

Pécsi Tudományegyetem
Földtudományok Doktori Iskola

**Matematikai modellek használata a gazdasági és földrajzi
elemzésekben a Dél-Dunántúli régió példáján**

PhD értekezés tézisei

Csizmadia Gábor

Témavezető:

Dr. Tóth József
rector emeritus egyetemi tanár

Pécs, 2009.

A doktori iskola címe: PTE Földtudományok Doktori Iskola
Vezetője: Dr. Tóth József, egyetemi tanár, rector emeritus,
a földtudomány doktora
PTE TTK Földrajzi Intézet, Társadalomföldrajzi
és Urbanisztikai Tanszék

Az értekezés tudományága: geo-statisztika, geo-informatika,
új típusú matematikai geo-modellezés

Témavezető: Dr. Tóth József, egyetemi tanár, rector emeritus,
a földtudomány doktora
PTE TTK Földrajzi Intézet, Társadalomföldrajzi
és Urbanisztikai Tanszék

1. Bevezetés

Az informatikai rendszerek fejlődésének következményeként a földrajztudományok területén elért eredmények és a különböző természettudományi tudományok mind jobban összefonódnak, illetve egyre több közös alkalmazásra lelnek. A reáltudományok, elsősorban a matematika, statisztika illetve az informatika esetén ez az összefonódás különösen látványos. A legkiemelkedőbb szerepe földrajztudományban alkalmazható matematikai tudományok egyikének, a térinformatikának van. A térinformatika, ahogy a neve is mutatja, olyan informatikai rendszerekkel foglalkozik, melyekben az információ alapjául a földrajztudományok valamely ágának eredményei szolgálnak.

A térinformációs rendszereknek számos óriási előnye van a hagyományosabb megközelítésekkel szemben. Ezek közül a leghétköznapibb, az hogy az adatokat, az információkat képek, térképek formájában jelenítik meg, így azok értelmezését nagymértékben leegyszerűsítik, az elemzéseket felgyorsítják. Hasonló, első közelítésben talán nem ennyire látványos, azonban semmivel sem kisebb jelentősége van a kezelhető, áttekinthető és elemezhető adatmennyiség drasztikus növekedésének is. A modern információs rendszerek és matematikai módszerek külön-külön is nagyságrendekkel növelték a feldolgozható adat mennyiségét, együttes alkalmazásuk pedig számos, már hétköznapi területen is bizonyított.

Dolgozatomban a földrajzi meghatározottság alapján (Dél-Dunántúl) feladatorientált megközelítéssel, a matematikai módszerekkel felépített és kimutatható alkalmazás-céllal végeztem kutatást, illetve valósítottam meg feldolgozást. Ez a megközelítés alapot adott a földrajzi (és egyéb tényezők) konkrét számbavételére, a számítások mind pontosabbá tételére. Ezekből levonható következtetések nyomán földrajzi megalapozottsággal történhet egyes döntések tényszerű meghozatala szemben a több feladatkört összemosó bázis alapú feldolgozásokkal. Ezek a módszerek azonban – mint kitűnik – földrajzilag is sokrétű és kifinomult információrendszert igényelnek, ami jóval munkaigényesebb, magasabb felkészültséggel és költségesebb tevékenységgel jár a jelenleg általános szervezés gyakorlatával szemben

A matematikai modellek és módszerek az elmúlt évtizedekben a gazdaság stratégiai és területfejlesztési tervezés területén is meghatározó eszközzé váltak. A dolgozat céljai között szerepel a térinformatikai rendszerekkel összefüggő alkalmazható matematikai diszciplínák és alkalmazási területek sokrétűségéről áttekintést nyújtani, számos konkrét numerikus számítással, és felépített modellel segítve a szemléltetést. Csakúgy ahogy a földrajzi megismerés egyik alapja a megfelelő modellezés, a térinformatikával összefüggő matematikai módszerek esetén is rendkívül fontos a megfelelő modellezés: meg kell találni az optimális egyensúlyt, a feladatot minél jobban leíró modellt, és a megoldhatóság (figyelembe véve az alkalmazások esetén rendkívül különböző informatikai hardver és válaszidő feltételeket) között.

A bemutatott modellek általános alakúak, azonban a konkrét számítások minden esetben a Dél-Dunántúli régió alapulnak. A matematikai módszertanból a dolgozat igyekszik egy meglehetősen széleskörű merítést alkalmazni: a módszerek a statisztika, operációkutatás, adatbányászat és gépi tanulás területét érintik.

A dolgozat részét képezi a Dél-Dunántúl fő jellemző tulajdonságainak és egyedi jellegeinek összefoglalása is. Ez különösen fontos a matematikai modellek helyes felállítása, és az eredmények értelmezése szempontjából. Egy jó statisztikus egy kellően sokrétű adatsorból szinte bármilyen eredményt kikövetkeztethet a megfelelő módszer és paraméterezés

alkalmazásával. Vagyis a matematikai módszerek önmagukban nem elegendők, azok helyes alkalmazásához és értelmezéséhez a problémák és helyi viszonyok alapos ismerete elengedhetetlen.

A Dél-Dunántúli régió lemaradásának fő okai

Az országos adatokkal való összehasonlító elemzésből és a régió speciális helyzetéből a dolgozat a következő következtetéseket vonja le. A régió országon belüli délvidéki peremhelyzete miatt jelentősen kisebb mértékű fejlesztési forrásban részesül. A népesség csökken és ezen felül előregedik, ezáltal növelve a szociális ellátás terheit. A települések háromnegyede aprófalvas jellegű, a térségi központok többsége funkcióhiányos, azaz városhiányos kistelepülési térszerkezet. Ez is hozzájárul a helyi munkahelyek hiányához, és az ezáltal gerjesztett nagymértékű ingázáshoz (kb. 30%).

A régióban az országos átlagnál magasabb a hátrányos helyzetű térségek magas aránya. Magas a munkanélküliség és a gazdaságilag inaktívak aránya. A gazdasági teljesítmény gyenge, alacsony az exporthányad, és elsősorban a gyenge infrastruktúra (a közúthálózat gyenge teherbíró képessége) miatt alacsony szintű a külföldi tőkebefektetés.

