

Hulladékelhelyezés – döntéselőléstítés térinformatikával

Waste disposal – Decision making using GIS

TURCZI Gábor¹

Tárgyszavak: GIS, hulladékelhelyezés, topológia, tematikus térkép
Key words: GIS, waste disposal, topology, thematic map, spatial operators

Abstract

Disposal of different industrial and communal waste is one of the main issues of our times and society in the future. The smaller part of such waste is "nature friendly", thus it can be part of a recycling process. This is rapid even by human standards. Decomposition of the other, bigger part can be measured only using a geological scale. The complex questions of waste deposition can be solved by analyses of several factors. Each theme includes basic or qualitative data depending on the location, and can be shown on maps. Information profiles can be acquired for every location of a given area by examining all the factors at the same time. Decision-making information can be obtained from this information. Examining all elements of this information array allows us to come to a decision concerning the given point – i.e. whether it is suitable for waste disposal or not. The functions of GIS, topology and spatial operators provide the information background of multi-theme analysis.

Összefoglalás

A különböző ipari és kommunális hulladékok elhelyezése a mai és az elkövetkező társadalmak egyik legnagyobb, megoldásra váró problémája. A hulladékok kisebb része „természetközeli”, és így része lehet egy emberi lépték szerint is gyors körforgásnak, lebomlásnak. Másik és egyben nagyobb részük esetén igen hosszú (egyes esetekben emberi mértékkel nem is mérhető) lebomlási idővel kell számolni. A hulladék elhelyezése során számos szempontot kell egyszerre figyelembe venni, melyek közül a befogadó közeg, a litoszféra egy viszonylag keskeny zónája kiemelt fontosságú. A litoszféra leíró információk helyhez kötődnek, és jól meghatározható geometriájuk van, így térképi megfogalmazásuk kézenfekvő. Ennek a tematika együttesnek a legkézenfekvőbb elemző eszköze a térinformatika (GIS). A GIS funkciókészlete szükséges, de nem elégséges az elemzések elvégzéséhez, a geológus és informatikus szakember összehangolt döntései nélkülözhetetlenek. Hangsúlyozni kell, hogy a feladat megoldásában alapvető szerepe van a földtani környezetnek, melyet a humán környezet szempontjaival is egyeztetni kell.

Bevezetés

A különböző ipari és kommunális hulladékok elhelyezése a mai és az elkövetkező társadalmak egyik legnagyobb, megoldásra váró problémája. A hulladékok kisebb része „természetközeli”, és így része lehet egy emberi lépték szerint is gyors körforgásnak, lebomlásnak. Másik és egyben nagyobb részük esetén igen hosszú (egyes esetekben emberi mértékkel nem is mérhető) lebomlási idővel kell számolni. A hulladékokat számos ismérvük szerint csoportosíthatjuk: forrásuk, összetételük, a már említett lebomlásuk, halmazállapotuk, veszélyességi

¹Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest 1143 Stefánia u. 14.

fokozatuk mind befolyással van a kezelésükkel, elhelyezésükkel és tárolásukkal kapcsolatban megoldandó problémákra. A fenti ismervek változatossága következtében az elhelyezés során sok szempontot kell egyszerre figyelembe venni. E szempontok között az egyik legfontosabb, közös elem az, hogy a befogadó közeg a litoszféra egy viszonylag keskeny zónája. A litoszférát leíró információk helyhez kötődnek, és jól meghatározható geometriájuk van, így térképi megfogalmazásuk kézenfekvő. E térképi megfogalmazás megjelenési formái a különböző méretarányú földtani térképek, amelyeknek a fentiekből következően alapvető szerepe van a hulladékéltelhelyezési problémák megoldásában.

