

Térinformatika 3.

Vektoros adatszerkezetek

Végső, Ferenc

Térinformatika 3.: Vektoros adatszerkezetek

Végső, Ferenc

Lektor: Detrekői Ákos

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

A modulban tovább haladunk a térinformatikai adatbázis építésében. Megismerkedünk a térbeli egyedek vektoros leképezésének részleteivel. Foglalkozunk a vektoros adatszerkezetek fejlődésével, részletesen kifejtsük a ma egyeduralgató topológiai leírást. A harmadik dimenzió vektoros leképezési formája a TIN hálózat, ezért a modulban ezt is bemutatjuk.

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

Tartalom

3. Vektoros adatszerkezetek	1
1. 3.1 Bevezetés	1
2. 3.2 Topológia nélküli adatszerkezet	1
2.1. 3.2.1 A spagetti adatszerkezet	1
2.2. 3.2.2 Topológiai adatszerkezet	2
2.3. 3.2.3 A topológiai adatszerkezet létrehozásának lépései	3
3. 3.3 A felszín modellezése TIN segítségével	7
3.1. 3.3.1 A felszín raszteres megjelenítése	7
3.2. 3.3.2 A felszín modellezése TIN hálóval	9
3.3. 3.3.3 A TIN belső szerkezete	12
3.4. 3.3.4 A TIN létrehozása	13
3.5. 3.3.5 A TIN topológiája	14
3.6. 3.3.6 A felszín elmeinek modellezése a TIN-ben	16
4. 3.4 Összefoglalás	18

3. fejezet - Vektoros adatszerkezetek

1. 3.1 Bevezetés

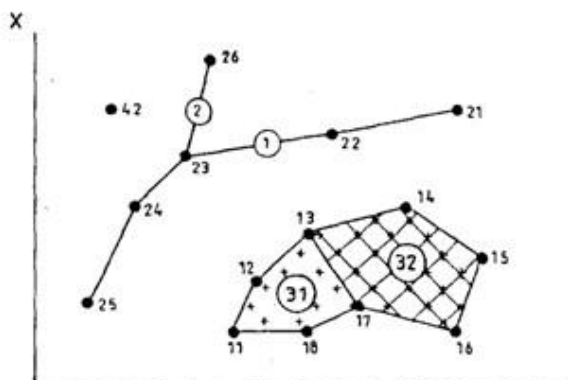
A vektoros adatszerkezet elképzelése földmérők számára nem jelenthet gondot, hiszen a nagyméretarányú térképek a valóság vektoros leképezései. Az egyedeket (pontok, vonalak, poligonok, hálózatok és felületek) jellemző pontjainak koordinátaival írjuk le. Az egyedek megjelenítése a vektoros modellben alapvetően kétféle lehet:

- topológia nélküli adatszerkezet
- topológiával kiegészített adatszerkezet

2. 3.2 Topológia nélküli adatszerkezet

2.1. 3.2.1 A spagetti adatszerkezet

A legegyszerűbb vektoros adatszerkezetet akkor kapjuk, amikor a térképi elemeket koordináta-párok sorozatával írjuk le.



1. ábra A spagetti adatmodell¹

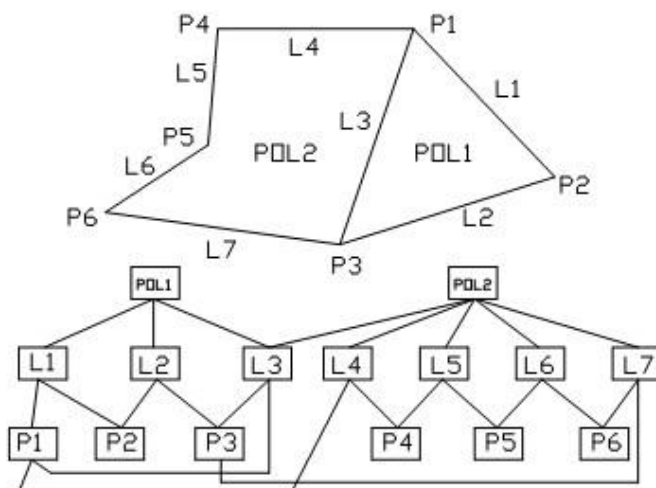
Egyed típusa	Száma	Helyzete
Pont	42	x42,y42
Vonal	1	x21,y21,x22,y22,x23,y23,x24,y24,x25,y25 (lánc)
	2	x26,y26,x23,y23 (lánc)
Poligon	31	x13,y13,x12,y12,x11,y11,...x17,y17,x13,y13 (zárt lánc)
	32	x17,y17,x13,y13,x14,y14,...x16,y16,x17,y17 (zárt lánc)

Ha fenti táblázatot jól megnézzük, láthatjuk, hogy a szomszédos poligonok esetében a közös pontok koordinátái annyszor szerepelnek, ahány poligonban előfordulnak (pirossal kijelölt elemek). Ez ebben a példában nem tűnik nagy problémának, de ha országos rendszerben gondolkodunk, akkor láthatjuk, hogy ez a leírás sok feleslegesen tárolt adatot tartalmaz. Ezt az adatszerkezetet nevezik spagetti adatszerkezetnek, mivel az adatokat tároló

¹ Márkus B. – Végső F.: Térinformatika jegyzet, 1995.

rekordok leginkább a digitalizálás sorrendjében fordulnak elő. A táblázatot elemezve az is kiderül, hogy pl. a vonalak esetében semmilyen információnk sincs a vonalak kapcsolódásáról, ez csak a tudatunkban jön létre, ha a rekordokat a képernyőre rajzoltatjuk. Igaz ez a pontokra és a vonalakra is. Az is előfordulhat, hogy (pl. digitalizálás esetén) ugyanazon pont eltérő koordináta-párt kaphat („pontatlan célzás”). Levonhatjuk a következtetést, hogy ha a vektoros rendszert másra is akarjuk használni, mint megjelenítésre (CAD rendszerek), akkor az adatbázisban a koordináták mellett a topológiát is tárolni kell.

