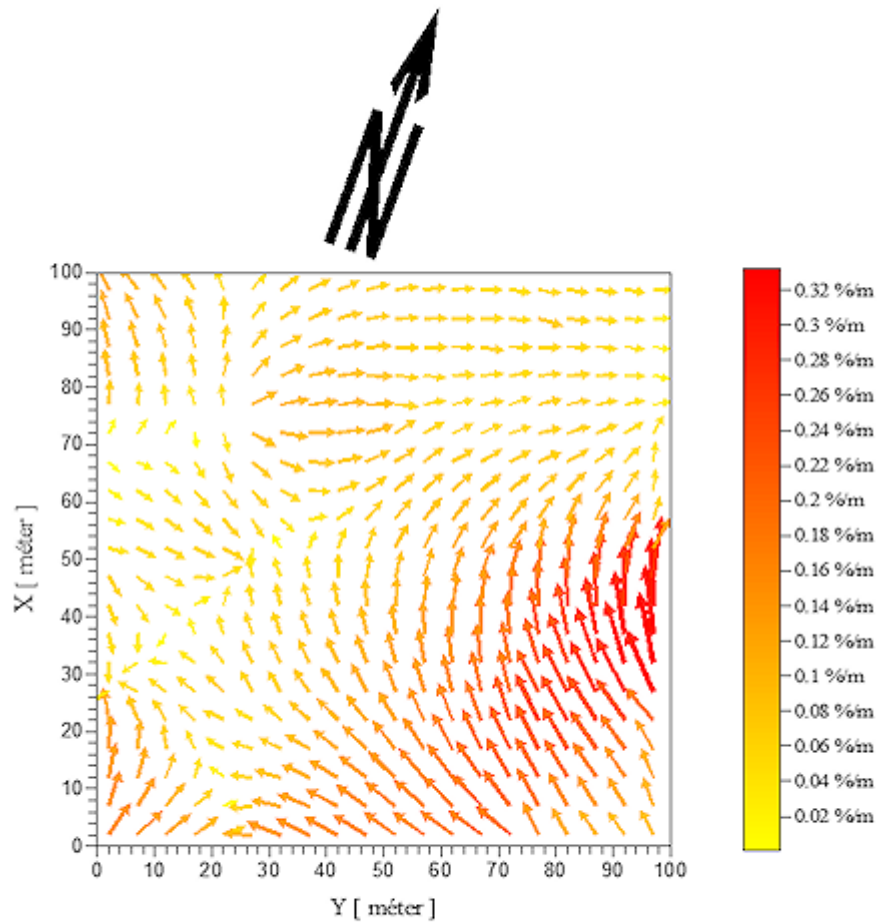
A következőkben egy gerjesztett polarizációs (GP) adatrendszer esetére szerkesztett térképek segítségével mutatjuk be a digitális térképajtaikat.

Az adatrendszer **izovonalas térképét** (angolul *contour map*) a 4.4. ábra, a **vektortérképét** (angolul *vector map*) pedig a 4.5. ábra mutatja. A vektortérképen a vektorok a szakadat csökkenésének irányát jelölik. Ezek a térképek megjelenésükben megfelelnek a hagyományos térképeknek, azonban a digitális objektumkezelésük és kódolásuk miatt a továbbfejlesztésük, illetve bizonyos részletüknek az átalakítása számítógépes környezetben egyszerűen megoldható. A hagyományos térképeknél ezek az átalakítások lényegében új térképrajz létrehozását kívánják meg.



4.4. ábra: Izovonalas térkép

GP adatok vektor térképe



M=1:1000

Miskolc, 2010. 03. 08.

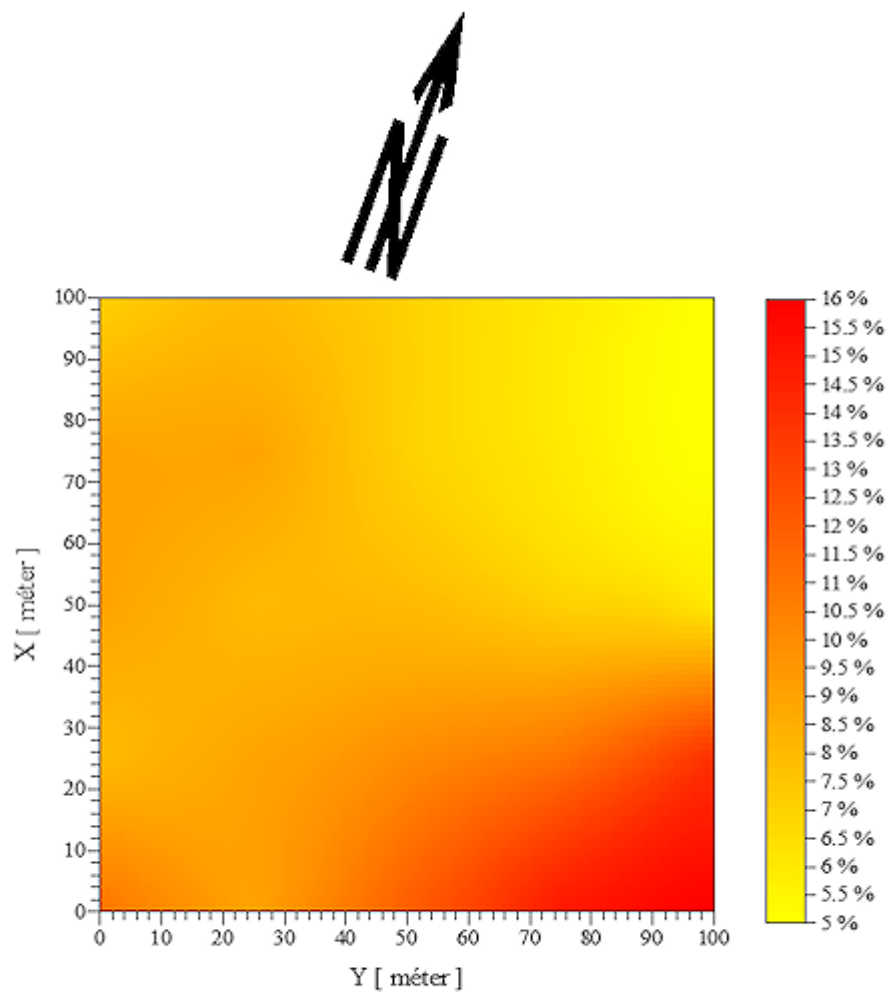
Készítette:

