

Gravitációs modell alkalmazása a térszerkezet vizsgálatára*

A modellalkotás általános célja a valóságnak, a tényleges folyamatoknak, kölcsönhatásoknak a leegyszerűsítése, ebből következtetések, előrejelzések készítése. A térbeli egymásra hatások klasszikus regionális elemzési eszközei a gravitációs analógián alapuló modellek, amelyek első példáit már a 19. század közepétől láthatjuk (Carey 1858, Ravenstein 1885, Reilly 1929, Stewart 1948, Converse 1949, Zipf 1949, Dodd 1950, Hammer–Ikle 1957).

A geográfiai gravitációs modellek alkalmazását az a tapasztalatokkal összecsengő tétel erősíti, miszerint (akárcsak az időben) a térben közelebbi dolgok jobban hatnak egymásra, mint a távolabbiak. Ezt a tételt nevezzük a „földrajz első törvényének” (Tobler 1970).

A fizikai analógián alapuló gravitációs modell alkalmazásának két alapvető területe ismert: a térbeli áramlások vizsgálata (Filippo et al. 2012) és a vonzáskörzetek lehatárolása (G. Mate et al. 2011). A gravitációs analógián alapuló potenciálmodellek az egyik legfontosabb csoportját adják az elérhetőségi modelleknek. Ezekre általánosan elmondható az az elérhetőségi megközelítés, miszerint e modellek megmutatják egy-egy térség helyzeti előnyét más térségekhez viszonyítva, az általuk biztosított előnyt számszerűsítve (Schürmann–Spiekermann–Wegener 1997).

Az elérhetőségi modellek használata a közlekedés-földrajzi vizsgálatokban igen gyakoriak. Azonban a modellek használatával kapcsolatban nem teljesen tisztázott, mit is modelleznek pontosan, illetve összetettségük miatt értelmezésük is problémákba ütközhet (Kincses–Tóth 2011). Fontos hangsúlyozni azt is, hogy az elérhetőségnek nincs általánosan elfogadott definíciója, az empirikus vizsgálatokban különböző, eltérő módszertani háttérű mutatókat használnak.

A gravitációs elmélet egy kapcsolati elmélet, két vagy több pont között területi interakciót a fizikában ismert gravitációs törvényben megismert összefüggésekhez hasonlóan vizsgálja. Az analógia ellenére – mint arra Dusek Tamás (2003) tanulmányában rámutat – jelentős különbség van a társadalomtudományokban alkalmazott gravitációs modell és a fizikai gravitációs törvény között. Érdemes szem előtt tartanunk, hogy „a gravitációs modellt nem a gravitációs törvény alapozza meg, hanem a térbeli jelenségek oldaláról megfogalmazva az a cáfolhatatlan statisztikai jellegű tapasztalatra vonatkozó alapállítás, miszerint a térbeli jelenségek kölcsönösen hatással vannak egymásra, az egymáshoz közelebbi jelenségek nagyobb, a távolabbi jelenségek kisebb hatással” (Dusek 2003, 45. o.).

A törvény és a modell között számos különbséget láthatunk. Jelen tanulmányban egy újabb szempontra kívánjuk felhívni a figyelmet. A klasszikus gravitációs potenciálmodellek a térbeli egymásra hatás következményeként az adott térpontokban levő potenciál

* A tanulmány a TÁMOP-4.2.1.B10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

nagyságát mutatják be. A fizikai gravitációs törvény vonatkozásában viszont nem kerülhető meg az erők irányának figyelembevétele sem. Az általunk itt bemutatott megközelítéssel egy-egy területegységhez vonzási irányokat rendelhetünk hozzá. Azaz a gravitációs modell esetén (noha az ilyen terek örvénymentesek) a skalárokkal jellemzett teret vektorokkal szándékozunk megadni.

A módszer

Az általános tömegvonzás törvénye, a Newton-féle gravitációs törvény (1686) kimondja, hogy bármely két pontszerű test kölcsönösen vonzza egymást olyan erővel, amelynek nagysága a testek tömegének szorzatával egyenesen és a távolságnak négyzetével fordítva arányos (Budó 1970) (1. képlet):

$$F = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (1)$$

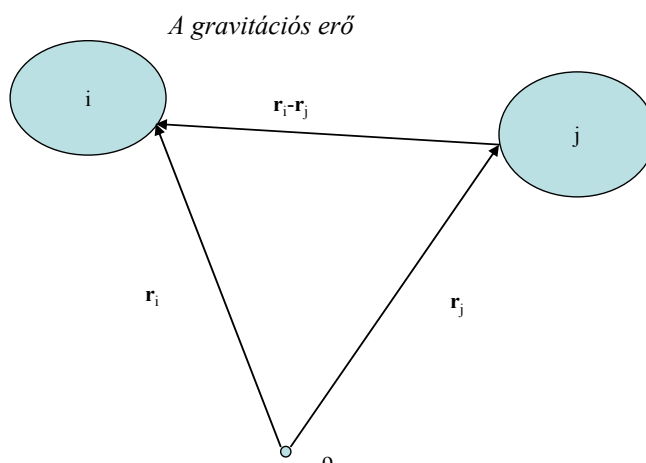
ahol γ arányossági tényező, a gravitációs állandó (helytől, időtől független).