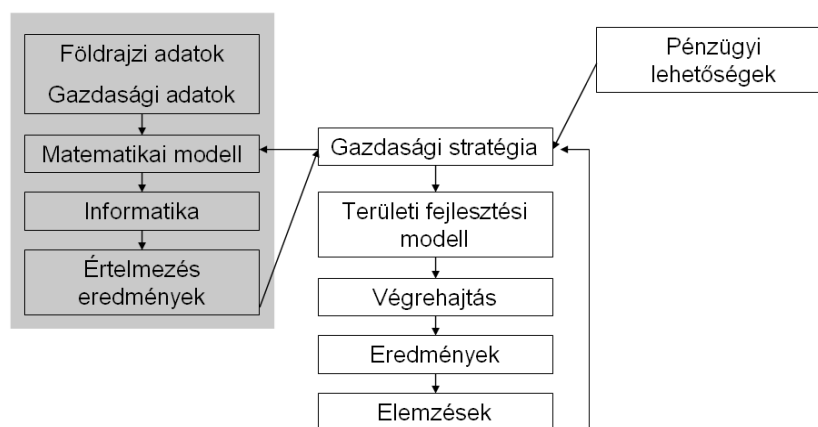
Az idegenforgalom szezonális jellegű (a Balaton meghatározó szerepe) és alacsony a magas komfortfokozatú szálláshelyek száma. A régió fekvéséből adódóan távol esik a térséget meghatározó Bécs-Budapest vonaltól.

2. Célkitűzések

A Dél-Dunántúli földrajzi régióra vonatkozóan gyors döntéstámogató matematikai és optimalizációs modellek felállítása a 2008-ban kezdődött villámgyorsan továbbterjedő pénzügyi válság kezeléséhez. Az elsődleges cél tehát a geo-gazdasági döntéstámogatáshoz matematikai statisztikai és optimalizációs modelleket felállítani, majd azok alkalmazását mintafeladatokon (vizsgálati szempontokon) keresztül bemutatni.

A felállítandó modelleknél fontos szempont a tényleges alkalmazhatóság és a könnyű telepíthetőség figyelembe vétele, így a matematikai modellrendszerek képzése a már meglévő, széles körben elérhető és elterjedt lehetőségek felhasználását célozza meg.

A dolgozat témájának elhelyezése



1. ábra. A dolgozat témájának elhelyezése
(Szerk.: CSIZMADIA G. 2009.)

3. Módszertan és forrásadatok

A kifejlesztett modellek széleskörű matematikai módszertant vonultat fel három fő témakörből: matematikai statisztika, operációkutatás illetve adatbányászat és gépi tanulás.

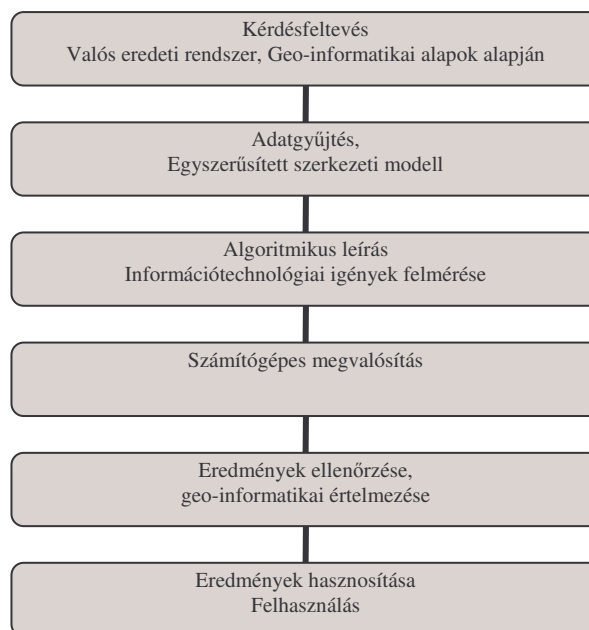
A legtöbb bemutatott matematikai modell a felhasznált adatfelbontás mellett a számítások során (figyelembe vett tényezők és egyetlen időlépcső) nem haladják meg a Microsoft Excelbe épített statisztikai függvények és az alapszinten beépített, bár nem közismert Excel Solver (nem lebecsülendő, bár a méret megkötés elég szigorú (200 döntési változó)) képességeit. A módszertan relatív matematikai egyszerűsége nagy léptékű éles alkalmazások megoldását is lehetővé teszi ilyen, hétköznapian elterjedt platformon is. Ez lényeges szempont, hiszen azt is jelenti, hogy a modell felállításához, karbantartásához és megoldásához gyakorlatilag nem kell új hardvert, illetve szoftver háttérrel biztosítani, hiszen az Excel gyakorlatilag ma mindenütt elérhető. Nagyobb léptékű, éles alkalmazás esetén várhatóan a meg növekedett méretű és komplexitású optimalizálási modell igényelhet céleszközt.

A modellalkotás folyamata

A dolgozat a matematikai geo-modellezés teljes folyamatát bemutatja.