Turai Endre

4.5. ábra: Vektortérkép

A 4.6 ábrán látható "image" térkép (angolul *image map*) nevének teljes magyarra fordítását (kép térkép) nem javasoljuk. Az "image" térkép azt érzékelteti, mintha a szakadat értékei által meghatározott felületről egy, a rácscsill (grid fájl) felbontásának megfelelő digitális fényképezőgéppel felvételt készítettünk volna. A felvett színskála folyamatosan megy át a minimális szakadat értékhez tartozó színtől a maximális értékhez tartozó színig.

GP adatok "image" térképe



M=1:1000

Miskolc, 2010. 03. 08.

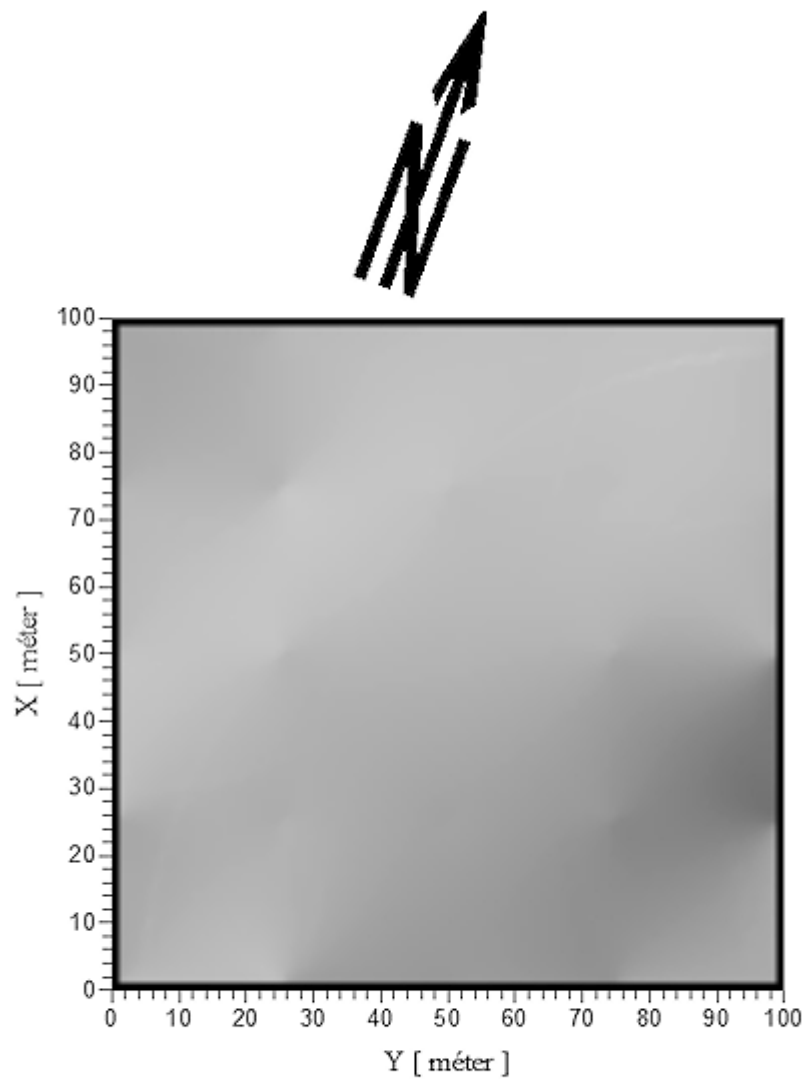
Készítette:

Turai Endre

4.6. ábra: "Image" térkép

Az **árnyékolt domborzati térkép** (4.7. ábra) raszteres állományú felületmodellezésre kiválóan alkalmas, mert képes a felület megvilágítását egy tetszőlegesen felvett fényforrásból érzékeltetni. A 4.7. ábrán bemutatott térképen az erősebben megvilágított felületrészek világosabbak, a gyengébben megvilágítottak pedig sötétebbek. A fényforrás délkeleti pozícióban lett felvéve. A fekete-fehér árnyalatossá helyett lehetőség van színes megjelenítésre is, azonban a felület megvilágítottságának a képi megjelenítésére ez nem szerencsés.

GP adatok árnyékolt térképe



M=1:1000

Miskolc, 2010. 03. 08.