Ha a 2-es tömegponttól az 1-hez húzott rádiuszvektort r -rel jelöljük, az 1-ből a 2 felé mutató egységvektor \vec{r}/r , és így az 1-es tömegpontra a 2 részéről gyakorolt gravitációs erő (2. képlet) (1. ábra):

$$\vec{F}_{1,2} = -\gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r} \quad (2)$$

Egy gravitációs erőter meghatározott, ha a térerősséget (K) irány és nagyság szerint a szóban forgó tartomány minden pontjában meg lehet adni. Ehhez, mivel K vektormennyiség, minden pontban három (síkban kettő) adatot kell ismerni, például a térerősség K_x , K_y , K_z derékszögű komponenseit mint a hely függvényeit. Sok erőter azonban – köztük a gravitációs tér – jóval egyszerűbben is jellemezhető, három helyett egyetlen skaláris függvénnyel, az úgynevezett potenciállal.

1. ábra



Az i -re a j által ható erő:

$$\vec{F}_{ij} = -\gamma \cdot \frac{m_i \cdot m_j}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_i - \vec{r}_j}{r}$$

Forrás: saját szerkesztés.

A potenciál hasonló kapcsolatban van a térerősséggel, mint a munka, illetve a potenciális energia az erővel. Ezt kihasználva a gravitációs modell legtöbb társadalomtudományi alkalmazásában a teret elsősorban egyetlen skalárfüggvénnyel (lásd például potenciálmodell) igyekeztek leírni (Kincses–Tóth 2011), miközben a gravitációs törvényben alapvetően a teret jellemző vektorok játszanak szerepet. Ennek elsődleges oka, hogy a számokkal történő aritmetikai műveletek könnyebben kezelhetők, mint a vektorokkal történő számítások. Talán úgy is fogalmazhatnánk, hogy a potenciálokkal való munka esetén a probléma megoldása egyben a számítási problémák megkerülése is. A potenciál teljesen jellemzi az örvénymentes gravitációs teret, hiszen a térerő és a potenciál között meghatározott kapcsolat van:

$$\vec{K} = -\text{grad}U \Rightarrow K_x = -\frac{\partial U}{\partial x}; \quad K_y = -\frac{\partial U}{\partial y}. \quad (3)$$

Itt érdemes megjegyezni, hogy lehet más-más típusú potenciálokkal, modellekkel dolgozni, mint amit a gravitációs analógia közvetlenül indukálna, de ez esetben mások az erőhatások is a tér forrásai között. Ezek a modellek igazából abban különböznek egymástól, hogy a vonzó erők más-más adott távolságon belül maradnak egy előre adott küszöbérték felett.

Az erőhatás általános alakban:

$$|\vec{F}| = C \frac{m_1^\alpha m_2^\beta}{r^\gamma},$$

ahol C , α , β , γ konstansok (M. Barthélemy 2011).

Az, hogy mennyire írják le a társadalmi tömegek közötti valós erőviszonyokat, már más kérdés.

Noha a potenciálmodellek sok esetben megfelelően jellemzik a térségek koncentrációs gócpontjait, a tér szerkezetét, arról nem tudnak információt nyújtani, hogy egy-egy lehatárolt terület egységét a többi terület társadalmi attribútuma mely irányban és milyen erővel vonzza. Így a továbbiakban arra teszünk kísérletet, hogy vektorok alkalmazásával kimutassuk, a magyarországi kistérségeket (LAU1) a valós földrajzi helyzetükhöz képest a gazdasági térben milyen irányba vonzza a többi kistérség. Ezzel a vizsgálattal bemutatható, hogy melyek a legfontosabb vonzerőt képviselő centrumok, illetve törésvonalak, továbbá térképen megjeleníthető, hogy milyen különbségek vannak az egyes kistérségek gravitációs irányultságában 2000-et, 2005-öt és 2010-et vizsgálva. A vizsgálatban a magyarországi kistérségek koordinátáit az adott kistérségek mértani középpontjai jelentették, amelyeket az EOVS-koordináta-rendszerben határoztunk meg térinformatikai szoftver segítségével.

A célunkat a (3)-as képlet alkalmazásával a potenciálokból, vagy közvetlenül az erők segítségével érhetjük el. Mi ez utóbbi utat választottuk.

A hagyományos gravitációs modellben (Stewart 1948) az i és j közötti „népességi erőt” D_{ij} igyekszik kimutatni, ahol a W_i és a W_j települések (térségek) népességszáma, d_{ij} az i és j közötti távolság, g tapasztalati állandó (4. képlet).

$$D_{ij} = g \cdot \left(\frac{W_i \cdot W_j}{d_{ij}^2} \right) \quad (4)$$

Jelen vizsgálatban a W_i és a W_j tömegtényezők a kistérségek személyi jövedelemadó-alapot képező jövedelmet jelenti, d_{ij} az i és j kistérségközpontok közötti elméleti távolság

(függetlenül a forgalmi viszonyoktól, csak a közút típusának megfelelő maximális sebességet figyelembe véve), közúton mérve, percben.

