

Nyugat-Magyarországi Egyetem

**DOKTORI (PH.D.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

***TÉRINFORMATIKA AZ IPARI KÖRNYEZETVÉDELEMBEN***

***A térinformatika szerepe a környezeti hatásvizsgálatok  
továbbfejlesztésében***

Bogdán Olivér

Sopron

2005

Nyugat-Magyarországi Egyetem Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola

K1 Környezetpotenciál elemzés program

Témavezető: Prof. Dr. Márkus Béla  
NYME Geoinformatikai Főiskolai Kar főigazgatója

## I. A kutatások előzményei és célkitűzései

Környezetünk védelmével és a növekvő ipari termeléssel kapcsolatban, számos esetben merül fel annak az igénye, hogy a különböző tevékenységek környezetvédelmi hatásai nyomon követhetők és befolyásolhatók legyenek. Ennek érdekében olyan, a környezet védelmét előtérbe helyező irányítási rendszereket alkalmaznak a vállalatok (pl. ISO 14001 szerinti Környezet Irányítási Rendszer), amellyel döntéseiket részletesebb, komplexebb alapadatokra támaszkodva, a környezeti és társadalmi igényeknek megfelelően, az emberi érdekek figyelembevételével tudják meghozni. A környezeti hatások modellezésére ún. környezeti hatásvizsgálatokat és felülvizsgálatokat végeznek, amelyek részletes követelményeiről jogszabályok rendelkeznek.

A szerző célja egy olyan elemző, a környezeti hatás- és felülvizsgálatok továbbfejlesztésére alkalmas rendszer kialakítása volt, amely - elsősorban a műszaki és egészségügyi gázok gyártása során bekövetkező folyamatok modellezésével - újszerű lehetőségeket nyit meg. Az elért eredmények elsősorban a gázipar számára hasznosíthatók, de könnyen alkalmazhatóak más ipari területekre is, az adatgyűjtési és feldolgozási szabályok betartásával. A rendszer más környezetirányítási rendszerekkel összevonható, ezáltal segítséget nyújt a felső vezetés részére abban, hogy milyen döntéseket szükséges hoznia, milyen beruházásokat szükséges alkalmaznia, illetve milyen tevékenységet végrehajtania a környezetszennyezés csökkentése, megszüntetése érdekében, különösen havária<sup>1</sup> események esetén, mind az ember, mind a természet érdekeit szem előtt tartva.

A dolgozat további céljai:

- A környezeti szennyezések adatainak térinformatikai rendszerben való felhasználása, a szennyezések térbeli lehatárolása, a térbeli információk a döntéshozó számára könnyen érthető megjelenítési formáinak vizsgálata.
- Értékelési szabályok kidolgozása a különböző környezeti elemekre.
- A döntéstámogató környezetvédelmi információs rendszerek koncepcionális elemzése.
- A környezeti elemek hatásvizsgálatának, értékelési eredményeinek térinformatikai feldolgozási lehetőségeinek kidolgozása.
- Térinformatikai módszertan kialakítása egy esettanulmányra, majd annak kiterjesztése általános és havária esetekre.
- A rendszer dinamikájának vizsgálata a környezeti elemek változása esetén.
- Egy fuzzy logika elvén alapuló algoritmus kidolgozása az információk megbízhatóságának elemzésére, a döntési folyamat megkönnyítése érdekében.
- A kialakított értékelő rendszer és a fuzzy logika felhasználásával kapott eredmények összehasonlítása, az eltérések kritikai elemzése.

---

<sup>1</sup> Havária: Olyan természeti csapás vagy emberi tevékenység okozta hirtelen esemény (robbanás, közúti baleset stb.), mely a lakosságot és a környezetet veszélyeztető szükségállapot kialakulását eredményezi.

## II. Vizsgálati módszerek

A szerző az ismert nemzetközi és hazai tapasztalatok alapján, néhány lényeges lépéssel kiegészítve fejlesztette tovább az ipari és más létesítmények vizsgálatára alkalmas környezeti hatásértékelő rendszert. A következő lépés a fogalom meghatározás, a hatás- és felülvizsgálatok, és a szennyezőanyag-terjedés modellezés alapjainak lerakása, a döntési alapesetek bemutatása volt. Az itthon és nemzetközileg leginkább használt megközelítések közül váltak az alkalmazandó definíciók kiválaszthatóvá. Majd a vizsgálat tárgya, hatótényezői kerültek meghatározásra.