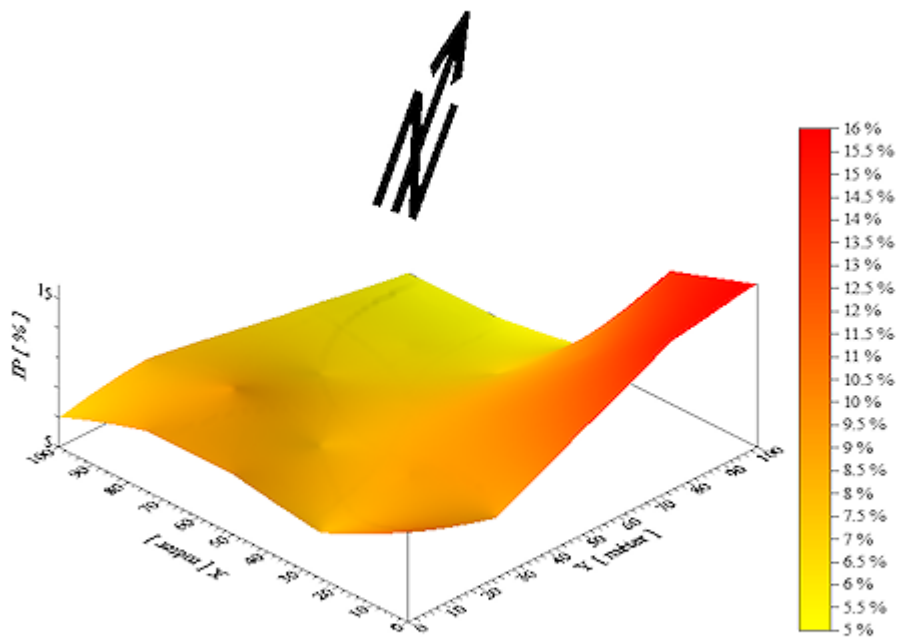
Készítette:

Turai Endre

4.7. ábra: Árnyékolt domborzati térkép

A 4.8. ábra a felületi térképet mutatja. A szakadat értékei itt térhatású (perspektivikus és ortografikus) megjelenítéssel ábrázolhatók, az így felvett felületre van ráültetve a színes digitális fénykép. A felületi térképnél szintén felvehető a felületet megvilágító, tetszőleges helyzetű fényforrás.

GP adatok felületi térképe



M=1:1000

Miskolc, 2010. 03. 08.

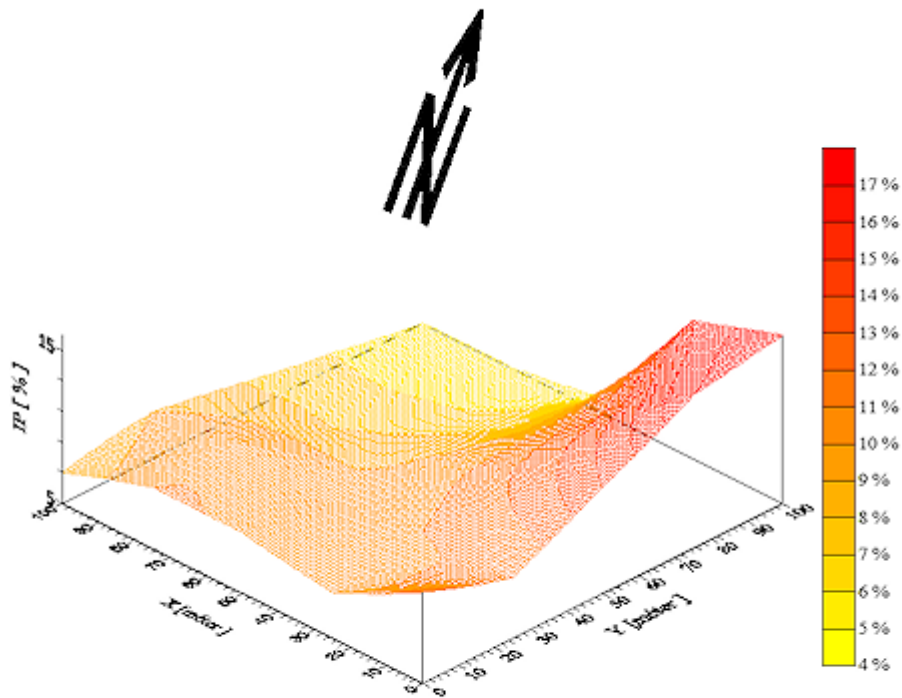
Készítette:

Turai Endre

4.8. ábra: Felületi térkép

A **drótváz térkép** a felületi térképhez hasonlóan szintén térhatású, azonban ennél a digitális térképtípusnál a szakadat értékei által meghatározott felületet a koordinátatengelyekre merőleges síkokkal szeletelhetjük és a felület és a síkok metszékvonalaikat drótvázként megjeleníthetjük. A minta adatrendszer drótváz térképét a 4.9. ábra mutatja be.

GP adatok drótváz térképe



$M=1:1000$

Miskolc, 2010. 03. 08.

Készítette:

Turai Endre

4.9. ábra: Drótváz térkép

A térképi kódolási és archiválási formák

A digitális térképek kódolásának és archiválásának két alapvető módja a raszteres és a vektoros kódolás, ezeknek a lényegét foglalják össze a következő alfejezetek.

A raszteres kódolás

Jelölje az $f(x,y)$ a kétdimenziós (x,y) vonatkoztatási rendszerű tetszőleges analóg képet, ahol

x	a kép horizontális koordinátája
y	a kép vertikális koordinátája
$f(x,y)$	a kép színértéke és világosság értéke az (x,y) koordinátájú pontban

Diszkrétizáljuk (mintavételezzük) az analóg képet a következő módon:

$$x_n = n\Delta x, y_m = m\Delta y$$

$$f(x_n, y_m) = f(n\Delta x, m\Delta y)$$

$$n = 1, 2, \dots, N, m = 1, 2, \dots, M$$

Az így előállított kép a dimenzióhelyes diszkrét (diszkrétizált) képet jelenti.

