

A GEOINFORMATIKA TUDOMÁNY ÉS A FÖLDRAJZ KAPCSOLATA

MUCSI LÁSZLÓ⁶⁵

RELATIONSHIP BETWEEN GISCIENCE AND GEOGRAPHY

Abstract: Geographic information systems (GIS) were devised in the 1960s as computer application for handling large volumes of information obtained from maps, remote sensing, etc. Today the researchers speak about GIScience. The methods and laws of GIScience can help the geographers in the research of spatial processes, specially the investigation of the homogeneity and heterogeneity of spatial phenomena. The article gives a short example for the application of GIS technology in the field of risk assessment defining the spatial parameters and measuring probability of the harmful events and their consequences.

ELŐSZÓ

A klasszikus természettudományokon nevelkedett geográfus keresi identitását. Miért van ez a folytonos útkeresés? A földrajz már a 19. század végén megjelent az egyetemek természettudományi karain, szemlélete mégis különbözik a többi tudományétól. Elsősorban az axiomatikus felépítés hiánya okozza a zavart, amit kiegészít a szinte védekezésként emlegetett nemzeti jelleg. Sajnálatos módon a természeti földrajzi és a társadalomföldrajzi kutatások csak szűk területeken kapcsolódnak össze, ilyen például a városökológia és kevés kitörési pont fedezhető fel, ahol a földrajztudomány újabb elismeréseket szerezhet. A térbeli folyamatok korszerű elemzése a földrajz definíciójából következik, így a tudomány fejlődése szempontjából rendkívül fontos volt, hogy a 1960-as évek közepén megjelentek a földrajzi információs rendszerek.

FÖLDRAJZI TÖRVÉNYEK ÉS A GIS ÚJ ÉRTELMEZÉSE

A térbeli adatok rendszerszerű kezelése megteremtette azt a szisztematikus gondolkodást, amely hasonlít más tudományterületek szigorú gondolkodásmódjához, mégis befogadni engedi a földrajzi elméleteket. Ezek alapján, a '70-es években, néhányan földrajzi törvényeket is megfogalmaztak, melyek közül talán **Tobler, W. R.** (1970) „*első földrajzi törvénye*” a legismertebb: „*Minden minden mással összefügg, de a közelebbi dolgok jobban, mint a távoliak*”. Sajnos a „törvénnyel” kapcsolatban nem csak az a kérdés, hogy a fenti állítás az első-e a föld-

⁶⁵ Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék. 6722 Szeged, Egyetem u. 2. E-mail: mucsi@sol.cc.u-szeged.hu

rajzi törvények között, hanem az is, hogy egyáltalán törvény-e. Sokkal inkább tekinthető ez a földrajz mottójának, kifejezve a térbeliséget és a kapcsolatrendszer fontosságát. Benne rejlik azonban két olyan szó, mely bizonytalansága miatt a mondat nem teljesíti a törvények legfontosabb kritériumait: az egyetemes érvényességet, a szintetizáló jelleget és a szükségességet. Hogyan definiálható a *közelség* és hogyan a dolgok közötti jobb *összefüggés*? Tobler törvénye sokáig rejtve maradt a földrajzi szakirodalomban (A törvényére ma is csak 118 hivatkozást találtam a WSCI alatt). A földrajzi információs rendszerek térnyerésével Tobler törvénye feléledt csipkerózsika álmából és a földrajzos társadalom e hatékony eszközzel a kezében megújulva keresi a választ törvényben rejlő két bizonytalan szó értelmezésére.