A térinformatikai szoftverek nagy része számítógépes tervező rendszerek (CAD = Computer Aided Design) továbbfejlesztésével jött létre, illetve a térinformatikai rendszer geometriai alapjainak előállítását gyakran CAD rendszerben való digitalizálással történik, majd az így keletkezett adatbázist alakítják át topológiával rendelkező adatmodellé. Ezért röviden ismertetjük a CAD rendszerek tipikus adatszerkezetét, melynek vázlata az alábbi

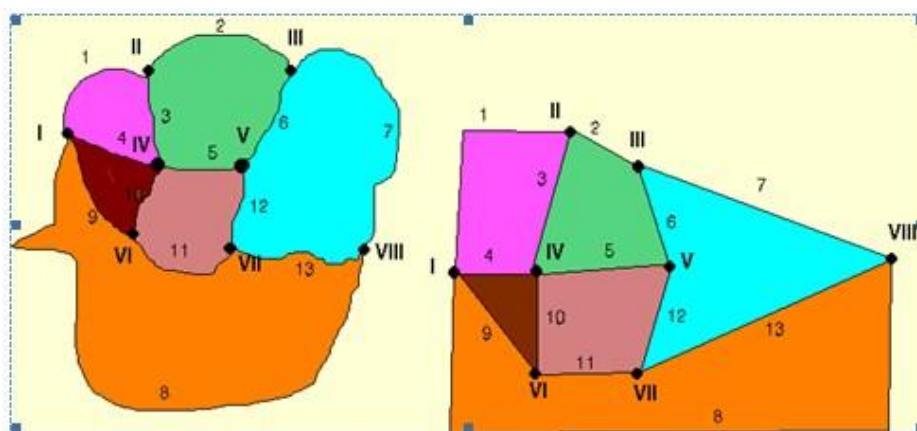


ábrán látható.

A CAD rendszereket azért alakították ki, hogy segítsék a mérnököket összetett objektumok számítógépes tervezésében. Ezért az adatszerkezetet úgy alakították ki, hogy lehetővé tegyék rajzelemek egymásba ágyazását és a minél jobb adattömörítést. Ezért a legtöbb ilyen rendszer a pontok, vonalak és poligonok hierarchikus rendszerén alapul. A tömör tárolás miatt igyekeztek elkerülni azt, hogy egy elemet többször tároljanak, ezért mutatókat alkalmaztak az elemi egységek kapcsolatának leírására. Ezek az adatszerkezetek nem tárolják a rajzrészletek közötti kapcsolatokat, de megfelelő feldolgozással topológiai adatmodellt állíthatunk elő belőlük.

2.2. 3.2.2 Topológiai adatszerkezet

A geometriai topológia a téralakzatok azon tulajdonságait vizsgálja, melyek nem változnak az idomok szakadásmentes torzítása során. Ilyenek a *szomszédság*, *folyamatosság*, *tartalmazás*. Az alábbi ábra két fele egyáltalán nem hasonlít egymásra, a fenti szabály alapján azonban topológiailag ugyanazok.

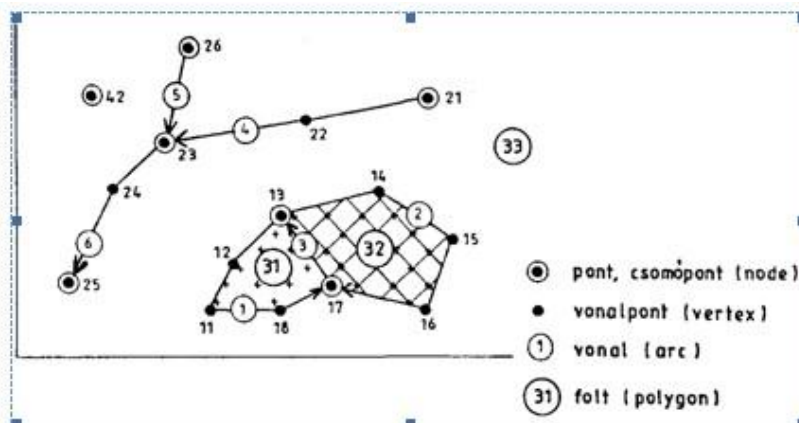


3. ábra Topológiailag hasonló alakzatok²

² http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t22.htm#topologiai

Míg a spagetti modell csak vonaldarabokkal operál, a topológiai modell a topológiai törvényszerűségek kiaknázását lehetővé tevő adattípusokat is értelmez. Bár a topológiai modell is metrikus térben helyezkedik el, melynek alapja a koordinátás pontok halmaza s a közöttük definiált távolság fogalom, a pontok a topológiai struktúra felépítésében játszott szerepük alapján különböző típusokra oszthatók, ezek:

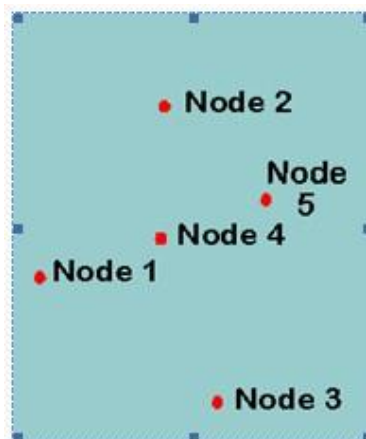
- önálló pont
- lánc (ív) részét képező pont
- csomópont (két – vagy több – vonal találkozási pontja)



4. ábra A pontok, vonalak, foltok értelmezése a topológiai adatszerkezetben³

2.3. 3.2.3 A topológiai adatszerkezet létrehozásának lépései

Az első lépés az eddig elmondottak értelmében a pontok (önálló pontok, vonalpontok, csomópontok) létrehozása.



5. ábra Pontmező⁴

Pontok azonosítója	Y koordináta	X koordináta
1	Y1	X1
2	Y2	X2

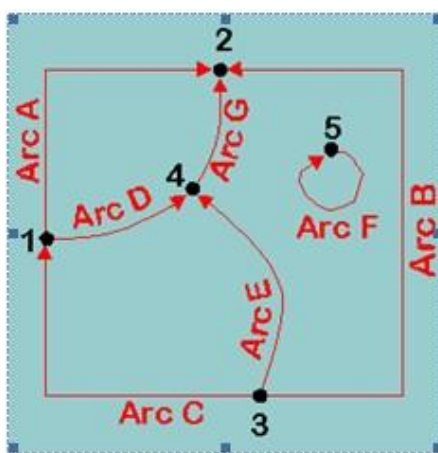
³ Márkus B. – Végső F.: Térinformatika jegyzet, 1995

⁴ <http://www.colorado.edu/geography>

3	Y3	X3
4	Y4	X4
5	Y5	X5

A pontmezőhöz tartozó állomány tárolja a pontok azonosítóit és koordinátáit. Az azonosítót általában nem a felhasználónak kell megadnia, a szoftver automatikusan azonosítja a pontokat és változás esetén karban tartja az azonosítókat is a koordináták mellett.