Az értékelő rendszer kialakításához szükségessé vált az adott területre vonatkozó térinformatikai adatbázis létrehozása, melynek alkalmazása az egyes lépéseket jelentősen megkönnyítette. A térinformatikai adatbázis létrehozásának lépései a következők voltak:

A vektoros és raszteres állományok feldolgozására egyaránt alkalmas térinformatikai szoftver kiválasztása. A választás az ESRI ArcVIEW 3.2 szoftverre esett, amely beépített modulok – geoprocessing modul (vonalak törlése, kivágás, részekre bontás, fedvények egyesítése, metszete), övezet képzés, calculate modul az attribútum táblázatokhoz szükséges számításokra, layout modul a megjelenítésre) - segítségével alkalmas a vizsgálat elvégzésére.

Az értékelő rendszerhez szükséges az adatok és forrásanyagok összegyűjtése, melyre a szerző két módszert alkalmazott. Első lépésben egy feltételezett, tervezett üzem szennyezési adatai kerültek meghatározásra - az általánosan mérhető eredmények alapján -, majd egy konkrét esettanulmány, a Linde Gáz Magyarország Rt. répcelaki telephelyének szennyező komponenseinek koncentráció meghatározása méréssel (üzemelés zajterhelése, pontforrások emissziója, felszín feletti vízterhelés) és modellezéssel (pontforrások immisziója, közlekedésből származó zaj) történt. A modellezés során a dolgozatban részletesen taglalt eljárások kerültek alkalmazásra.

A kialakított értékelő rendszer alkalmazását a térbeli elemzési és logikai műveletek végrehajtása jelentette, azaz a különböző szennyező komponensek, környezeti tényezők koncentráció-eloszlásának lehatárolása, a rétegek képezése, majd a hozzárendelt értékek számítása.

A szennyező komponensek koncentráció-eloszlására, a környezeti tényezők és az eredmények megjelenítésére a szerző által kidolgozott - és a dolgozatban bemutatott, - színezési és besorolási rendszer szolgál. A határérték közeli, illetve feletti koncentrációkat a sárga és vörös árnyalatai ábrázolják, hogy a túllépések szemléletesen láthatóak legyenek, míg az alacsony koncentrációkat a zöld árnyalatai jelölik. A színezési módszer jelentése: vörös = veszély, sárga = figyelmeztetés, zöld = megfelelő. Ezáltal az alkalmazott módszer szemléletesen mutatja be a vizsgált területek szennyezettségét. Markánsan megfigyelhetők az egyes tényezők határérték feletti szennyeződése vagy a több tényező kisebb értékeinek összeadódása.

Módszerek tekintetében törekvés volt, hogy általános, mindenre kiterjedő adatok kerüljenek felhasználásra, értékelésre (tervezet üzem üzem), valamint hogy az alkalmazás

konkrét esetre is bemutatásra kerüljön (Linde). Cél volt továbbá egy minden szennyező komponensre alkalmazható rendszer kialakítása, hogy a konkrét esettanulmány ne szűkítse be az értékelő rendszer alkalmazási lehetőségeit. Elmondható, hogy egy tervezett üzem / esemény, vagy egy meglévő üzem jövőbeni tevékenységéből, eseményéből adódó környezeti hatások értékelésére kizárólag modellezési eljárások használhatók. Meglévő üzem környezetterheléseinek vizsgálata során a konkrét mérések eredményei vehetők figyelembe. Amennyiben nem állnak rendelkezésre mérések, vagy azok nem reprezentatívak, akkor ismételt a modellezés eszközei használhatók fel.

A mérőműszerek mérési megbízhatóságából származó adatgyűjtési és a számolási módszerek megbízhatóságából adódó modellezési hibák figyelembevételével az értékelési rendszer megbízhatóságának vizsgálata is lehetővé vált.

Az adatok pontossága egyrészt a valódi és a modellezett értékek különbségével - a hibával -, másrészt a hiba jellemzésére szolgáló szórással - vagy középhibával - jellemezhető. A másik vizsgálat a tévesztési mátrix elkészítése volt bizonyos számú véletlenszerűen elosztott pont felvételével, a Cohen-féle Kappa index meghatározására. Az érzékenység vizsgálatok arra keressük választ, hogy az eredményben a felhasznált adatok, a döntési súlyok változásával milyen változás tapasztalható.

A döntési szabályok alkalmazásából eredő hibák kiküszöbölésére, valamint a Boolean-retegekből adódó éles határvonalak elkerülésére – mivel a természetben, a környezetszennyezésben ilyenek nem jellemzők – a rendszer finomítására a szerző a szennyező komponensek és környezeti tényezők vizsgálata során, a matematikai alapokon fekvő Fuzzy-logikát alkalmazta.

A hagyományos térinformatikai rendszerek esetében az adatbázist a vizsgálat előtt korrektnek és a hibahatáron belül lévőknek fogadjuk el. A kemény döntéshozatali feltételrendszeren belül ún. Boolean algebra segítségével rétek hozhatók létre, és műveleteket hajthatók végre az adatbázisban. Általában ezek az adatbázisok nem képesek visszaadni a döntéshozatali folyamatban az adatbázis térbeli megbízhatóságát, nem tudják kezelni a valószínűségi értékeket.