A GIS fogalma az angol *Geographical Information System* szóösszetételből ered. A földrajzi információs rendszerek az 1960-as évek elején, a CGIS (*Canadian Geographical Information System*) fejlesztésével elindultak hódító útjukra. Az elmúlt évtizedben számos folyóirat nevében jelent meg az *információ*, a *térbeli*, a *földrajzi* kifejezés a *tudomány* vagy az *elmélet* szavakkal együtt vagy nélkülük. Konferenciák szerveződtek a témában, akadémiai pozíciókat hoztak létre, európai szakszövetség (AGILE) jött létre, tanszékek, karok nevébe került be a geoinformatika szó. Az Egyesült Államokban már egyetemek és vállalkozások konzorciuma (UCGIS) is létrejött a geoinformatika égisze alatt. A GIS szó is új értelmezést nyert, ma már a földrajzi információ tudományáról (*GIScience*), röviden geoinformatikáról, mint tudományról beszélünk. Abban nincs vita, hogy a geoinformatika természettudomány, a pontos definiálást azonban sokan sokféleképpen adják meg, aszerint, hogy mely tudományból vezetik le a geoinformatikát. A UCGIS alapokmánya szerint, a *geoinformatika* „*segíti a földrajzi folyamatok és a térbeli kapcsolatok jobb megértését elmélet, módszer, technológia és adatok révén*”.

A GEOINFORMATIKA RENDSZERSZEMLELETE

A geoinformatika, bárhova is soroljuk, eleget kell hogy tegyen minden tudománnyal szemben felállított kritériumrendszernek, vagyis a megismételhetőségnek, a megfigyelőtől való függetlenségnek, tartalmaznia kell jól definiált fogalmakat és a pontosság ismert legyen. **Goodchild, M. F.** (2004) szerint a geoinformatika az informatika tudományba sorolható, és az informatikusok számára azért különösen érdekes, mert a földrajzi (térbeli) információ jól definiált és ezen információ típusal kapcsolatban széleskörű ismeretanyag halmozódott fel. A geoinformatika azonban nemcsak az informatikai ismeretekre támaszkodik. Évszázadok vizsgálati eredményei, a földfelszín leírásai, mérésekből származó adatok alkotják azt az ismeretanyagot, mely korábban hagyományos (analóg) módon, térképeken került ábrázolásra. A geoinformatika nemcsak ezeket az analóg ábrázolási technikákat forradalmasította a digitális módszerek révén, hanem visszahatott olyan hagyományos, évszázados múlttal rendelkező tudományokra is mint a földmérés, a foto-

grammetria vagy a térképészet. A geoinformatika felhasználja a térbeli adatok gyűjtésének legújabb módszereit és törvényszerűségeit is. Különösen fontos itt megemlíteni a távérzékelés és a GIS egyre szorosabb kapcsolatát. Ma már a távérzékelte adatok, elsősorban a légi- és űrfelvételek feldolgozása, elemzése, értelmezése nem valósulhat meg korszerű geoinformatikai eszközök és elméletek nélkül. A térbeli adatok térbeli adatbázisba történő rendezése és kezelése, a számítástudomány egyik fontos fejlesztési területe. A képi adatok megjelenítését a számítógépes grafika, geometria biztosítja. A térbeli adatok statisztikai paramétereit, a pontosságukat vagy a bizonytalanságukat a geostatisztika nélkül nem mérhetjük meg. Mindezekből az következik, hogy a geoinformatika interdiszciplináris tudomány, mely az elméletét, módszereit, az eljárásokat, és nem utolsósorban az adatokat számos területről gyűjti össze és alkalmazza egységes rendszerben. Vagyis elfogadhatjuk Goodchild azon tömör megfogalmazását, hogy a geoinformatika „*tudomány a rendszer mögött*”.

