

TÉRINFORMATIKAI MÓDSZER ALKALMAZÁSA A TALAJKÖRNYEZET MODELLEZÉSÉBEN

Dr. Tamás János, tamas@fs2.date.hu

Lénárt Csaba, lenart@fs2.date.hu

Debreceni Agrártudományi Egyetem

Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék

Abstract

GIS (Geographical Information System) is a special information system that was introduced to analyse geographic data. In the last two decades GIS became an important tool in the understanding and forming of the environment. Our goal was the integration of GIS and environmental modelling in the areas of risk analysis and resources assessment, with help three-dimensional surface models. Three-dimensional geographical information systems provide a third dimension by accommodating surface data to afford solutions for efficient visualisation, modelling, and interpretation of multiple geologic or other attributes in their true three-dimensional relationship. These characteristics have made three-dimensional geographical information systems suitable vehicles for this modelling framework. As a result of the environmental modelling an optimal area model was made, which under the given conditions and limitations has the least risk on the environment and also considers individual and compounded effects. This model shows which area, soil types etc. are the most suitable for sewage disposal. According to the conventional professional and GIS based comparison analysis, the conventional analysis is not able to make complex analysis and have optimal results, because this method is not able to work with so many different variables in the same time. The main advantage of this method is its modelling capacity and is mainly an informative.

1. Bevezetés

A térinformatikai alapú természet- és környezetvédelmi alkalmazások így a környezetvédelmi modellezés is a mezőgazdasági alkalmazások mellett a legtipikusabb erőforrás-gazdálkodási alkalmazások közé tartoznak. A mezőgazdaság valamint a környezet- és természetvédelem érdekeit egyaránt figyelembe vevő, modellezésre is alkalmas erőforrás-gazdálkodási döntés-előkészítő rendszerek csak a 90-es évek eleje óta, a térinformatika térhódításával váltak képessé nagy mennyiségű információ egyidejű és komplex, térbeli és időbeli elemzésére. Ilyen komplex környezeti erőforrás-gazdálkodási-modellezési problémát jelentenek például többek között a talajszennyezéssel, szennyvíziszap elhelyezéssel összefüggő kérdések is. [1]

A modellezés feladatától és jellegétől függően a "mi-hol" jellegű kérdések dominálnak és ez meghatározza a rendszer felépítését, az adatgyűjtés módját, a minőségbiztosítás szintjét, az adatbázis struktúráját, az adatelemzés módját, a vektor-raszter ill. vegyes rendszerek értékelését, a statisztikai és idősoros elemzés szükségességét, a megjelenítés és döntés-előkészítés szerepét.

A talajkörnyezet modellezésének komplex megoldásához ezért a szoftverintegráció eszközeihez nyúltunk, kihasználva az Idrisi for Windows elemzési képességeit, a Surfer program három dimenziós megjelenítési és interpolációs lehetőségeit, valamint az ArcView program lekérdezési és megjelenítési lehetőségeit.

2. A környezeti modellezés alkalmazásai

Az erőforrás-gazdálkodási alkalmazások -környezeti modellezés- története a 80-as évek elejére nyúlik vissza, a kezdeti alkalmazások közé az erdészeti alkalmazások (utak tervezése, mennyiségi nyilvántartás, erdőfenntartás-újrafásítás), a talajvédelmi- és talajművelési alkalmazások (lejtésviszonyok, talajtérképezés), a mezőgazdasági alkalmazások (szennyezésvizsgálatok, termőképesség-termékenység, műtrágya-felhasználás, termésbecslés), valamint a természet- és környezetvédelmi alkalmazások (környezeti hatástanulmányok, hulladék-elhelyezés, élőhely-management, pufferezónák kijelölése, ivóvízbázisok védelme, vízgyűjtő területek managementje) tartoztak.

