

DIGITÁLIS DOMBORZATMODELLEK ELŐÁLLÍTÁSI TECHNOLÓGIÁI ÉS MINŐSÉGI PARAMÉTEREI

Absztrakt

A térinformatikai szoftverek egyre szélesebb köre képes kezelni a digitális magassági modelleket. A felhasználók egyre többféle, különböző módon előállított digitális magassági modellekhez juthatnak hozzá. Ahhoz, hogy ki tudjuk választani a megoldandó feladat igényeit kielégítő digitális magassági modellt, szükséges ismerni azok előállítási technológiáit és minőségi paramétereit. A nem megfelelő tulajdonságokkal rendelkező adatbázisok téves, vagy hibás következtetéseket, eredményeket szolgáltathatnak. Ezért fontos ismerni a digitális magassági modellek jellemzőit, fő pontossági mérőszámait.

Increasingly wider range of the GIS softwares can handle digital elevation models. The users could come by increasingly various digital elevation models, made by different methods. For choosing the right digital elevation models, you need to know their production techniques and quality parameters. The databases, which have no suitable characteristic, could result in false or erroneous conclusion, effects. So, you need to know the characteristic qualities, main accuracy indexes of the digital elevation models.

Kulcsszavak: magassági modell, Digitális Domborzat Modell, DDM, DFM, DSZM,

BEVEZETŐ

Napjainkban a technika fejlődésének hatására a gazdaság mind több ágában – *térképészettel kezdve, a külszíni bányászaton, a mezőgazdaságon, a telekommunikációs és egyéb infrastrukturális hálózatok tervezésén és üzemeltetésén át a honvédelmi és katasztrófa-elhárítási feladatok végrehajtásáig* – a napi gyakorlati munkához igénylik a Föld felszínének, domborzati viszonyainak mind pontosabb, megbízhatóbb és naprakész ismeretét.

A Föld felszínének bonyolultsága és méretének nagysága nem teszi lehetővé, hogy egy, matematikailag viszonylag könnyen kezelhető függvénnyel leírjuk.

E probléma megoldására több eljárást dolgoztak ki:

- a matematikai függvénnyel kezelendő terület méretét csökkentik, vagy
- a felületet – *megfelelő sűrűségben elhelyezkedő* – diszkrét pontokkal modellezik.

A már létező és kialakítandó adatbázisok meghatározásakor – *adatstruktúrális és kezelhetőségi szempontokat is figyelembe véve* – elsősorban a szabályos elhelyezkedésű, diszkrét pontokkal való felületleírást alkalmazzák.

Az ország területéről ilyen 10×10 méteres felbontású Digitális Domborzat Modellel (*továbbiakban DDM*) már rendelkezik a Honvédelmi Minisztérium Térképészeti Közhasznú Társaság (*továbbiakban HM TKHT*) (Sass, 1993).

A Földmérési és Távérzékelési Intézetben (*továbbiakban FÖMI*) jelenleg folyik az ország teljes területét lefedő, 5×5 méteres rácsméretű DDM végleges kialakítása (*Iván 2000*). (*A domborzati fedvények nyers és sztereofotogrammetriai módszerrel javított vektorizált változatát már szolgáltatják.*)

A Digitális Topográfiai AdatBázis (*továbbiakban DITAB*) szabványkézírata (*Magyar Szabvány MSZ 7772-2T: 2000*) a rácscellák oldal-hosszúságát 5-30 méterben – *a terep jellemzőitől függően* – határozza meg.

Cikkemben összefoglalom a térinformatikai alkalmazások által alkalmazott digitális terepmodellek előállítási technológiáinak jellemzőit, valamint a térinformatikai adatok minőségvizsgálatának folyamatát.

DIGITÁLIS MAGASSÁGI MODELLEK

A DDM-k előállítási technológiáinak tárgyalásához szükséges a különböző magassági adatrendszer fogalmak tisztázása.

Az MTP a DITAB-hoz kapcsolódóan a következő magassági adatrendszereket különbözteti meg (*Bakó 1999*):

- **Digitális Domborzat Modell** (*továbbiakban DDM*): a terep – *a talaj* – fizikai felszínének meghatározott rendszer szerint elhelyezkedő diszkrét pontokban megadott magassági adatai.
- **Digitális Szintvonal Modell** (*továbbiakban DSZM*): a terep fizikai felszínének azonos magasságban elhelyezkedő pontok rendszerével, szintvonalakkal való leírása.
- **Digitális Felszín Modell** (*továbbiakban DFM*): a terep és tereptárgyak felülről látható felszínének – *a felszínfedettség figyelembevételével* – magassági adatai.

A megfogalmazásokból kitűnik, hogy a DDM és DSZM között adatstruktúrális, DDM és DFM között pedig adattartalmi különbségek vannak.