Kvantáljuk ezután K db biten a kép értéket. Az így kapott $f^*(n\Delta x, m\Delta y)$ digitálisan kvantált kép annál jobban közelíti az analóg képet, minél nagyobb a K értéke, valamint a N horizontális és M vertikális képpontok száma.

$$f^*(n\Delta x, m\Delta y) \approx f(x, y)$$

Vezessük be kvantált képre az alábbi indexhelyes alakot:

$$\Delta x = \Delta y = \text{"egység"} = \text{"1"}$$

$$f^*(n, m)$$

$$n = 1, 2, \dots, N \quad m = 1, 2, \dots, M$$

Az $f^*(n, m)$ képet **digitális** (digitálisan kvantált indexhelyes) **képek** nevezzük. Az így előállított kép $N \times M$ db diszkrét képpontban értelmezett. A képpontokat **pixeleknek**, magát a képet pedig **raszteres** vagy **pixeles** (pixelgrafikus, vagy pixelesen kódolt) képek nevezzük. A raszteres kódolású digitális képek egyetlen objektuma a **képpont** vagy pixel. A raszteres kódolás lehet fekete-fehér szürkeárnyalatos raszteres kódolás, vagy pedig színes raszteres kódolás.

A **fekete-fehér szürkeárnyalatos raszteres kódolásnál** $K=8$, a színes raszteres képeknél $K=24$ biten történik meg a kép értékek a kódolása. A fekete-fehér raszteres képeket szürkeárnyalatos képeknek is szokás nevezni, ahol 8 biten 256 db különböző árnyalatot (világosság kódot) tudunk megkülönböztetni a pixelek értéktartományában. A 0 pixelérték a legsötétebb (fekete), a 255 pixelérték pedig, a legvilágosabb (fehér) árnyalatot adja.

A **színes raszteres képek** ún. **RGB** kódolása 24 biten (3 byte) történik, a 3 db monokromatikus színösszetevő (vörös - red, zöld - green, kék - blue) pixelértékeinek a képpontokban történő megadásával. A három komponens (színösszetevő) világosságkódjait 1-1 bájtban tároljuk. Színes digitális raszteres képekből mindig előállíthatók a szürkeárnyalatos raszteres képek. Leggyakrabban a három színösszetevő pixelértékének a számtani átlagát vesszük a szürkeárnyalatos pixelértéknek.

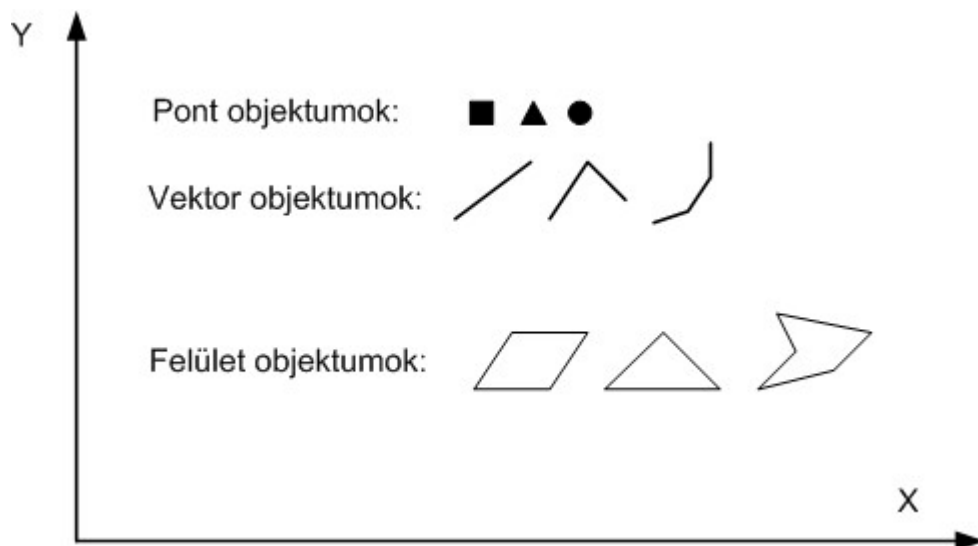
A vektoros kódolás

A vektoros kódolásnál a grafikus képi részleteknek (objektumoknak) csak a paramétereit - pl.: kezdőpont, végpont, töréspontok és az összekötő vonalak paramétereit - adjuk meg, a teljes raszteres kép helyett. Ezzel a kódolási móddal tömörebb kódolást lehet megvalósítani.

A vektoros kódolás objektumai

Vektoros kódolásnál egy-egy összefüggő képi részletet ún. **grafikus objektumként** modellezzük, kódoljuk és tároljuk. A vektoros kódolásnak három grafikus objektum típusa van, a **pont**, a **vektor** és a **felület**. Ilyen típusú objektumoknak a tetszőleges számú ismétlésével állíthatók elő a vektorosan kódolt képek.

A **pont** (angolul *point*) objektum kódolásánál elég az objektum vetületi helyzetét kijelölő (x, y) koordinátapárt megadni és tárolni, a pontot megjelenítő szimbólum típusával, méretével és színével együtt. Mint azt a 4.10. ábra mutatja, a láthatóság miatt különböző alakú és méretű szimbólumokat (ikonokat) szokás használni egy pont típusú objektum megjelenítésekor.



4.10. ábra: A vektoros kódolás objektumai

A **vektor** (angolul *polyline*) objektumok esetlegesen több töréspontot tartalmazó egyenes szakaszok (4.10. ábra). A vektor objektumok kódolása a kezdőpont, a végpont és a töréspontok koordináta páryainak a megadásával és tárolásával történik.

A **felület** (angolul *polygone* vagy *area*) objektumok zárt sokszögek (4.10. ábra), melyek kódolása a töréspontok sorrendjének és a töréspontok koordináta páryainak a megadásával történik.

