



Területi Statisztika

Közzététel: 2019. július 25.

A tanulmány címe:

A gazdasági és az energetikai erőterek elmozdulása a világon

Szerzők:

Sebestyén Szép Tekla Miskolci Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Világ- és Regionális Gazdaságtan Intézet E-mail: regtekla@uni-miskolc.hu

Tóth Géza Központi Statisztikai Hivatal, Miskolci Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Világ- és Regionális Gazdaságtan Intézet E-mail: Geza.Toth@ksh.hu

<https://doi.org/10.15196/TS590401>

Az alábbi feltételek érvényesek minden, a Központi Statisztikai Hivatal (a továbbiakban: KSH) Területi Statisztika c. folyóiratában (a továbbiakban: Folyóirat) megjelenő tanulmányra. Felhasználó a tanulmány, vagy annak részei felhasználásával egyidejűleg tudomásul veszi a jelen dokumentumban foglalt felhasználási feltételeket, és azokat magára nézve kötelezőnek fogadja el. Tudomásul veszi, hogy a jelen feltételek megszegéséből eredő valamennyi kárért felelősséggel tartozik.

- 1) A jogszabályi tartalom kivételével a tanulmányok a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény (Szt.) szerint szerzői műnek minősülnek. A szerzői jog jogosultja a KSH.
- 2) A KSH földrajzi és időbeli korlátozás nélküli, nem kizárólagos, nem átadható, térítésmentes felhasználási jogot biztosít a Felhasználó részére a tanulmány vonatkozásában.
- 3) A felhasználási jog keretében a Felhasználó jogosult a tanulmány:
 - a) oktatási és kutatási célú felhasználására (nyilvánosságra hozatalára és továbbítására a 4. pontban foglalt kivétellel) a Folyóirat és a szerző(k) feltüntetésével;
 - b) tartalmáról összefoglaló készítésére az írott és az elektronikus médiában a Folyóirat és a szerző(k) feltüntetésével;
 - c) részletének idézésére – az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven – a forrás, valamint az ott megjelölt szerző(k) megnevezésével.
- 4) A Felhasználó nem jogosult a tanulmány továbbértékesítésére, haszonszerzési célú felhasználására. Ez a korlátozás nem érinti a tanulmány felhasználásával előállított, de az Szt. szerint önálló szerzői műnek minősülő mű ilyen célú felhasználását.
- 5) A tanulmány átdolgozása, újra publikálása tilos.
- 6) A 3. a)–c.) pontban foglaltak alapján a Folyóiratot és a szerző(ke)t az alábbiak szerint kell feltüntetni:

„Forrás: Területi Statisztika c. folyóirat 59. évfolyam 4. számában megjelent, Sebestyén Szép Tekla – Tóth Géza által írt, A gazdasági és az energetikai erőterek elmozdulása a világon c. tanulmány”

- 7) A Folyóiratban megjelenő tanulmányok kutatói véleményeket tükröznek, amelyek nem esnek szükségképpen egybe a KSH, vagy a szerzők által képviselt intézmények hivatalos álláspontjával.



A gazdasági és az energetikai erőterek elmozdulása a világon

Movements of economic and energy field forces in the world

Sebestyén Szép Tekla

Miskolci Egyetem,
Gazdaságtudományi Kar,
Világ- és Regionális
Gazdaságtan Intézet
E-mail:
regtekla@uni-miskolc.hu

Tóth Géza

Központi Statisztikai Hivatal,
Miskolci Egyetem,
Gazdaságtudományi Kar,
Világ- és Regionális
Gazdaságtan Intézet
E-mail: Geza.Toth@ksh.hu

Kulcsszavak:

gravitációs erőter,
energiafelhasználás,
gazdasági növekedés,
gazdasági szerkezet változása,
súlypont

A statisztikai adatok egyértelműen azt mutatják, hogy az energiakereslet változásai és tendenciái nagyon hasonlóak a világgazdaságban végbeműködő átrendeződésekhez, jelezve a két folyamat közötti kapcsolat szorosságát. Fokozódó energiafelhasználás, illetve gazdasági teljesítmény figyelhető meg a feltörekvő országokban, ezzel párhuzamosan részesedésük a világ energiafelhasználásából és bruttó hazai termékéből folyamatosan növekszik, ami jelentős (térbeli) elmozdulásokhoz vezet. A tanulmány gravitációsmodell-számítással vizsgálja a világ energetikai és gazdasági erőterének 1990 és 2015 közötti változását. A módszer segítségével a szerzők bemutatják az egyes kontinenseken, illetve országcsoportokban zajló – időnként ellentétes irányú – fő folyamatokat, rávilágítanak a fennálló különbségekre. Az alkalmazott kétdimenziós regressziószámítás mélyebb elemzést tesz lehetővé, a gravitációsmodell-számítás eredményeként kapott pontthalmazokat (a GDP és a végső energiafelhasználás vonatkozásában) a szerzők összevetik, az eredményekből következtetéseket vonnak le arról, hogyan változik, illetve torzul a tér a gravitációs erőter következtében. Az újszerű megközelítésű tanulmány további adalékkal szolgál a két mutató közötti kapcsolat komplex vizsgálatához.