A jelzett képletet általánosítva a következő összefüggéshez jutunk (5–6. képlet):

$$D_{ij} = \left| \bar{D}_{ij} \right| = \frac{W_i \cdot W_j}{d_{ij}^c} \quad (5), (6)$$

$$\bar{D}_{ij} = -\frac{W_i \cdot W_j}{d_{ij}^{c+1}} \cdot \bar{d}_{ij}$$

ahol W_i , W_j a figyelembe vett tömegeket, d_{ij} a köztük levő távolságot jelenti, c konstans, amely a területközi kapcsolatok intenzitásának változása a távolság függvényében. A kitevő növekedésével a területközi kapcsolatok intenzitása távolságérzékenyebb lesz, ezzel párhuzamosan a tömegek jelentősége fokozatosan csökken (lásd Dusek 2003).

A képlet fenti bővítésével nemcsak a két térség közötti erő nagyságát, hanem annak irányát is megkaphatjuk.

A számítások során érdemes a vektorokat x és y komponensekre bontani, ezeket külön-külön összegezni. E hatás nagyságának (az erők függőleges és vízszintes összetevőinek) kiszámításához szükségesek a következő képletek (7–8. képlet), amelyet a (6) képletből kapunk:

$$D_{ij}^x = -\frac{W_i \cdot W_j}{d_{ij}^{c+1}} \cdot (x_i - x_j) \quad (7)$$

$$D_{ij}^y = -\frac{W_i \cdot W_j}{d_{ij}^{c+1}} \cdot (y_i - y_j) \quad (8)$$

ahol az x_i , x_j , y_i , y_j az i és j térségek koordinátáit jelölik.

Ha viszont a számítást valamennyi vizsgálatba bevont területegységre elvégezzük, megkapjuk, hogy azok hatása pontosan milyen irányban, mekkora erővel hat az adott területegységre (9. képlet).

$$D_i^x = -\sum_{j=1}^n \frac{W_i \cdot W_j}{d_{ij}^{c+1}} \cdot (x_i - x_j) \quad (9)$$

$$D_i^y = -\sum_{j=1}^n \frac{W_i \cdot W_j}{d_{ij}^{c+1}} \cdot (y_i - y_j)$$

Megjegyezzük, hogy míg a potenciálmodellek esetén az eredményeket a „sajátpotenciál” bevezetése módosítja, addig az erők vizsgálatánál a „sajáterők” bevezetésétől eltekintettünk. Ennek ismeretében minden területi egységre a többi által ható erő nagysága és iránya meghatározható. A térségekhez hozzárendelt vektor iránya a többi területegység vonzási irányát határozza meg, míg a vektor hossza az erőhatás nagyságával lesz arányos. A térképezhetőség, szemléletesség érdekében a megkapott erőket velük arányos elmozdulásokká transzformáljuk a következő módon (10–11. képlet):

$$x_i^{\text{mod}} = x_i + \left(D_i^x * \frac{x^{\text{max}}}{x^{\text{min}}} * k \frac{1}{\frac{D^x}{D^x \text{max}}} \right) \quad (10)$$

$$y_i^{\text{mod}} = y_i + \left(D_i^y * \frac{y^{\text{max}}}{y^{\text{min}}} * k \frac{1}{\frac{D^y}{D^y \text{min}}} \right) \quad (11)$$

ahol az X_i^{mod} és az Y_i^{mod} a gravitációs erő által módosított új pontok koordinátái, x és y az eredeti ponthalmaz koordinátái, ezek szélső értékei x^{max} , y^{max} , x^{min} , y^{min} , a D_i az x és y tengelyek menti erők, k konstans, jelen esetben 0,5.

Azt feltételezzük, hogy a modellünkben a „tömegek” közötti erőhatások nagyságai a 6-os képlet szerintiék, és a szuperpozíció elve alapján a 9-es képlet alapján számítható egy-egy térség esetén. Az így kialakított modell közvetlenül nem hasonlítható össze közlekedés-földrajzi adatokkal, azonban a potenciálmodellek esetében a forgalmi adatokkal való összevetés igazolta modellünk eredményeit (Kincses–Tóth 2011).

Modellünk nem független a potenciálmodellektől – ahogy a gravitációs potenciál sem az a gravitációs erőttől –, azoknak egyfajta kiegészítéseként, elmélyítéseként foghatjuk inkább fel. Tanulmányunk következő részeiben e modelltől szándékozunk néhány lényegesebb eredményt közölni.

Kétdimenziós regresszió alkalmazása

A gravitációs számítás eredményeként kapott ponthalmazt ezután célszerű összevetni a kiindulási ponthalmazzal, vagyis a valós földrajzi koordinátákkal, ezzel is vizsgálva, hogyan változik, torzul a tér az erőter következtében. Az összevetés természetesen történhet pusztán térképi ábrázolással, de az ilyen nagyszámú pont mellett nem kecsegtethet igazán jó eredménnyel. Sokkal kedvezőbb a kétdimenziós regresszió alkalmazása. A kétdimenziós regresszió a térbeli alakzatok összehasonlításának egyik módszere. Az összehasonlítást úgy teszi lehetővé, hogy az egymástól eltérő koordináta-rendszerben lévő pontalakzatok közül az egyiket a másik koordináta-rendszerébe transzformálja, a megfelelő mértékű eltolással, elforgatással és átskálázással. Az ily módon közös koordináta-rendszerbe transzformált alakzatok pontjai közötti egyedi és összesített különbségek alapján meghatározható az alakzatok lokális és globális hasonlóságának, illetve különbözőségének mértéke. A módszer kidolgozása Waldo Tobler (1961, 1965, 1978, 1994) nevéhez fűződik, aki az 1960-as és 1970-es évekbeli előzményeket követően 1994-ben publikálta az eljárást ismertető tanulmányát.