A vektoros kódolású modellek

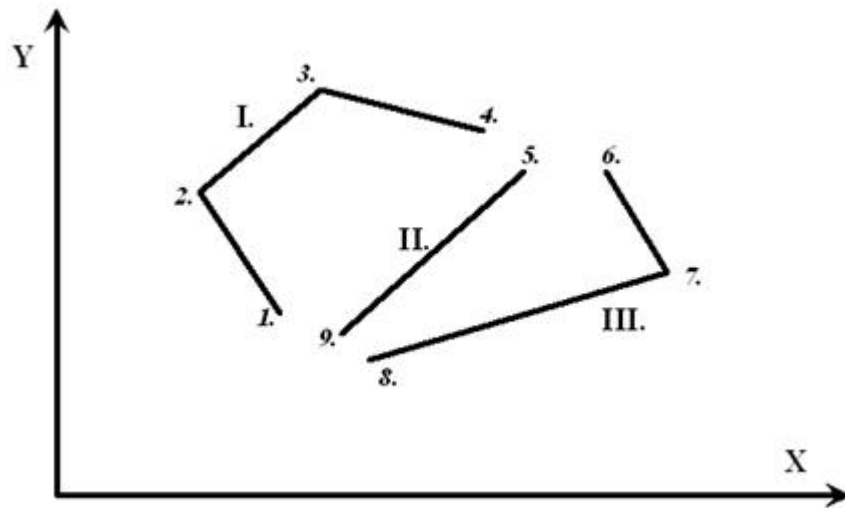
A vektoros kódolású térképek mögött grafikus és tematikus jellemzőket tartalmazó táblák állnak. A **grafikus táblák** az objektumok grafikus képét írják le a rajzi koordináta rendszerben, valamint tartalmaznak a hozzájuk csatolt tematikus tábla rekordjára mutató linket. A **tematikus táblák** rekordjaiban a grafikus objektumoknak megfelelő tematikus objektumok (például: mérési pontok, utak, épületek, stb.) alfanumerikus jellemzőit adjuk meg. A vektoros kódolású modelleket [vii] az alábbiakban foglaljuk össze.

Amennyiben a vektoros kódolású térképet pont objektumokkal akarjuk megadni, akkor a **pontok rendezetlen tárolásán alapuló modellt** használjuk. Ennél a modellnél a grafikus táblában az objektumok jelének és a helyének a megadása szükséges. A helyet a rajzi rendszerben értelmezett (x,y) koordináta párokkal írjuk le. A modellt leíró tábla szerkezete a 4.1. táblázatban látható. Ezt a modellt akkor célszerű alkalmazni, ha a térkép főként pont objektumokat tartalmaz, mint például a ponthoz kötött mérési adatrendszerek, vagy pedig a településhálózat térképi megadása esetében.

Az objektum jele	Az objektum X koordinátája	Az objektum Y koordinátája
1	x1	y1
2	x2	y2
3	x3	y3

4.1. táblázat: A leíró tábla szerkezete a pontok rendezetlen tárolásán alapuló modell esetén

A **spagetti modell** esetén a **vektor** (*polyline*) objektumok kerülnek a kódolás fókuszába. Ezeket a modelleket a vektor objektumokkal (pl. úthálózat, vízhálózat, gázhálózat, egyéb vonalas létesítmények) leírható térképek digitális kódolásánál célszerű alkalmazni. A spagetti modell esetén már 2 db leíró tábla alkalmazása szükséges. A 4.11. ábrán látható térképi részlet kódolása esetén a 4.2. táblázatban szereplő objektum leíró tábla és a 4.3. táblázat szerinti koordináta megadó tábla kitöltése szükséges. Az objektum leíró tábla az objektumok jele mellett tartalmazza az objektum kezdőpontjának, a töréspontjainak és végpontjának a jelét. A koordináta megadó tábla pedig, minden kezdő-, törés- és végpont jelét és az (x,y) koordináta páryát tartalmazza.



4.11. ábra: Térképrészlet a spagetti modellhez

Az objektum jele	Az objektum kezdő-, a törés- és a végpontjainak jele
I.	1., 2., 3., 4.
II.	9., 5.
III.	8., 7., 6.

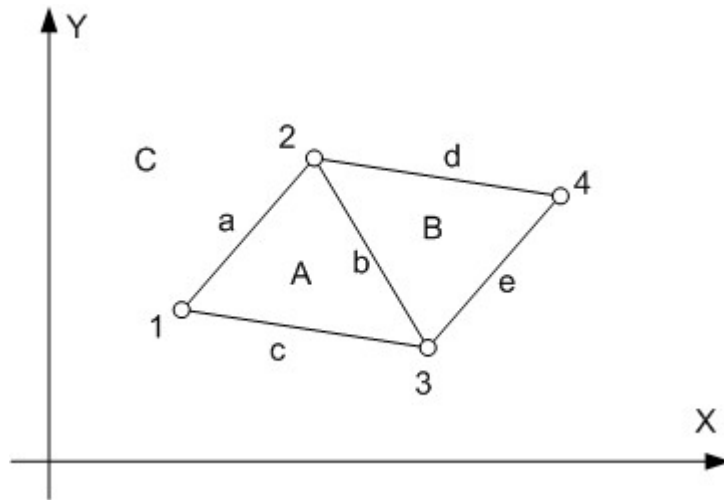
4.2. táblázat: Az objektum leíró tábla szerkezete a spagetti modell esetén

A kezdő-, a törés- és a végpontok jele	A pont x koordinátája	A pont y koordinátája
1.	x1	y1
2.	x2	y2
3.	x3	y3
4.	x4	y4
5.	x5	y5
6.	x6	y6
7.	x7	y7
8.	x8	y8
9.	x9	y9

4.3. táblázat: A koordináta megadó tábla szerkezete a spagetti modell esetén

Azokat a térképeket, amelyek felület objektumokkal írhatók le (pl. földhivatali teleknyilvántartási térképek, terület felhasználási térképek, egy-egy kontinens országait tartalmazó térképek, stb.), az ún. **topológiai modell** szerint célszerű kódolni. A valós világ legpontosabb és legigényesebb leírása *Detrekői, Szabó [viii]* szerint a topológiai modellel adható meg, azonban ennek a modellnek a megadáshoz már 4 db leíró tábla szükséges. Ezek a poligonok topológiáját, a csomópontok topológiáját, az élek topológiáját és a csomópontok koordinátáit leíró táblák. A 4.12. ábrán látható topológiai modell leíró táblái a következők.