Magyarországon az igény a szűkebb értelemben vett környezet- ill. természetvédelmi alkalmazások iránt a 90-es évek elejétől jelentkezik folyamatosan, de csak az utóbbi két évben vált intenzívvé. [2] A modell alapjául, egy Debrecen déli részén található projekt-terület szolgált, amelyen már korábban is folytak vizsgálatok. [1]

3. A modell módszertana

3.1. Az adatmodell jelentősége a modellezésben

A talajkörnyezet modellezése során felvetődő első kérdés, a vektor-raszter ellentét kérdése. A vektor-raszter kérdéskörhöz a térképi szemlélet is hozzátartozik. A térkép célja a láttatás - összegyűjteni a földrajzi információkat és szemléletes módon közvetíteni a felhasználó felé. Az adatbázis-építés céljai - mérés, hatásvizsgálat, környezeti modellezés, idősoros elemzések, "mi lenne ha ?" típusú vizsgálatok- azonban gyakran ellentétesek lehetnek a térképkészítés céljaival. Az adatbázis-készítés valódi célja a valós világ tükrözése. [3] Mivel az adatbázisunkat az erőforrás-management típusú alkalmazások esetében is részben térképi tartalomtól kívánjuk felépíteni, az alábbi megoldások közül választhatunk:

- raszter - felosztjuk a térképet egyedi, önálló részekre, és kiírjuk mindegyiknek a tartalmát,
- vektor - számbavesszük a térképen található jelenségeket, és mindegyiket leírjuk mint pontot, vonalat vagy foltot (poligont).

Ez alapján természetesen a raszteres és vektoros adatmodelleket különböző tulajdonságok jellemzik. A raszteres modellben a szóban forgó területet meghatározott sorrendben szabályos rácson elhelyezkedő cellákra osztjuk. A cellák egy csoportja a hozzá tartozó értékekkel alkot egy fedvényt (layer). Egy adatbázis több fedvényt is tartalmazhat, modellünk esetén pl. a talajtípus, magasságok, földhasználat, talajtakaró, szennyezettség, vízhálózat-vízgyűjtő területek stb. A vektoros modellek különálló vonalakat vagy pontokat használnak a helymeghatározásra. Így tulajdonképpen a vonalak a vektor- (vagy más néven objektum-orientált) GIS alapjai. Ezen csomópont közti szakasz különböző elnevezései használatosak:

- az él (edge) illetve a "vertex" (csomópont) elnevezés a gráf elmélet által támogatott,
- a lánc (chain) hivatalosan elismert néhány nemzeti szabványában,
- az arc (vonal) elnevezés számos rendszerben használatos (pl. ARC/INFO).

A különálló objektumok ezen egymáshoz kapcsolódó vonaldarabokkal írhatók le legvalóságghűbben. A vektoros ábrázolásnál nem kell kitölteni a teret, vagyis az adatmodellben nem kell hivatkozni a tér minden pontjára. A raszter- és vektor-orientált adatbázis között tehát lényegi különbség van. A raszteres modell megmondja, hogy mi található valahol - a terület minden pontjára vonatkozóan. A vektoros modell viszont azt mondja meg, hogy hol található valami - megadja minden objektum helyét. Elvileg a raszteres modell a lehető legegyszerűbb, ezen adatokat lehet feldolgozni a leggyorsabban. A vektor alapú modell helyigénye viszont lényegesen kisebb a raszteres adatmodell nagy helyfoglalásához képest. [2]

A vektor GIS elemző funkciói ugyanakkor nem ugyanazok mint a raszter GIS-é. Itt több objektum művelet van és a területek számítása az objektumok koordinátaiból történik, nem a cellák számából. Néhány művelet - például a területek meghatározása a poligonokból - sokkal pontosabb mint a pixel-ek leszámolásával, ugyanakkor a poligon kerületének meghatározása is sokkal pontosabb mint a szélek sávjában lévő pixelek számából történő kerületszámítás. Néhány művelet lassabb, például a rétegek fedésbe hozása vagy a pufferek generálása. Vannak gyorsabb műveletek is, mint például az úthálózatban egy útvonal azonosítása vagy egy létesítmény lekérdezése. A GIS alkalmazásának számos területe szívesebben használja az objektum-szemléletet, sok pedig a fedvényszemléletet.