Az euklidészi változat számításával kapcsolatos egyenletekhez lásd Tobler 1994, Friedmann–Kohler 2003, Dusek 2011.

1. táblázat

A kétdimenziós euklidészi regresszió egyenletei

1. A regresszió egyenlete	$\begin{pmatrix} A' \\ B' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \beta_1 & -\beta_2 \\ \beta_2 & \beta_1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix}$
2. Skálakülönbség	$\Phi = \sqrt{\beta_1^2 + \beta_2^2}$
3. Elforgatás	$\Theta = \tan^{-1}\left(\frac{\beta_2}{\beta_1}\right)$
4. β_1 kiszámítása	$\beta_1 = \frac{\sum (a_i - \bar{a}) * (x_i - \bar{x}) + \sum (b_i - \bar{b}) * (y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2 + \sum (y_i - \bar{y})^2}$
5. β_2 kiszámítása	$\beta_2 = \frac{\sum (b_i - \bar{b}) * (x_i - \bar{x}) - \sum (a_i - \bar{a}) * (y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2 + \sum (y_i - \bar{y})^2}$
6. Vízszintes eltolás	$\alpha_1 = \bar{a} - \beta_1 * \bar{x} + \beta_2 * \bar{y}$
7. Függőleges eltolás	$\alpha_2 = \bar{b} - \beta_2 * \bar{x} - \beta_1 * \bar{y}$
8. Korreláció a hibatagok alapján	$r = \sqrt{1 - \frac{\sum [(a_i - a'_i)^2 + (b_i - b'_i)^2]}{\sum [(a_i - \bar{a})^2 + (b_i - \bar{b})^2]}}$
9. Eltérésnégyzet-összeg felbontása	$\sum [(a_i - \bar{a})^2 + (b_i - \bar{b})^2] = \sum [(a'_i - \bar{a})^2 + (b'_i - \bar{b})^2] + \sum [(a_i - a'_i)^2 + (b_i - b'_i)^2]$ SST=SSR+SSE
10. A' kiszámítása	$A' = \alpha_1 + \beta_1(X) - \beta_2(Y)$
11. B' kiszámítása	$B' = \alpha_2 + \beta_2(X) + \beta_1(Y)$

Forrás: Tobler (1994) és Friedman–Kohler (2003) alapján Dusek (2011, 14. o.).

Az x és y a független alakzat koordinátáit, a és b a függő alakzat koordinátáit, a' és b' függő alakzat koordinátáit jelöli a független alakzat rendszerében. α_1 a vízszintes eltolás mértékét határozza meg, míg α_2 a függőleges eltolás mértékét. β_1 és β_2 a skálakülönbség (Φ) és az elforgatás szöge (Θ) meghatározására szolgál.

SST: teljes eltérésnégyzet-összeg, SSR: a regresszió által megmagyarázott eltérésnégyzet-összeg, SSE: a regresszió által nem magyarázott (reziduális) eltérésnégyzet-összeg. A kétdimenziós regresszió háttéréről lásd bővebben Dusek (2011) tanulmányának 14–15. oldalát.

2. táblázat

Kétdimenziós regresszió a gravitációs tér és a földrajzi tér között

Év	R	α_1	α_2	β_1	β_2	Φ	Θ
2000	0,942	6304,48	2017,44	0,99	0,00	0,99	0,00
2005	0,942	6030,56	2012,23	0,99	0,00	0,99	0,00
2010	0,941	8026,79	2632,29	0,99	0,00	0,99	0,00

Év	SST (%)	SSR (%)	SSE (%)
2000	100,00	98,73	1,27
2005	100,00	98,74	1,26
2010	100,00	98,69	1,31

Forrás: saját számítás.

Eredményeink szerint a két pontrendszer között erős kapcsolat van, és az eredeti pont-halmazból úgy nyerhetjük a transzformáltat, hogy elforgatást nem alkalmazunk ($\Theta=0$). Lényeges méretarány-különbség nem tapasztalható a két alakzat között. Ezeket az eredményeket összevetve egyértelmű, hogy a ponthalmaz úgy viselkedik, mint egyközpontú középpontos hasonlóság, mégpedig kicsinyítés esetén. Ez azt jelenti, hogy országos szinten kizárólag Budapest vonzó hatása a meghatározó.

Térképi megjelenítés, irányok vizsgálata

Jól szemlélteti ezt a kétdimenziós regresszió térképi megjelenítése. Az alkalmazáshoz jól használható a Darcy nevű program (<http://www.spatial-modelling.info/Darcy-2-module-decomparaison>).

A függő alakzat koordináta-rendszerére illesztett négyzetrács és annak interpolált módosított helyzete tovább általánosítja a regresszióban résztvevő pontokból kapott információkat.

A 2–3. ábrán levő nyilak az elmozdulások irányát, a színezés pedig a torzulás jellegét mutatja. A meleg színek az adott területre ható széttartó erőket jelenti, amelyeket a legfontosabb gravitációs törésvonalnak tekinthetünk.