Based on statistical data it can be clearly stated that the changes and trends in energy demand are very similar to the rearrangements in the world economy, indicating the tightness of the relationship between the two processes. Increasing energy consumption and economic performance are observed in emerging countries, while their share of the world's energy consumption and global GDP is growing steadily, resulting in significant (spatial) shifts. The study examines the evolution of the world's energy and economic power from 1990 to 2015 by gravity modelling. Using this method, the authors present the main processes occurring in each continent or group of countries – sometimes in the opposite direction – and highlight the differences that exist. The applied bi-dimensional regression calculation allows for a deeper analysis, the authors compare the set of points resulting from the gravitational computation (for GDP and final energy consumption) and draw conclusions from the results about how the space changes and becomes distorted due to the gravity field. This novel approach is another addition to the complex question of the relationship between the two indicators.

Keywords:

gravity field,
energy consumption,
economic growth,
changing economic structure,
weighted mean centre

Beküldve: 2018. május 31.

Elfogadva: 2018. június 22.

Bevezetés

Az egyes országok (illetve a világ) energiafelhasználását tényezők sokasága befolyásolja: többek között a gazdasági növekedés, a népesség számának változása, az urbanizációs folyamatok, a gazdasági szerkezet változása (a primer, szekunder és terciér szektor arányának módosulása), az egyes iparágak energaintenzitása, az energiahatékonyság, az egyes energiaforrások szerepe az energiamixben, illetve – nem utolsósorban – a nemzeti energiapolitika.

Tanulmányunkban az UN (2017) és az IMF (2017) országbesorolásának figyelembevételével a következő országcsoportokat alakítottuk ki:

- fejlett országok, mely az IMF (2017) szerinti *advanced economies* kategóriába tartozó országokat tartalmazza, illetve az egyéb OECD-országokat és az egyéb EU-tagállamokat;
- átmeneti gazdaságok az IMF (2017) szerinti *economies in transition* kategóriába tartozó országokat tömöríti: Dél-Kelet-Európa átmeneti gazdaságait és a Független Államok Közösségét (FÁK-országok), valamint Grúziát (megjegyezzük, hogy jelentős átfedés van az átmeneti gazdaságok és az üzemanyag-exportáló országok között; amennyiben egy ország szerepel az utóbbiban, az előbbiben már nem);
- üzemanyag-exportáló országok az IMF (2017) szerinti *fuel-exporting countries* kategóriába tartozó országok;
- fejlődő országok: minden egyéb ország Ázsiában, Latin-Amerikában, valamint Afrikában.