A legtöbb tudomány, így a földrajz is, tudásanyagát a dedukciós és az indukciós módszerek kombinálásával nyeri. Előbbi szerint a részek tulajdonságait az egyetemesből származtatjuk, míg az indukció során a részlegesből származtatjuk le az egyetemeset. A megfigyelések alapján általánosítunk és törvényszerű állításokat fogalmazzunk meg, ill. következtetünk, feltételezünk és megfogalmazzunk olyan törvényeket, melyek a megfigyelésekkel igazolhatók. Ezek a módszerek pontosan ráillenek a geoinformatikára is. A dedukciós és indukciós elméletek és módszerek révén a geoinformatika talán a legbiztosabb alapot nyújtja a *Tobler-törvényben* rejlő bizonytalanság feloldására. A térbeli objektumok kapcsolatának és a térbeli heterogenitás kérdésére a geoinformatika a geostatisztika eszköz-tárával tud hatékonyan válaszolni. Nem véletlen tehát, hogy a földrajz a térinformatikai rendszerek, ill. a geoinformatika tudomány fejlődésével és térnyerésével, olyan gyakorlati eszköz-rendszerre és elméleti alapokra lelt, melyekkel megújulhatott a '90-es években. A geográfia, vele együtt a geográfus szakember szerepe felértékelődött, elindulhatott hazánkban – először Szegeden és Budapesten – a *geográfusképzés*, s képzés anyagába bekerült a térinformatika, a távérzékelés. 2001-től külön szakirány lett a geoinformatika a geográfusképzésen belül.

A TÉRBELI ADATOK ELEMZÉSE – VÁLTOZÉKONYSÁG

A *térbeli adatok* elemzésekor az egyik legfontosabb feltételezés, hogy ezek, mivel a Föld felszínének különböző tulajdonságait írják le, *a térben viszonylag lassan változnak*. Emiatt nincs szükség arra, hogy a jelenséget folytonosan mintázzuk (erre leginkább a távérzékelési mintavételi módszerek alkalmasak), hanem elegendő véges számú diszkrét pontban elvégezni a mérést. A mérési pontok közötti téradatait a térbeli interpoláció és a térbeli átmintázás módszereivel adhatjuk meg. Természetesen az így létrejövő modell – mindegy, hogy raszteres vagy vektoros adatmodell az alapja – csak becslést ad a hiányzó értékekre, de a becsléskor szinte

minden algoritmus figyelembe veszi, hogy a közelebbi mintavételezési pont mérési eredménye jobban befolyásolja a becsült értéket, mint a távolabbi mérési pont értéke. A becslés pontosságát ellenőrző mérésekkel tudjuk megadni. Ilyen elv alapján készülnek az időjárás térképek, a domborzatmodellek. Az izovonalak megrajzolásakor mindig figyelembe vesszük, hogy a közelebbi mérési pont adata nagyobb hatással van a becslésre, mint a távolabbi mérési pont adata. Ezért a mintavételezési stratégiák – véletlenszerű, hálózatos, szemantikus – tervezése a modellalkotás egyik fontos lépése, mely befolyásolja a végeredményt is. Emellett azt is figyelembe kell venni, hogy a lassú térbeli változékonyság csak kis térrészletre igaz, a változás mértéke nagyobb térben a vizsgált jelenség térbeli heterogenitásától függ. A térbeli heterogenitás vizsgálatára a geoinformatika megfelelő elméleti alapokkal és gyakorlati módszerekkel rendelkezik, így e téren is támogatni tudja a földrajzi elemzéseket.

A földrajzi elemzések igyekeznek a változékonyság (*heterogenitás*) problémáját kiküszöbölni azáltal, hogy olyan térrészleteket különítenek el, melyben feltételezésük szerint az adott jelenség, vagy folyamat már homogénnek tekinthető. Tipikus példa erre a vízföldrajzi elemzésekben a vízgyűjtők lehatárolása, vagy a geoökológiai kutatásban geoökotóp kijelölése (*Mezősi G. – Rakonczai J.* 1997). Önmagában a homogén egységeken belüli elemzés nehezen vagy egyáltalán nem értelmezi a homogén egységek közötti kölcsönhatásokat, de miután a homogén egységek vizsgálata sokkal egyszerűbb, ez vált uralkodóvá az elmúlt években a komplex heterogenitást is figyelembe vevő vizsgálatokkal szemben. A vizsgálatok ezért inkább a homogén térrészlet mind komplexebb leírását célozzák meg, emiatt hiányoznak az általános érvényű megállapítások, a hierarchiában a homogén térrészletek felett lévő téregységre vonatkozóan.