Emberi látásmód, térkép, térinformatika

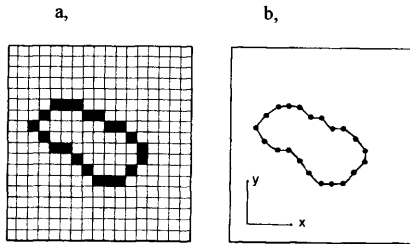
A térkép szerepe a térbeli információ tárolásában, az információ közvetítésében és a különböző térbeli problémák megoldásában kizárólagos. A térképi ábrázolásmód az emberi érzékelés, látás természetes perspektívájától eltér, azonban az egyszerre belátható terület sokszorosa áttekinthető, az emberi érzékszervekkel nem értékelhető tartományok is ábrázolhatók. Több tematika tényadata, a minőségi és a mennyiségi információk is összevethetők. Jelentős és megfontolandó különbség továbbá az, hogy a valós világ három-dimenziós (3D) kiterjedése két-dimenzióra (2D) szűkül. Ez a „információvesztés” sok esetben elfogadható egyszerűsítés, sőt a rendelkezésre álló technológiák figyelembevételével az egyetlen járható út (sok esetben az elérhető adat valójában 2D). A 3D információval való munkát a szóhasználat nem is nevezi térképnek, hanem 3D modellezésnek. A modellezés eredménye azonban igen gyakran egy újabb 2D térkép. Az informatikában a 2D és 3D között még viszonylag éles határ húzódik, melynek oka nem technikai kérdés, hanem elsősorban költségtényezőkre vezethető vissza, de lényeges elem az emberi agy 3D műveltekben mutatkozó gyakorlatlansága vagy „korlátja” is.

A térképet olvasó ember számára az egyezményes jelek, szimbólumok és színek teszik azt könnyen értelmezhetővé. A digitális térkép a lehető legegyszerűbb geometriai elemekből építkezik, ahol a látvány elemeknek nincs szerepe. A valós világ ábrázolni kívánt témáit tehát pont, vonal és poligon szimbolizálja, melyekhez tetszőleges mennyiségű leíró információ kapcsolható (többek között az is, ami a kartográfiai szempontból megszokott megjelenítéshez szükséges) (TURCZI 1992).

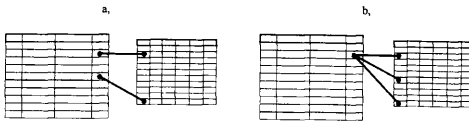
A térképi ábrázolás digitális adatszerkezete lehet raszteri vagy vektor. Raszter esetén annak minden pontjához valamilyen tulajdonságot rendelünk. A vektoros adatszerkezetben x , y , z koordináta sorozatokban tárolható az elemek alakja (1. ábra). Mindkét esetben lehetőség van a táblázatos, leíró adatok térképi elemekhez való kötéséhez. A modern technológiák egyazon adatbázisban tárolják az adott elem geometriáját és tulajdonságait. A raszteres és vektoros térképfeldolgozás – az adatszerkezetek különbözősége miatt – eltérő belső algoritmusokat használ és eltérő a két adatszerkezethez kapcsolódó megszorítás, korlát is. A feldolgozás eredménye, a látvány azonban természetesen azonos. A következőkben a szóhasználat nem tesz különbséget a vektoros, és raszteres technológia között.

1. ábra. Térképi ábrázolási módok
a) raszter ábrázolás, b) vektoros ábrázolás

Fig. 1 Digital implementation of map,
a) raster modell, b) vector modell



Az informatikában a rendezett adattáblák relációs szervezése az egyik leghatékonyabb adatszerkezési eljárás. Az adattáblák közötti kapcsolat – reláció – a mindkét táblában megjelenő azonosító kulcson keresztül valósítható meg. Ez a kapcsolat lehet egy-egy, egy-sok vagy sok-egy típusú (2. ábra). Analóg módon a térinformatikában a reláció elsődleges kulcsa a hely. Addig, amíg egy relációs



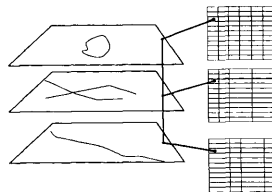
2. ábra. Relációs sémák, a) egy-egy, b) egy-sok

Fig. 2 The relational schems, a) one-one, b) one-many

modellben a kulcsmező adatait kínos pontossággal egyeztetni kell, különösen a térben és időben elkülönülő adattáblaépítés esetén, a térinformatikában ez automatikusan adódik. A reláció azzal az egyszerű ténnyel létrejön, hogy a koordinátarendszer, azaz a vetület pontjai tematikánként megfeleltethetők (3. ábra).