Az általunk elemzésre használt Idrisi for Windows alapvetően raszteres szemléletű, de jól támogatja a vektoros layer-technikát, mint pl. az ún. on screen digitalizálás is. A talajkörnyezet modellezése során mi is elsősorban a fedvény-szemléletet alkalmaztuk, kihasználva az általunk használt szoftverek raszter-vektor interface funkcióit is.

3.2. A modell 3D lehetőségei

A raszteres és a vektoros megjelenítés és elemzés után egy további lehetőség az orthografikus megjelenítés. Az orthografikus megjelenítés háromdimenziós megjelenítését teszi lehetővé a különböző digitális terepmodelleknek (DTM). A digitális terepmodellek megjelenítésének három általánosan használt modelljét alkalmazzák a térinformatikában. Ezek a szintvonalas, a rácsháló alkalmazásával és a véletlenszerű háromszögelési eljárással és készült modellek. [4]

3.2.1. A DTM-ek jelentősége

A DTM-ek használatosak:

- a terep olyan jellemzőinek meghatározása, mint pl. tetszőleges pont magassága,
- dőlés és irány,
- olyan jellemzők megtalálása a terepen, mint pl. vízgyűjtő területek és vízválasztók,
- élővizek,
- hidrológiai funkciók modellezése. [5]

A DTM-t egymástól eltérő szakterületek is széles körben használják, melyek közül a legfontosabbak az alábbiak:

- tereprendezések tervezésénél, a földmunkák nyelési és a töltési mennyiségének és helyének megállapítása,
- tájkép tervezésnél, táj kép rekonstrukciós munkáknál,
- látvány és láthatóság tervezésénél településfejlesztésnél,
- útvonal tervezésnél polgári és katonai célokra,
- hidrológia munkák esetében, vízgyűjtők kezelésében,
- területhasználat tervezésében.

Természetesen a felsorolás korántsem teljes, hisz napjainkban is folyamatosan bővül a felhasználók köre.

Így mindez elengedhetetlen olyan környezeti modellek esetében, mint amit a talajkörnyezet modellezése is jelent. A terep magassági meghatározását hagyományos geodézia, mellett a fotogrammetriai eljárással végezhetjük. Az első esetben a pontszerű mérési eredmények térbeli interpolációját is el kell végeznünk. Ezt az interpoláció nem csak magassági felmérések esetében, de más pontszerű jelenségek térbeli kiterjedésének vizsgálata során is döntő jelentőségű lépése a modell alkalmazhatóságának

3.2.2 A térbeli interpolációk alkalmazása

A térbeli interpoláció nagyon fontos alkotórésze sok GIS -nek. A térbeli interpoláció a modellekben a következő célokra használható:

- szintvonalak adatok grafikus megjelenítéséhez,
- a felület valamely jellemzőjének kiszámítása egy adott pontban,
- gyakran használatos segédeszköz térbeli döntéshozatali folyamatoknál (környezeti hatásvizsgálatok)

A térbeli interpoláció az az eljárás, amely a rendelkezésre álló megfigyelések által meghatározott térség mintavétellel nem rendelkező pontjaiban becslést ad a vizsgált tulajdonságok értékére aminek a legtöbb esetben a tulajdonságot jellemző értéknek egy meghatározott intervallumba kell esnie, vagy egy meghatározott értékkel vett hányadosát kell tekinteni.

A térbeli interpoláció azon a feltevésen alapul, hogy a térben egymáshoz közel elhelyezkedő pontok értéke nagyobb valószínűséggel hasonló, mint az egymástól messze levő pontoké (Tobler törvénye). [2]

A térbeli interpoláció tipikus esetei a következők:

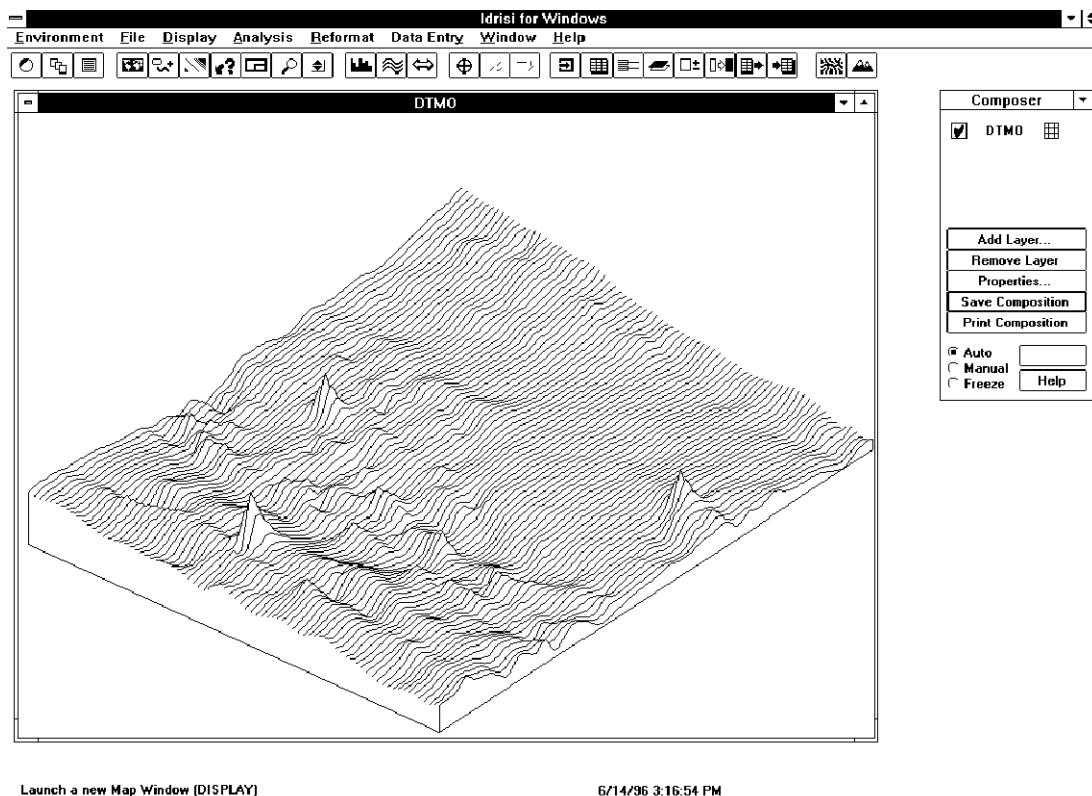
1. Pontokra alapozott egzakt interpoláció
2. Pontokra alapozott közelítő interpoláció
3. Nem térfogattartó tartományi interpoláció
4. Térfogattartó tartományi interpoláció
5. Egyéb interpolációs eljárások [2]

Az általunk is alkalmazott interpolátorok az interpoláció alapját képező adatpontokon az eredeti értékeket hűen (eltérés nélkül) adják vissza, a felület áthalad mindazon pontokon, amelyek értéke ismert: B-spline-ok és a Krigelés.

A közelítő interpolátorokat olyan esetekben alkalmazzák, amikor az adott felületi értékek bizonyos mértékben bizonytalanok itt az a nézet kerül alkalmazásra, hogy sok adathalmaz esetében léteznek lassan változó globális trendek, és ezekhez a trendekhez lokális fluktuációk adódnak, melyek viszont gyors változásuk, és így bizonytalanságot (hibát) eredményeznek a rögzített értékekben. A simítás csökkenti a hibák hatását az eredő felületre.

A háló számításának két módszere állt rendelkezésünkre a háló-csomópontok értékének meghatározására, ez választható ki a menüvel. Az inverz távolság (Inverse Distance) módszer sokkal gyorsabb, de nem illeszkedik olyan jól az eredeti adatpontokhoz, mint a krigelés (Kriging).