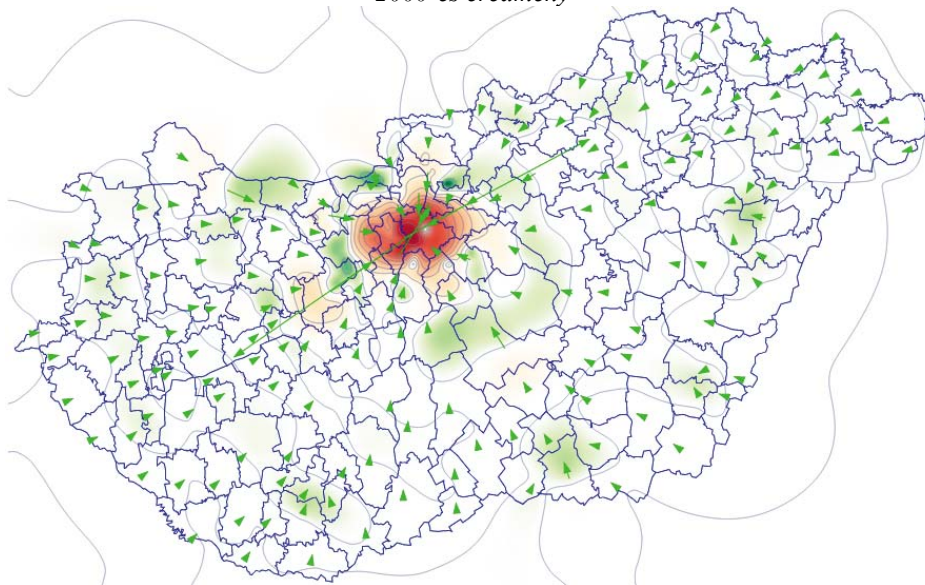
A zöld színnel, illetve annak árnyalataival jelzett terület ennek éppen az ellenkezőjét jelenti, amelyeket a legfontosabb gravitációs csomópontoknak tekinthetjük.

Mint a 2. táblázat adataiból is leszűrhető, a gravitációs modell által kirajzolt tér csak kis mértékű torzulást okoz a földrajzi térhez viszonyítva. A függőleges, illetve vízszintes eltolás nagyságrendje 2010-re némileg megnőtt.

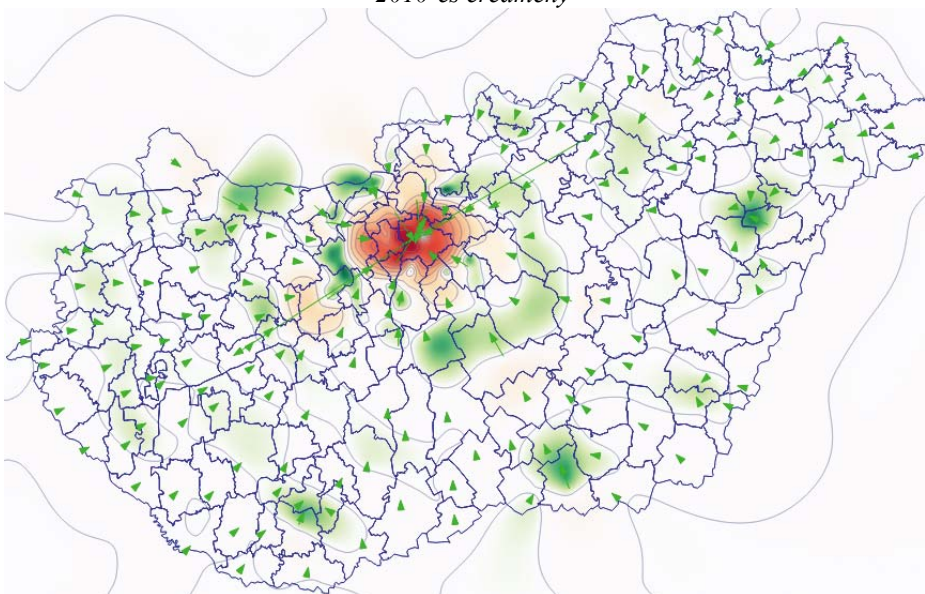
Gyakorlatilag ezt igazolják a Darcy-szoftver segítségével készített térképek is (2–3. ábra). Látható, hogy hazánk fő gravitációs központja – ami felé a legtöbb erő irányul – a főváros. Gravitációs csomópontokként rajzolódnak ki a regionális központok: Győr, Pécs, Szeged és Debrecen. A regionális központok országos szerepe gyenge. Budapest területén gravitációs törésvonal rajzolódik ki. Ennek az az oka, hogy a főváros valamilyen kistérséget vonzza, míg saját tömegéhez mérten Budapestre igen kis erők hatnak.

A térképeken kirajzolódik továbbá, hogy a szabályos erőterek a legfontosabb közlekedési folyosók, vagyis az autópályák miatt némileg torzulnak. 2000-ről 2010-re a zölddel jelzett gravitációs csomópontok jelentősége felerősödött. A két térkép összevetése egyértelműen a területi különbségek felerősödésére utal.