A földtani környezet szerepe

Mivel az embernek a természeti környezetbe való beavatkozása még az élettelen környezet esetében is hosszú távú és széleskörű következményekkel jár, a beavatkozás hatásai nem vizsgálhatók a tágabb térrész ismerete nélkül. Nagyobb jelentőségű beruházások, országos programok keretében megoldandó hulladékélelhelyezési problémák esetén tehát a teljes országra



3. ábra. Térképi kapcsolódás

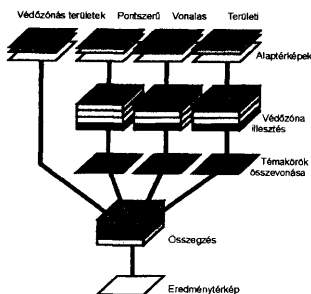
Fig. 3 Relational link of maps and attributes

kiterjedően, kisebb volumenű munkáknál regionális méretekben előzetes értékelést kell adni azokról a földtani képződményekről, amelyek a hulladék-elhelyezés speciális igényeit kielégítik (CHIKÁN 1996).

Az értékelés első lépcsője a területről (országról, régióról) rendelkezésre álló legújabb földtani adatok, az azokat tartalmazó földtani térképek összegyűjtése és elemzése. A területet alkotó földtani képződmények rétegtani helyzete, települése, elterjedése, ásvány-kőzettani jellegei, kőzetmechanikai tulajdonságai, vízvezetőképessége különböző típusú hulladék-elhelyezési igények esetében különböző mértékben befolyásolja egy-egy terület, illetve képződmény előzetes alkalmasságának vagy alkalmatlanságának megítélését. A hulladék típusa, jellege, veszélyessége, halmazállapota, összetétele, környezetre való várható hatása ismeretében meghatározható az a képződménycsoport, amely alkalmas lehet a hulladékot befogadó létesítmény elhelyezésére. Ezután kerülhet sor annak vizsgálatára, hogy a kutatásba bevont területen ilyen típusú képződményeket találunk-e, elhelyezkedésük, elterjedésük megfelelő teret és alapot biztosít-e az elképzelt létesítmény megvalósításához. A földtani térképen ábrázolt képződmények sok tulajdonsága vizsgálendő, egyes tulajdonságok eleve kizárják, más tulajdonságok segítik a hulladék környezetbe illeszkedő elhelyezését, megint más tulajdonságnak minősítő szerepe van abban, hogy az adott képződmény milyen mértékű mesterséges beavatkozást igényel hulladék-befogadó tulajdonságainak javítása érdekében (BALLA 1996). E tulajdonságok és más területvizsgálati eredmények együtthatása a térinformatika eszközeivel hatékonyan elemezhető.

A soktematikás térinformatikai feldolgozás

A hulladék-elhelyezés összetett problémakörében tehát számos tényező együttes elemzése szükséges. A tematikák mindegyike helytől függő, tehát térképen ábrázolható alap vagy minősítő adat. Általános megoldási modellben az összes tematikát egyszerre vizsgálva a lefedett terület minden pontjára információsorozat-hoz jutunk. Ennek elemein végig haladva alakul ki a döntési információ az adott pontra – azaz a hulladék elhelyezésre való alkalmasság vagy alkalmatlanság kijelölése. A folyamat végeredményeként egy új levezetett térképhez jutunk (4. ábra). Ez a feldolgozási folyamat két szakaszra bontható: 1.) Kizáró szűrés, melynek során az elhelyezést kizáró tematikák összegét kell képezni. A kizárt



4. ábra. Soktematikás feldolgozási séma

Fig. 4 Flow diagram of multi-thematic processing

területek komplemente a potenciálisan alkalmas területeket jelenti. 2.) A területi minősítés, melynek során a nem kizárt területek tulajdonságai kerülnek összevetésre (TURCZI et al. 1996).

A kizáró szűrés folyamatában – hulladékfajától függően – két döntési mechanizmus jöhet számításba. 1.) Adott pontban a kizáró tematikák sorozatát nézve elegendő egy kizáró ahhoz, hogy az eredménytérkép azonos pontja is kizárt legyen. 2.) A kizáró tényezők súlyozásával pontról-pontra változó mértékben „kizárt” területekhez jutunk. Ez utóbbi esetben a minősítő folyamat a kizárt területeken is folytatódik.