Az inverz távolság módszere súlyozott átlagolást használ a csomópontok értékének interpolálásához. A súlyok az adatpontoknak a "gridpontokkal" való távolságának reciprokával arányosak. A csomóponttól távolabbi adatpontok egyre kisebb befolyást gyakorolnak az interpolált értékre. Ezen kívül az inverz súlyok hatványra (InvDist power) is emelhetők, növelve a súlyozás hatását, a leggyakoribb kitevő a 2. A krigelés geostatistikai módszert használ, az adatpontok közötti korreláció számításával, a legkisebb szórás elve alapján történik a becslés. Elméletileg semmilyen más hálózámítási módszer nem ad pontosabb eredményt. A gyakorlatban a krigelés jósága erősen függ a számításnál használt paraméterektől, az adatok számától és elhelyezkedésétől és attól, hogy van-e kapcsolat közöttük. A számítási paramétereket a program automatikusan állítja be és nem biztos, hogy tökéletesek. Még így is a krigelés általában sokkal jobb térképeket eredményezett, mint az inverz távolságok módszere. A krigelés segítségével kapott DTM-je a vizsgált területnek az 1. ábrán látható.



1.sz. ábra

Szintén a menüvel állíthatjuk be, hogy egy-egy csomópont számításánál milyen módon fogja a program kiválasztani az interpoláláshoz felhasznált adatpontokat. A Normal opció esetén a fizikailag legközelebb levő pontokat fogja felhasználni a számításhoz. A Quadrant opció esetén négy, az Octant-nál pedig nyolc irányból gyűjti össze arányosan a pontokat. Ezzel az utóbbi két lehetőséggel elérhetjük, hogy ne csak egy irányba eső pontok kerüljenek bele az interpolálásba, hanem a csomópont minden oldaláról legyenek felhasznált pontok. Ez a megoldás növeli a grid pontosságát, ha az alapadatok elhelyezkedésében valamilyen irányítottság van. Megadható annak a körnek is a sugara (az XY koordináta mértékegységében), amelyen belül kell a pontokat keresni (Search radius). Ugyancsak beállítható a keresési sugáron belül eső pontokból figyelembe veendő pontok maximális száma (Number of nearest points).

A Smooth menüvel két grid-simítási eljárás közül választhatunk. A Spline simítási módszer egy négyzetes spline függvényt illeszt egy korábban létrehozott grid file-ra és további csomópontok számításával besűríti azt. A Matrix simítási eljárásnál egy, a felhasználó által definiált simító mátrix megy végig egy korábban elkészített grid állományon. A simító mátrixnak megfelelően az eredeti grid csomópontok adatai újra súlyozódnak és átlagolódnak. Az eredményként kapott adatháló már nem fog illeszkedni az adatpontokra és kiterjedésében kisebb lesz mint az eredeti grid, mivel a simítás nem végezhető el a grid szélein. Az átlagolás miatt az eredmény-gridben a maximumok kisebbek, a minimumok pedig nagyobbak lesznek.

3.2.3. A TIN modellek jelentősége

A modell fejlesztésének iránya az Arc/Info által is támogatott véletlen háromszögelési eljárással készült DTM-ek készítése. A szoftver jól kapcsolható hidrológiai modellekkel is. [6] Az ilyen eljárással készült modellek (TIN) előnye, hogy a rácshálós alkalmazással szemben a tér szélsőséges irányváltoztatásait kisebb hibával tudják követni. A modellek általában a Delaunay féle háromszöget használják. [4] Itt bármely három sarok pont által meghatározott sík:

$$Ax+By+Cz+D=0$$

Három adott koordináta értéket behelyettesítve:

$$Ax_1+By_1+Cz_1+D=0$$

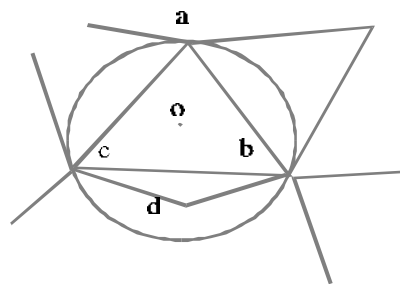
$$Ax_2+By_2+Cz_2+D=0$$

$$Ax_3+By_3+Cz_3+D=0$$

Az egyenleteket megoldva A, B, C, D-re $D=0$, A és B felírható C függvényeként. A háromszögön belül, bármely x,y értéke:

$$Ax+by+Cz=0$$

A Delaunay feltételeknek a TIN modellben azok a háromszögek tesznek eleget, melyeknek egy kör megy át a három csúcspontján (a modell csomópontjain) és ezeken a pontokon belül nincs további csomópont. A vizsgált háromszög és kör területén belül lehet egy további pont amely nem helyezkedik a körívre a harmadik csúcsával. (2.ábra)