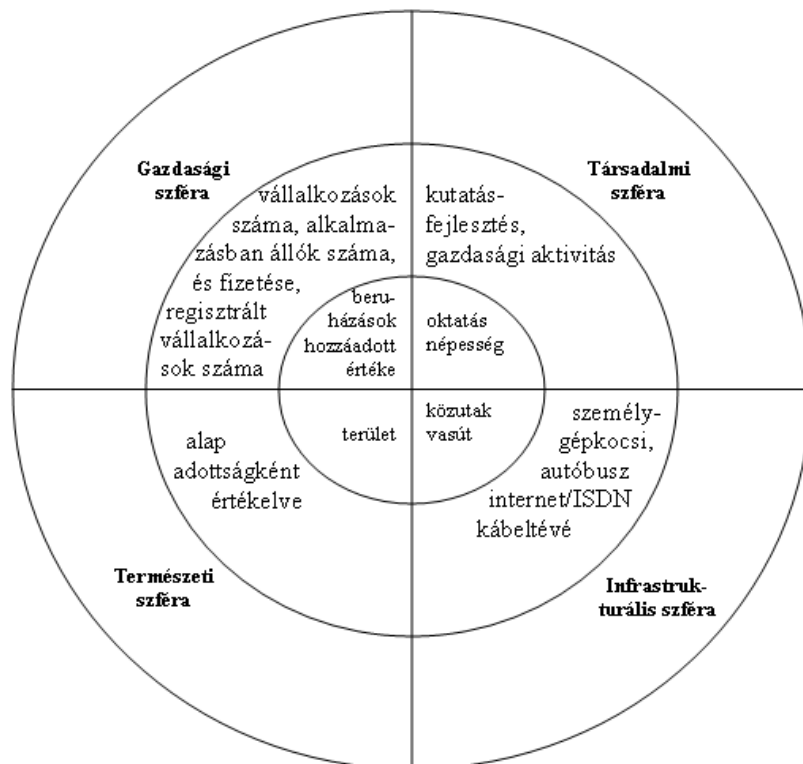
Habár az adatgyűjtés relatív egyszerű feladatnak ígérkezhet, általában meglepően intenzív és hosszadalmas munkát igényel és számos, a modellalkotásra is kiható tanulsággal jár.

A modellépítés során természetesnek tűnhet, hogy meghatározzuk a modell információigényét, az alkalmazás első lépcsőjeként majd beszerezzük a szükséges adatokat. A gyakorlatban azonban valójában a rendelkezésre álló és egyáltalán megszerezhető adatok halmaza határozza meg, hogy a modellek miből építkeznek. A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) évkönyvei, a KSH-ban való adatgyűjtés illetve a KSH-val való levelezés után számos adatsor a tényleges elemzéshez túl hiányosnak bizonyult, így azokat vagy más hasonló témájú adatsorokkal helyettesítettem, vagy a modelleket azoktól függetlenné próbáltam tenni.



2. ábra. A matematikai geo-modellezés folyamata.
(Szerk.: CSIZMADIA G. 2008.)

Az adatok a dolgozat megállapításainak és a modellek felépítésének alapjául is szolgáltak. Az adatgyűjtés során, a különböző szférákat figyelembe véve a következő területekre összpontosítottam (3. ábra):

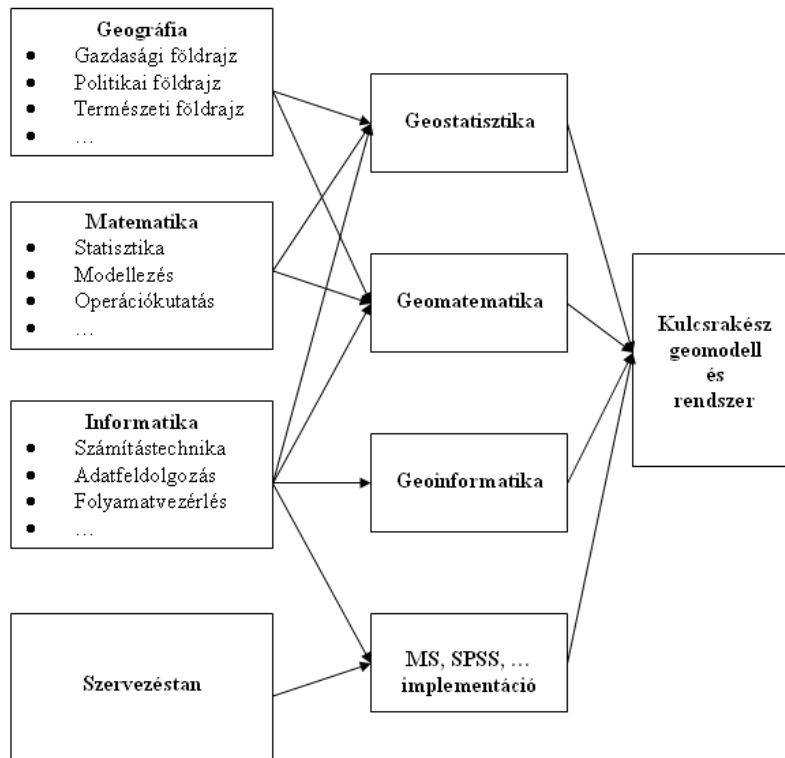


3. ábra. Az adatgyűjtés szempontjai.
(Szerk.: CSIZMADIA G. 2008.)

4. Eredmények

A modellépítés első és leg erőforrás igényesebb része az adatgyűjtés, a rendszer teljes leírásához szükséges és ezen belül megszerezhető információk azonosítása. Habár az adatgyűjtés és modellépítés kölcsönösen függ egymástól, a természetes megközelítés mégis az adatgyűjtést helyezi első helyre.

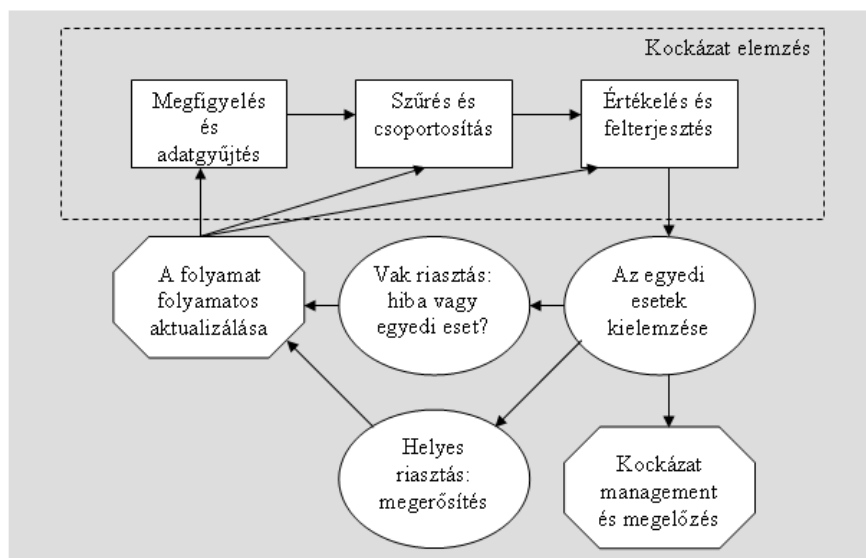
A rendkívüli eseményekkel kapcsolatos modellezés alapvetően a stratégiai jelentőségű rendszerek, és erőforrások felmérésére épül. A közlekedési rendszerek, mint a közúti, vasúti, vízi szállítási útvonalak illetve repterek, a közüzemi szolgáltatások, mint az áram, gáz illetve ivóvíz, illetve a legtöbb kommunikációs rendszer hálózat jellegű rendszert alkot. Az aktív kapacitások, mint amilyen a térség katasztrófavédelmi rendszerének illetve egyéb vállalkozásainak mozgósítható embereinek száma, a rendelkezésre álló munkagépek halmaza de még a passzív kapacitások, mint amilyenek a raktárkészletek vagy a nagyobb intézmények és áruházak által biztosított tárolási kapacitások erőforrás gazdálkodás jellegű rendszert alkotnak. Mindkét típus esetén a prioritások általában a nagyobb népsűrűségű területek felé tolnak el. Az adatgyűjtés fázisában szokás az egyes tényezők fontosságának, azok modellbeli súlyainak a meghatározása is.