A DDM létrehozásának folyamatát három fázisra tagolhatjuk (*Divényi 1986*):

- adatgyűjtés;
- modellezés és
- eredmények felhasználása.

Az **adatgyűjtés** a DDM létrehozásához szükséges elsődleges adatok (*elsődleges adatmodell*) nyerését jelenti.

A **modellezés** két részfolyamatból, a modellépítésből és a modellkiértékelésből áll össze. A modellépítésen az elsődleges adatmodell adatai közötti kapcsolatrendszer kialakítását, a modellkiértékelésen a DDM másodlagos adatmodelljének felépítését értjük. Ennek megfelelően a modellkiértékelés foglalja magába az interpolációs és approximációs módszereket, az információt előállító eljárásokat és ezen folyamatok eredményeit megjelenítő algoritmusokat is.

Az **eredmények felhasználásának** témaköre felöleli a kialakított DDM alkalmazásának lehetséges formáit, mint például ortofotó készítés, szintvonal szerkesztés különböző méretarányokban való megjelenítéshez, lejtőkiettségi térkép, hossz- keresztmetszvények előállítása, összelátásvizsgálat stb.

Digitális Domborzat Modellek előállítása

A DDM elsődleges adatmodellje háromféle mérési technológiával állítható elő:

- földi felmérés,
- távérzékelési módszerek és
- kartometriai technológiák.

Az előállítási eljárások domborzatmodellezési szempontból lényeges jellemzői a következőkben foglalható össze.

Földi felmérés

Eljárásai a topográfiai felmérés (*tachimetria*, *GPS*) és a területszintezés (*magasságilag jellegtelen területen*).

A topográfiai felmérés, technológiájából adódóan adatszerkezete szabálytalan, szórt pontthalmazra vonatkozó: Psz, y, x, z , kód.

A területszintezés szabályos rácsháló mentén történik így adatszerkezete:

- fejrész ($y_0, x_0, a, dy, dx, m, n$);
- Z_i .

A fejrész adja meg a rácsháló helyzetét, irányát, felosztását és méretét.

A felmérés pontosságát a mérési eljárás és műszerek, illetve a bemért pontok azonosítási megbízhatósága befolyásolja. Az adataiból generált DDM megbízhatóságát a bemért pontok pontossága és sűrűségeloszlása befolyásolja.

Használata nagyobb terület felmérése esetén idő- és költségigényes, ezért csak kivételes esetekben célszerű alkalmazni (*ÁFTH 1966*).

Alkalmas közvetlenül DDM és DFM, közvetve DSZM előállítására.

Távérzékelési módszerek

Mérőkamerás felvételek kiértékelése

Kiértékelési technológiái:

- szintvonalrajz közvetlen kiértékelése,
- profilmérés,
- rácsmérés és
- automatikus domborzatkiértékelés.

Szintvonalrajz kiértékelése

Adatstruktúrája: $Z, y_1, x_1, y_2, x_2, \dots, y_i, x_i$, végjel. Az idomvonalak és a terep magasságilag jellemző pontjai, törésvonalai kiértékelhetők, a szintvonalrajz elkészítése során figyelembe vehetők.

Profilmérés

Adatfelépítése: y_i, x_i, z_i . Adatsűrűsége a profil mentén változó, de a metszetek távolsága állandó.

Rácsmérés

Adatfelépítése homogén, de nem megfelelő rácsméret választása esetén a terep jellemző formái nem fejezhető ki. E probléma kiküszöbölhető helyi sűrítéssel, ami viszont az adatszerkezet egységét bontja meg.

Adatszerkezete: - fejrész ($y_0, x_0, a, dy, dx, m, n$);
- z_i .

Automatikus domborzatkiértékelés

Az automatikus domborzatkiértékelés (*automatic matching*) a digitális fotogrammetriai feldolgozószoftverek kifejlesztésével vált lehetővé. A felszín automatikus kiértékelése (DFM) történhet a rácsmérés elve alapján, vagy a fénykép jellemző vonalai, élei mentén. Az így előállított DFM megfelelő digitális ortofotó készítéséhez. Az eljárás alkalmazásánál gondot okozhatnak a visszahajló felületek, illetve a kitakart, információmentes területek.

A fotogrammetriai kiértékelés pontosságát elsősorban a felhasznált fotóalapanyag jellemzői – *méretarány, fotográfiai tulajdonság* – és az illesztőpontok megbízhatósága befolyásolja, de a kiértékelő személy gyakorlati jártassága, és analóg eljárásnál, meghatározók a kiértékelő műszer paraméterei is.

Új felvételek készítése esetén alapköltsége magas, archivált (*régebben készített*) képek felhasználása során e tényező jelentősen alacsonyabb. Kisebb területek kiértékelése nem gazdaságos.