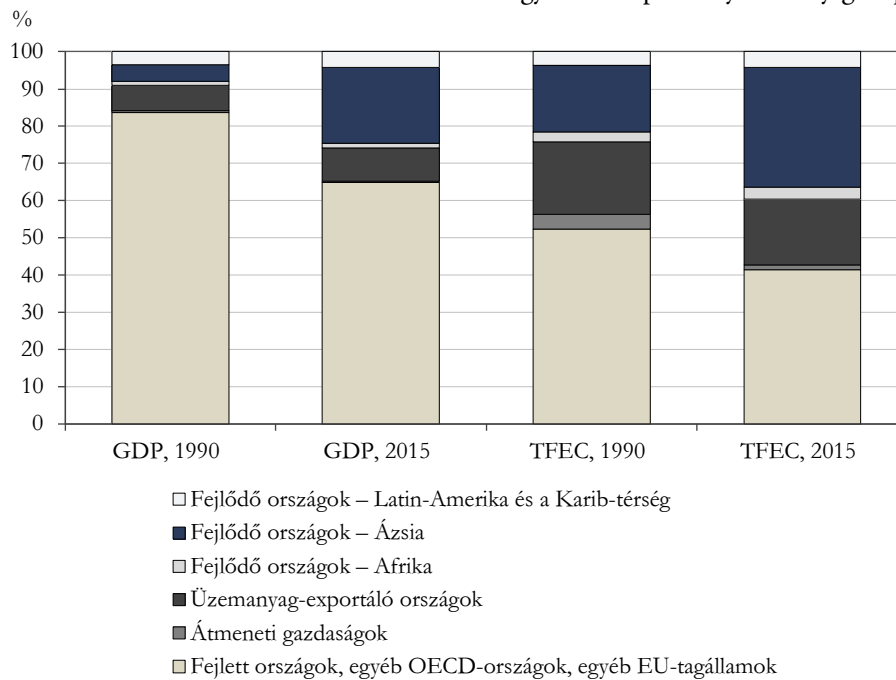
A fejlett és a fejlődő (illetve átmeneti gazdaságok) országok között jelentős az eltérés a gazdaság energaintenzitásában. Az 1. ábra szerint, míg 1990-ben a fejlett országok termelték meg a világ bruttó hazai termékének (gross domestic product – GDP) több mint négyötödét, addig ez az arány 2015-re 65% alá esett vissza. Ugyanakkor a világ végső energiafelhasználásából mindig is kisebb mértékben részesedtek ezen országok (összehasonlítva a világ többi részével): 1990-ben a fogyasztás körülbelül felét, 2015-ben valamivel több mint 40%-át tették ki. Először 2008-ban haladta meg a Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezethez tartozó (Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD-) országokét a nem OECD-országok energiafelhasználása. Ezen arányokból következtetések adódnak az energaintenzitásra: a fejlett országok gazdaságának jóval hatékonyabb az energiafelhasználása, ami elsősorban a szolgáltató szektor, valamint az alkalmazott technológia fejlettségével, továbbá a környezet- és energiapolitikával magyarázható.

Az arányok átrendeződése még nem tekinthető végleges és lezárt folyamatnak. A World Energy Council (2017a, b) előrejelzése szerint a világ primer energiaigénye 2014 és 2060 között lassuló ütemben, de tovább fog nőni (2014 és 2030 között várhatóan 1,4–1,7% lesz az éves növekedési ráta, míg 2030 és 2060 között 0,5–1,0%). Ugyanakkor az energia, különösen az olaj és egyéb fosszilis energiahordozók iránti keresletnövekedés jelentős hányada már nem a fejlett, iparosodott országokban jelentkezik, hanem a feltörekvő gazdaságokban, így – többek között – Kínában és Indiában. Ezen országok modernizálódása, iparosodása, illetve urbanizálódása erőteljesen hozzájárul energiaéhségük növekedéséhez (Zhang et al. 2011). Ez a tendencia felhívja a figyelmet a gazdasági és az energetikai súlypontok eltolódására.

1. ábra

**A világ GDP-jének és végső energiafelhasználásának* megoszlása
az egyes országcsoportok között**

Distribution of world GDP and final energy consumption by country group



* Végső energiafelhasználás (total final energy consumption – TFEC).

Forrás: saját szerkesztés a Világbank (2018a, b) alapján.

A továbbiakban – az 1. táblázat adatai alapján – ötéves periódusokban vizsgáljuk az energiafogyasztás és a gazdasági növekedés alakulását. Míg a fejlett országokban enyhén növekedett az energiafelhasználás 1990 és 2000 között (1990 és 1995 között 0,9 és 1995 és 2000 között 1,7%-kal), ezt követően azonban a növekedés megáll, sőt 2005 után csökkenésre váltott. Az okok elsősorban a 2008–2009-es gazdasági világválsággal, a fenntarthatóságra fókuszáló gazdasági fejlődéssel, a strukturális átalakulással (az energiaintenzív iparágak kihelyezése a fejlődő országokba), illetve egyéb energiahatékonysági intézkedésekkel (ezen országok aktív támogatói a klímavédelmi célok elérésének) függnak össze. A fejlődő és az üzemanyag-exportáló országokban ugyanakkor az energiafogyasztás intenzíven növekedett 2010-ig. A súlypont az északi féltekéről áthelyeződött a délre, ami elsősorban az ezredforduló utáni gazdasági konjunktúra és növekedési boom eredménye. Az ezt követő években azonban lassabban növekedett az energiafelhasználás, melynek okai – részben – Kínában keresendők. Kína évek óta a gazdasági túlhevülés jeleit mutatta, a növekvő egyensúlyta-