A második lépés a vonalrendszer összeállítása a pontmező alapján. A vonalaknak vannak végpontjaik, de a topológiai adatszerkezetben van irányuk is. Ezt az irányt a topológia tárolja. A gyakorlatban az irány megegyezik a digitalizáláskor követett iránnyal (első kattintástól indul a vonal és a befejező kattintáskor ér véget, és a vonal az utolsónak bevitt pont irányába mutat). A gyakorlatban az irány automatikus megadása általában nem jelent problémát (a telek kerítése mindegy, hogy milyen irányba mutat). Ahol fontos a vonal iránya (közű hálózatok, közlekedési hálózatok), ott az irányt explicit módon meg lehet adni.



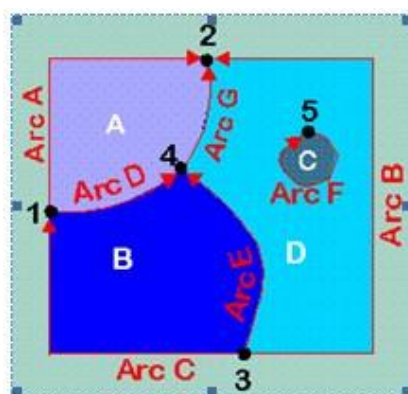
6. ábra A vonalrendszer⁵

Vonal azonosítója	Kezdőpont	Utolsó pont
A	1	2
B	3	2
C	3	1
D	1	4
E	3	4
F	5	5
G	4	2

A vonalrendszerhez tartozó táblázat tárolja a vonal azonosítóját (ezzel sem kell a felhasználónak törődnie) és a vonal első és utolsó csomópontját. Vegyük észre, hogy a közbenső töréspontok tárolására itt nincs szükség. Az azonos kezdő – és végponttal rendelkező poligonok a sziget poligonok (poligon a poligonban).

⁵ <http://www.colorado.edu/geography>

A következő lépés a poligonok „összeszerelése”.

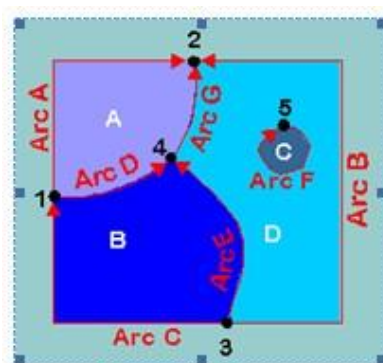


7. ábra A poligonrendszer⁶

Poligon azonosítója	Vonalak darabszáma	Vonal lista
A	3	A, G, D
B	3	C, D, E
C	1	F
D	4	B, E, G, -F

Egy adott poligon leírásához járjuk körül a területet vonalanként az óramutató járásának megfelelő irányban és jegyezzük fel a vonal azonosítóját. Ha valamelyik vonalat ellenkező irányban kell követnünk, negatív előjelet kap a vonalakat leíró táblázatban.

A következő lépés a poligonok szomszédsági viszonyainak leírása.



8. ábra A szomszédsági viszonyok⁷

Vonal azonosítója	Bal poligon	Jobb poligon
A	külvilág	A

⁶ <http://www.colorado.edu/geography>

⁷ <http://www.colorado.edu/geography>

B	D	külvilág
C	külvilág	B
D	A	B
E	B	D
F	D	C
G	A	D

A bal – jobb relációt úgy döntjük el, hogy képzeletben a vonal végén lévő nyíl irányába nézünk és a balra eső poligon nevét írjuk a bal poligon oszlopba, a jobbra lévő poligon nevét írjuk a jobb poligon oszlopba. Megjelent a táblázatban egy új megnevezés, a „külvilág” fogalma. Ennek a fogalomnak a szükségessége egy ellentmondásból ered: a valóságban minden síkbeli objektumnak van szomszédja (a sík végtelen nagy). Mi azonban a térinformatikai adatbázisunkban kiragadunk ebből a síkból egy darabot és azzal foglalkozunk (építési tömb, település, megye, régió, ország, kontinens stb.). Ezért a figyelmen kívül hagyott rész kezelése és a topológiai leírás konzisztenciája miatt szükség van erre fogalomra.

Ha figyelmesen megnézzük a táblázatokat észrevehetjük, hogy a négy táblázat mindegyike relációban van valamelyikkel az egyik mezőn keresztül (pl. a pontok táblázatában is van pont azonosító; és a vonalak táblázatában is szerepelnek a pontszámok). Ez az adatszerkezet egyszerre hierarchikus és kiküszöböli a többszörös tárolás hátrányait (ld. spagetti adatszerkezet). Legnagyobb előnye azonban a szomszédsági, bennfoglalási kapcsolatok leírása. Lássunk néhány példát arra, milyen kérdések válaszolhatók meg a topológia segítségével:

- Melyek az A poligon közvetlen szomszédjai? Az eredmény megtalálásához csak meg kell néznünk mely vonalak alkotják a poligont, majd meg kell találnunk azokat poligonokat, amelyekben szerepel az adott vonal.
- Melyik a legrövidebb út a 3-as és a 2-es pont között? Kövessünk minden vonal kombinációt amely a 3-as pontból a 2-be tart, adjuk össze a hosszakat, amelyeket a pontok listájában szereplő koordinátákból számíthatunk. A kisebbik összeg adja a legrövidebb utat.
- Melyik poligon érhető el a B poligonból a D vonalon keresztül? Csak meg kell keresnünk azt a poligont, amelyben megfordított irányval szerepel a D jelű vonal.

Napjainkban sok térinformatikai adatbázis illetve szoftver használja a topológiai adatszerkezetet. Ezek közül legismertebb az USA népszámlálási hivatalának térinformatikai adatbázisa (TIGER), illetve az ESRI cég szoftverei.

A fentiek alapján foglaljuk össze, hogy milyen lépései vannak a topológia létrehozásának az alapobjektumok esetében:

Pontok: a pontok topológiai leírásához elegendő egy koordináta pár megadása, hiszen ez már meghatározza a többi objektumhoz való viszonyát.