2. ábra

2000-es eredmény

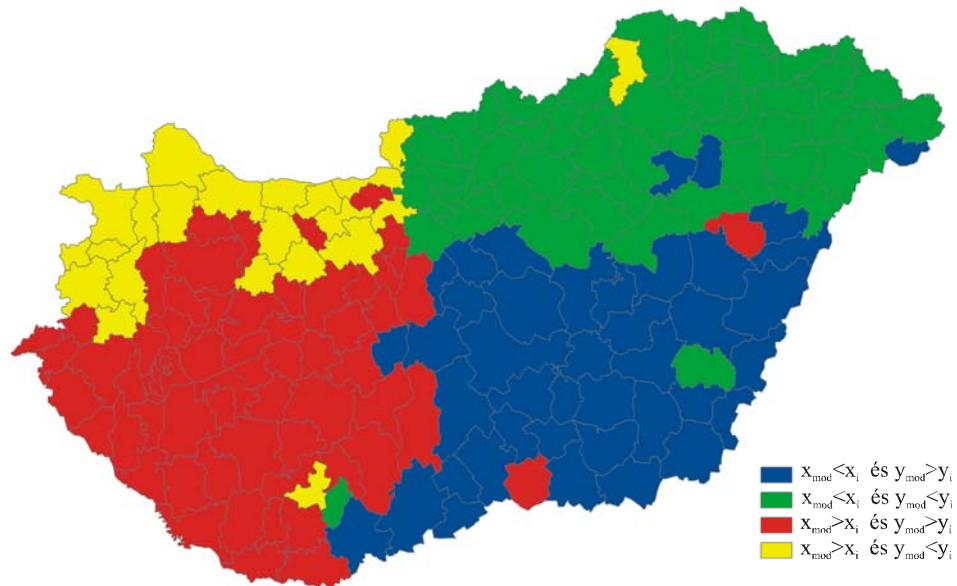
3. ábra

2010-es eredmény

Az eredmények alapján csoportosíthatjuk a kistérségeket aszerint, hogy a többi kistérség milyen irányú erőt fejt ki rájuk. Ez alapján négy csoportot alakíthatunk ki: dél és nyugat (zöld), észak és nyugat (kék), észak és kelet (piros), dél és kelet (sárga).

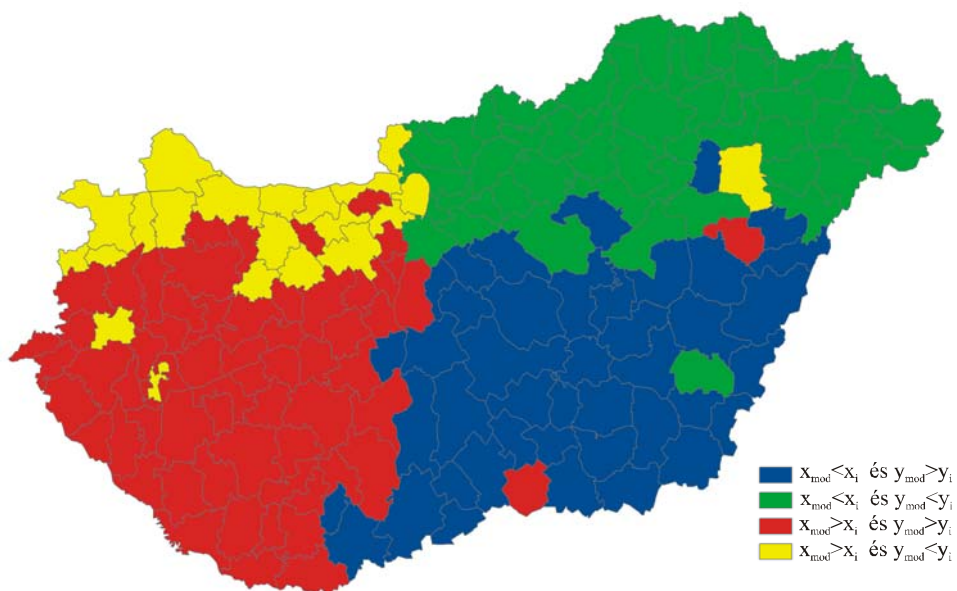
4. ábra

2000-es eredmény



5. ábra

2010-es eredmény



Minden kistérséget egyértelműen be tudunk sorolni a fenti csoportosítás alapján. Az eredményeket a 4–5. ábrák szemléltetik. A térképeken az észak–déli tagoltság hangsúlyosabban jelenik meg a kelet–nyugatinál. Főleg Nyugat-Magyarországon igaz ez a megállapítás. Itt a fejlett Győr-Moson-Sopron és Komárom-Esztergom megyei kistérségek maguk felé vonzzák a Dunántúl többi kistérségét. A kelet–nyugati lejtő hatása Budapest központi elhelyezkedése és egész országra kiterjedő erős hatása miatt csak kisebb mértékben mutatható ki.

Regionális központok hatása ott mutathatók ki, ahol az erőhatások irányultsága eltér a környezetétől, azaz ott, ahol a szomszédos területeken a környezettől eltérő színeket találunk. A 2000-es és a 2010-es eredmények alapján ilyen stabil lokális centrumok jelenléte a Debreceni, a Miskolci, a Nyíregyházi, a Szegedi és a Pécsi kistérségek esetén mutathatók ki.

A fejlettebb északnyugat-magyarországi területeken hasonló, a környezetüktől elkülönülő kistérségek kevésbé jellemzőek, mert ezeken a területeken általában több kistérségcsoportra terjed ki hasonló tulajdonság.