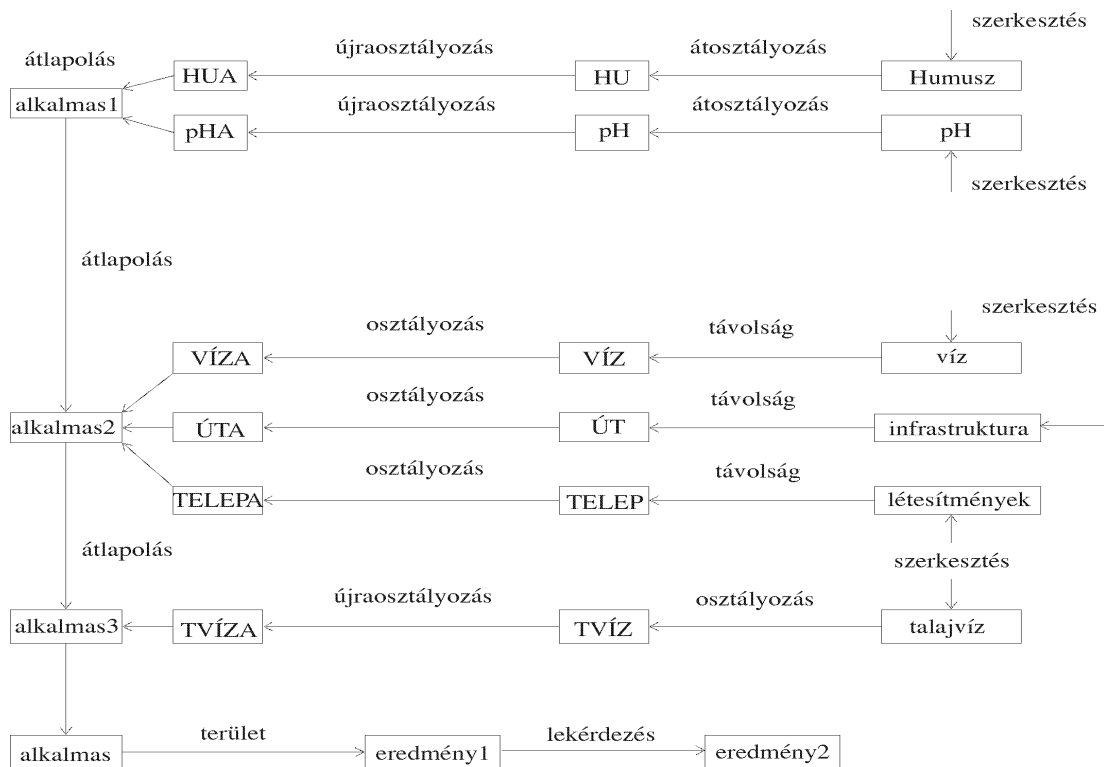
2.ábra

A Delaunay feltételeknek megfelelő a, b, c háromszög, ahol a d pont is a körön belül esik. [4]

A modellt felhasználó célja lehet az, hogy megkísérelje modellezni a felület "valódi" bonyolultságát, de lehet csak egyszerűen az, hogy meghatározza az adatok általános térbeli trendjét és így segítséget kapjon a döntéshozatali folyamat során, például egy adott település szennyvíziszapjának elhelyezése során. Így a jó modellnek tartalmaznia kell egy sor térbeli interpolációs rutint abból a célból, hogy a felhasználó az adatoknak és feladatoknak legmegfelelőbb módszert választhassa ki

3.3. A modell logikai felépítése

A modell logikai felépítése a 3. sz. ábrán látható.



3.sz ábra

A kiinduló fedvényeket tematikus alapon, a talajkörnyezet modellezéséhez használt legfontosabb paraméterekből szerkesztettük. A tematikus talaj-adatforrások felhasználása más rendszerekben is hasonló [7] Így a pH, humusztartalom, fizikai talajféleség, hidrológiai viszonyok 1:10000 üzemi térképek digitalizálásából származtak. A DTM szintén 1:10000-es EOVSzelvényről került az adatbázisba. A DTM mintegy 2000 magassági értéket tartalmaz.