A fuzzy térbeli elemzés lehetővé teszi, hogy a Boolean algebrában megismert kétállapotú döntéshozattal szemben, az emberi gondolkodásnak és az emberi nyelvnek sokkal inkább megfelelő kategóriákat hozzunk létre, s mindezt egy olyan folyamatos függvény megfeleltetése révén, ahol a függvény típusának megfelelően bármelyik pont - különböző valószínűségi szinten, de - alkalmas az adott válasz kifejezésére.

A fuzzyfikáláshoz szükséges függvény kiválasztása után az összes szennyezőanyag-koncentráció eloszlásán az ESRI ArcView Spatial Analyst moduljával végezhető el a fuzzyfikálási művelet, melynek eredményeképpen minden egyes receptorpontra a szennyező anyagok számának megfelelő, a tagsági függvények szerinti [0,1] intervallumba eső tagsági értékek halmazát kapjuk.

A szerző a kialakított értékelő rendszer és a Fuzzy-logika által kapott eredmények összehasonlítása és az eredmények, eltérések tudományos elemzését is elvégezte. Az eltérések kritikai elemzésére az eddig követett módszer szerint (általánostól a konkrétig) két

esettanulmányon (tervezett üzem, Linde Gáz Magyarország Rt.) keresztül, a két módszer alkalmazása közötti különbségek, valamint a kapott eredmények matematikai összehasonlításával került sor. Az értékek különbségeinek jellemzésére felhasznált matematikai jelzőszámok a szórás (RMSE) és a terjedelem voltak.

Az értékelő rendszerek által alkalmazott osztályba sorolások - nem szennyezett, enyhén szennyezett, közepesen szennyezett, szennyezett, rendkívül szennyezett - összehasonlítása mind a tervezett üzem, mind a Linde Gáz Magyarország Rt. területén, a téves osztályba sorolások mátrixának elkészítésével, a diagonálisan egyező területek, a véletlen egyezések és a Cohen-féle Kappa index segítségével, továbbá az egyező területek és a megfelelő osztály arányára összehasonlító adatok alkalmazásával, valamint az egyes kategóriák a teljes terület arányára viszonyítva volt vizsgálható.

### **III. Eredmények összefoglalása**

1. A hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintésével a dolgozat módszertani összefoglalást ad a térinformatika döntéstámogató lehetőségeiről, az egyes módszerek kritikai értékelésével, majd gyakorlati felhasználásuk vizsgálatával. Elmondható, hogy mind hazai és mind külföldi vonatkozásban növekszik a térinformatikai rendszerek környezetvédelmi alkalmazásainak a száma, melyek nem csupán az ábrázolás megjelenítésre korlátozódnak, hanem komplex környezeti hatás- és felülvizsgálatokban nyújtanak segítséget, ezáltal indulva el a döntéstámogató rendszerek kialakítása felé, segítve a döntéshozókat a komplex térbeli problémák megoldásában. A komplexitással párhuzamosan fejlődik annak az igénye is, hogy a különböző mennyiségi és minőségi adatokat számszerűsítve, egy rendszerben feldolgozva kezeljék. Ezen igény kielégítésére alkalmas a szabályozási és vezérlési rendszerekben már használt Fuzzy-logika. A következő években várható az környezeti hatás-, és felülvizsgálatok, veszélyanalízisek és a térinformatika integrációja, illetve ezekbe a Fuzzy-logika e rendszerekbe történő adaptálása.
2. A hazai és nemzetközi szakirodalomra alapozva, a - felszín alatti víztartók, vízbázisok sérülékenységet kifejező - DRASTIC módszer logikáját, a fővárosban, stratégiai térképek terén végzett kutatásokat - amelyek városi szennyező anyagok eloszlását, összhatását dolgozza fel -, valamint egy IMPACT névre keresztelt, a szerző által kidolgozott városi környezet humáncentrikus megközelítési minősítő rendszer alapjait felhasználva került kialakításra az IMPACT II. Ez egy környezeti döntéstámogató, hatásértékelő rendszer, amely a környezeti hatás-, és felülvizsgálatok továbbfejlesztésére szolgál, s ipari és más területek környezetszennyező hatásainak vizsgálatára is alkalmazható. Az IMPACT - mint hatás, hatások összessége - egy mozaikszerű, a különböző környezeti tényezők hatásainak angol megfelelőjéből adódott. A II szám az előbb említett városi környezet minősítő rendszer továbbfejlesztett, finomított változatára utal. A betűk értelmezése a következő:

<b>I</b> mission of air pollutants	levegőszennyező anyagok <b>I</b> mmissziója
<b>M</b> ain surfacewater quality indices	felszíni víz <b>M</b> inőségi tényezők
<b>P</b> ollution of noise	<b>P</b> roblémát okozó Zajártalmak
<b>A</b> ffected under-surface water	Szennyezett felszín <b>A</b> latti vizek
<b>C</b> ontamination of soils	talajok <b>C</b> ivilizációs ártalmak
<b>T</b> hreat of other factors	egyéb <b>T</b> ényezők

- I** Pont, diffúzió, és mozgó források által kibocsátott szennyezőanyagok immissziója
- M** Felszín feletti vizek szennyezőanyag koncentrációjának eloszlása
- P** Berendezések, munkagépek, közlekedő járművek által okozott zajterhelés
- A** Felszín alatti vizek szennyezőanyag koncentrációjának eloszlása, terjedése
- C** Talajszennyező anyagok térbeli koncentrációja
- T** Egyéb tényezők, pl. élővilág károsodás, természetes radonkiáramlás a talajból.

Az értékelő rendszer az ember és környezet szempontjait komplexen veszi figyelembe, környezetirányítási rendszerekkel összevonható, ezáltal segítséget nyújt a felső vezetés részére. A rendszer segíti a vezetést abban, hogy milyen döntéseket szükséges hoznia, milyen beruházásokat eszközölnie, illetve milyen tevékenységet végrehajtania a környezetszennyezés csökkentése, megszüntetése érdekében - különösen havária események esetén -, mind az ember, mind a természet érdekeit szem előtt tartva. Az IMPACT II értékelő rendszer megadja a szennyezettség mértékét, ill. a környezet minőségét meghatározó értéket - amely maga az IMPACT II index ( $I^II$ ). Az értékelő rendszer alkalmas tényleges, vagy feltételezett (mért, modellezett) forrásból származó adatok felhasználására; meglévő üzemek környezeti állapotának, annak állandó és időszakos hatásainak (havária), felmérésére, környezeti felülvizsgálatra, valamint tervezett üzemek várható környezeti hatásainak vizsgálatra - építkezés, üzemelés és felhagyás során. Az  $I^II$  index számszerűsíthető, korábbi vizsgálatokkal összehasonlítható, így monitoring célokra is alkalmas.

3. A szerző az  $I^II$  indexének számításához szükséges - a szennyező komponens minőségétől függő súly - veszélyességét jelölő szám [W] és a mennyiséggel arányos érték, a koncentrációtól függő faktor [C] meghatározására módszert dolgozott ki.

A veszélyességet jelölő szám [W] meghatározása Hommel veszélyt jelző számainak rendszerét a 44/2000 (XII.27.) EüM rendelettel kombinálva végezhető el, amely ily módon egy részletes, sok tulajdonságra kiterjedő és számszerűsíthető veszélyességi besorolást ad minden tiszta anyagra. A nem tiszta anyagokra - mint oldat, vagy egyéb, nem egyszerűen értelmezhető komponensekre, mint a kémiai oxigén igény (KOI) - is elvégeztem a besorolását. Ennek a rendszernek a segítségével minden szennyező komponens, az értékelési rendszerhez szükséges veszélyessége megállapítható.

A szennyezőanyagok koncentrációtól függő faktora [C] a széles körben alkalmazott telítődési görbével jellemezhető, melynek leírására exponenciális függvény alkalmazható. A függvény értékeinek meghatározásához szükséges  $\lambda$  értéke a határérték segítségével minden egyes szennyező komponensre számolható. Azon tényezők vizsgálata, melyekre nem lehetséges a fent említett meghatározási módszer alkalmazása - pl. élővilág, amely szoros összefüggésben van az összes környezeti tényezővel -, külön módszer került kialakításra.

4. Az értékelő rendszer, minden környezeti tényezőre kiterjedő alkalmazása a dolgozatban egy esettanulmányon keresztül, egy tervezett telephelyen feltételezett - de az általánosan mérhető értékeknek megfelelő - kibocsátási értékekkel rendelkező szennyező komponenseken keresztül került bemutatásra. Végigkövethető a veszélyességet jelölő szám [W] és a koncentrációtól függő faktor [C] meghatározása, a térinformatikai feldolgozás módszere, s végül a kialakított színezési rendszer szerinti ábrázolás.

Az IMPACT II környezeti hatásértékelési rendszer, tervezett üzemben történő bemutatása után, egy konkrét esettanulmányra - a Linde Gáz Magyarország Rt. répcelaki telephelyre - került alkalmazásra, amelynek eredményei az alábbiakban kerülnek ismertetésre.