Tömegegységre jutó erők nagyságai

Egy-egy kistérségben különböző erők hatnak a többiek részéről. Ugyanakkor azonos nagyságú erők sem ugyanazt a hatást fejtik ki a tömegek különbsége miatt. Az egységnyi belső tömegekre ható erők kiszámíthatók az alábbi formula alapján:

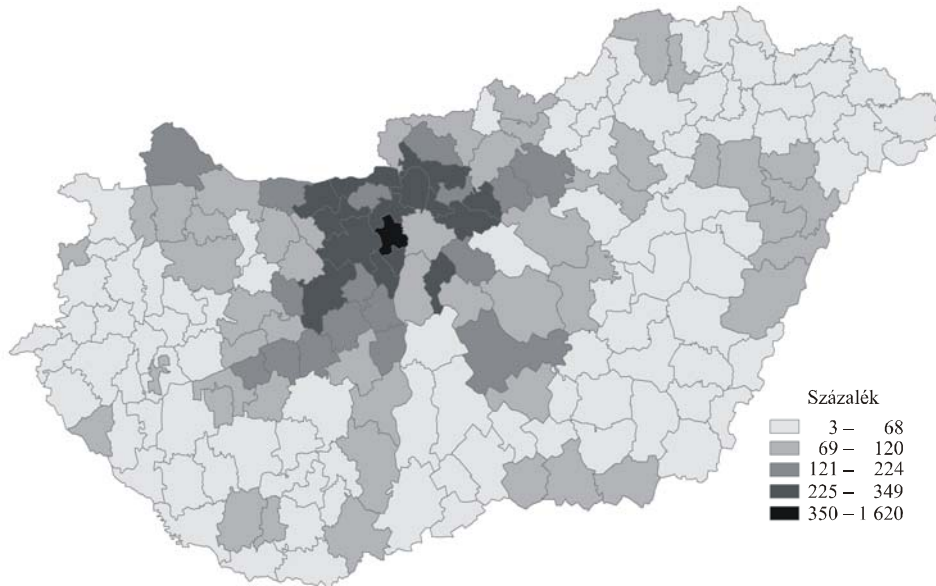
$$F = \frac{\sqrt{D_i^{x^2} + D_i^{y^2}}}{W_i},$$

ahol F az egységnyi tömegekre jutó erő, D_i i ponthoz tartozó függőleges és vízszintes irányú erőhatások, w_i az i pont saját tömege.

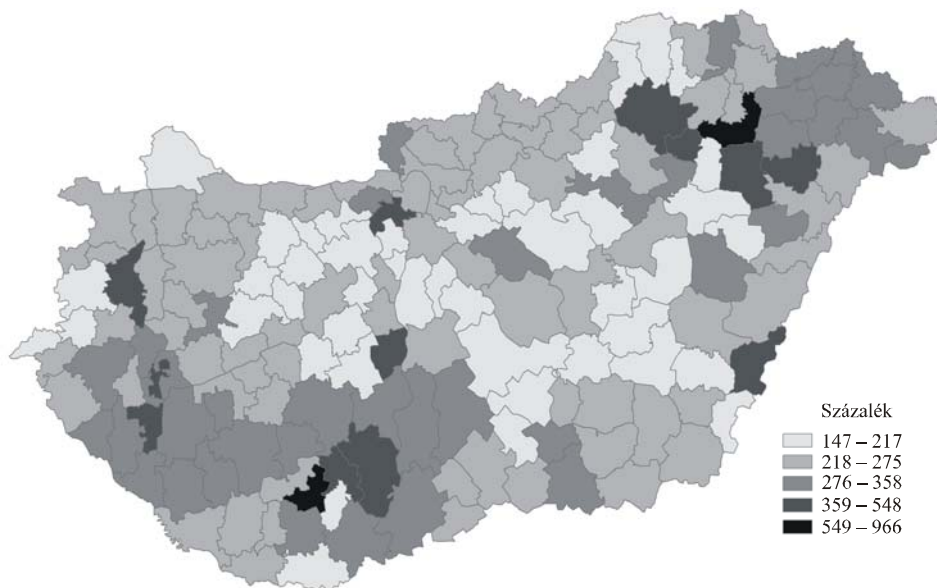
Mint az a 6. ábrán látható, saját tömegükhöz mérten a legjelentősebb erők a budapesti agglomeráció kistérségeit, s ezen belül is a Budaörsi kistérséget érintik. Az agglomeráción kívül kiemelkedő nagyságrendet mutat még a Tatai kistérség. Az országos átlagnál magasabb értékkel rendelkező kistérségek Budapest tágabb környezetében fekszenek, döntően autópályáink által érintett kistérségek.

A 2000-ről 2010-re történt változásokat a 7. ábra mutatja. A legjelentősebb változások elsősorban az autópálya-építésekhez kötődnek. Erre példa a Tiszavasvári és a Komlói kistérség, amelyek az M3-as és az M6-os autópályák közelében fekszenek. Némileg más példa a Sarkadi és a Sárvári kistérségek helyzete. Esetükben a saját tömeg jelentős csökkenése okozta a jelentős fajlagos erőnövekedést. Van olyan kistérség is, ami elsősorban a környezete növekvő népességének és az ebből következő gravitációs erő gyarapodásának következtében emelkedik ki, erre jó példa a Pilisvörösvári kistérség.