Vonalak: a vonalak esetében először meg kell állapítani a kezdő-és a végpontot (vagyis a vonal irányát), valamint a közbenső töréspontokat. Ez után azt kell leírni, hogy mely pontok alkotják az egyes vonalakat.

Poligonok:

- megállapítjuk az egymást keresztező vonalak metszéspontjait
- a vonalakat poligonokká kapcsoljuk össze
- ellenőrizzük a poligonok zártságát
- minden poligonnak egyedi azonosítót adunk

3. 3.3 A felszín modellezése TIN segítségével

A felszint modellezhetjük raszteres és vektoros adatszerkezet alapján. A felszín vektoros megjelenítésére napjainkban a legfelfogadottabb megoldás a TIN háló szerkesztése.

A felszín – általánosságban – egy attribútum folyamatos eloszlása a sík fölött. Ez az attribútum általában a földfelszín valamilyen szinttől (általában a tengerszinttől) mért magassága. Egyéb térbeli jelenségek is formálhatnak felszint, mint például a népesség, az eső vagy a légnyomás alakulása. A TIN (Triangulated Irregular Network = Szabálytalan Háromszög Hálózat) hatékony és pontos modellje a felszínnek. A továbbiakban a TIN három aspektusát fogjuk tárgyalni:

- a felszín megjelenítése
- a TIN adatszerkezete
- a felszín elemeinek modellezése

A térképen – és a valóságban is – minden földrajzi objektum a Föld felszínén helyezkedik el. Az egyedeket – mint pl. az épületek, utak, földrészetek – kétdimenziós vektorokkal, leíró adatokkal és térbeli kapcsolataik tárolásával jelenítjük meg a térinformatikai adatbázisban. Más egyedek, mint a csatornahálózat, hegygerincek, hegycsúcsok szintén a felszín szerves részei. Ezeket is megjeleníthetjük, mint egyedeket a felszínre merőleges vetületük felhasználásával. Ha azonban valamilyen háromdimenziós elemzést kívánunk végezni – mint hidrológiai elemzés, vagy a láthatósági elemzés – ezeket az egyedeket be kell ágyaznunk a térbe. Ahogyan már utaltunk rá, a raszter módszer is alkalmas a felszínnel bíró jelenségek reprezentálására. Ezért a TIN részletes tárgyalása előtt összehasonlítjuk őket és megvizsgáljuk a két módszer lehetőségeit, korlátait a felszín kezelésében.

3.1. 3.3.1 A felszín raszteres megjelenítése

A raszterek a felszint szabályos rácspontokban elhelyezkedő z-értékek formájában jelenítik meg. Ez általában a terep tengerszint feletti magasságát jelenti, de megállapodás alapján ettől el is térhetünk.

12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12
5	5	6	6	9	9	9	9
5	5	61	62	9	9	9	9
7	7	7	7	9	9	9	9
7	7	7	7	9	9	9	9

9. ábra A felszín raszteres tárolása⁸

Ez az érték nem csak egész szám lehet (mint az ábrán), hanem lebegő pontos érték is. Bármely felszíni pontot kiszámíthatunk a rácspontok közötti egyszerű interpolálással. A rács felbontása – a cellák szélessége és magassága – meghatározza a felszín modell pontosságát (a valódi terephez való hasonlatosságát). A raszteres felszín modellezés nagyon elterjedt, mert sok adat áll rendelkezésre ilyen formában viszonylag alacsony áron. Számos állami szolgálat ilyen formátumban teszi hozzáférhetővé a felszín digitális modelljét. A raszter az elemző funkciók gazdag tárházát nyújtja: térbeli egybeesés vizsgálata, szomszédsági vizsgálat, terjedés vizsgálat, legkisebb költség helyek meghatározása, ráadásul ezek az algoritmusok rendkívül gyorsak.

A raszteres felszínmodellnek hátrányai is vannak: nem jól adja vissza a felszint megszakító alakzatokat (hegygerinc, mesterséges létesítmények határa), a szélső pontok (hegycsúcs) pontos helye nem határozható meg a szabályos rácsháló mentén végzett mintavétel során.

A szabályos rácshálóval történő mintavételezés formáit mutatják be az alábbi ábrák.