Az új fedvény létrehozása egy vagy több meg lévő fedvényből a legáltalánosabban alkalmazott művelet a modellezés során. Az átlapolás (overlay) eredményeképpen létrejövő új fedvény jelenti azt a gyakorlati végeredményt, melyet a modellezéssel céljaul kitűztünk és melynek érdekében magát az adatbázist is létrehoztuk. Az átfedés matematikai lényege az, hogy minden új pixel értékét a bevont fedvény(ek) ugyanazon pontjának értéke fogja meghatározni. A fedvények metszésének alapja az aritmetikai, a logikai és a Boole műveleteken nyugszik. Az átlapolások vagy átkódolások eredményeképpen létrejött Boolean-mátrixok a fedvények logikai alapjai, melyek lehetővé teszik gyakorlatilag korlátlan számú fedvényezés elvégzését. Azonban ahhoz, hogy létrehozhassuk a végeredményt szükség van azoknak a változóknak a definiálására, mely alapján az adatbázis layer-einek átkódolása elvégezhető. A pufferzónák elkészítéséhez a távolságfedvényt kell újraosztályozni, ami gyakorlatilag az övezetképzést jelenti. Ily módon átkódolva a pufferzónát is tartalmazó layer-eket elvégezhető a gyakorlati végeredményt is létrehozó overlay művelet.

4. A modell alkalmazhatósága

A talajminőséget érő hatások előrejelzéséhez, a szennyező források felderítésére, a szennyezés-terjedés előrejelzésére összetett modellekre van szükség. [8] Ezek kérdéseket a földrajzi információs rendszerek ill. térinformatikai alapú döntéstámogató rendszerek segítségével hatékonyabban, a legkisebb környezeti kockázat elvét szem előtt tartva válaszolhatóak meg [1], mivel a természeti erő-forrásgazdálkodás alapú GIS-rendszerek és modellek hatékony eszközök a többszennyezős, komplex problémák elemzésére és megoldására egyaránt.

Ennek alapja az, hogy a GIS alapú rendszerek az adatbázisok térbeli és alfanumerikus információjának együttes kezelésére és elemzésére egyaránt alkalmasak és a megfelelő térinformatikai eszköztár lehetővé teszi a megoldási alternatívák hatékony vizsgálatát és vizuális interpretációját. [9] A GIS-alapú rendszerek ezenkívül lehetővé teszik, hogy a felhasználó interaktívan válasszon a megoldási alternatívák közül, érzékenységi- és idősoros elemzéseket végezzen, modellezzon, valamint valószínűségi vizsgálatokat, térbeli lekérdezéseket és -elemzéseket hajtson végre, mint pl. terület- és távolságmérés, átfedés-vizsgálat, puffer- és korridor-analízis. Mindezen funkciók együttesen, egymással összefüggésben teszik a természeti erőforrás-gazdálkodás alapú GIS-rendszereket a valós döntéshozatali problémák megoldásának hatékony eszközévé. [2]

Ezen modell keretében a sokféle alkalmazás közül a talajkörnyezet modellezését és a talajt érő káros ill. szennyező hatások optimalizálását tűztük ki célul a szennyvíziszap elhelyezést véve alapul (1). A modell alapján megállapítható az egyes talajok érzékenysége, speciális környezeti pufferekapacitása is. A modell módszertanát elsősorban a környezet- és természetvédelmi hatóságok és önkormányzati szervezetek hasznosíthatják. [10]

5. Összegzés - a modellezés értékelése

Összegzésképpen megállapítható tehát, hogy a környezeti- és természeti erőforrás-gazdálkodási alkalmazások és modellek térinformatikai megoldásai vetik fel a legkomolyabb problémákat mind a rendszertervezés, mind az adatfeltöltés-adatbáziselemzés, mind az adatmodellezés területén. A problémák egyik lehetséges megoldását jelentheti a modellben is alkalmazott szoftver-integrációs eljárás és a nyitott architektúrájú tervezés, mely lehetővé teszi a többféle megoldási mód közötti választást (pl. interpolációs eljárások) a szakértői rendszerekben is.