Alkalmas közvetlenül DFM, nyílt, nem fedett terep esetén DDM és DSZM előállítására.

Radar és lézeres magasságmérő rendszerek

Az elmúlt években kerültek bevezetésre a korszerű digitális magasságmérő technológiák. Ezek alkalmazhatók mind repülőgépek (*Light Detection And Ranging – LIDAR, Interferometric Synthetic Aperture Radar – IFSAR*), mind műholdak (*Shuttle Radar Topographic Mapping – SRTM*) fedélzetéről.

A pásztázó leképzési módszer megköveteli az utólagos feldolgozást (*Davis, 2004*). Nagy területek mérhetők fel rövid idő alatt.

Elsődleges adatfelépítése szórt pontos, utófeldolgozás után szabályos rácsháló:

- fejrész ($y_0, x_0, a, dy, dx, m, n$),
- z_i .

Pontosságát az adott technológia paraméterei határozzák meg.

Kisebb pontosságú változatai (pl.: *3x3 másodperces [75x90 m] rácshálóban*) ingyen hozzáférhetők.

Az eljárással, az alkalmazott hullámhossz függvényében DFM, vagy DDM állítható elő

Kartometria

Meglévő térképi alapok feldolgozását, szintvonalrajzának digitalizálását, vagy domborzati föliájának szkennelését jelenti.

Digitalizálás

Adatfelépítése célszerűen: $z, y_1, x_1, y_2, x_2, \dots, y_i, x_i$, végjel, illetve: y_i, x_i, z_i . Látszólag ez is szórt pontállomány, de sűrűségeloszlása nem egyenletes, ami a további feldolgozásnál problémát okozhat.

Szkennelés

A térkép domborzatrajzi oleátájának szkennelése során gondot okozhat az alapanyag minősége (*háttérzaja*), tartalmi hiányok (*megszakítások*) valamint többlet információk (*jelkulcsi elemek*) jelenléte. A hiányosságok korrigálása általában manuális javítással történik (*Katona E. 1995*). Az így megjavított raszteres adatállomány további feldolgozása történhet raszteres, vagy vektoros technológiával.

A kartometriai eljárások pontosságát a feldolgozandó térkép ábrázolási megbízhatósága, az alapszintközeinek távolsága és a digitalizáló eszköz pontossága, illetve a szkennelés felbontása határozza meg. Ebből adódóan – *mivel levezetett adatokat alkalmaz* – megbízhatósága kisebb.

Aktualitása a térkép felmérési idejére vonatkozik. Költségigénye alacsony. Megfelelő minőségű alapanyag használata esetén jól automatizálható. Adatszerkezetében az idomváz felépítése nem tárolható.

Alkalmos közvetlenül DSZM, közvetve DDM, attribútumadatok felhasználásával DFM előállítására.

Fontosabb térbeli interpolációs és approximációs eljárások

A térbeli interpolációk alkalmazási köre sokrétű:

- felület megjelenítése,
- adatstruktúra átalakítása (*szabályos rácsháló levezetése*),
- újramintavételezés (*adatok sűrítése, ritkítása*),
- felszínanalízis (*a felület valamely jellemzőjének kiszámítása, szintvonalrajz generálása, hossz- és keresztmetszvények számítása*).

„Térbeli interpoláció az az eljárás, amely a rendelkezésre álló megfigyelések által meghatározott térség mintavételével nem rendelkező pontjaiban becslést ad a vizsgált tulajdonságok értékére. ... A térbeli interpoláció azon feltevésen alapul, hogy a térben egymáshoz közel elhelyezkedő pontok értéke nagyobb valószínűséggel hasonló, mint az egymástól messze lévő pontoké (*Tobler törvénye a geográfiára*)” (Závoti J. 1994).

Az idézett megfogalmazás tömören és lényegre törően összegzi a térbeli interpoláció feladatát és megoldásának elvét. A feladat végrehajtása sajnos nem ilyen egyszerű. A térbeli interpoláció megvalósítására, mint az interpolációkra általában többféle eljárást dolgoztak ki.

Térbeli interpolációk csoportosítása

A térbeli interpolációs algoritmusok több szempont alapján is csoportosíthatók:

- adatstruktúrák felépítése,
- hatásterület mérete,
- visszaadott érték eltérése,
- felület modellezése és
- felület változásának dinamikája szerint.

Adatstruktúra felépítése szerinti felosztás

Az adatstruktúrák felépítése szerint diszkrét pontokra (*inkomplett*), vagy felületekre (*komplett*) épülő számítási metódusok lehetnek.

Az elkülönülő pontokra alapuló eljárások pontigénye általában kisebb.

A felületekre épülő eljárások alkalmazása esetén a szükséges pontok számát a felület meghatározásához, illetve csatlakozási tulajdonságai biztosításához igényelt pontszám határozza meg.