4. ábra. A modellalkotás és alkalmazásának fő összetevői.
(Szerk.: CSIZMADIA G. 2008.)

A vizsgált modellek az előrejelzési kérdésekre elsősorban a statisztika módszereire, míg a hálózatok és optimális erőforrás felhasználást célzó feladatok az operációkutatás módszereire épülnek, külön figyelmet fordítva a hálózatokat vizsgáló modellekre, az erőforrás allokációs és optimalizálási modellekre és az előrejelzést célzó modellekre.

A dolgozat számos alkalmazásra épít modellt. Ebben az összefoglalóban ezen modellek egy részéről a terjedelmi korlátok miatt csupán tömör összefoglalót nyújtunk. Részletesebb bemutatása konkrét numerikus eredmények egy részének megemlítése mellett a Dél-Dunántúli fejlesztési modellek esetén adunk.

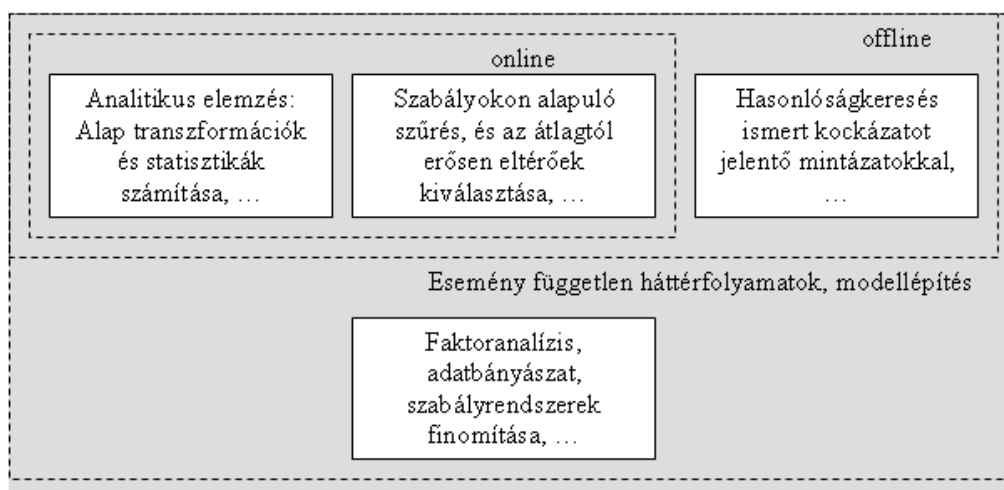


5. ábra. A kockázatelemzés folyamatábrája.
(Szerk.: CSIZMADIA G. 2008.)

Az emberi erőforrás és összetevőinek értékelési módszere - példa projektszemléletű megközelítésre- bemutatása után a dolgozat matematikai modellezési lehetőségeket fejleszt ki a Dél-Dunántúli régió gazdaságelemzésére és gyors döntés-előkészítéshez rendkívüli esemény esetére.

Az elemzési módszer a kívánt válasz jellegén múlik. Online jellegű (pár másodperces) döntéstámogatás (például banki tranzakció jóváhagyása) esetén a szabályokra épülő módszerek a jellemzőek. Ezek közös tulajdonsága, hogy egy nem éles adaton történő tanulási folyamat eredményeképp egy szabályrendszert állít elő, melynek eleget tevő inputot elfogadja, a kilógó elemeket pedig elutasítja (egy jellemző ilyen módszer a döntési fa).

Az offline jellegű (mely esetén számottevő idő áll rendelkezésre az ismert adatok kielemezésére) döntéstámogatás elemzésére szerencsés nem előre rögzített módszereken alapuló eljárásokkal alkalmazni (például mintaillesztés jellegű eljárások).



6. ábra. Az elemzési módszertan rétegződése.
(Szerk.: CSIZMADIA G. 2008.)

Offline esetben fontos hangsúlyozni a kockázatelemzés, és a kockázatkezelés közötti különbséget. Az elemzés célja az adatok válogatása, csoportosítása és előszűrése, hiszen ekkor lehetőség van mélyebb vizsgálatokra.

Az adatgyűjtést logikus módon egyszerű statisztikai elemzés követi, mielőtt az adatok összetettebb modellek inputjaként szolgálnának. Elemzem, és előrejelzést adok olyan fontos mutatókra, mint a népesség változása, a telephely szerinti ipari termelés változása, A külföldi érdekeltségű vállalkozások számának és külföldi tőkéjének százalékos változása, illetve a gazdasági aktivitás változása.