Az elhelyezésre potenciálisan alkalmas területek minősítése már nem vezethető vissza az egyszerű halmazműveletekre. A hulladék szállítási útvonala, a tárolási hely környezetének áramlási viszonyai, társadalmi elfogadottság, érintett földrészteltek tulajdonviszonyai és sok más tényező térbeli vagy egymáshoz viszonyított helyzete és tulajdonsága alapján kell döntést hozni. A térbeliség vizsgálata a térbeli operátorok segítségével oldható meg. A térinformatikában a térbeli operátorok a logikai, matematikai, ill. halmazműveleti operátorokat egészítik ki új és egyben egyedülálló lehetőségeket nyújtva.

A térbeli operátorok és a topológia

Térbeliség elemzésére a különböző térinformatikai szoftverek hasonló lehetőségeket kínálnak. Talán az egyik legteljesebb megoldást az Intergraph MGA szoftverében beépített térbeli operátorok kínálják. Megfigyelhető, hogy az operátorok többsége párba állítható, és egymást kiegészíti. Mint minden operátor, a térbeli operátor is két elemen vagy halmazon értelmezhető: az elhelyezkedési viszonyra utaló logikai mondatban hivatkozott grafikus elemek, azaz a keresett elem és a kritérium, azaz a feltételt megszábo elem. Pl. „Keressük azokat a kis-vezetőképességű kőzetttesteket, melyeket vető harántol” (passed_through_by); „Keressük azokat a vetőket, melyek kis-vezetőképességű kőzetttesteket harántolnak” (passes_through). Az angol nyelvben ezek a párok cselekvő, illetve szenvedő szerkezettel nagyon tömören fejezhető ki, ugyanez a magyarban csak erőltetett módon vagy körülírva lehetséges.

A leggyakoribb térbeli operátorok (Spatial Operators)

Overlaps	átfed	Két térképi terület átfedésben van. - Melyek azok a területek, ahol két veszélyforrás hatása egyszerre érvényesülhet?
Entirely_contains	teljesen tartalmaz	Egy térképi elem magában foglal egy másikat. - Melyek azok a víznyerési pontok (hatásterületek), melyeken belül kommunális személtlerakók található?
Entirely_contained_by		Egy térképi elemet egy másik foglalja magában. - Melyek azok a kommunális személtlerakók, melyek egy víznyerési pont védelmi zónáján belül helyezkednek el?
Contains	tartalmaz	Egy térképi elem magában foglal egy vagy több másikat (lehet közös határoló elemük is).
contained_by		Egy vagy több térképi elemet magába foglal egy másik.
terminates_in	területben végződik	Egy vonalas elem egy területi elemben végződik - Melyek azok a vízfolyások amelyek veszélyeztette tett területről erednek?
Terminus_of		Egy területi elemben vonalas elem végződik. - Melyek azok a veszélyeztetett területek melyekből vízfolyás ered?
passes_through	áthalad	Vonalas elem területi elemen halad át. - Mely veszélyes hulladék szállítási útvonalak szelnek át mezőgazdasági területeket?
passed_through_by		A területi elemen vonalas elem halad át. - Mely mezőgazdasági területet szel át veszélyes hulladék szállítására kijelölt útvonal?
on_boundary_of	határoló vonalon van	Egy térképi elem teljes egészében egy másik határoló vonalán van.
has_on_boundary		Egy térképi elem határoló vonalán teljes egészében más térképi elem is van.
Touches	érintkezik	A térképi elem egy ponton érintkezik a másikkal.
Meets	találkozik	A területi elem határa egy szakaszon közös egy másik területhattárral vagy vonalas elemmel. - Melyek azok a kőzetérintkezések, ahol két különböző képződményben hasonló a szennyeződés terjedésének lehetősége?
Spatially_equal	egybevágó	Két térképi elem elhelyezkedése és geometriája azonos.

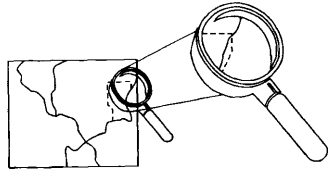
A térinformatika alkalmazásának egyik legnagyobb jelentősége a digitális térképen értelmezett műveletek, azaz a térbeli elemzések adta lehetőségekből adódik. Az ember tapasztalati úton dönti el az alakzatok (térképi elemek) egymáshoz való viszonyát, folytonosságát, átfedését, szomszédosságát stb. Az informatika számára ezek a tapasztalati elemek definiált módon kell megjelenjenek. Más szóval egy térbeli operátor a geometriából adódó helyzetet fel kell ismerje. Az emberi tapasztalást az informatika a topológiai rendezettséggel helyettesíti. A topológia a digitális térkép, a hely-, helyzettől független információ olyan megjelenési módja, ahol a térbeli rendezettség informatikai szempontból hatékonyan kezelhető, az adatszerkezeten a térbeli operátorok egyértelmű megoldást adnak.