A DDM-ek adatgyűjtési technológiáiból eredően a diszkrét pontokra alapuló eljárások a gyakorlatban gyakrabban alkalmazott algoritmusok.

Hatásterület mérete szerinti felosztás

Az interpoláció hatásterület szerint lehet lokális, vagy globális eljárás.

A lokális területre kiterjedő algoritmusok csak a vizsgálandó helyre mérvadó befolyással lévő pontok adatainak számításba való bevonását igénylik, így pontigényük természetesen kisebb, a helyi információkat jobban megtartják.

A globális interpolátorok egyetlen függvénnyel modellezik a leírandó felületet. Egy új pont függvényértékének meghatározásába minden pontnak hatása van. Ezen tulajdonságokból kifolyólag számításigényes, a helyi jellemzőket elsimító eljárások.

Visszaadott érték eltérése szerinti felosztás

E csoportosítás alapján egzakt és közelítő interpolátorokat különböztetünk meg.

Az egzakt eljárások a számításba bevont pontokon a bevitt adat pontos értékét adják vissza (*a felület minden ponton áthalad*).

A közelítő interpolátorok a felület meghatározásakor a támpontok paraméter-meghatározási bizonytalanságait is figyelembe veszik, a helyi, hirtelen változásokat elsimítják, a kiugró értékeket „elkenik”. „Az a nézet kerül alkalmazásra, hogy sok adathalmaz esetében léteznek lassan változó globális trendek, és ezekhez a trendekhez lokális fluktuációk adódnak, melyek viszont gyors változásúak, és így bizonytalanságot (*hibát*) eredményeznek a rögzített értékekben” (Závoti J. 1994).

Felület matematikai modellezése szerinti felosztás

Felület matematikai modellezése szerint az interpolátorokat sztochasztikus, vagy determinisztikus metódusoknak tekinthetjük.

A sztochasztikus módszerek a felületek meghatározásához a véletlen tömegjelenségek statisztikai feldolgozására kidolgozott eljárásokat (*legkisebb négyzetek módszerét*) adoptálja, ehhez nagyszámú fölös mérés feldolgozását igénylik.

A determinisztikus módszerek a feldolgozás során nem alkalmazzák a valószínűségelmélet eredményeit, így kevesebb pont számításba való bevonása is megfelelő eredményt szolgáltat.

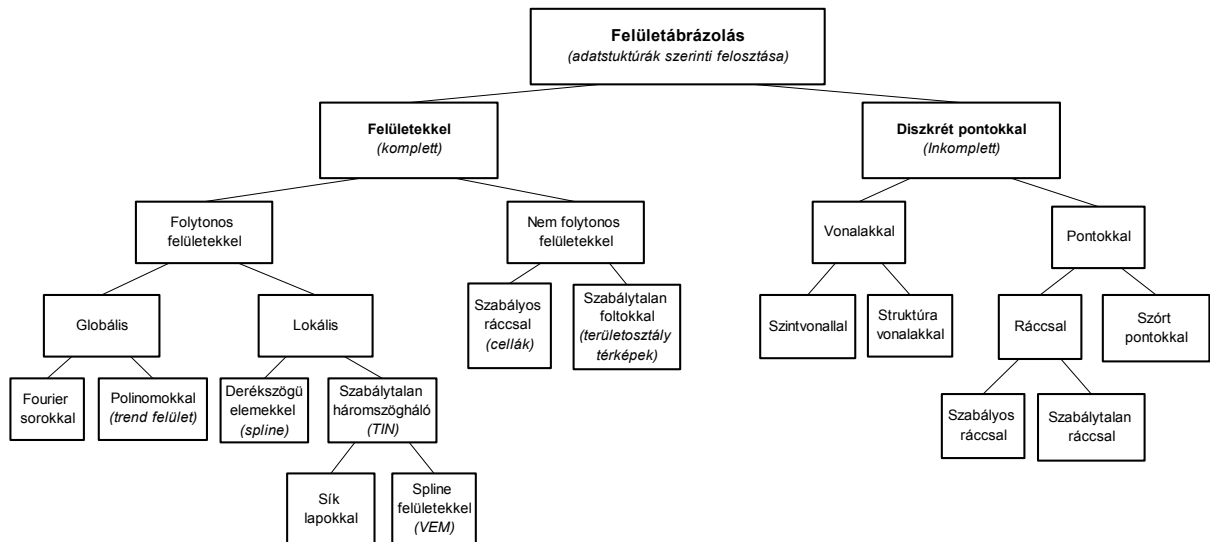
Felület változásának dinamikája szerinti felosztás

E felosztás szerint az interpolátorok lehetnek fokozatos, vagy gyors változású eljárások.

A fokozatos változású metódusok hatásterülete általában nagyobb, a számítás végrehajtásához nagyobb, egyenletesen eloszló ponthalmazt alkalmazó eljárások.