	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007 Előrejelzés	Ellenőrző előrejelzés 2004-2005-re	Ellenőrző előrejelzés Relatív hiba	2005-2006-ra	Relatív hiba
0-14 éves	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00					
Közép-Magyarország	-1,10%	-0,44%	-0,34%	-0,15%	0,36%	0,51%	0,87%	0,23%	11,46%	0,62%	9,80%
Közép-Dunántúl	-2,34%	-2,45%	-2,00%	-2,01%	-2,28%	-2,26%	-2,13%	-1,84%	18,15%	-2,06%	8,52%
Nyugat-Dunántúl	-2,00%	-1,69%	-1,97%	-1,97%	-1,77%	-1,52%	-1,60%	-1,96%	9,39%	-1,83%	15,48%
Dél-Dunántúl	-2,30%	-1,83%	-2,19%	-2,13%	-2,68%	-2,40%	-2,55%	-2,07%	26,40%	-2,54%	5,16%
Észak-Magyarország	-1,99%	-1,92%	-2,22%	-2,29%	-2,44%	-2,48%	-2,64%	-2,41%	1,52%	-2,56%	3,14%
Észak-Alföld	-1,97%	-1,84%	-2,16%	-2,03%	-2,40%	-2,36%	-2,47%	-2,12%	13,10%	-2,39%	2,06%
Dél-Alföld	-2,33%	-2,09%	-2,23%	-2,44%	-2,49%	-2,37%	-2,49%	-2,40%	3,76%	-2,52%	5,99%
Országösszesen	-1,88%	-1,59%	-1,69%	-1,64%	-1,66%	-1,53%	-1,61%	-1,55%	6,12%	-1,58%	2,40%
15-64 éves											
Közép-Magyarország	0,14%	-0,12%	0,24%	0,45%	0,44%	0,47%	0,62%	0,50%	13,52%	0,58%	23,98%
Közép-Dunántúl	0,29%	-0,47%	0,11%	-0,08%	-0,19%	0,11%	-0,06%	-0,17%	5,03%	-0,24%	13,50%
Nyugat-Dunántúl	0,23%	0,40%	0,12%	-0,11%	0,10%	-0,05%	-0,14%	-0,16%	63,24%	-0,08%	9,41%
Dél-Dunántúl	-0,21%	-0,32%	-0,44%	-0,56%	-0,53%	-0,20%	-0,45%	-0,67%	24,62%	-0,67%	84,30%
Észak-Magyarország	-0,36%	-0,52%	-0,57%	-0,55%	-0,60%	-0,67%	-0,72%	-0,65%	9,31%	-0,67%	0,91%
Észak-Alföld	-0,01%	-0,11%	-0,16%	-0,09%	-0,33%	-0,20%	-0,30%	-0,16%	109,05%	-0,33%	39,66%
Dél-Alföld	-0,26%	-0,24%	-0,30%	-0,15%	-0,38%	-0,20%	-0,25%	-0,17%	71,60%	-0,31%	30,59%
Országösszesen	-0,01%	-0,19%	-0,08%	-0,05%	-0,11%	-0,02%	-0,05%	-0,09%	13,86%	-0,11%	48,72%
65- éves											
Közép-Magyarország	-0,07%	-0,01%	0,37%	0,65%	1,00%	1,20%	1,49%	0,87%	19,79%	1,23%	3,06%
Közép-Dunántúl	1,36%	0,83%	1,31%	1,32%	1,66%	1,41%	1,68%	1,29%	26,91%	1,62%	12,80%
Nyugat-Dunántúl	0,46%	0,80%	0,66%	0,69%	1,10%	1,10%	1,19%	0,69%	51,81%	1,04%	5,48%
Dél-Dunántúl	0,69%	0,73%	0,41%	0,68%	0,56%	1,20%	0,92%	0,44%	15,44%	0,47%	100,34%
Észak-Magyarország	0,74%	0,67%	0,49%	0,39%	0,36%	0,43%	0,25%	0,27%	11,49%	0,22%	28,40%
Észak-Alföld	0,62%	0,73%	0,29%	0,66%	0,64%	0,22%	0,33%	0,49%	20,07%	0,58%	49,97%
Dél-Alföld	0,28%	0,37%	0,37%	0,62%	0,50%	0,71%	0,75%	0,67%	27,36%	0,64%	10,80%
Országösszesen	0,45%	0,47%	0,50%	0,67%	0,83%	0,91%	0,99%	0,70%	19,90%	0,87%	3,79%
Átlagos hiba:									24,73%		24,13%

7. ábra. Az ellenőrző számítások, pillanatkép.
(Szerk.: CSIZMADIA G. 2009.)

Számítási eredményeim megbízhatóságát ellenőrző számításokkal vizsgáltam. Az átlagos előrejelzési hiba 24% körüli, ami a vizsgált időszak relatív rövid voltát és a adatokra hatást gyakorló matematikailag nem modellezhető hatásokat figyelembe véve elfogadhatónak nevezhető. Az alábbi ábra az ellenőrző számítások folyamatába ad betekintést.

Előrejelzést célzó statisztikai modellek alkalmazása a Dél-Dunántúli régió jövőbeli veszélyeztetettségi forrásainak feltárására

A következőkben egy modellt és a hozzá kapcsolódó konkrét numerikus eredményeket részletesebben bemutatok. A modell fő célja statisztikákon és operációkutatási modellek eredményein keresztül a figyelem felhívása a régió kedvezőtlen előrejelzésire.

Nehéz meghatározni, hogy egy régió fejlettségéhez és fejlődéséhez pontosan milyen tényezők és hogyan járulnak hozzá. Statisztikai módszerekkel és operációkutatási modellekkel közelítést adok a főbb régiós mutatók segítségével annak várható gazdasági fejlettségére. A fejlettségi mutatónak az egy főre jutott GDP értéket választottam. Számításaim és a közelítés alapjául az ország összes többi megyéinek adataira támaszkodtam, a következő fő faktorokat figyelembe véve:

- GDP (millió forint, ezer főre)
- Gazdasági aktivitás (ezer főre)
- Regisztrált vállalkozások száma (ezer főre)
- Külföldi érdekeltségű vállalkozások külföldi tőke részesedése (millió forint, ezer főre)
- Alkalmazásban állók havi bruttó átlagkeresete, fizikai munka
- Alkalmazásban állók havi bruttó átlagkeresete, szellemi munka
- Kutatás-fejlesztésben dolgozók száma (ezer főre)
- Kutatás-fejlesztés költsége (millió forint, ezer főre)
- Távbeszélő fővonalak száma (ezer főre)
- Összes főút hossza (autópálya, első és másodrendű főút), terület szerint arányosítva

Hibafüggvényként a négyzetes eltérést véve, a közelítő függvény meghatározásának feladata egy legkisebb négyzetek összege feladat. Az ϵ eltérésváltozók tetszőleges értéket felvehetnek.