A **poligonok topológiáját leíró tábla** (4.4. táblázat) a poligonok jele mellett az adott poligonhoz tartozó élek (a poligon oldalai) felsorolását tartalmazza.



4.12. ábra: Térképrészlet a topológiai modellhez [ii]

A poligon jele	A poligonhoz tartozó élek jeleinek felsorolása
A	a, b, c
B	b, d, e
C	a, d, e, c

4.4. táblázat: A poligonok topológiáját leíró tábla szerkezete a topológiai modell esetén

A **csomópontok topológiáját leíró táblában** (4.5. táblázat) a csomópontok jelét és a csomópontból induló és oda befutó élek jeleinek a felsorolását kell megadni.

A csomópont jele	A csomóponthoz tartozó élek felsorolása
1	a, c
2	a, b, d
3	b, c, e
4	d, e

4.5. táblázat: A csomópontok topológiáját leíró tábla szerkezete a topológiai modell esetén

A 4.6. táblázat mutatja az **élek topológiáját leíró tábla** szerkezetét, melyben az élek jele mellett az adott él kezdőpontját és a végpontját jelentő csomópontok jelei, valamint - az élek mentén a kezdőpontból a végpont felé haladva - az élek melletti baloldali és a jobboldali poligonok jelei szerepelnek.

Az él jele	A kezdőpont jele	A végpont jele	A baloldali poligon jele	A jobboldali poligon jele
a	1	2	C	A
b	2	3	B	A

c	1	3	A	C
d	2	4	C	B
e	3	4	B	C

4.6. táblázat: Az élek topológiáját leíró tábla szerkezete a topológiai modell esetén

A **csomópontok koordinátáit megadó tábla** (4.7. táblázat) a csomópontok jeleit és a csomópontok (x,y) koordináta párait tartalmazza.

A csomópont jele	A csomópont X koordinátája	A csomópont Y koordinátája
1	x1	y1
2	x2	y2
3	x3	y3
4	x4	y4

4.7. táblázat: A csomópontok koordinátáit megadó tábla szerkezete a topológiai modell esetén

A legtöbb térképen egyaránt szerepelnek pont, vektor és felület objektumokkal leírható térképi részletek. Ezeknél a térképeknél a **vegyes kódolású modellt** célszerű alkalmazni, ahol a pont objektumok csoportját a pontok rendezetlen tárolásán alapuló modell, a vektor objektumok csoportját a spagetti modell, a felület objektumok csoportját pedig, a topológiai modell szerint kódoljuk.

A grafikus - alfanumerikus adatbázis kapcsolatok

A GIS alapú rendszerek egyik legfontosabb tulajdonsága, hogy grafikus térképi (képi) részletekről elérhetjük a hozzájuk csatolt alfanumerikus adatbázis rekordokat. Ezt a kapcsolatot a grafikus leíró táblában elhelyezett kapcsoló mezővel (linkkel) lehet elérni, melynek tartalma az adott grafikus objektumhoz kapcsolt alfanumerikus adatbázis részletére (rekordjára) mutat.

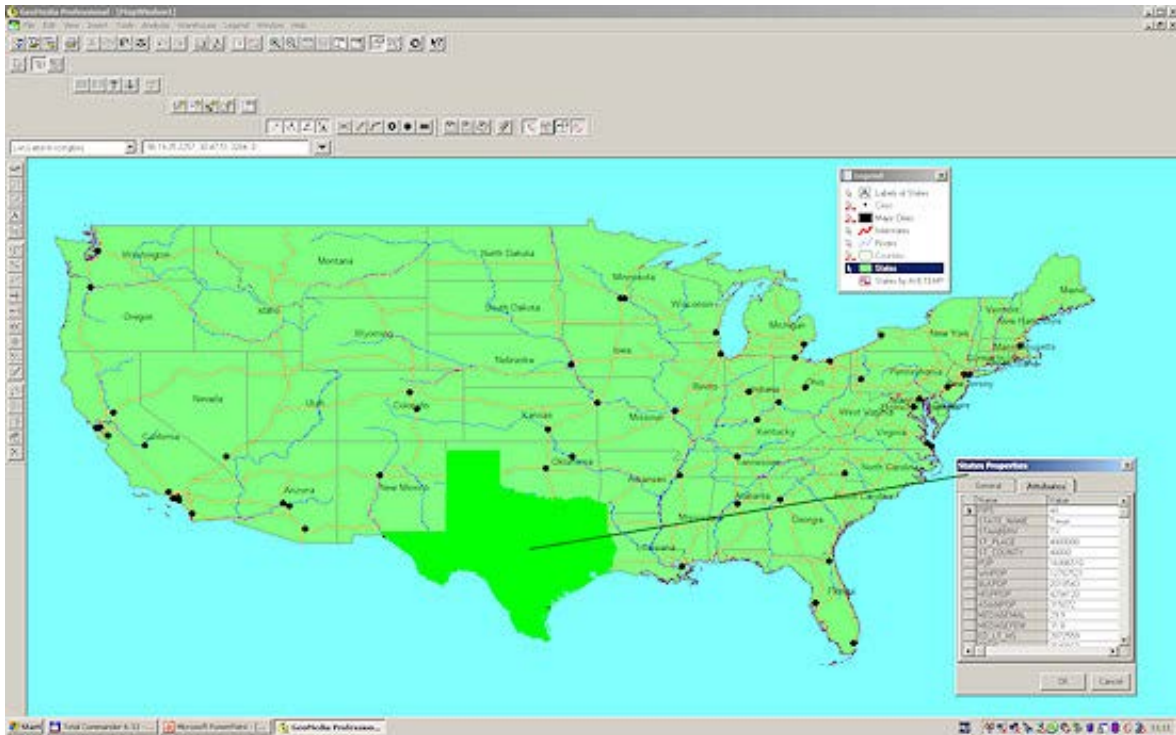
A gyakorlatban a kapcsolat működtetése úgy történik, hogy a grafikus objektumot kijelölve (általában egérrel kétszer rákattintva), megjelenik egy ablakban az objektumhoz csatolt alfanumerikus adatbázis rekord. Ilyen módon egyszerűen, és az elemzéseknél gyorsan kiolvashatók a grafikus térképi részlet szöveges és numerikus adatok formájában tárolt jellemzői. Az előző módon működő adatbázist a szakirodalom **térinformatikai adatbázisnak** is nevezi.