A gyors változású interpolátorok esetében a támpontok sűrűségeloszlása szabálytalan is lehet, a feldolgozás megengedi törésvonalak bevonását a felület modellezési folyamatába.

Természetesen egyetlen interpolációs eljárást sem sorolhatunk be szigorúan csak egyetlen csoportba. A térbeli interpolációs algoritmusok, az adatstruktúra felépítésén alapuló összefoglalását az 1. ábra szemlélteti (Jones, 1997).



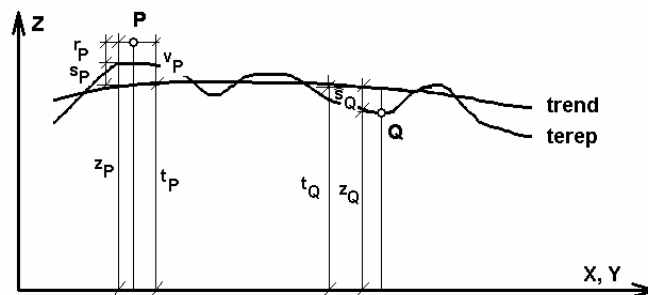
1. ábra: A térbeli interpolációs eljárások adatstruktúra felépítésén alapuló felosztása

Néhány fontosabb térbeli interpolációs eljárás

Legkisebb négyzetek módszerén alapuló kollokáció

Ha megmérjük egy időben állandó sztochasztikus folyamat egyes pontjaihoz tartozó értékeket (z_P), a folyamatot leíró trendfelület a $S(vv) = \text{minimum}$ feltétel mellett meghatározható. A z_P érték v_P javítása a mérést terhelő s_P szabályos hibára (*jelre*) és r_P véletlenjellegű hibára (*zajra*) bontható fel (2. ábra): $z_P = t_P + v_P = t_P + s_P + r_P$.

Így egy új pont értéke meghatározható: $z_Q = t_Q + \hat{s}_Q$. Ahol \hat{s}_Q a nem mért pont értékéhez tartozó javítás.



2. ábra: Legkisebb négyzetek módszerén alapuló kollokáció

Szórt pontos adatrendszerre épülő eljárások

A diszkrét adatstruktúrára épülő legegyszerűbb interpolációs eljárásokat a **dinamikus felületekkel** való közelítés szolgáltatja. Lényege, hogy minden új pontban új felület meghatározásából ad becslést. A felület lehet vízszintes sík, ferde sík, vagy másodrendű polinom. Általános egyenlete: $z = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{20}x^2 + a_{11}xy + a_{02}y^2$.

A felület típusa a számításba bevont tagok számától függ.

Legegyszerűbb közelítés (*csak az a_{00} tag figyelembevételével*) a **vízszintes sík**. A sík a környező pontok súlyozott középértéke, a meghatározott felület lépcsős (*a szomszédos felületelemek között az átmenet függőleges*).

Jobb eredményt szolgáltat a **ferde síkkal** való közelítés. E két eljárás adatszükséglete viszonylag alacsony, de érzékeny a pontsűrűség-eloszlási anomáliákra.

A **másodrendű polinommal** előállítható felület a terep görbületeihez még jobban illeszkedik, de jóval több pontot igényel. Információhiányos területen, vagy a terület széleinél a felület a tereptől erősen eltérhet, nem valós domborzati viszonyokat adhat eredményül (*a felület „belenghet”*).

Az együttthatók meghatározását célszerű több ismert pont felhasználásával súlyozva, a legkisebb négyzetek módszere alapján kiegyenlítéssel meghatározni.

Az eljárás minimális pontigényét az alkalmazott felület típusa (*fokszáma*) határozza meg:

$$n_{\min} = 1 + p \left(\frac{p+3}{2} \right)$$

A dinamikus felületek módszere technológiájából adódóan, nagyobb területre kiterjedő interpolációs módszer, ezért a helyi, gyors változások visszaadására nem képes.

A helyi viszonyok kifejezésére alkalmasabb eljárások a **polinomfelületeket** alkalmazó interpolációk. Lényegük, hogy a terepet az adatszerkezetből eredő legkisebb felületelemre (*szabályos adatstruktúra esetén rácshálószerre, szabálytalan adatstruktúra esetén háromszögű hálószerre*) meghatározott polinomfelületekkel közelítik.

A gyakorlatban első-, másod-, és harmadrendű polinomokat használnak. Magasabb fokú polinomok alkalmazását mellőzik a meredeken növekvő adatigény (p^2), és az előző eljárásnál már említett „belengés” miatt.