A vizsgálat során három környezeti tényező alapján volt minősíthető az üzem: levegő, felszíni víz és a zaj tényezők által. A felszín alatti vízről, talajszennyezésről elmondható, hogy a Társaság, üzemszerű működése közben szennyezést nem okozott, ezáltal feltárások és felmérések nem váltak szükségessé. Egyéb tényező specifikációk hiányában nem került meghatározásra. Meg kell jegyezni, hogy kevés az olyan, értékelés szempontjából „ideálisnak” mondható, üzem, amely az összes környezeti elemmel kapcsolatban áll és ezekről mérésekkel, kibocsátási számításokkal, monitoring rendszer alapján számszerű adatokkal rendelkezik. A komplex, minden környezeti elemre kiterjedő hatás- és felülvizsgálatoknál arra kell törekedni, hogy a kifejlesztett értékelési rendszerhez szükséges adatok a szükséges vizsgálatokkal, feltárásokkal rendelkezésre álljanak.

Általánosságban elmondható, hogy az értékelés által a terület - s ezáltal a Linde Gáz Magyarország Rt. - a nem, enyhén és kis részen a közepesen szennyezett kategóriába esik. A közepesen szennyezett területet a felszín feletti víz, levegő és üzemelési zaj együttes előfordulása okozza a kivezető csatornán. Hasonló problémát jelent az üzemelési, közlekedési zaj, valamint a levegőszennyezés együttesen előfordulása az üzem D-i sarkán, illetve a lakott település Ny-i felének kis részén.

Az egyes tényezők vizsgálata rámutatott, hogy elsődlegesen a zaj általi, majd a felszín feletti vizekben okozott terhelést célszerű csökkenteni, mert a terhelést okozó szennyező komponensek értéke határérték közeli. Beavatkozással az e területekre vonatkozó IMPACT II index értékei jelentősen csökkenthetők.

A módszer alkalmazása alapján a következők állapíthatók meg:

Az értékelő rendszer eredményének pontossága a felhasznált adatoktól, mérési és modellezési eredményektől függ. Az eredmények számítására több modellezési



eljárást is használhatunk, azokat összehasonlítva, de a modellek használata során hasonló problémák merülhetnek fel, csak a feldolgozásra szánt idő növekedne meg, a pontosság számottevően nem változna. A mérés hátrányai mellett alkalmas, a gazdasági szempontokat is figyelembe véve, maximum egy-két ponton, kevés komponensre, ideális körülmények között és viszonylag hosszú idő alatt a modell ellenőrzésére.

Kizárólag a végeredmény vizsgálata esetén az egyes komponensek határérték-túllépése nem látható, csupán az együttes szennyezettség. Ezek a túllépések az egyes szennyező komponensek előzetes vizsgálatával (ez meg is történik a rendszer alkalmazása során), valamint a későbbiekben, a döntési helyzetek koncepcionális elemzése során deríthetők ki.

További probléma merülhet fel a bűzanyagok értékelésének esetében, mert annak észlelési küszöbértéke jóval alacsonyabb, mint az érvényes határérték. A lakosság érzékeny erre a komponensre, viszont az értékelési rendszer nem emeli ki jelentőségét. A bűzanyagok terjedése a levegőszennyező-anyagok terjedéséhez köthető, tehát a levegő környezeti tényezőhöz tartozik, ezért - bár alkalmazható lenne ez is - nem ajánlatos az egyéb tényező kategóriába átsorolni. Lehetőségünk van a komponens súlyát megnövelni, de ezzel elvesztenénk a veszélyességi besorolás alkalmazásának lehetőségét. A javasolt módszer a koncentrációtól függő faktor számításakor a határérték helyett az észlelési küszöbértékhez viszonyítani.

Az esetleges időbeni változások (szennyezőanyag-kibocsátás megszűnése, újabb mérési eredmények, talajvízben történő szivárgások) nyomon követése is végrehajtható az egyes komponensek, tényezők újraértékelésével, az átlapolások megismétlésével, az IMPACT II index ismételt kiszámolásával, majd a meglévő állapottal való összehasonlítással.

Kiemelt jelentősége lehet egy meglévő veszélyes üzem (konkrét adatok felhasználásával) feltételezett káreseményeinek a modellezése, ezáltal a meglévő és lehetséges szennyezők együttes hatásainak az elemzése.

Az értékelési rendszer alkalmazásával kapott eredmény nem tért el a várható értékektől, a felismert hiányosságok kiküszöbölése, pedig tovább fejlesztheti a módszert.

5. A döntéstámogató környezetvédelmi információs rendszerek koncepcionális elemzésével került sor a döntési célok eléréséhez szükséges eljárások meghatározására a döntési súlyok és az I<sup>II</sup> index kombinálásával.