A térinformatikai feldolgozás előfeltétele az osztályozott tiszta vonalmű előállítás. A jól osztályozottság mindenek előtt azért szükséges, hogy a tematika elemei külön-külön, vagy csoportokba foglalva elérhetőek legyenek. A vonalmű tisztasága a topológia felépítésének előfeltétele. Egy vonalmű akkor tiszta, ha tematikánként a geometriai definíciójának megfelelő (pl. a földtani egységeket folttérképen ábrázoljuk, a határoló görbékük zártak, azaz nincs a vonalműben szabad végpont és dupla vagy átfedő szakasz).

A soktematikás feldolgozás problémája

Az alapadatok különböző forrásból származhatnak, más-más vetületben és méretarányban. A vetületi rendszerek átjárhatók, de ez csak azokra a pontokra igaz, melyek mindkét vetületben rögzítettek. A térkép eredeti szerkesztése során az ilyen ismert pontok között a kartográfus vagy térképrajzoló interpoláló döntése szerint futnak a vonalak. A méretarányhoz tartozó generalizálás szintén szubjektív elemekkel terheli a térképet. A legfeltűnőbb ez az eltérés a síkrajzi elemeknél, illetve minden olyan tematikánál, amely ezekhez igazodik.

A soktematikás feldolgozásokhoz kapcsolódó halmazműveletek gyakorlati megoldása lényeges technikai problémát vet fel. A különböző helyen és időben keletkezett térképek több azonos elemet tartalmaznak. Ezek azonban nem egybevágók, csak hasonlóak. Tekintsünk egy példát az egybeeső vonalak esetéről. A folyó partvonal a térképi absztrakcióban több funkciót is betölt: folyóhatár, növényzethatár, talajtípus határa, geológiai határ stb. Ennek megfelelően más-más tematikán is megjelenik. Halmazműveleti összegzésük esetén a hasonló határvonal mentén apró töredékterületek keletkeznek (5. ábra). Ezek a töredékterületek az informatika számábrázolási korlátjaihoz hasonló problémát okoznak („túlcsondulás”, 0-val való osztás).



5. ábra. Töredékterületek kialakulása

Fig. 5 Slivers in a complex topology

Összefoglalás

A térinformatika, GIS kifejezések tágabb értelmezésében a szerzők többsége beleérti a hardver eszközöket, az alkalmazott szoftvert, az adatbázist és az embert a tudásával, más szavakkal egy teljes projektet. A térinformatikai feladatmegoldások közül az egyik legösszetettebb a hulladékelhelyezésre alkalmas területek kiválasztása. A soktematikás elemzés viszonylag nagymennyiségű adat egyidejű mozgását, feldolgozását igényli, ezért eszközigényes. Az alkalmazás funkciókészlete szükséges, de nem elégséges az elemzések elvégzéséhez, a

geológus és informatikus szakember összehangolt döntései nélkülözhetetlenek. A feladat megoldásában alapvető szerepe van a földtani környezetnek, melyet a humán környezet szempontjaival is egyeztetni kell.

Irodalom

- BALLA Z. 1996: Kis és közepes radioaktivitású hulladékok elhelyezését célzó földtudományi kutatás, 1993–1996. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése, 1996/II*, 39–53.
- CHIKÁN G. 1996: A földtani térképezés szerepe és jelentősége a radioaktív hulladék-elhelyezési kutatásban. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése, 1996/II*, 53–71.
- TURCZI G. 1992: A GIS földtani alkalmazása. – *Számítástechnika, 7/5*, p. 7.
- TURCZI G., SZEILER R., TULLNER T. & MARSÍ I. 1996: Kis és közepes radioaktivitású hulladék elhelyezésére alkalmas objektumok a Mezőföldön és az attól délre eső dombvidéken. Térinformatikai adatbázis és feldolgoása – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése, 1996/II*, 339–342.

Kézirat beérkezett: 2000. 09. 03.