A B,C,...,J keresett együtthatókról azonban feltesszük hogy nem negatívak. Ennek két fő oka van. Egyfelől, a korrelációs értékekből látható, hogy az összefüggések pozitívak, másfelől az optimalizációs illesztési modellek kisebb méretű tanuló halmaz esetén (mint ebben az esetben is) hajlamosak túloptimalizálni a feladatot, így érdemes minél több háttértudást magába a modellbe is beépíteni.

$$\min \varepsilon_{Pest}^2 + \dots + \varepsilon_{Csongrád}^2 \quad (\text{az illesztési hibák összege minimális legyen})$$

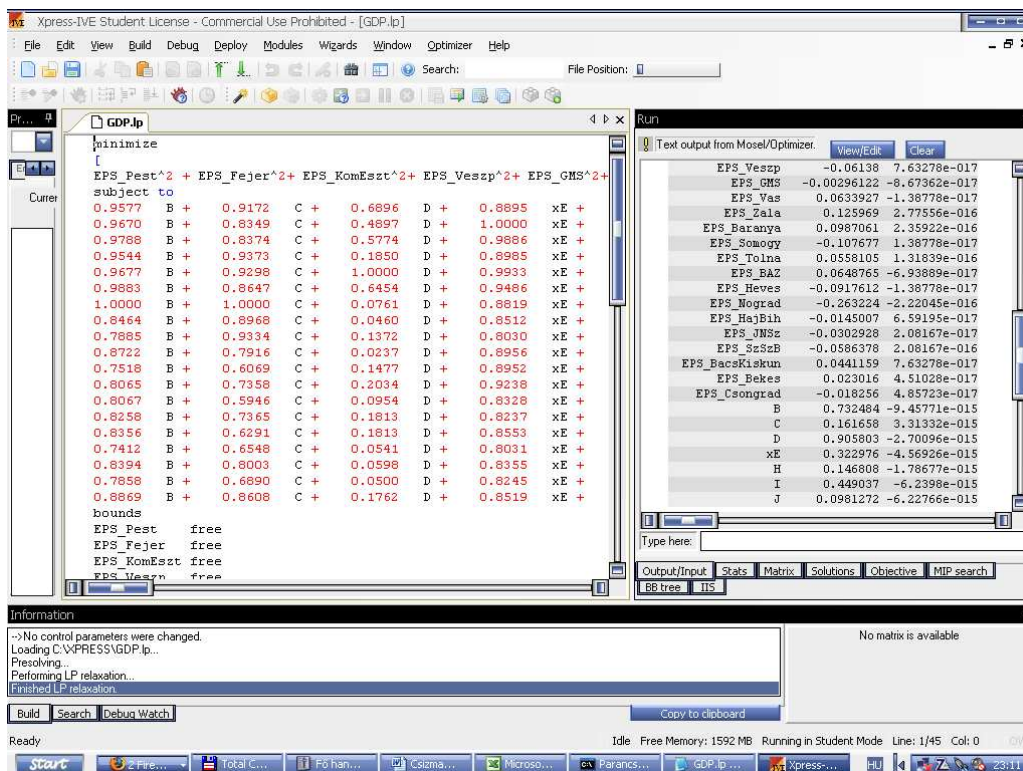
$$Bx_{Pest(B)} + \dots + Jx_{Pest(J)} + \varepsilon_{Pest} = GDP_{Pest} \quad (\text{közelítés Pest megyére})$$

$$\dots$$

$$Bx_{Csongrád(B)} + \dots + Jx_{Csongrád(J)} + \varepsilon_{Csongrád} = GDP_{Csongrád} \quad (\text{közelítés Csongrád megyére})$$

A közelítő függvény együtthatóit a megoldási folyamat egy másik részletével együtt mutatom be.

A megoldás konkrét értékei, és tényleges numerikus modell egy része leolvasható az Xpress 7-es diákok számára szabadon letölthető változatának képernyőképéről. (<http://optimization.fico.com/student-version-of-fico-xpress.html>)



8. ábra. Az optimalizálás folyamata, pillanatkép. (Szerk.: CSIZMADIA G. 2009.)

Az így meghatározott fejlettségi függvényre épülő modell célja meghatározni a 3 megyére nézve azon területeket, melyekre a fejlesztési erőfeszítéseket koncentrálni érdemes. A következő modell ennek érdekében keresi a meghatározott értékelő függvény azon értékeit, mely a három megyére nézve, a lehető legkisebb befektetéssel (a jelenlegi értékektől való elmozdulással) az országos átlagra hozza a referenciaként használt GDP értéket.

$$\min(x_A - x_A^{jelenlegi})^2 + \dots + (x_J - x_J^{jelenlegi})^2 \quad (\text{a legkisebb elmozdulást igénylő megoldást keressük})$$

$$Ax_A + \dots + Jx_J = 1,78 \quad (\text{mely esetén a becsült GDP eléri az országos átlagot})$$

$$x_A \geq x_A^{jelenlegi}$$

$$\dots$$

$$x_J \geq x_J^{jelenlegi}$$

Némi magyarázatra szorulhat, hogy miért tettem fel, hogy a cél együtthatós értékei legalább akkorák, mint a jelenlegi szintek. Ennek oka a gazdasági modelleket leíró operációkutatási modellek egyik jellemző tulajdonsága, hogy pozitív jellegű feltételek nélkül hajlamosak a kevésbé hatékony elemeket elbontva, azokat hatékonyabb faktorokban újrafelhasználni (szemléletes példa egy gyár termelése lehet: az ilyen jellegű feltétel nélkül kaphatunk olyan megoldásokat, melyek szerint vissza kell vásárolnunk a kevésbé hatékony termékeinket, szétszerelni azokat, majd hatékonyabb termékékké összeszerelve újra értékesíteni. Nyilvánvalóan az is a feladat matematikai túloptimalizálását jelenti).