lanságokat (például jüan/USD-árfolyam, az Egyesült Államokkal fennálló hatalmas kereskedelmi többlet, bővülő fogyasztás, csökkenő megtakarítás, magas beruházási ráta, valamint az árnyékbankszisztéma veszélyei) kiegyenlítő gazdasági mechanizmusok nem tudtak megfelelően érvényesülni. 2010 óta a kínai gazdasági növekedési ráta csökkenő tendenciájú, ami egybevág a kínai vezetés gazdaságpolitikájának céljaival (Szabó 2010). Ez nyilván az energiafelhasználásban is tetten érhető, és mivel Kína felelős a világ energiafelhasználásának több mint egyötödéért (2017-ben már a világ legnagyobb olajimportőrévé vált), így meghatározó szerepe van nemcsak a fejlődő országok energiafelhasználásában, hanem az energiaárak alakításában is. Az egykori Szovjetunió érdekszférájába tartozó, ún. átmeneti országokban a rendszerváltás, illetve a nehézipar leépülésével bekövetkezett radikális szerkezetváltással 2000-ig csökkent az energiafelhasználás, majd egy átmeneti időszaktól eltekintve azóta se indult növekedésnek.

1. táblázat

**A GDP és a végső energiafelhasználás éves átlagos változása
a különböző országcsoportokban**

Annual average change in GDP (current prices, USD) and
final energy consumption (TJ) in different country groups, percent

Országcsoportok	1995/1990		2000/1995		2005/2000		2010/2005		2015/2010	
	GDP	TFEC	GDP	TFEC	GDP	TFEC	GDP	TFEC	GDP	TFEC
Fejlett országok, egyéb OECD-országok, egyéb EU-tagállamok	6,5	0,9	1,5	1,7	6,5	0,6	3,9	-0,2	1,0	-0,3
Átmeneti gazdaságok	-4,4	-10,5	-4,6	-3,1	21,0	1,7	12,4	-0,4	-1,6	-3,4
Üzemanyag-exportáló országok	-0,8	-2,0	2,3	0,5	14,5	2,3	17,0	3,2	1,6	1,6
Fejlődő országok	10,4	3,4	3,3	1,1	9,8	5,7	17,9	5,0	7,8	3,3
ebből:										
Afrika	10,8	3,7	6,8	0,6	12,0	6,7	18,9	5,5	10,6	3,5
Ázsia	4,2	2,0	-0,1	2,1	12,3	3,3	10,0	2,4	1,6	2,8
Latin-Amerika és a Karib-térség	12,7	2,7	-0,5	3,3	5,1	2,0	18,0	3,6	0,2	2,0
Világ	6,3	0,6	1,7	1,3	7,3	2,4	7,0	2,1	2,5	1,3

Megjegyzés: a számításokhoz felhasznált adatok mértékegysége a GDP esetében folyó áras USD, a végső energiafelhasználás esetében TJ.

Forrás: saját számítás a Világbank (2018a, b) alapján.

Az ismertetett folyamatok vizualizációja, térképi megjelenítése hiányosnak tekinthető, ugyanis a szakirodalomban mindössze néhány tanulmány vizsgálja és ábrázolja az energetikai erőtereket (például Zhang et al. 2012, Wang et al. 2014).

Az energiafelhasználás és a gazdasági növekedés földrajzi különbségeinek feltárása, a térbeli folyamatok megértése számos, globálisan jelentkező probléma vizsgálatához alapvető fontosságú. Információt nyújt az energiabiztonság, a globális környezeti kihívások témaköréhez, illetve hozzájárulhat további energetikai vizsgálatokhoz. A területi elemzések eszközként szolgálnak a gazdasági és az energetikai erőterek elmozdulásának feltárásához, valamint vizualizációjához.

A továbbiakban elemzésünk fő célja, hogy a világ (mint egységes egész), illetve az egyes kontinensek energetikai és gazdasági gravitációs erőtereinek azonosítása, az elmozdulások (különös tekintettel azok irányára) feltárása. Az elméleti háttér fejezetben bemutatjuk a gravitációsmodell-, illetve súlypontszámítást alkalmazó tanulmányok eredményeit, továbbá összegezzük az energiafelhasználás és a gazdasági növekedés kapcsolatrendszerét jellemző fontosabb álláspontokat. A módszertan és felhasznált adatok fejezet ismerteti a felhasznált adatbázisokat, továbbá a súlypontszámítás és a kétdimenziós regressziószámítás módszertani kérdéseit. Az eredmények fejezetben térképek segítségével bemutatjuk a gazdasági és az energetikai erőter elmozdulási irányait globálisan, illetve kontinensenként, továbbá a kétdimenziós regressziószámítás eredményei alapján következtetéseket vonunk le. A tanulmány végén összegezzük megállapításainkat.