A geoinformatikai elemzésekben, az absztrakció magas foka miatt, könnyen elfeledkezünk a homogenitás és a heterogenitás vizsgálatáról, és a mintaterületet önálló, külső hatásoktól mentes egységnek feltételezzük.

A térbeli heterogenitás értelmezése a földrajzi gondolkodás egyik sarokköve, hiszen ilyenkor a tér tulajdonságait egy adott időpillanatban vizsgáljuk, míg a térbeli kapcsolatok elemzése során a tér időben változó tulajdonságait elemezzük. A kapcsolat és a heterogenitás geoinformatikai módszerekkel (matematikai, valószínűség-számítási, geostatistikai alapokon), a fejlett térinformatikai szoftverekbe beépített funkciókkal már rutinszerűen elemezhető, például a variogramokkal mérhetjük, hogyan csökken az objektumok hasonlósága a távolság növekedésével. Ezáltal lehetővé válik, hogy a földrajzi elemzésekben a geoinformatika módszereivel elemezzük a *térbeli jelenségek tér-idő kontextusát*. Az idő-tér földrajz, ezen belül a térbeli terjedés vizsgálatok fejlődéséhez Torsten Hägerstrand svéd geográfus munkássága a 20. század közepén nagyban hozzájárult. Az ún. innovációs hullámok (svédül *innovationsförloppet*) terén végzett kutatási eredményeit először doktori téziseiben (1953), majd angol nyelvre lefordítva 1967-ben kiadott munkájában foglalta össze. Ezekben a közép-svédországi mezőgazdasági termelők által alkalmazott mezőgazdasági újítások bevezetését, szétterjedő hullámok sorozataként fogta

fel, melyek terjedési útvonalai térképezhetők, modellezhetők és szimulálhatók voltak (**Hägerstrand, T.** 1967). Ez a korai munka elsőként alkalmazott új módszereket a térképészetben és a Monte Carlo szimulációban, melyeket az amerikai kollégák gyorsan átvettek az '50-es évek végén, széles körben alkalmazták és kiterjesztették, részben a terjedési folyamatok számítógépes modellezésére. Hägerstrand e korai munkájában gyakorlatilag Tobler törvényének alapjait fektette le, mérhető módon általánosította a közeli és a távoli fogalmakat a tér-idő rendszerben. A *terjedés vizsgálata* nem más, mint annak mérése, hogy mi történik egy x helyen $t+e$ időpillanatban annak függvényében, hogy valamilyen esemény lezajlik egy $x+d$ helyen t időpontban, ahol d és e olyan távolság, illetve időkülönbség, melyek illeszkednek a terjedés sebességéhez. A terjedés vizsgálatok révén az adott földrajzi tér statikus, egy időpontra vonatkozó modelljeit dinamikus modellekké fejleszthetjük. A statikus modellek összehasonlítása révén akár a dinamikus modell futtatásához szükséges paraméterekhez, pl. talajvíz, vagy szennyezésterjedési, áramlási modellek esetén a porozitáshoz, vagy a szivárgási tényezőhöz juthatunk. A fentiek alapján kijelenthető, hogy a geoinformatika segítségével törvényi szintű megállapításokat fogalmazhatunk meg a térbeli információra vonatkozóan.

Napjainkban a geoinformatika egyik legfontosabb feladata az idő tényező elemzésében rejlő lehetőségek kihasználása, illetve olyan módszerek fejlesztése, melyekkel a tér-idő adatok elemezhetők. Ehhez már nem elegendő a megszokott 2D ábrázolás, a *3D-s modellezés, szimuláció* egyre nagyobb szerepet kap, a jelenségek dinamikájának egyre jobb digitális megjelenítésével párhuzamosan.