A modellt megoldva, a Dél-Dunántúl megyéire a következő eredményeket kaptam.

1. táblázat. A fejlesztés célszerű területei a modell alapján

Baranya	Jelenlegi normált érték	Megoldás által megkívánt	Eltérés
B	0,846	0,846	0,00%
C	0,897	1,429	59,37%
D	0,046	0,046	0,00%
E	0,851	0,974	14,48%
H	0,496	0,661	33,31%
I	0,895	0,895	0,00%
J	0,485	0,749	54,40%

Somogy	Jelenlegi	Megoldás	Eltérés
B	0,789	0,789	0,00%
C	0,933	1,548	65,80%
D	0,137	0,137	0,00%
E	0,803	0,968	20,57%
H	0,107	0,107	0,00%
I	0,854	0,854	0,00%
J	0,689	1,183	71,86%

Tolna	Jelenlegi	Megoldás	Eltérés
B	0,872	0,872	0,00%
C	0,792	1,281	61,87%
D	0,024	0,024	0,00%
E	0,896	1,188	32,67%
H	0,062	0,062	0,00%
I	0,858	0,878	2,32%
J	0,730	1,278	74,92%

(Szerk.: CSIZMADIA G. 2008).

Baranya esetében a modell a vállalkozási kedv javítását (C) és közlekedési infrastruktúra (J) javításának fontosságát emeli ki, és érdemesnek jelzi a kutatás-fejlesztésre szánt összegek (H) illetve valamelyest a fizikai munkát végzők bérhelyzetének javításra való összpontosítást.

Somogy esetén is a vállalkozási kedv javítása (C) az egyik fő elem, azonban ennél is lényegesebbnek mutatkozik az úthálózat fejlesztése (J). A fizikai munkát végzők helyzetének javítása (E) itt is a modell által javasolt megoldás része.

Tolna esetén a helyzet csaknem ugyanaz mint Somogy esetén, azonban a modell nem nulla, bár alacsony prioritást adott a távközlési hálózatnak (I) is.

5. Összefoglalás

Bemutattam számos matematikai modellt, melyek segítségével javítható a térség elmaradottságának csökkentésére irányuló erőfeszítések hatékonysága. Számos konkrét számítás segítségével, konkrét következtetéseket vontam le, illetve fejlesztési preferenciákat határoztam meg. A modellek rugalmassága gyors reakciót tesz lehetővé váratlan események esetén.

A főbb eredményeket a következőkben foglalhatom össze:

- A dolgozat összefoglalást nyújt a Dél-Dunántúl jelenlegi gazdasági kilátásairól, és kiterjedt bevezetést nyújt az általánosan használható matematikai modellekbe, beleértve a statisztika, az optimalizálási modellek és az adatbányászat témaköröket;
- A következtetéseket kiterjedt adatgyűjtés támasztja alá;
- A dolgozat modelleket kínál gyors döntés előkészítéshez rendkívüli események esetére
- Projektmenedzsment és humán erőforrás problémákat elemez, és erőforrás hozzárendelési feladatokat alkalmaz azok optimális megoldására;
- Kockázatelemzési és felismerési módszereket alakít ki és mutat be;
- Gazdasági előrejelzési modelleket állít fel és optimális fejlesztési terveket célzó modelleket számol végig a Dél-Dunántúlra és elemzi annak eredményeit.

Megállapítható, hogy a régió fejlődése innovációs tevékenységek nélkül elképzelhetetlen. Kellene az új ötletek, új tevékenységek, új termékek, szervezetek. Szükség van gazdasági-szervezeti innovációra; termék innovációra; társadalmi-politikai innovációra.

El kell érni, hogy a kommunikációs rendszer fejlesztésével egy időben az innovációk térben is időben minél gyorsabban fejlődjenek. Ki kell alakítani a vállalkozói környezetet, (megfelelő bankrendszer, vállalkozói tőke, kockázati tőke) vállalkozóbarát gazdaságpolitikát kell folytatni. Ennek eszközei lehetnek

- tudományos parkok (pl.: pécsi innovációs központok létrehozása),
- technológiatranszfer telephelyek kialakítása,
- inkubátorházak,
- ipari parkok,

de biztosítani kell a környezeti feltételeket is:

- humán erőforrás,
- piacszemlélet.

Egyszerre kell megkezdeni a régió belső erőforrásain nyugvó, elsődlegesen a lokális piaci igényeket szolgáló fejlesztéseket (különösen a mezőgazdaság átalakulásával megjelenő új igényeknek megfelelően), valamint megszerezni az országos erőforrások és nemzetközi munkamegosztásba történő fokozottabb bekapcsolódás érdekében.

Számos bemutatott modell további vizsgálatot, komoly mennyiségű kutatást és adatgyűjtést igényel a gyakorlatba történő átültetéshez, de a bemutatott eredmények alapján értékes eredményeket várhatunk. Némely modell alkalmazásához (gondoljunk a bemutatott kockázat elemzési modellekre) a szükséges adatok jellege intézményszintű együttműködést igényel.

A alkalmazás alapgondolata a módszer egyszerű testreszabhatóságán és gyors újraszámolhatóságán alapul. Előre nem látható, váratlan gazdasági események, természeti katasztrófák, vagy bármely a régiót átfogóan érintő esemény esetén a hatás a rendelkezésre álló erőforrások optimális (akár újra-) elosztásával vagy a lehetséges korlátok közötti finomításával csökkenthető.

A dolgozat eredményei számos megjelent és közlésre benyújtott cikkre épül. A bemutatott modellek matematikailag ismert elvekre épülnek, azonban az adott célfeladatokra alkalmazásuk új.

A kifejlesztett módszerek a közvetlen gazdasági elemzést segítő, illetve gyors döntéstámogató modellektől a kapcsolódó emberi erőforrás hozzárendelésen át a kockázatelemzésig terjed. A konkrét alkalmazást a Dél-Dunántúl példáján mutattam be.