A polinomfelületekkel interpoláló algoritmusok alapképlete a következő biköbös

polinomösszefüggés: $z = \underline{x}^T \underline{A} \underline{y} = \begin{bmatrix} 1 & x & x^2 & x^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{00} & a_{01} & a_{02} & a_{03} \\ a_{10} & a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{20} & a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{30} & a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ y \\ y^2 \\ y^3 \end{bmatrix}$.

A polinom paraméterértékeinek meghatározása a támpontok magassági, és egyéb, a lejtésviszonyokra jellemző adatai alapján történik (*Divényi 1986*).

A meghatározott felület, szabályos rácshálós adatszerkezet esetén, x és y koordinátatengely irányú metszetei harmadfokú polinomgörbék, ugyanakkor két szomszédos polinomfelület x = konstans, illetve y = konstans csatlakozás mentén, azonos tereplejtési adatokkal rendelkezik x, illetve y irányban.

Ezért ezt az eljárást főként szabályos adatstruktúrájú, szabályos rácshálós adatszerkezetű felületmodellek interpolációs feladatainál alkalmazzák.

A biköbös polinomösszefüggésből egyszerűsítésekkel levezethető a 4 tagú **bilineáris**

polinomösszefüggés: $z = \begin{bmatrix} 1 & x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{00} & a_{01} \\ a_{10} & a_{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ y \end{bmatrix}$

Ez a polinomfelület a hiperbolikus paraboloid, más néven nyeregfelület, amely négy rácshálópont magassági értékeire illeszkedik.

A bilineáris interpoláció térképészeti célú felhasználása nagy jelentőséggel bír.

Raszteres adatrendszerre épülő eljárások

A raszteres interpolációs eljárások közös tulajdonsága, hogy a számítási algoritmus nem túl bonyolult, de megfelelő eredményt csak többszörös iteráció után szolgáltatnak, ezért időigényes metódusok.

Az egyik alkalmazott metódus a **membrán modell** eljárás. Az iteráció menete két részre bontható.

Az első lépés a **kezdő-értékadás**, amikor valamilyen rendszer szerint minden raszterponthoz hozzárendelnek egy előzetes magassági értéket. (*Az előzetes és a valódi érték különbsége hatással van az iteráció lépésszámára*).

Ezt követi a **relaxáció** (*iteráció*), melynek folyamán lokális szomszédsági műveletek végrehajtásával (*a négy szomszédos elem átlagának képzésével*), a szintvonalak értékének rögzítésével az iterációt addig végzik, amíg megfelelő domborzatot kapnak.

Ez az eljárás a szintvonalak közé minimális felszínű felületet feszít ki.

A fentiekből következik, hogy ez az eljárás szintvonalhiányos (*sík*) területen meglehetősen lassú, és a terep domborzati viszonyait nem képes helyesen visszaadni (*a szintvonalak mentén törések léphetnek fel, a lokális minimum, maximumhelyek eltűnnek, sík területté alakulnak át*).

A membrán modell lassúságát küszöböli ki a **multigrid technika**. Elve a digitális képfeldolgozásban ismert képpiramis technikához hasonló. A mátrix előzetes értékeinek meghatározása egy erősen lecsökkentett felbontású mátrixból, redukált DSZM mátrixból kiindulva a felbontás fokozatos növelésével történik. Így eredményül lényegesen jobb előzetes értékeket kapunk, ami az iteráció lépésszámát nagyságrendekkel lecsökkenti. Azonban a membrán modell domborzatmegjelenítési hibáit ez az eljárás nem szünteti meg.

E hiányosságot küszöböli ki a **vékony lemez-modell** (*thin plate*) eljárás. Ez a módszer az előzőekkel ellentétben minimális görbületi energiájú felületet állít elő. Így a szintvonalaknál jelentkező törések megszűnnek és a lokális minimum, maximumhelyek is megjelennek.

Az eljáráshoz az előzetes értékeket a multigrid eljárással szolgáltatják.

Az iterációs eljárás során a szomszédos rászterpontok x és y irányú differenciáinak minél egyenletesebb változását biztosítják (*közel számtani sorozatot alkossanak*).

Ez szemléletesen azt jelenti, hogy egy 5×5 rászterelem méretű szűrő maszkkal végzik az egyes elemek magassági értékének meghatározását (*Katona E. 1995*).

$$\text{A szűrő maszk} \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\frac{1}{16} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{4} & 0 & 0 \\ -\frac{1}{16} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & -\frac{1}{16} \\ 0 & 0 & \frac{1}{4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{16} & 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ alakú.}$$

A Digitális Domborzat Modellek előállításának vizsgálatokor „megállapítható, hogy pontosságot elsősorban a **terepfelszín jellege** és a **mért támpontok minősége** (*pontossága, elhelyezkedése*), illetve **menyisége** határozza meg.

Az interpolációs módszer megválasztása lényeges lehet az eredmény kartográfiai minőségére, de a pontosságra csak kis hatással van” (*Divényi 1986*).