A geoinformatikai módszerek révén nemcsak a kapcsolatokat tudjuk leírni, hanem a kapcsolatok változását figyelembe véve előrejelzéseket, becsléseket tudunk adni egy vagy több paraméter jövőbeni várható értékére. Ilyen eljárásokkal adhatunk időjárási előrejelzést, a kutatók próbálják a természeti katasztrófák (földrengés, cunami, stb.) bekövetkezését előre jelezni. A bekövetkező esemény előfordulásának vizsgálatával és az esemény társadalmi, környezeti hatásaival a *kockázatelemzés* foglalkozik. A kockázat térbeli változásának elemzésére a geoinformatika kiváló lehetőséget nyújt, mely új eredményekkel támogatja a földrajzi, környezetvédelmi kutatásokat.

A GEOINFORMATIKA ÉS A KOCKÁZATELEMZÉS

Napjainkban a környezeti problémák egyre inkább a társadalom figyelmének középpontjába kerülnek, átértékeljük korábbi cselekedeteinket aszerint, hogy azok miként befolyásolják jövőnket. A környezet átalakítás hatásai már globálisan jelentkeznek, ennek ellenére a lokális folyamatokkal kapcsolatos döntésekben sokszor bizonytalanok a döntés-hozók, a döntésekkel kapcsolatban nem alakul ki társadalmi konszenzus. Az életminőség javítása és emellett a környezet megőrzése mindenképpen kompromisszumos megoldásokat igényel, a döntéshozást segítheti, ha azonosítani és mérni lehet a döntésben rejlő kockázatot.

A geoinformatika módszerei kiválóan használhatók a *kockázatelemzés*ben. A kockázatelemzés, ezen belül a *kockázat becslése* kiterjeszhető térbeli jelenségekre, ugyanakkor rendkívül fontos szerepe van az időtényezőnek, hiszen bármely nagyságú esemény bekövetkezési valószínűsége véges, és bármely erősségű esemény bekövetkezik (csak elég hosszú ideig kell rá várni – Noé effektus). A kockázatbecslés során az esemény bekövetkezési valószínűsége térben változó jelenségektől függ, egyúttal maga a kockázat is egy térbeli változó. A térbeli jelenségek térképezésekor a pontszerű adatforrások adataira támaszkodva tudunk a teljes mintaterületre vonatkozó modelleket előállítani, s az időben változó modellek segítségével mérhetjük a kockázat térbeli, időbeli változásait. A várható hatásokat térinformatikai módszerekkel becsülni tudjuk. A negatív esemény bekövetkezése után a károk felmérésében szintén szerepet kap a geoinformatika. A korszerű távérzékeléses eljárások révén gyorsan információt kaphatunk a térbeli heterogenitás változásáról, a geokorrigált légi-, vagy űrfelvételeket összehasonlíthatjuk az azonos vetületi rendszerben tárolt korábbi térképeinkkel, térbeli adatainkkal.

Az *objektív kockázatbecslést* nehezíti, hogy a lehetőségek kiválasztásának mennyiségi elemzése számos szubjektív elemet tartalmazhat, illetve a kockázatdefiniálásban sincs teljes egyetértés a kutatók között. A kockázatértékelésnek választ kell adnia a következő kérdésekre: *mekkora a negatív esemény bekövetkezésének valószínűsége*, illetve *mik a környezet átalakítás negatív következményei*.

A kockázatbecslés alapja a hatások és azok következményeinek objektív mérése. A környezeti folyamatok esetében mind a kiváltó hatások, mind a következmények térbeli változóként kezelhetők, ezért a geoinformatikai módszerek (kiegészülve pl. távérzékeléses adatgyűjtési technológiákkal) különösen alkalmasak lehetnek elemzésükre.