6. ábra

Egységnyi tömegre jutó erők az országos átlag százalékában, 2010

7. ábra

Egységnyi tömegre jutó erők változása, 2000/2010

Összefoglalás

Tanulmányunkban a gravitációs modellekben rejlő, még feltáratlan területeket igyekeztük bemutatni, az értelmezési problémákat enyhítve a módszertan kibővítésével és elmélyítésével. Az erők használatát szemléltettük Magyarország kistérségei esetén a jövedelemadó-alapot alkalmazva súlyként. A modell alapján kimutatásra és szemléltetésre került az a tapasztalatokkal összecsengő eredmény, miszerint Budapestnek nincsen Magyarországon ellensúlya, vagyis a lokális centrumtérsegek gyengék. Ennek ellenére kimutatható stabil lokális centrumok jelenléte a Debreceni, a Miskolci, a Nyíregyházi, a Szegedi és a Pécsi kistérségek esetén.

Fontos megfigyelni, hogy a tömegükhöz mérten legjelentősebb erők által érintett kistérségek Budapest tágabb környezetében fekszenek, döntően autópályáink által érintett kistérségek. Egységnyi tömeghez viszonyított legjelentősebb változások elsősorban az autópálya építésekhez kötődnek, de sok esetben az adott kistérség népességszökkenése is meghatározó tényező.

IRODALOM

- Budó Ágoston* (1970): *Kísérleti fizika I.* Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Carey, H. C.* (1858): *Principles of Social Science.* J. B. Lippincott & Co., New York
- Converse, P. D.* (1949): New Laws of Retail Gravitation. *Journal of Marketing*, pp. 379–384.
- Dodd, S. G.* (1950): The Interactance Hypothesis. A Gravity Model Fitting Physical Masses and Human Groups. *American Sociological Review*, 2., pp. 245–256.
- Dusek Tamás* (2003): A gravitációs modell és a gravitációs törvény összehasonlítása. *Tér és Társadalom*, 1., 41–57. o.
- Dusek Tamás* (2011): Kétdimenziós regresszió a területi kutatásokban. In: *Területi statisztika*, 1., 11–22. o.
- Filippo, S. – Maritan, A. – Néda, Z.* (2012): Continuum approach for a class of mobility models. [physics.soc-ph] 19 Jun 2012, <http://arxiv.org/pdf/1206.4359.pdf>, pp. 1–5.
- Friedman, A. – Kohler, B.* (2003): Bidimensional Regression: Assessing the Configural Similarity and Accuracy of Cognitive Maps and Other Two-Dimensional Data Sets. *Psychological Methods*, 8(4), pp. 468–491.
- G. Mate, Z. – Neda, Z. – Benedek, J.* (2011): Spring-Block model reveals region-like structures. *PLOS ONE*, 16518.
- Hammer, C. – Ikle, F. C.* (1957): Intercity Telephone and Airline Traffic Related to Distance and the Propensity to Interact. *Sociometry*, 4., pp. 306–316.
- Kincses Áron – Tóth Géza* (2011): Potenciálmodellek geometriája. *Területi Statisztika*, 1., 23–37. o.
- Barthélemy, M.* (2011): Spatial network. *Physics Reports*, 499, pp. 1–101.
- Ravenstein, E. J.* (1885): The Laws of Migration. *Journal of the Statistical Society of London*, 2., pp. 167–235.
- Reilly, W. J.* (1929) *Methods for the Study of Retail Relationships.* University of Texas Bulletin, 2944.
- Reilly, W. J.* (1929) *Methods for the Study of Retail Relationships.* University of Texas Bulletin, 2944.
- Schürmann, C. – Spiekermann, K. – Wegener, M.* (1997): *Accessibility Indicators.* Berichte aus dem Institut für Raumplanung, 39, Dortmund, IRPUD
- Stewart, J. Q.* (1948): Demographic Gravitation: Evidence and Applications. *Sociometry*, 11., pp. 31–58.
- Tobler, W. R.* (1961): *Map Transformations of Geographic Space*, PhD dissertation. University of Washington, Seattle
- Tobler, W. R.* (1965): Computation of the Correspondence of Geographical Patterns. *Papers of the Regional Science Association*, 15., pp. 131–139.
- Tobler, W. R.* (1970): A Computer Model Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, 2., pp. 234–240.
- Tobler, W.* (1978): Comparisons of Plane Forms. *Geographical Analysis*, 10., pp. 154–162.

Tobler, W. R. (1994): Bidimensional Regression. *Geographical Analysis*, 26., pp. 187–212.

Tobler, W. R. (2004): On the First Law of Geography: A Reply *Annals of the Association of American Geographers*, 2., pp. 304–310.

Zipf, G. K. (1949): *Human Behaviour and the Principle of Least Effort: An Introduction to Human Ecology*. Addison-Wesley Press, Cambridge

Kulcsszavak: gravitációs modell, kétdimenziós regresszió, elérhetőség, térszerkezet, Magyarország.

Resume

In this paper the authors wish to introduce a new way of use of the gravitation model through a concrete example. In their investigation the gravitation model was transformed to analyse the impact of accessibility in a way, that not only the size of gravitation forces but their direction can also be measured. Displacements were illustrated by a two-dimensional regression, which gives a new aspect to the investigation of the Hungarian spatial structure.