A grafikus-alfanumerikus kapcsolatok létrehozását **geokódolásnak**, vagy **georeferálásnak** nevezzük.

A grafikus - alfanumerikus adatbázis kapcsolatokat a legegyszerűbben a vektoros kódolású térképek objektumaihoz köthetjük. A raszteres kódolású képekhez bonyolultabb a kapcsolat megadása. Itt elvileg minden pixelhez köthetnénk kapcsolatot, azonban ennek a gyakorlati kihasználása speciális programozói fejlesztőmunkát igényel. A teljes raszteres térképhez (vagy képhez) azonban szintén egyszerűen kapcsolható alfanumerikus adatbázis rekord. A következőkben a vektoros objektumokhoz (pont, vektor, felület) csatolt grafikus - alfanumerikus adatbázis kapcsolatok működésére mutatunk be egy-egy gyakorlati példát.

A **pont objektumhoz kapcsolt grafikus - alfanumerikus adatbázis kapcsolatok** létrehozását az Open GIS rendszerek teljeskörűen támogatják. Egy ilyen kapcsolat látható a 4.13. ábrán, ahol a Balmazújváros területén környezetszennyezettség vizsgálat keretében mért adatokat bemutató geoinformatikai rendszer egy vertikális szelvénypontjára vonatkozó adatbázis lekérdezés eredménye szerepel. Az ábrán szereplő geoinformatikai rendszerben a Schlumberger elrendezésben mért vertikális elektromos és GP (gerjesztett polarizáció) szondázások vonatkoztatási pontjai láthatók kék színű pont objektumokkal megjelenítve a vertikális metszetben. A zöld színnel ábrázolt vonatkoztatási pontra rákattintva jelent meg a zöld vonal által mutatott ablakban a ponthoz kapcsolt, a mérési és a kiértékelési eredményeket tartalmazó alfanumerikus adatbázis rekord. A "legend" ablak mutatja a 2D+7D rendszer tematikus dimenzióit, melyek a mérés vonatkoztatási pontjai, a talaj 0.2 secundumra vonatkozó látszólagos polarizálhatósági paramétere (ennek a vertikális eloszlásképe látható az ábrán), a szennyezettség mértéke, a talaj látszólagos fajlagos ellenállása, a fémes polarizáció elterjedése, a redox polarizáció elterjedése és a membrán

objektumhoz kapcsolt grafikus - alfanumerikus adatbázis kapcsolat lett geokódolva.



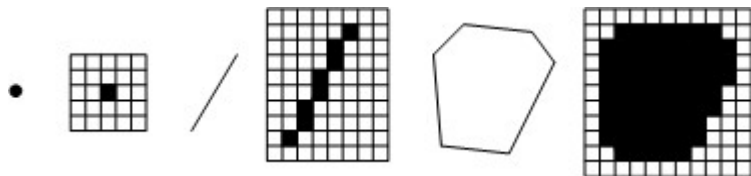
4.15. ábra: Felület objektumhoz kapcsolt grafikus - alfanumerikus adatbázis kapcsolat lekérdezése [iv]

Vektor – raszter és raszter – vektor átalakítások

A vektoros és a raszteres térképek a képernyő és a plotter felbontásától függően másként jelennek meg. A három vektoros alapobjektum (pont, vektor és a felület) esetére mutatja be a megjelenésük összehasonlítását a 4.16. ábra.

A vektor-raszter átalakítást raszterizációnak nevezzük. A **raszterizáció** esetén vektoros térképi állományból raszteres térképet hozunk létre. Ez az átalakítás minden esetben elvégezhető a vektoros térképi állomány minden pixelértékének a megadásával. Raszterizációt alkalmazunk, ha a vektoros térképeknek (képeknek) a raszteres kódjára van szükségünk, például a képfeldolgozás elvégzéséhez.

A **vektorizáció** a raszter-vektor átalakítást jelenti, amikor raszteres kódolású térképekből vektoros kódolású térképeket hozunk létre. Ilyen feladatot kell megoldanunk például, a régi papír alapú térképekről szkennelt raszteres állományok vektorossá alakításánál, ha azt a GIS rendszerekbe geokódolt réteggént akarjuk beilleszteni. A vektorizáció automatikusan nem végezhető el hibátlanul. Általában alakfelismerő szoftverekkel egy nyers vektorizált állományt állítanak elő, és ezt interaktív úton javítják. A javítás a vektoros objektumok objektumosztályainak az egyes objektumosztályokba tartozó objektumok számának és az objektumok geometriájának a pontosítását jelenti.



4.16. ábra: A pont, a vektor és a felület vektoros és raszteres megjelenése [v]

3. ELLENŐRZŐ KÉRDÉSEK, FELADATOK

Többször megoldható feladat, **elvégzése kötelező**.
A feladat végső eredményének a mindenkori **legutolsó megoldás** számít.