Definíció szerint egy több céllal és több kritériummal rendelkező döntési probléma térinformatikai eszközökkel való megoldás keresése történt a dolgozatban. A konkrét célok a következők voltak:

- A jogszabályok betartása, azaz biztosítani, hogy a védendő területeken határérték feletti szennyezés ne alakuljon ki.
- A fenntartható fejlődés érdekében a környezetszennyezések minimalizálása a gazdasági érdekek figyelembe vétele mellett.

A kritériumok közül korlátot a határértékek jelentettek, a tényezők, pedig a szennyező komponensek koncentráció-eloszlásai voltak.

Az eljárás során minkét esetben lehatárolásra kerültek a határérték feletti területek, majd ezek és a védendő objektumok által lehatárolt területek közös részének képzése következett.

A gazdaságossági célok elérésének érdekében először minden egyes környezeti tényezőhöz - a döntéshozó véleményének figyelembe vételével - gazdaságossági súlykiszámítás került meghatározásra. A rendszer finomítása érdekében a Linde példáján bemutatva a környezeti tényezők helyett, a szennyező komponensekhez történt a hozzárendelés.

A gazdaságossági súly és az IMPACT II index kombinálásával (összeszorozásával) elérhető, hogy a döntés egyértelműbbé vált, a szubjektivitás csökkent és a megbízhatóság nőtt.

6. Az IMPACT II értékelési rendszerhez felhasznált adatok és eredmények megbízhatóságának vizsgálata a dolgozatban bemutatott eljárás alapján történt. A környezeti elemek változása esetén a rendszer pontosságának, dinamikájának és érzékenységének meghatározására a szerző módszert javasolt, az egyes szennyező komponensek értékeinek és súlyának megváltoztatásával.

Az értékelési rendszerhez felhasznált - különböző forrásokból származó, és különböző pontosságú - adatok hibái, az értékelési szabályok alkalmazása során összeadódnak; erősíthetők, illetve közömbösíthetők egymást. Az alkalmazott esettanulmányokban a különböző szennyező komponensek koncentráció-eloszlása, illetve az IMPACT II részindexeit tartalmazó rétegek átlapolása, összegzése történt, ezért elmondható, hogy első közelítésben az alkalmazás pontosságát a legkisebb pontosságú réteg határozza meg. Mivel az értékelő rendszer alapja a különböző rétegek súlyozott összegzése, ezért a tényleges pontosság lényegesen jobb lett a legkevésbé pontos réteg pontosságánál. Tehát az alkalmazott értékelési rendszer javítja a rétegek pontosságát.

A rendszer érzékenységének vizsgálatakor a szerző arra kereste a választ, hogy milyen változást tapasztalható az eredményben a felhasznált adatok, a döntési súlyok változásával.

A vizsgálat során első lépésben egy szennyező komponens koncentrációjának határérték fölé történő változtatására került sor. Megtörtént a teljes értékelési módszer végrehajtása a megváltozott értékekre, majd összehasonlítása az eredeti számszerű értékekkel - térinformatikai feldolgozás során a két réteg egymásból való kivonása -, mely megmutatta a rendszer érzékenységét a koncentrációtól függő faktor [C] értékének változtatására.

A veszélyességet jelölő szám [W] módosítása is a vizsgálat részét képezte. Ismételtlen egy szennyező komponens került kiválasztásra, olyan környezeti tényező esetén, ahol nemcsak egy vizsgált komponens van, mert különben a normalizálás miatt nem lett volna tapasztalható változás.

A vizsgálat megmutatta, hogy a rendszer a koncentrációtól függő faktor [C] változtatására nagyobb (a határérték feletti szennyezést a végeredmény tükrözte), míg a veszélyességet jelölő szám [W] változtatására kisebb mértékben reagál.

7. A szerző a környezet értékelésére algoritmust dolgozott ki a fuzzy logika elvén, az információk megbízhatóságának elemzésére, a felhasznált adatok megbízhatósági intervallumára alapozva, a döntési mechanizmus megkönnyítésére.

A fuzzyfikáció végrehajtása, az alrétegek kialakítása szigmoid tagsági függvény kiválasztásával történt. A maximális szennyezettségi értékek a fuzzy alrétegeken alkalmazott fuzzy OR művelettel, az átlagos szennyezettség a MEAN (arithm) művelettel, míg a szennyezőanyagok együttes megjelenési valószínűsége az AND (\*) művelettel kaphatók [0,1] intervallumba eső értéktartományban.

A módszer során felhasznált adatok az eddig vizsgált fiktív üzemen és a Linde Gáz Magyarország Rt. répcelaki telephelyének esettanulmányában bemutatott IMPACT II index környezeti tényezőinek bemenő adatai; a szennyező komponensek térbeni koncentrációs változásai voltak, melyeknek raszterizált rétegei a fuzzy rendszer alrétegeit képezték.