A kockázatfogalom többféle megközelítése közül a technikai megközelítés adja a legegyszerűbb választ a bevezetőben feltett kérdésekre. Eszerint: *a negatív következmények értelmezhetők a nemkívánatos események*, például a berendezések vagy rendszerek meghibásodásai – vizsgálatomban a vezetéklukadások – *következtében az emberre és a környezetre gyakorolt negatív fizikai-kémiai-biológiai hatások összességéeként* (Zoltayné Paprika Z. 2004). A negatív hatásokat, többek között például a kárelhárítás költségeit, a kiesett termés mennyiségét, stb. objektíven lehet mérni. Az esemény előfordulás bekövetkezési valószínűségeit a korábbi események statisztikai alapján számíthatnánk ki, de ezek a statisztikák nem mindig tárják fel teljes mértékben az ok-okozati kapcsolatokat. A bekövetkezés valószínűségének számítását megkönnyítheti, ha a negatív eseményeket kiváltó hatásokat, mint térben és időben változó paramétereket elemezzük

PÉLDA A KOCKÁZATELEMZÉS GEOINFORMATIKAI MÓDSZEREKKEL TÖRTÉNŐ MEGVALÓSÍTÁSÁRA

A Dél-Alföld legnagyobb kiterjedésű ipari-bányászati területe a MOL Rt. Algyői Bányászati Üzem bányaterülete, ahol a kitermelés, a szállítás és a feldolgo-

zás egyes folyamatai mind megtalálhatók. A környezet-átalakítás hatásai nem pontosan ismertek, bizonyosak nem is nyilvánosak. Az Algyői Bányászati Üzem bányaterületén több mint 1000 kút található és körülbelül 1700 km hosszúságú vezetékrendszer húzódik a felszín alatt (**Mucsi L.** 2001, **Mucsi, L. et al.** 2001).

A felszín alatti vezetékek, kitéve a csőfalon belüli és kívüli *terheléseknek*, az idő múlásával egyre növekvő valószínűséggel kilyukadnak. A szállított anyag, a nagyobb belső nyomás miatt, a vezetéken keletkező lyukon át a vezetéket körülvevő közegbe áramlik. A környezetet ért *hatás* mérhető a kifolyt anyag mennyiségével (értékével), a kárelhárítás során mentesített, elszállított és veszélyes hulladékként kezelt talaj térfogatával (a kárelhárítás költségével), a terület értékcsökkenésével, a kiesett termés mennyiségével, stb. Összefoglalóan: *a hatás a felelősnél jelentkező mindazon költség, mely tartalmazza a kárelhárítás összes költségét (beleértve az anyagvesztést is), valamint a károkozásnak megfelelő azon összeget, amit a terület tulajdonosának fizet a kárt okozó.* Bizonyos hatások természetesen nem fejezhetők ki pénzben, mint pl. a talajban elpusztult élőlények mennyisége, a környezeti folyamatokba bekerülő toxikus anyagok későbbi hatásai, a vízbázis szennyezése, stb.

Véleményem szerint, (1) a lyukadás kockázata térben és időben változó, de mérhető, és (2) kiszámítható a lyukadás előfordulás valószínűségének és annak mérhető következményeinek, hatásainak szorzataként.

A kockázat számításánál nyilvánvalóan a legnehezebb feladat a lyukadás előfordulás valószínűségének (p_{ly}) megadása. Látható, hogy a lyukadás előfordulásának valószínűsége a vezetéket érő belső és külső hatások és a vezeték ellenállás együttes valószínűségének bekövetkezésétől függ. Statisztikai alapon a lyukadás előfordulásának valószínűsége két független valószínűségi változó, a belső hatások okozta lyukadás előfordulásának valószínűségét megadó valószínűségi változó (p_b) és a külső hatások okozta lyukadás előfordulásának valószínűségét megadó valószínűségi változó (p_k) értékétől függ, a következők szerint:

$$p_{ly} = \max(p_b, p_k)$$

Ebben az esetben feltételezhető, hogy a belső és a külső hatások egymástól függetlenül hatnak a vezetékek különböző szakaszain.