Az elemzések alapjául szolgáló adatok jelentős része ebben a formában összegyűjtve mindeddig nem állt rendelkezésre.

Az alkalmazott relatív egyszerű technológiának köszönhetően a modell nem igényel speciális informatikai háttérrel. A modellek összekötése a már létező geo-informatikai és térinformatikai rendszerekkel rugalmas, adatokkal könnyen feltölthető rendszert ígér. Számos modell akár olyan egyszerű, széles körben elterjedt szoftverre építve is felépíthető, de legalábbis az alkalmazhatósága és az adott feladat esetén történő értékelése elvégezhető, mint amilyen az Excel matematikai statisztika és optimalizációs képessége. Az így kifejlesztett modell utána könnyen átültethető professzionális célszoftverek segítségével éles alkalmazásokba.

6. A disszertáció témájához kapcsolódó publikációk

6.1. közlemények, tanulmányok, könyvrészletek, stb.

1. CSIZMADIA G. 2007: *Matematikai modellezési lehetőségek a Dél-Dunántúli és a Dél-Alföldi régió gazdaság-elemzése és gyors döntés-előkészítéshez rendkívüli esemény esetén.* Szakmai Tudományos Közlemények. Az MK Katonai Biztonsági Hivatal Tudományos Kutatóhely és az MH Geoinformációs Szolgálat Kiadványa. Budapest, ISSN 1586-099X, CD kiadvány, 4 p.
2. CSIZMADIA G. 2008: *The Application of Statistical Forecasting Models to Reveal the Main Risk Factors in The Future of the Southern-Trans-Danubian Region.* – Tradecraft Review, 2008 Special Issue, Budapest, ISSN 1785-1181, pp. 84-90.
3. CSIZMADIA G. 2008: *Geograficeszkije regionnij i poszledsztvija prinjatija Bolonszkij polozsennij.* Izsevszk. Materiali III. Mezsdunarodnoj. Izsevszk, Russzia., Techniceszkije Universitet: Integrácija sz evropejszkim i mirovnyij szisztemü obrazovannija. Tom 1. Izsevszk, Izdjatyelsztvo IzsgTY 2008.438 c. ISBN 978-5-7526-0353-2, pp. 96-99.
4. CSIZMADIA G. 2008: *A földrajzi térségek és a Bologna-változások következményei.* – Tudásmenedzsment. Pécs, 2008. április (IX. évf. 1.), pp. 48-49.

5. CSIZMADIA G. 2009. *Risk analysis in a changing world.* – Tradecraft Review 2009. Special Issue, pp. 92-96.
6. CSIZMADIA G. 2009. *A fenntartható növekedés matematikai Modellezése a Dél-Dunántúlon a rizikófaktorokkal terhelt gazdasági világban.* – KBH Szakmai Szemle 2009. 3. szám, pp. 51-58.
7. CSIZMADIA G. 2004: *Gazdasági kémkedés megakadályozásának lehetőségei a vállalati szférában, ahogy egy cégvezető látja.* In: Szánti L. – Kobilka I. (szerk.): A Katonai Biztonsági Hivatal Tudományos Kutatóhely és a Magyar Honvédség Térképész Szolgálat kiadványa, Budapest, 2004. pp. 60-72.
8. CSIZMADIA G. (megjelenés alatt): *Krízis helyzet kezelésére optimális emberi erőforrás összetétel meghatározása matematikai támogatottsággal.* – KBH Szakmai Szemle,
9. CSIZMADIA G. (megjelenés alatt): *Terroresemények matematikai kockázat elemzési lehetőségei.* Szakmai Tudományos Közlemények A Katonai Biztonsági Hivatal Tudományos Kutatóhely és a Magyar Honvédség Geoinformációs Szolgálat kiadványa, Budapest,

6.2. konferencia előadásokhoz kapcsolódó publikációk

10. CSIZMADIA G. 2004: *A Dél-Dunántúli régió gazdasági, társadalmi terére ható geográfiai tényezők.* In: Barton G. – Dormány G – Rakonczai J. (szerk.): Földrajzi kutatások 2004.. Absztrakt kötete ISBN 963 482 686 5, Szeged, 2004. p.39.
11. CSIZMADIA G. 2005: *A Dél-Dunántúli Régió versenyképességét befolyásoló geográfiai tényezők.* In: Pap N. – Végh A. (szerk.).- A Kárpát-medence politikai földrajza. PTE TTK FI KMBTK, Pécs, 2005. p. 2.
12. CSIZMADIA G. 2004: *A Dél-Dunántúli régió gazdasági és társadalmi terére ható geográfiai tényezők kérdés/válasz megközelítésben.* Szegedi Tudományegyetem Európa Tanulmányok Központ kiadványa, 1850 p. Szeged, 2004. pp. 314-320.
13. CSIZMADIA G. 2004: *A Dél-Dunántúli régió gazdasági / társadalmi terére ható geográfiai tényezők.* In: Kovács Pálffy P.-Kopsa Ferencné-Verebiné Fehér K.-Zimmermann K. GEO 2004 Délvidéki Tájakon Magyar Földtudományi Szakemberek VII. Világtalálkozója Előadás kivonatok, Szeged, 2004. p. 40.
14. CSIZMADIA G. 2004: *Kis- és Középvállalatok lehetőségei a globalizáció világában.* A MTA Regionális Kutatások Központja, Nyugat-Magyarországi Tudományos Intézete és Multi-diszciplináris Társadalomtudományi Doktori Iskola, Győr, Széchenyi István Egyetem, a Doktori Iskola Kiadványa, 2004. <http://rs1.szif.hu/1~pmark/publikaci/netware/csizmadia.doc>.
15. CSIZMADIA G. 2005: *A Dél-Dunántúli régió versenyképességét befolyásoló geográfiai tényezők.* Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kar Regionális Politikai és Gazdaságtan Doktori Iskola kiadványa, Pécs, 2005. p. 14.
16. CSIZMADIA G. 2006. *A Dél-Dunántúli régió versenyképességét befolyásoló geográfiai tényezők tájvédelmi és környezetföldrajzi szempontból.* Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék kiadványa, Debrecen, 2007. p. 139.