A fuzzy logikán alapuló rendszer megbízhatósága szintén az adatok megbízhatóságán - pl. a mérési pontosságon – alapul. A legtöbb esetben a mérőműszer pontossága vagy a mérések átlagtól való eltéréséből számolt adatpontosság rendelkezésre áll. A fuzzy logikán alapuló megbízhatósági vizsgálat során - a konkrét értékeken kívül - a pontossági adatokból származó megbízhatósági intervallum transzformálása, valamint a fuzzy eredmény megbízhatósági intervallumára vonatkozó meghatározási módszer megadása is megtörtént.

A fuzzy módszer előnye, hogy rendkívül gyors, nem korlátozza a bemenő komponensek számát, elkerüli a súlyozásokból és összegzésekből eredő bizonytalanságot, valamint hogy matematikai alapokon fekszik, ezáltal az adatok alabizonytalanságán kívül hibákkal nem terhelt. Alkalmas - nem csak környezeti tényezők - hanem egyéb, mint például lakossági panaszok figyelembe vételére. A kapott eredmények számszerűek, ezáltal a változások vizsgálata az értékek összehasonlításával egyszerűen végrehajtható.

8. A kialakított IMPACT II értékelő rendszer és a fuzzy logika által kapott eredmények összehasonlítása, az eredmények, eltérések tudományos elemzése megtörtént. Az eltérések kritikai elemzésére a két ismertetett esettanulmány (tervezett üzem, Linde Gáz Magyarország Rt.) példáján keresztül, a két módszer alkalmazása közötti különbségek, a kapott eredmények matematikai összehasonlításával történt. A dolgozat az I<sup>II</sup> index és a fuzzy logika OR műveletének elemzése során kapott értékeket mutatja be. Az értékek különbségeinek jellemzésére felhasznált matematikai jelzőszámok: a szórás (RMS), a terjedelem és a standard deviancia voltak.

Az IMPACT II által meghatározott, és a fuzzy logika által is alkalmazható osztályba sorolások - nem szennyezett, enyhén szennyezett, közepesen szennyezett, szennyezett, rendkívül szennyezett - összehasonlítása a téves osztályba sorolások mátrixának

elkészítésével, a diagonálisan egyező területek, a véletlen egyezések és a Cohen-féle Kappa index segítségével vizsgálható, továbbá összehasonlító adatokat alkalmazásával az egyező területek és a megfelelő osztály arányára, valamint az egyes kategóriák arányára a teljes területre viszonyítva mind az IMPACT II, mind a Fuzzy-logika elvére épülő módszer esetére.

Megállapítható, hogy - eredményükben való kis mértékű eltérés ellenére - mindkét módszer alkalmas a környezeti hatásértékelésre. Az eredmények szórása 0,15, a terjedelem középértéke 0,11, míg a szórás középértéke 0,055 alatt van. A Cohen-féle Kappa index a fiktív üzemre 30,57 %, a Lindére 64,62 %. A különbséget az okozza, hogy a Linde esetében több tényező vizsgálata történt meg, és a tényezők kiterjedése jobban átfedte egymást. A fuzzy módszerrel kapott értékek, a maximális szennyezettség vizsgálata miatt, magasabbak. Az IMPACT II módszer a szennyező anyagok minőségétől függő hatásokat is figyelembe veszi, viszont használata során szükség van az értékelő szakértelmére. A fuzzy logika alkalmazása során csak a komponensek határértékének ismerete szükséges.

#### **IV. Az eredmények hasznosítása**

Az IMPACT II környezeti hatásértékelő rendszer vizsgálati eredményei a környezeti hatásvizsgálatok, környezetgazdálkodási döntések előkészítése során különböző feladatokra használható. Alkalmas tényleges, vagy feltételezett (mért, modellezett) forrásból származó adatok felhasználására, ezért meglévő üzemek környezeti állapotának, annak állandó és időszakos hatásainak (havária események), felmérésére, környezeti felülvizsgálatra; valamint tervezett üzemek várható hatásainak vizsgálatra - építkezés, üzemelés és felhagyás során -, azaz környezeti hatásvizsgálatra.

Az elért eredmények elsősorban a gázipar számára hasznosíthatók, de az adatgyűjtési és feldolgozási szabályok betartásával más ipari területekre is könnyen alkalmazhatók.

Az értékelő rendszer az ember és a környezet szempontjait komplexen veszi figyelembe, környezetirányítási rendszerekkel összevonható, ezáltal segítséget nyújt a felső vezetés részére, abban, hogy milyen döntéseket szükséges hoznia, milyen beruházásokat eszközölnie, illetve milyen tevékenységet végrehajtania a környezetszennyezés csökkentése, megszüntetése érdekében.

Hozzájárul meglévő veszélyes üzemek feltételezett és bekövetkezett káreseményeinek hatásértékeléséhez és elemzéséhez, ezáltal adva lehetőséget a káreseményre való felkészülésre, hatásának csökkentésére.