A raszter-vektor rendszerek interface funkciója rengeteget fejlődött az utóbbi időben. [11] Számos GIS alkalmazás tartalmaz már olyan funkciókat is, melyek segítségével pl. távérzékelési rendszerekből adatokat konvertálhatunk, vektor adatokat pedig raszteres képek háttérében jeleníthetjük meg. Az "interfészelés" technikailag nem nehéz de nagyon sok az inkompatibilitás az adatmodellekben, a formátum-szabványokban és a térbeli felbontás területén. [12]

A természeti erő-forrás-gazdálkodás alapú GIS-rendszerek ideális eszközök a többkritériumos problémák modellezésére, elemzésére és megoldására egyaránt. Ennek oka az, hogy a GIS adatbázisok térbeli és alfanumerikus információk együttes kezelésére is alkalmasak és a GIS lehetővé teszi a megoldások hatékony vizuális vizsgálatát és szemléltetését.

A rendszer ezenkívül lehetővé teszi, hogy a felhasználó interaktívan módosítsa a megoldásokat, érzékenységi és idősoros elemzéseket végezzen, modellezzon valamint valószínűségi vizsgálatokat, térbeli lekérdezéseket és elemzéseket hajtson végre, mint pl. terület és távolságmérés, overlay, puffer- és korridor-analízis. Mindezen funkciók együttesen, egymással összefüggésben teszik a természeti erőforrás-gazdálkodás alapú GIS-rendszereket a valós döntéshozatali problémák megoldásának hatékony eszközévé. [9]

6. Irodalomjegyzék

1. Tamás - Cs. Lénárt: GIS Case Study to Reduce Sludge Born Heavy Metal Pollution In Different Soil Types, in : Systems And Technologies Of Environmental Improvement And Protection, TEMPUS ECEE, 1995
2. Bognár V.- Niklasz L.- Bakó Z.- Kis P.- Kummert Á.- Domokos Gy.- Lisciewicz A.- Sárközy F.-Prajczer T.- Kertész Á.- Márkus B.- Richter G.: 1994. Térinformatika Magyarországon 1994 NCGIA CC.

3. Kollányi L. - Prajczér T.: *Térinformatika a gyakorlatban*, Budapest 1995
4. Tamás J.: *Bevezetés a térinformatikába*, (kézirat) Debrecen, 1995
5. Sorensen H. R. - Kjelds. T. J. - Deckers F. - Waardenburg F.: *Application of GIS in hydrological and hydraulic modelling*, in: *Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management*, 1996
6. Ling B. - Hao S. - Blodgett C. F. - Egbert S. L. - Weiping L. - Limei R. - Koussis A. D.: *Integration architecture and internal database for coupling a hydrological model and ARC/INFO*, in: *Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management*, 1996
7. Franchek J.R. - Biggam P. F.: *Using USDA Soil Conservation Service County Soils Data with a Geographic Information System* in: *Geographic Information Systems (GIS) - Practices and Standards*, ASTM, 1992
8. Cserey B: *Fejlesztések környezeti hatásvizsgálata*, Budapest, 1994
9. Dangermond: *What is a Geographical Information System (GIS) ? - an Overview* in: *Geographic Information Systems (GIS) - Practices and Standards*, ASTM, 1992
10. Lénárt Cs.: *Térinformatikai módszer alkalmazása a mezőgazdasági vízminőség-védelemben*, (diplomadolgozat) Debrecen, 1995
11. Kákonyi G.: *Raszter, vektor: ERDAS IMAGINE 8.2, ArcView 2.1*, in: *Térinformatika a regionális fejlesztésekben "Workshop"*, Debrecen, 1996
12. Hornsby J. K. - Harris J. R.: *Application of Remotely Sensed Data to Geologic Exploration Using Image Analysis and Geographic Information System* in: *Geographic Information Systems (GIS) - Practices and Standards*, ASTM, 1992