Jelölje meg a helyesnek tartott válaszokat a felkínált lehetőségek közül!

1. Sorolja fel a modell geometriája szerint a modell típusokat!

1D, 2D, 3D, 4D, 4D+transzformált

homogén, inhomogén, izotróp és anizotróp

sík- és térmodell

2. Hogyan változik a térképek felbontása a méretarány függvényében?

a méretarány növekedésével csökken a felbontás

a méretarány növekedésével nő a felbontás

a méretarány csökkenésével nő a felbontás

3. Hogyan változik a térképek felbontása a méretarányszám függvényében?

a méretarányszám növekedésével nő a felbontás

a méretarányszám növekedésével csökken a felbontás

méretarányszám csökkenésével csökken a felbontás

4. Ismertesse a vektoros kódolású digitális térképek objektumait!

a pont, a nagyság és az irány a képpont, a vektor és a nagyság

a pont, a vektor és a felület

5. Mi a raszteres (pixeles) kódolású digitális térképek objektuma?

a pont a szín

a képpont

6. Milyen kódolású digitális térképek objektumaihoz rendelhetők előnyösebben a grafikus-alfanumerikus adatbázis linkek?

a vektoros kódolásúakhoz a raszteres kódolásúakhoz

a vegyes kódolásúakhoz

7. Mi a térképi kódolás két fő csoportjának a neve?

raszteres és pixeles

raszteres és vektoros

vektoros és bináris

8. tárolódik egy képpont értéke fekete-fehér raszteres kódolás esetén ?

16 biten

8 biten

24 biten

9. Mennyi a „fekete” árnyalat kódja a fekete-fehér raszteres kódolás esetén ?

1111 1111

0000 1111

0000 0000

10. Mennyi a „fehér” árnyalat kódja a fekete-fehér raszteres kódolás esetén ?

0000 0000

0000 1111

1111 1111

11. Hány biten tárolódik egy képpont értéke színes raszteres kódolás esetén ?

16 biten

8 biten

24 biten

12. Nevezze meg az RGB színes raszteres kódolás alapszíneit!

vörös, zöld és a barna

cián, zöld és a barna

vörös, zöld és a kék

13. Mit jelent a raszterizáció?

minden állomány raszteres kódolású állománnyá alakítását

a vektoros kódolású állomány raszteres kódolású állománnyá alakítását

a raszteres kódolású állomány vektoros kódolású állománnyá alakítását

14. Mit jelent a vektorizáció?

minden állomány vektoros kódolású állománnyá alakítását

a raszteres kódolású állomány vektoros kódolású állománnyá alakítását

a vektoros kódolású állomány raszteres kódolású állománnyá alakítását



KIFEJTENDŐ KÉRDÉSEK

- Mi a homogén modell?
- Mi az inhomogén modell?
- Mi az izotróp modell?
- Mi az anizotróp modell?
- Vázolja a GIS alapú modellalkotás folyamatát.
- Mi az elméleti modell?
- Mi a logikai modell?
- Mi a fizikai modell?
- Sorolja fel a főbb entitásokat!
- Sorolja fel a főbb objektumokat!
- Sorolja fel a fontosabb térképi kellékeket!
- Mit jelent a térképek méretaránya (M)?
- Mit jelent a térképek méretarányszáma (m)?
- Sorolja fel a vektoros kódolású digitális térképek előnyeit és hátrányait a geoinformatikai rendszerekben, a raszteres kódolású térképekhez viszonyítva!
- Sorolja fel a raszteres kódolású digitális térképek előnyeit és hátrányait a geoinformatikai rendszerekben, a vektoros kódolású térképekhez viszonyítva!
- Milyen fajtájú digitális térképek állíthatók elő a Surfer 8 térképszerkesztő szoftverrendszerrel?
- Mit jelent a grafikus-alfanumerikus kapcsolat (link)?
- Milyen hagyományos térképtípusokat ismer?
- Vázoljon egy jeltérképet!
- Vázoljon egy ponttérképet!
- Vázoljon egy felületi térképet!
- Vázoljon egy kartogramot!
- Vázoljon egy kartodiagramot!
- Milyen digitális térképtípusokat ismer?
- Vázoljon egy izovonalas térképet!
- Vázoljon egy "image" térképet!
- Vázoljon egy árnyékolt domborzati térképet!
- Vázoljon egy drótváz térképet!
- Vázoljon egy vektortérképet!
- Mi a raszteres kódolás lényege?
- Mi a vektoros kódolás lényege?
- Hány megapixeles az 1000x2000 képpontot tartalmazó kép mérete?
- Hogyan kódoljuk a vektoros állományok pont objektumát?
- Hogyan kódoljuk a vektoros állományok vektor objektumait?

- Hogyan kódoljuk a vektoros állományok felület objektumait?
- Sorolja fel a vektoros kódolási modelleket!
- Mi a pontok rendezetlen tárolásán alapuló modell lényege?
- Mi a spagetti modell lényege?
- Mi a topológiai modell lényege?
- Mi a topológiai modellben az él fogalma?
- Hogy írjuk le a csomópontok topológiáját?
- Hogy írjuk le az élek topológiáját?
- Mi a vegyes kódolású modell lényege?
- Mikor célszerű a vegyes kódolású modell alkalmazása?
- Mit jelent a grafikus-alfanumerikus adatbázis kapcsolat?

BIBLIOGRÁFIA:

- [i] Detrekői, Szabó 2000
- [ii] Forrás: Detrekői, Szabó 2000
- [iii] Forrás: GeoMedia Professional
- [iv] Forrás: GeoMedia Professional
- [v] Forrás: Detrekői, Szabó 2000
- [vi] Ligetvári 1998
- [vii] Detrekői, Szabó 2000
- [viii] Detrekői, Szabó 2000