A belső hatások, pl. a nyersanyag mozgató, szilárd fázisának (homok) kopató hatása a vezeték teljes hosszában vékonyíthatja a csőfalat, ezért a külső korrózióknak e vékonyabb csőfalat kell korrodálnia a lyukadás bekövetkezéséhez. Emiatt a lyukadás valószínűsége ténylegesen a belső és külső lyukadás előfordulás valószínűségi változóinak függvényeként írható le:

$$p_{ly} = f(p_b, p_k)$$

Az árvízvédelemben megfogalmazott kockázatszámításhoz hasonlóan (**Nagy L.** 2005), azonban nagyon nehéz egy adott területen adott intenzitású veszély, jelen vizsgálatban a lyukadás, várható bekövetkezésének konkrét valószínűségét megadni.

A lyukadás kockázatát alapvetően meghatározza a vezeték anyagának korrózióval szembeni ellenállása, amit megadhatnak várható élettartamként. Bár ez az

érték nem abszolút mértékű, de mondhatjuk, hogy ez idő után a vezeték lyukadása igen nagy valószínűségű. A bekövetkezés kockázatát, jelentősen csökkenti, ha az élettartamot, valamilyen tevékenységsor révén meghosszabbítjuk, kezdve az egyre ellenállóbb anyagok kutatás-fejlesztésével, azok alkalmazásán át, a külső korrózió elleni védelemig.

A kockázat csökkentése érdekében mára modern eszközöket fejlesztettek ki, melyekkel a vezetékfektetés előtt kimutathatók az anyaghibás részek, másrészt a már működő vezetékek belső falát tudják vizsgálni (ún. csögörény). Ezért a lyukadás előfordulás kockázatának meghatározásakor a legnagyobb bizonytalanságot, a külső hatások okozta lyukadás előfordulás valószínűségének meghatározása jelenti.

Adott vezetékszakaszon történő lyukadás lehetséges bekövetkezésének valószínűségét, a legkedvezőbb esetben, a külső tényezők összetett hatásainak függvényeként adhatjuk meg.

$$p_k = f(kh_1, kh_2, \dots, kh_i),$$

ahol kh_i az i -dik külső hatás.

Amennyiben sikerül a valószínűségi változó és a külső hatások függvényszerű kapcsolatát meghatározni, akkor e hatások térbeli változékonyságának térképezésével kijelölhetők a legnagyobb kockázatu területek, és ezáltal hatékonyabb lehet a légi vezetékmonitoring is (Mucsi L. – Geiger J. 2004, Mucsi L. et al. 2004).

Ha a külső hatások a vezetékhalózat teljes területén egyenlő mértékben okozhatnak lyukadásokat és a vezetékek is teljesen egyformák, akkor a belső hatások térbeli változékonyságától eltekintve, a hálózat teljes területén egyenlő valószínűséggel következhetnek be lyukadások. Ebben az esetben a területegységre, például 1 ha-os területre kifejezett lyukadás előfordulás valószínűsége ott a legnagyobb, ahol a legtöbb vezeték húzódik a felszín alatt.

A vezetéklyukadás elsősorban a kutakat és a gyűjtőállomásokat összekötő olaj-, illetve a gerincvezetékét érintik. Ez utóbbi, nagyobb átmérője miatt, lyukadás esetén nagyobb területet szennyezhet. A hálózat mára stabil kiépítettségű, egyes vezetékszakaszok cseréje tervszerűen zajlik, új szakaszok fektetésére ritkán kerül sor. A csillagpontos struktúra miatt, a vezetékek legsűrűbben a gyűjtőállomások néhány száz méteres körzetében található, extrém esetben 1 ha-os területen az olajvezeték szakaszok hossza meghaladja a 4 km-t.