⁸ <http://masumbillah.tripod.com/thesis/013.htm>



10. ábra Egyenlő távolságú rács⁹



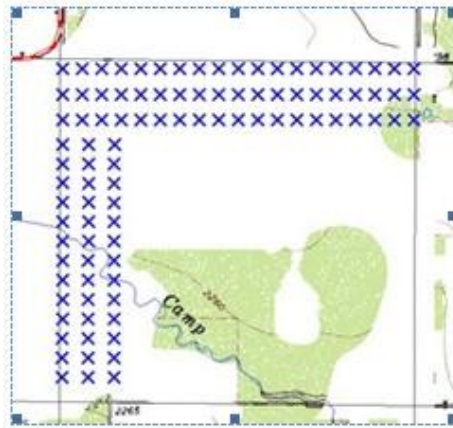
11. ábra Eltolt rács¹⁰



⁹ <http://www.geofrontiers.com>

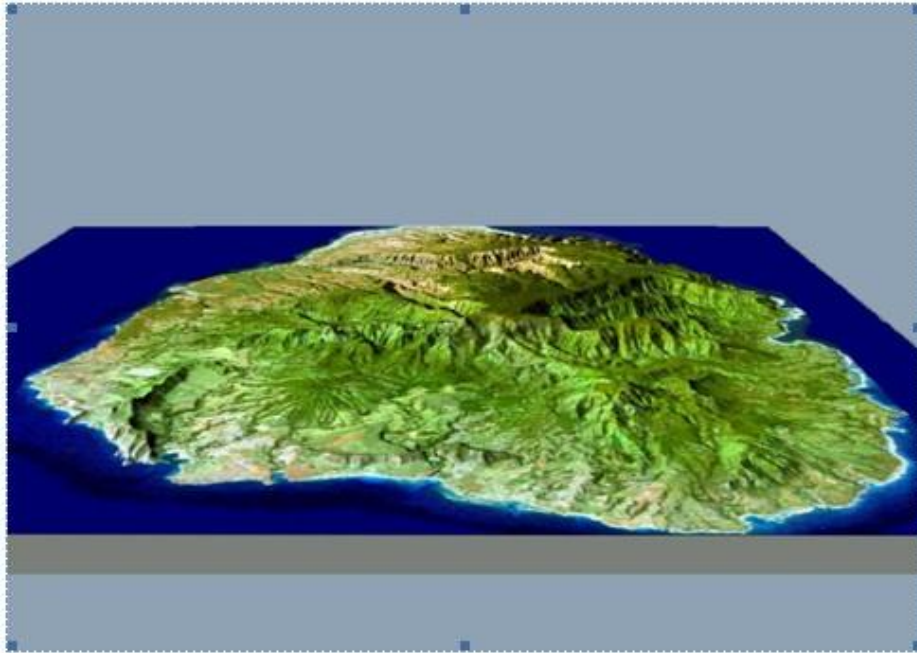
¹⁰ <http://www.geofrontiers.com>

12. ábra Egyenlő oldalú háromszög rács¹¹



13. ábra Változó intenzitású rács¹²

A raszter modell nagyon szép és látványos tud lenni, de az említett hiányosságok miatt inkább a kis méretarányú alkalmazásokhoz való, ahol a helyzeti pontosság és az egyedek esetleges eltűnése nem okoz problémát és nincs szükség a felszínre mérnöki tervezéshez.



14. ábra Raszteres felszínábrázolás¹³

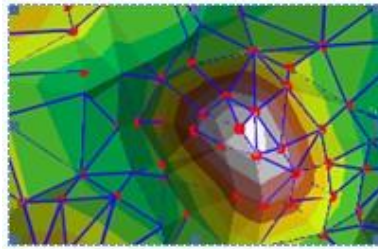
3.2. 3.3.2 A felszín modellezése TIN hálóval

A TIN a felszínt egymáshoz csatlakozó zárt háromszöglapokkal modellezi.

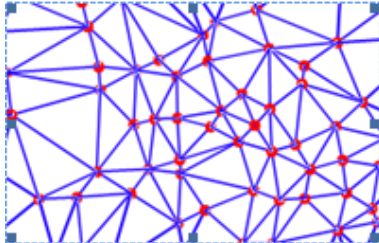
¹¹ <http://www.geofrontiers.com>

¹² <http://www.geofrontiers.com>

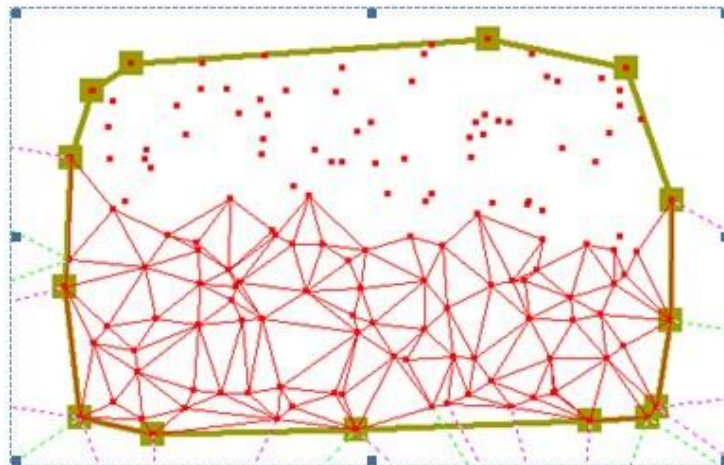
¹³ tomsmappoint.blogspot.com



15. ábra TIN felszínmodell¹⁴



A felszín bármely pontjának magasságát kiszámíthatjuk egyszerű vagy polinomiális interpolációval a háromszögön belül. Mivel a TIN modell támpontjainak eloszlása nem szabályos, változtathatjuk a mintavétel térbeli sűrűségét, így alkalmazkodva a felszín hirtelen változásaihoz. Ez a megoldás szabatos és hatékony felszínmodellezést tesz lehetővé.



16. ábra Példa a támpontok eloszlására¹⁵

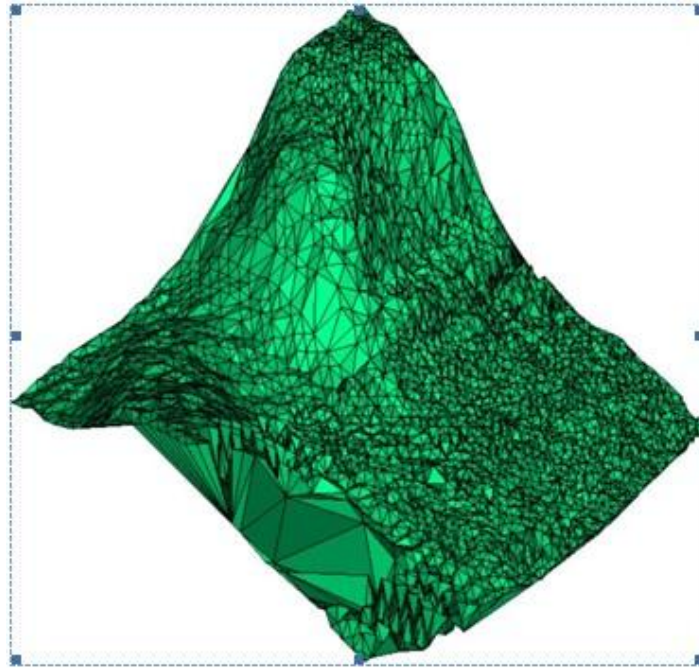
A TIN megőrzi a felszín pontos helyét és alakját. Az összefüggő, homogén magasságú területek (síkok) háromszögdalakkal határolt területekként kerülnek megjelenítésre. A vonalszerű formák (egy dimenzió), mint a hegygerinc, a háromszögdalok láncolatából állnak össze. A szélső pontok (hegycsúcs, gödör alja), a háromszög csúcsával reprezentálható.

A TIN modellben számos elemzést végezhetünk: magasságszámítás, lejtés, kiettség, térfogatszámítás, hosszszelvény és keresztelvény szerkesztés stb. Ezekről részletesen lesz szó a 11. modulban. A TIN egyik hátránya, hogy ritkán áll rendelkezésre kész formában, az adatgyűjtés költséges.


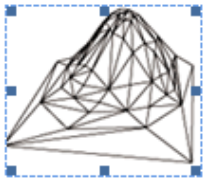
A TIN modell alkalmas nagyméretarányú munkákhoz, mérnöki tervezéshez, ahol a helyzeti pontosság és az alakhűség fontos szempont.