A TÉRINFORMATIKAI ADATOK MINŐSÉGI MÉRŐSZÁMAI

A térinformatikai adatok minőségi mérőszámai vizsgálatának elkezdése előtt célszerű tisztázni a **minőség** fogalmát.

„Minőség: a termék azon jellemzőinek összessége, amelyek a meghatározott és elvárt igényeknek való megfeleltetés mértékét befolyásolják” (*Detrekői Á. – Zöld S. 1999*).

A térinformatikai adatok minőségét befolyásoló legfontosabb tényezők (Detrekői Á. – Szabó Gy. 1995):

- az adatok eredete;
- a geometriai adatok minősége;
- az attribútum adatok tartalmi pontossága;
- a geometriai és az attribútum adatok konzisztenciája;
- a geometriai adatok topológiai konzisztenciája;
- az adatok teljessége;
- az adatok aktualitása.

Így ezen adatok minőségvizsgálatához a fent felsorolt összes információ és adat együttes analízisére van szükség.

Az adatok minőségének jellemzőit kifejezhetjük **szöveges leírással**, vagy **számszerű mennyiségekkel**.

A szöveges jellemzés foglalja össze az adatok eredetével, teljességével és az aktualitással kapcsolatos információk **nem számszerűsíthető** részét.

Az adatok eredetének felkutatásakor célszerű az alábbi információk felkutatása:

- mely szervezet mikor és milyen eljárással végezte az adatgyűjtést;
- milyen referenciarendszerre vonatkoznak az adatok;
- milyen előírás (*utasítás*) alapján történt az adatnyerés;
- milyen pontosságúak, illetve élességűek voltak az adatok;
- milyen jellegű átdolgozásokat, transzformációkat és milyen eljárással végeztek az adatokon.

A numerikus minőségi jellemzők tájékoztatást adnak:

- az adatok pontosságára,
- az adatok élességére,
- az adatok megbízhatóságára,
- az adatok teljességére,
- az adatok aktualitására.

A **pontosság** az adatok mért és elméleti értékének eltérését adja meg. Mérészámát a középhiba (*szórás*) és az eltérés.

Az adatok **élességét** az adatok megadott tizedesjegyek száma jellemzi. Az élességnek és a pontosságnak összhangban kell lenniük.

A **megbízhatóságot** az adatállományban már kimutatható legkisebb durva hiba értéke fejezi ki. A megbízhatóság kapcsolatban van a pontossággal, de nem azonos azzal.

Az adatok **teljessége** az adatbázis objektumai és a valóság közt fennálló kapcsolatot minősíti.

Az **aktualitás** az adatbázis változásának várható mértékére, így adattartalmának helyességére ad ismereteket (Detrekői Á. – Zöld S. 1999).

Digitális Domborzat Modellek minőségvizsgálata

A Digitális Domborzat Modellek minőségvizsgálata a térinformatikai adatok minőségvizsgálataéhoz hasonló folyamat, de egyedi jellemzőiből adódóan a pontossági mérőszámok meghatározása, vizsgálata és értelmezése speciális szempontok figyelembevételét igényli (*a megszokott eljárások adatigényétől nagyobb az adatszükséglete*).

A DDM-ek pontossági vizsgálatához nem elegendő a különbségek és az azokból számítható szórás értékének meghatározása. (*A későbbi félreértések elkerülése érdekében, a statisztikai adatok tárgyalása során a vizsgált és a referencia DDM differenciáját különbségnek, a különbségek átlaguktól való differenciáját pedig eltérésnek nevezem.*)

A DDM különbségeinek helyes értelmezéséhez szükséges egyéb statisztikai jellemzők megadása is.

Ilyen jellemzők lehetnek (*BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék 2000*):

- a különbségek sűrűséghistogramja;
- a különbségek minimális¹ és maximális² értéke, valamint terjedelme³;
- a különbségek összege, átlaga, mediánja, módusza, Laplace-féle átlagos hibája, átlagos eltérése;
- a különbségek helyzeti (*térképi*) megjelenítése.

A **sűrűséghistogram** alkalmas a különbségek eloszlásának szemléltetésére.

A **minimális** és **maximális érték**, valamint a **terjedelem** a különbségek intervallumát jellemzik.

A különbségek **összege**⁴, **átlaga**⁵, **mediánja**⁶, **módusza**,⁷ **Laplace-féle átlagos hibája**⁸ és **átlagos eltérése**⁹, megfelelő elemszám esetén, alkalmas a DDM-ben meglévő szabályos hibák kimutatására. Nagy adatbázisú DDM-ek esetén, a kisebb területi elhelyezkedésű szabályos eltérések tisztán numerikus úton való kimutatásához, célszerű az adatbázist megfelelően kiválasztott részterületekre bontani.