A minél pontosabb eredmények érdekében törekedni kell arra, hogy az értékelési rendszerhez szükséges összes adat - a szükséges vizsgálatokkal, feltárásokkal - minden környezeti tényezőre rendelkezésre álljon.

## V. A kutatás témakörében készített publikációk jegyzéke

### *Publikációk*

- **Bogdán O.** (1995): Veszprém belvárosának forgalom- és zajterhelése. TDK-dolgozat Veszprémi Egyetem, Kémiai Technológia Tanszék. Veszprém.
- **Bogdán O.** (1995): Veszprém város forgalom- és zajterhelése. Nemzetközi környezetvédelmi ifjúsági konferencia. Konferencia kiadványfüzet (24-31 old.). Mezőtúr.
- **Bogdán O.** (1995): Report on GIS practise in surface modelling. Jelentés a Leobeni Bányászati Egyetemen töltött tanulmányútról. Institute für Technische Ökosystemanalyse, Montanuniversität Leoben, Ausztria.
- **Bogdán O.** (1996): Studies on air pollutant impact on crop plants. jelentés az Ausztriai Kutató központban, töltött tanulmányútról. Austrian Research Centre Seibersdorf, Austria.
- **Bogdán O.** (1997): Veszprém környezeti állapotának felmérése térinformatikai módszerekkel. 3. Veszprémi Környezetvédelmi Konferencia és Kiállítás. Konferencia kiadványfüzet. Veszprém.
- **Bogdán O.** (1997): Veszprém környezeti állapotának felmérése térinformatikai módszerekkel. VI. Térinformatika a Felsőoktatásban Szimpózium konferencia. Székesfehérvár. Konferencia kiadványfüzet.
- **Bogdán O.** (2000): A faipar környezetvédelmi problémái és környezetvédelmi beruházásai. Ligno-Novum Faipari Szakkiállítás. Sopron.
- **Bogdán O. Füle L., Magyar I., Mógor E.** (2000): A LINDE GÁZ MAGYARORSZÁG RT: térképalapú környezetvédelmi információs rendszere. Geomatikai közlemények III, 265-272. Sopron.
- **Bogdán O.** (2001): A „linfo” avagy környezetvédelmi feladatok és a számítógép. Geográfus Doktoranduszok VI. Országos Konferenciája. Konferencia kiadványfüzet. Pécs.
- **Bogdán O.** (2004): A döntéstámogatás térinformatikai eszközei. Gisopen Országos Konferencia. Konferencia kiadvány CD. Székesfehérvár.
- **Bogdán O.** (2004): A döntéstámogatás térinformatikai eszközei, Országos Térinformatikai Konferencia. Konferencia kiadvány CD. Szolnok.

#### *Előadás*

- **Bogdán O.** (1995): Veszprém forgalom- és zajterhelése, TDK-dolgozat, Veszprémi Egyetem, Kémiai Technológia Tanszék. Veszprém.
- **Bogdán O.** (1995): Veszprém város forgalom- és zajterhelése. Nemzetközi környezetvédelmi ifjúsági konferencia. Mezőtúr.
- **Bogdán O.** (1997): Veszprém környezeti állapotának felmérése térinformatikai módszerekkel. 3. Veszprémi környezetvédelmi Konferencia és Kiállítás. Veszprém.
- **Bogdán O.** (1997): Veszprém környezeti állapotának felmérése térinformatikai módszerekkel. Veszprémi Informatikai Napok. Veszprém.
- **Bogdán O.** (1997): Veszprém környezeti állapotának felmérése térinformatikai módszerekkel. VI. Térinformatika a Felsőoktatásban Szimpózium. Székesfehérvár.
- **Bogdán O.** (2000): A faipar környezetvédelmi problémái és környezetvédelmi beruházásai. Ligno-Novum Faipari szakkiállítás. Sopron.
- **Bogdán O.** (2001): A „linfo” avagy környezetvédelmi feladatok és a számítógép. Geográfus Doktoranduszok VI. Országos Konferenciája. Pécs.
- **Bogdán O.** (2004): A döntéstámogatás térinformatikai eszközei. Gisopen Országos Konferencia. Székesfehérvár.
- **Bogdán O.** (2004): A döntéstámogatás térinformatikai eszközei. Országos Térinformatikai Konferencia. Szolnok.

#### *Poszter*

- **Bogdán O.** (1995): Veszprém forgalom- és zajterhelése. TDK-dolgozat. Veszprémi Egyetem, Kémiai Technológia Tanszék. Veszprém.
- **Bogdán O.** (1995): Veszprém város forgalom- és zajterhelése. Nemzetközi környezetvédelmi ifjúsági konferencia. Mezőtúr.