¹⁴ http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=About_TIN_surfaces

¹⁵ <http://www.codeproject.com/KB/recipes/kazumi.aspx>



17. ábra Felszínábrázolás TIN hálóval¹⁶A raszter és a TIN összehasonlítása

<p>A felszín modellezhetjük raszterrel és TIN hálóval.</p> <p>Mindkét modellnek vannak előnyei és hátrányai.</p> <p>A raszter egyszerűen létrehozható és hozzáférhető.</p> <p>A TIN pontosabb felszínmodell ad, de általában adatgyűjtést igényel.</p>	<p>A felszín raszteres modellezése</p> 	<p>A felszín modellezése TIN hálóval</p> 
<p>A felszínmodell pontossága</p>	<p>A raszteres felszínmodell pontosságát a cellaméret határozza meg. Ha növelni akarjuk a modell pontosságát,</p>	<p>A TIN felszínmodellnek változtatható pontsűrűsége van, így alkalmazkodni tud a felszín változásaihoz. A TIN pontosságának</p>

¹⁶ www.cfloor.no

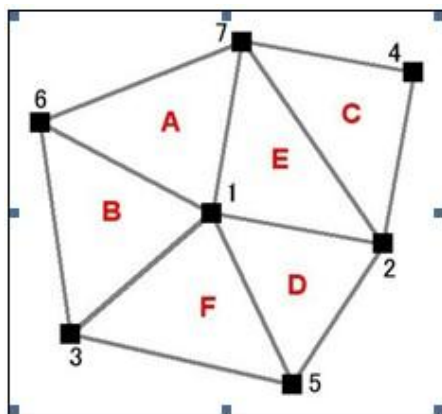
	az egész raszter újra mintavételezésen kell, hogy átessen.	fokozására csak a támpontok számát kell növelni.
A felszínmodell hűsége	A raszter az értékeket csak a cellákon belül tartalmazza. A vonalak, csúcsok helyzete nem határozható meg pontosabban, mint a raszter felbontása.	A TIN modell be tudja fogadni az extrém domborzati formákat: vízfolyásokat, hegygerinceket és hegycsúcsokat. Ezeket koordinátákkal tárolja és lejtőtöréseket törésvonalként kezeli.
Felszínelemzés	Térbeli egybeesés Szomszédság Terjedés Legkisebb költség hely	Magasság, lejtés, kitettség számítása. Szintvonal levezetés. Térfogatszámítás. Hossz – és keresztmetszelvény.
Alkalmazási példák	Kisméretarányú felszínmodellezés Vízgyűjtő lehatárolása Elöntés modellezés	Úttervezéshez földtömegszámítás. Csatornázás. Perspektív megjelenítés.

3.3.3.3 A TIN belső szerkezete

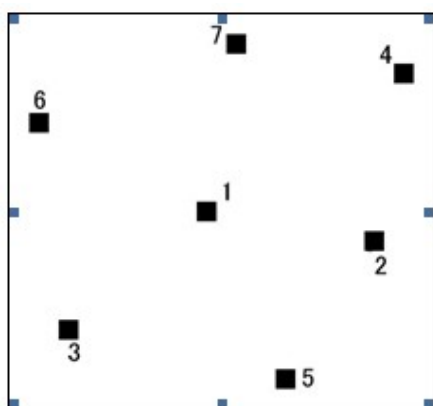
A TIN lehetővé teszi a felszín minden formájának szabatos modellezését. Nemcsak tetszőleges pont magasságát számíthatjuk ki, hanem a terep irreguláris elemeit is tárolhatjuk (törések, extrém pontok).

A TIN definíciója

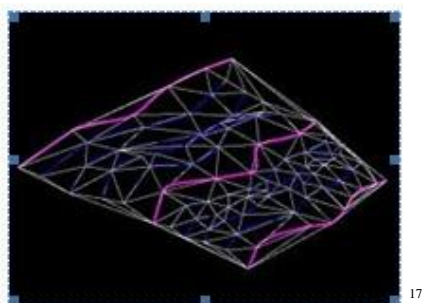
Triangulated: a felszín pontjaiból (támpontok) a felszín modelljét **háromszögekből** állítja elő.



Irregular: a háromszögek a terepen **szabálytalanul** elhelyezkedő pontok alapján kerülnek kialakításra.



Network: minden háromszög topológiai információkat tárol a szomszédjairól, ezért **hálózatot** alkotnak.



Ez a három fogalom tömör leírását adja a TIN-nek. A háromszögelés itt azt jelenti, hogy a támpontokból optimalizált háromszöghálót állítunk elő. Ne feledjük, hogy egy véletlen pontmezőre nagyon sok kombinációban fektethetünk háromszögeket. A háromszög – ellentétben a négyzettel – egyszerűen kezelhető idom és jól helyettesíti az adott helyen a terepfelszínt. A „szabálytalan” jelző a TIN módszer rugalmasságának a kulcsa, ugyanis a támpontok tetszés szerinti megválasztásával alkalmazkodhatunk a terep görbültségi viszonyainak hirtelen változásaihoz. A „hálózat” szó a TIN topológiai szerkezetét tükrözi, lehetővé téve a fejlett felszínelemző szolgáltatásokat és lehetővé téve a felszín tömör tárolását (szemben a nagyméretű raszter állományokkal).

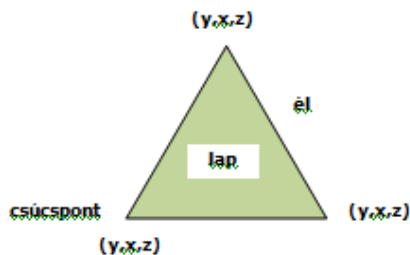
3.4. 3.3.4 A TIN létrehozása

A TIN támpontokon alapul, amelyeket magasságukkal együtt valamilyen úton meg kell határozni. A TIN támpontjait nagyon gyakran fotogrammetriai eljárással határozzák meg két légifénykép alapján sztereofotogrammetriai eljárással. A TIN támpontjai származhatnak terepi mérésekből, digitalizált

¹⁷ www.arch.virginia.edu

szintvonalakból, magassági adattal rendelkező raszterből, fájlban van adatbázisban tárolt pontmezőből, de akár levezethető már meglévő TIN-ből is.

A következő lépésben ezekből a pontokból állítjuk össze a TIN-t. Geometriailag a háromszögek a TIN *lapjai*, a támpontok a háromszögek *csúcspontjai*, a háromszögek oldalait pedig *éleknek* nevezzük. A TIN minden lapja térben helyezkedik el (a csúcspontok magassága eltérő).