A vezetékek vektoros térinformatikai rendszerben történő tárolása esetén, a megfelelő attribútumadatok megléte és rendszerbe integrálása mellett, egyszerű szűrésekkel is leválogathatók a kockázatos szakaszok.

A lyukadások feldolgozott jegyzőkönyvei alapján látható volt, hogy a nagyobb átmérőjű gerincvezetékek lyukadásainál sokkal nagyobb a kifolyt anyag mennyisége, mint a kisebb vezetékek lyukadásainál.

A külső tényezők többnyire térben változó paraméterekkel írhatók le, ezek lehetnek folytonosan változó jellegűek, mint pl. a talajvíz szint (Geiger J. – Mucsi L. 2005), a hőmérséklet (Mucsi L. et al. 2004) vagy diszkrét (villanyvezeték –

elektromos tér hatása a korrózióra, útkeresztezés – mechanikai hatások, stb.), melyek leginkább hibrid (vektros-raszteres) térinformatikai rendszerekkel kezelhetők.

Egyes külső hatások nemcsak a lyukadás kialakulását, hanem a kijutó anyag terjedését is meghatározzák. Ilyen például a talajvíz szintje, mely egyrészt, ha a vezeték szintje fölé emelkedik, akkor a korrózió kockázatát növeli, illetve ha az adott területen nagy a felület gradiense, akkor a szennyezőanyag is messzebbre áramolhat. A talajvízszint időbeli változása miatt a lyukadás előfordulás bekövetkezésének valószínűsége is időben változik.

A fenti eredmények is mutatják, hogy a lyukadás kockázat mértéke nemcsak térben, hanem időben is változó értéket mutat, ezért a vezeték-monitoring optimális útvonalának igazodnia kell terület időben változó paramétereire.

IRODALOM

- Geiger J. – Mucsi L.** 2005. A szekvenciális sztochasztikus szimuláció előnyei a talajvízszint kisléptékű heterogenitásának térképezésében. Hidrológiai Közöny 85/2. pp. 37-47.
- Goodchild, M. F.** 2004. GIScience, Geography, Form, and Process. Annals of Association of American Geographers 94/4. pp. 709-714.
- Hägerstrand, T.** 1967. Innovation diffusion as a spatial process. University of Chicago Press, Chicago.
- Mezősi G. – Rakonczai J.** (szerk.) 1997. A geoökológiai térképezés elmélete és gyakorlata. JATE Természeti Földrajzi Tanszék, Szeged.
- Mucsi L.** 2001. Characterisation of oil-industrial contamination using aerial and thermal images. EARSeL Symposium, Drezda. In: **Buchroithner, F.** (ed.). A Decade of Trans-European Remote Sensing Cooperation, Balkema, Rotterdam. pp. 373-377. ISBN 90 5809 187 2.
- Mucsi L. – Geiger J.** 2004. A talajvíz szint sztochasztikus szimulációja egy tiszai övzátó példáján. II. Magyar Földrajzi Konferencia, Szeged, Konferencia kötet. pp. 1208-1220.
- Mucsi, L. et al.** 2001. Introduction to research project organizing for characterization and monitoring of the environmental effect of petroleum industrial contamination in Hungary. Acta Geographica Szegediensis 37. pp. 117-126.
- Mucsi L. et al.** 2004. Felszín alatti vezetékek környezetszennyező hatásainak felmérése távérzékeléses technológiával. Geodézia és Kartográfia 56/4. pp. 3-8.
- Nagy L.** 2005. Kockázat számítás az árvízvédelemben – az EU javaslata. Hidrológiai Közöny 85/2. pp. 17-20.
- Tobler, W. R.** 1970. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. Economic Geography 46. pp. 234-240.
- Zoltayné Paprika Z.** 2002. Döntésemélet. Alinea Kiadó. 596. p.