A DDM-ek pontosságának becslésére a különbségek eltéréseinek **szórását**¹⁰ használják.

Az adathalmazban meglévő szabályos hibák kimutatására a $0,25 \sum_{i=1}^n |x_i| < \left| \sum_{i=1}^n x_i \right|$ összefüggés alkalmazható (*Detrekői Á. 1991*). Ha az egyenlőtlenség fennáll, akkor az adathalmazban szabályos hiba megléte valószínűsíthető.

A statisztikai számításokkal közvetlenül nincs összefüggésben a különbségek **térképi megjelenítése**, de azok területi elhelyezkedésének vizsgálatához hatékony módszer. Alkalmazásával kisebb kiterjedésű (*kisebb elemszámú*), szabályos hibával terhelt adatok is megjeleníthetők, kimutathatók.

A szabályos hibák lehetnek a DDM meghatározásából eredők (*mérési hibák, illetve azonosítás következményei*), valamint a DDM előállításához felhasznált alapanyagok tartalmi adataiból származtathatók (*aktualitásból, illetve az adott adatstruktúrában nem kifejezhető információk elvesztéséből következők*).

A Digitális Domborzat Modellek minőségvizsgálata a fenti statisztikai jellemzők, és vizuális megjelenítésük együttes elemzésével és értelmezésével ad reális, a DDM valódi minőségére utaló adatokat.

¹ A számhalmaz legnagyobb értéke.

² A számhalmaz legkisebb értéke.

³ A számhalmaz legnagyobb és legkisebb értékének különbsége.

⁴ $\sum_{i=1}^n x_i$, a számhalmaz összege.

⁵ $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

⁶ Az az érték, amelynél a valószínűségi változó 0,5 valószínűséggel vesz fel kisebb értéket. A rendezett számhalmaz középső értéke, ha a számhalmazban a számértékek párosan fordulnak elő, akkor a középső két szám átlaga

⁷ A valószínűségi változó azon lehetséges értéke, melyet nagyobb valószínűséggel vesz fel, mint az egyéb lehetséges értékeit. A számhalmazban leggyakrabban előforduló érték.

⁸ $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i|$

⁹ $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i - \bar{x}$

¹⁰ $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ A valószínűségi változó várható érték körüli ingadozását jellemző szám.

ÖSSZEGZÉS

Ahhoz, hogy a térinformatikai szoftvereink által használt különböző típusú digitális terepmodellek (*DDM*, *DFM*) használata során a nyert információkat helyesen tudjuk értelmezni, szükséges ismernünk azok előállítási technológiáinak sajátosságait, műszaki paramétereit. Ezen adatok ismeretében tudjuk eldönteni, hogy az adott domborzati adatbázis megfelelő-e az általunk megoldandó feladat végrehajtására, illetve több adatbázis összevetésével újabb információkat is előállíthatunk.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- ÁFTH (1966): Komplex utasítás az 1:10 000 méretarányú topográfiai térképek készítéséhez. ÁFTH, Bp.
- Bakó Z. (1999): A Digitális Domborzat Modell meghatározása és létrehozása (MTP). MH TÉHI, Bp.
- BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék (2000): 1:10 000 méretarányú EOTR topográfiai térképek domborzati tartalmának ellenőrzése (Összegző jelentés). Bp.
- Davis P. (2004): Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Technical Guide
- Detrekői Á. – Szabó Gy. (1995): Bevezetés a térinformatikába. Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp.
- Detrekői Á. – Zöld S. (1999): A DITAB minőségbiztosítása és állami átvétele. (Műszaki szabályzat tervezet) Bp.
- Detrekői Á. (1991): Kiegyenlítő számítások. Tankönyvkiadó, Bp.
- Divényi P. (1986): Digitális terepmodellezés a kartográfiában. (Kandidátusi értekezés) Bp.
- Iván Gy. és munkatársai (2000): Technológiai eljárás az 1:10 000-es méretarányú digitális topográfiai térképek domborzatmodelljének előállítására. FÖMI, Bp.
- Jones, C. B. (1997): Geographical Information System and Computer Cartography. Longman, Singapore
- Katona E. (1995): Digitális terepmodell számítása multigríd relaxációs eljárással GK 5 sz. 20-25 o.
- Magyar Szabvány MSZ 7772-2T: 2000 (2000): Digitális térképek 2. rész: A digitális topográfiai adatbázis meghatározása (Szabványkézirat), Bp.
- Sass S. (1993): Műszaki leírás az MH TÉHI által előállított Digitális Domborzat Modellről, MH TÉHI, Bp.
- Závoti J. (1994): Térinformatikai alapismeretek – 40.- 41. fejezet Térbeli interpoláció I-II. NCGIA CC, EFE FFFK Térinformatikai Tanszéke, Székesfehérvár