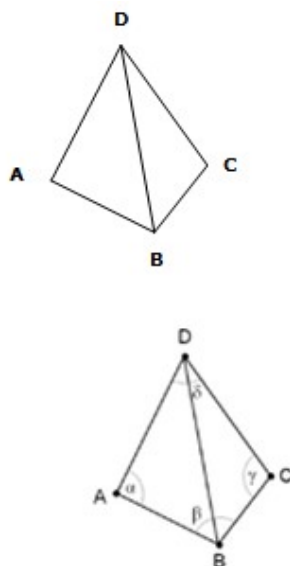


3.5. 3.3.5 A TIN topológiája

Az adott pontokra számtalan variációban illeszthetünk háromszöglapokat. A legtöbb szoftver a *Delaunay módszert* használja. A módszer alapötlete az, hogy a kialakított hálózat összességében minél közelebb álljon az egyenlő oldalú háromszöghálózathoz (mindhárom belső szög közelítsen a hatvan fokhoz). Ez biztosítja az interpolált magasságának legjobb megfelelését a támpontokhoz képest.

C

Az első lépésben a pontokból háromszögeket alakítunk ki és megvizsgáljuk, hogy a háromszögek eleget tesznek-e a Delaunay feltételeknek. Ha nem, akkor más kombinációban kötjük össze a pontokat és újabb vizsgálatot végzünk. Vegyük példának az alábbi négy pontot és kössük össze őket valahogyan:



18. ábra Ez a háromszög háló nem megfelelő, mert az α és a γ szögek összege nagyobb, mint 180 fok.



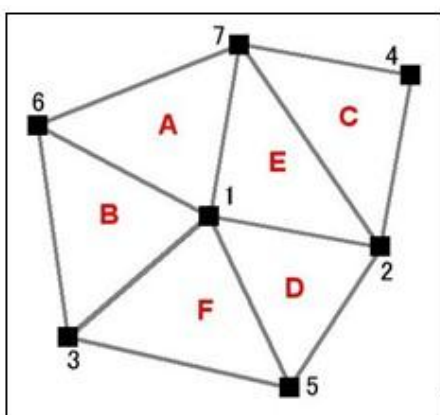
19. ábra Ez a kombináció nem megfelelő, mert a háromszögekre rajzolt körök három pontnál többet tartalmaznak.

A D és a B pontokat összekötő egyenest helyezük át a A és a C pontok közé, és végezzük el újra a vizsgálatot:



20. ábra Ez a TIN teljesíti a Delaunay féle feltételeket

Ezután rátérünk a következő pontkombinációra és addig ismételjük a fenti lépéseket, amíg a teljes pontmezőt be nem fedtük TIN hálóval.



Ha készen vagyunk a hálózattal, táblázatos formában tároljuk a lapokhoz tartozó pontokat és a minden élnek a szomszédos háromszögeit. Ez az adatszerkezet nagyon hasonlít a fejezet elején részletezett topológiai adatszerkezethez azzal a különbséggel, hogy a pontoknak három koordinátájuk van, és az idomok nem lehetnek általános poligonok, csak háromszögek.

Háromszög azonosítója	Pont lista	Szomszéd háromszögek
A	1,7,6	-, B, E
B	1,3,6	-, A, F
C	2,4,7	-, -, E
D	1,2,5	-, E, F
E	1,2,7	A, C, D
F	1,3,5	-, B, D

Megjegyzés: a csúcsokkal érintkező háromszögek nem számítanak szomszédnak.

A fenti táblázaton kívül már csak a pontok koordináta listáira van szükség:

Pont azonosítója	Y	X	Z

a			
1	y1	x1	z1
2	y2	x2	z2
3	y3	x3	z3
4	y4	x4	z4
5	y5	x5	z5
6	y6	x6	z6
7	y7	x7	z7

A háromszögeknek három csúcuk van (tehát a táblázatban csak három szám szerepelhet a pontlistában) és három szomszédjuk van. A mező szélén lévő háromszögeknek lehet csak kettő vagy egy szomszédjuk. Az ok hasonló, mint amit a síkbeli topológiánál részleteztünk a „külvilág” poligonnal kapcsolatban (a domborzat sem ér véget a munkaterület szélénél...).

3.6. 3.3.6 A felszín elmeinek modellezése a TIN-ben

A TIN modell felépítése közben lehetőségünk van arra, hogy a felszín egyes elemeit beépítsük a modellbe. Ilyenek a folyók, utak, kiugró pontok stb. A terep extrém pontjai döntően befolyásolják a terepmodell minőségét. Ezeket a pontokat bevihetjük szintvonalas térképről is, de jobb, ha terepi mérés vagy fotogrammetriai kiértékelés alapján tesszük, mert a kiértékelő jobban meg tudja ítélni a pont hatását a környező terepre nézve.

A felszín elemeinek kezelése

Az alábbi ábra egy átlagos felszínt ábrázol:



Pontszerű felszín elemek

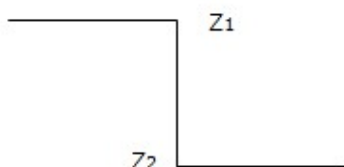
A felszín olyan pontjai, amelyek jellemzőek a felszínre (legmagasabb pont, legalacsonyabb pont, stb). Ezeknek mindig mért – és nem interpolált – magasságuk van. A vízszintes helyzetük és a magasságuk nem változhat.

Vonalas felszín elemek

A *törésvonalak* olyan felszíni vonalak, amelyeket vagy a természet hozott létre (hegygerinc), vagy emberi tevékenység eredménye (mérnöki műtárgyak). Két típusa van a törésvonalnak: „kemény” törésvonal és „puha” törésvonal.

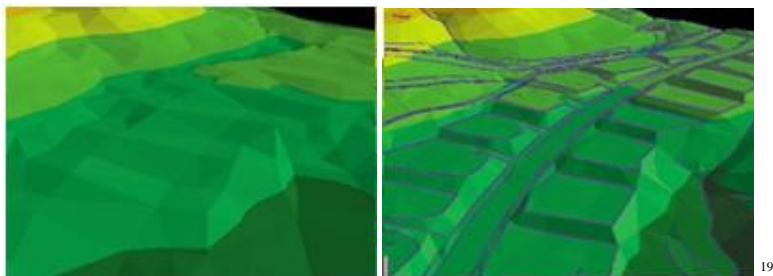
A *kemény törésvonal* szakadást jelent a lejtésben, vagyis olyan hely, ahol egy Y,X koordinátához több magasság (Z) tartozik (pl. szakadék)

¹⁸ http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Creating_TIN_surface_data_from_vector_data



A természetben minden más helyen egy vízszintes koordinátaához csak egy magasság tartozhat.

A *puha törésvonal* lehetővé teszi élek hozzáadását a felszínhez, de ez nem jelenti a lejtő szakadását. A domboldalra berajzolhatjuk az út széleit, de ez nem jelenti a domboldal lejtésének megváltozását.



A két kép ugyanazt a domborzatot ábrázolja. A baloldali rajzon nem vettük figyelembe a terepen húzódó puha törésvonalakat, a jobb oldali rajzon igen, a különbség szembeötlő.

Foltszerű felszín elemek

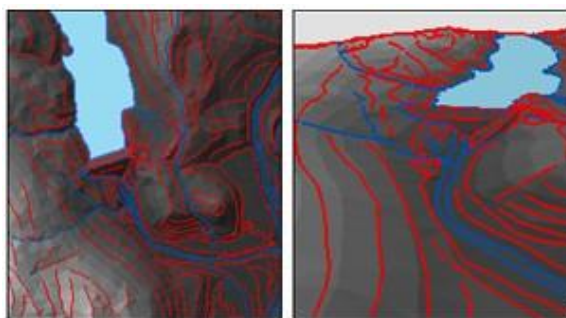
Gyakran előfordul, hogy a terepmodell egy részét ki akarjuk emelni a teljes modellből, mert arra a részre eltérő szabályok vonatkoznak (pl. egy tó felszíne). A másik oka a foltok (poligonok) alkalmazásának, hogy a modellünk szélét valahol le akarjuk határolni. Nézzük meg a poligon felszíni elemek típusait.

Helyettesítő poligon: ez a poligon a határán és a poligon belsejében egy állandó magasságot rendel minden ponthoz. Helyettesítő poligont alkalmazunk, például tavak, víztározók modellbe illesztésekor.

Törölő poligon: ez a poligon jelöli a modell azon területét, amelyen belül nem lehet interpolációt végezni. Az elemző funkciók, mint a területszámítás, szintvonalrajzolás, magasság számítás stb., figyelmen kívül hagyják ezt a területet.

Metsző poligon: megjelöli azokat a területeket, amelyen túl már nem kell interpolációt végezni (pl. munkaterület határa). Az elemző funkciók, mint a területszámítás, szintvonalrajzolás, magasság számítás stb., figyelmen kívül hagyják ezt a területet.

Kitöltő poligon: egész számokat rendel hozzá a TIN lapokhoz (nem konstansokat – ebben tér el a helyettesítő poligontól). A poligonon belül nem lehet megváltoztatni a magasságokat, törölni vagy részeket eltávolítani. Kitöltő poligon lehet például egy tervezett rézsú, mint mesterséges felszín.



21. ábra A felszíni elemek szemléltetése²⁰

¹⁹ http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Creating_TIN_surface_data_from_vector_data

²⁰ http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisdesktop/com/gp_toolref/geoprocessing/surface_creation_and_analysis.htm

Az ábra ugyanazt a területet mutatja felülnézetből és madártávlatból. A TIN felszínmodell készítésénél figyelembe vették a felszín pontszerű egyedeit (hegycsúcsok), vonalszerű egyedeit (a kék a vízfolyás, a piros a lejtő hirtelen változása), és foltszerű egyedeit (a kék folt egy víztározó).

A fejezet végén ejtsünk néhány szót a TIN modellről általában. A TIN a felszínt modellezi úgy, hogy minden ponthoz egy darab Z értéket kapcsol. Érdekes tulajdonsága a TIN adatszerkezetének, hogy térbeli pontokat ad meg, de a háromszög lapok topológiai leírása síkbeli. Emiatt sok szakirodalomban két és fél dimenziósnek nevezik a TIN modellt. Ez persze nem túl precíz megnevezés, de rávilágít arra a tényre, hogy bár a modellnek háromdimenziós pontjai vannak, de minden pontnak csak egy Z értéke lehet. A TIN előnye az egyszerű algoritmusok használata, a megadott környező Z értékekből csak egy magasságot kell interpolálnia. A TIN kétségtelen hátránya viszont, hogy nem tudja modellezni az olyan – egyébként ritka – jelenségeket, mint a negatív lejtő, a kihajló sziklafal, vagy a barlangok (általában a homorú felületek). Ez a tulajdonság azonban a gyakorlati alkalmazásban nem jelent komoly hátrányt.

4. 3.4 Összefoglalás

A modulban részleteztük a térinformatikai adatbázis építésének kérdéseit, ezek közül részletesen foglalkoztunk a vektoros és a TIN adatszerkezettel. Megismerkedtünk a térbeli egyedek vektoros leképezésének részleteivel. Foglalkoztunk a vektoros adatszerkezetek fejlődésével, részletesen kifejtjük a ma egyeduralgató topológiai leírást. A harmadik dimenzió vektoros leképezési formája a TIN hálózat, ezért a modulban ezt is bemutattuk.

Önellenőrző kérdések

- Hogyan jön létre a vektoros adatmodell és milyen típusai vannak?
- Melyek a spagetti adatszerkezet előnyei és hátrányai?
- Melyek a CAD adatszerkezet előnyei és hátrányai?
- Milyen lépései vannak a topológia létrehozásának?
- Mi a TIN?
- Hogyan modellezzük a felszínt a TIN segítségével?
- Hasonlítsa össze a raszteres és a TIN felszínmodellezést!
- Milyen felszín elemekkel egészíthetjük ki a TIN hálózatot?

Irodalomjegyzék

Márkus Béla: *NCGIA Core Curriculum – Bevezetés a térinformatikába*, EFE FFFK, Székesfehérvár, 1994

Márkus Béla – Végső F. : *Térinformatika*, EFE FFFK jegyzet, Székesfehérvár, 1995

Detrekői Ákos – Szabó Gy.: *Térinformatika*, Nemzeti tankönyvkiadó, Budapest, 2002

Michael Zeiler: *Modeling Our World*, ESRI Press, 2006

Térinformatikai cégek webhelyei

David J Maguire, Michael Goodchild, David Rhind: *Geographical Information systems*, Longman Scientific & Technician