Elméleti háttér

Energiafelhasználás és gazdasági növekedés

Az energia gazdaságban betöltött szerepével kapcsolatos vélemények igen széles skálán mozognak. Mind az ökológiai, mind az energia-gazdaságtan képviselői a gazdasági növekedés fő mozgatórugójának az energiát, illetve az energiafelhasználást tartják, sőt egyes radikális nézőpontok szerint az energiafelhasználás a gazdasági fejlettség kizárólagos mérőszáma (például Duncan [2006] Olduvai-elmélete). Elméletüket az energiának a termelésben betöltött fontos szerepével magyarázzák, azzal érvelnek, hogy nincs olyan gazdasági tevékenység, melyhez ne lenne szükség energiára (Stern–Cleveland 2004, Stern 2011), abból az egyszerű tényből kiindulva, hogy a termelés egy munkafolyamat, és a munkavégzés energiabefektetéssel jár (Murphy 2011). Számos tanulmány hangsúlyozza az energiafelhasználás és a gazdasági növekedés közötti kapcsolat szorosságát, sőt megállapítja, hogy „egy adott ország gazdasági-jóléti színvonalát az energiafelhasználás mértéke is jellemzi” (Kovács 2007a, 63. old.), illetve „az ásványi nyersanyagtermelés, az energiaigények biztosítása a gazdaság és az életszínvonal emelésének egyik alapvető pillére” (Kovács 2007b, 47. old.). Hasonló álláspontot képviselnek Lakatos–Lakatosné Szabó (2008), a globális GDP és a kőolajszükséglet közötti kapcsolatot fejtegetve.

Megállapítható, hogy az ökológiai és az energia-gazdaságtan képviselői egyetértenek az energia gazdasági növekedésben betöltött elsődleges szerepével. Abban

azonban már jelentős különbségek mutatkoznak, hogy hogyan képzelik el ezt a szerepet. Cleveland (2003) az energia elérhetőségét hangsúlyozza, Murphy (2011) szerint a felhasznált energia mennyiségének növekedése a fontos. Berndt–Wood (1975), illetve Schurr (1982) az elsők között ismerik fel az energia minőségének gazdasági fontosságát: véleményük szerint a villamos energia a jelenleg elérhető legjobb minőségű energiaforrás, továbbá – elsősorban – az energia minőségének javulása járult hozzá a fejlett országok energaintenzitásának fejlődéséhez. Stern (2009) szintén az energia minőségének gazdaságban betöltött fontossága mellett érvel. Ayres és szerzőtársai (2003), Ayres–Warr (2005) az energia árának csökkenésével magyarázzák az első és a második ipari forradalom hatására bekövetkező gazdasági fejlődést, továbbá azzal, hogy az energia (illetve az általa elérhető munkavégző képesség növekedése) szélesebb néprétegek számára elérhetővé vált (például belső égésű motorok). Akizu (2017) is azt emeli ki, hogy emberiség történetében elsősorban az első, a második és a harmadik ipari forradalom eredményezett ugrásszerű fejlődést, ugyanakkor az újonnan felfedezett technológiai vívmányok jelentős része valamilyen – addig nem ismert, vagy nem kellő hatékonysággal felhasznált – energiaforráshoz kötődött (szén – gőzgépek; kőolaj – belső égésű motorok; nukleáris energia – olcsó villamos energia). Nemcsak az energiafelhasználás és a gazdasági növekedés, hanem az energiafelhasználás és az emberi fejlettség indexe (human development index – HDI) között is pozitív irányú, szoros kapcsolat figyelhető meg (Arto 2016). A szétválás (*decoupling*) elméletének is ez az alapvető feltételezése, nevezetesen, hogy ezen indikátorok között intenzív ok-okozati kapcsolat van. Célja a környezeti terhelés és a gazdasági növekedés szétválasztása, melyre a fenntartható fejlődés megvalósításának egyik lehetséges eszközeként tekint.

Az energia-gazdaságtan (*energy economics*), az energiaföldrajz (*energy geographics*; a tudományterület részletes leírását adja Munkácsy (2018) és Calvert (2016)), valamint az energia-geopolitika (*energy geopolitics*) határterületeként értelmezhető a globális energiafelhasználás térbeli folyamatainak, illetve a fogyasztás hatóerőinek vizsgálata, továbbá a globális energiapiacok átrendeződése (összhangban a világgazdaság fejlődésével, a feltörekvő országok növekvő részesedésével). Jelen tanulmányunkat az energia-gazdaságtanhoz tartjuk közelebb állónak, hiszen központi kérdésünk az, hogy a gazdasági növekedés és az energiafelhasználás milyen kapcsolatban van egymással, miként hatnak egymásra időben és térben. A két tényező közötti korreláció, illetve az oksági kapcsolat vizsgálata fontos része az energia-gazdaságtani kutatásoknak. A témában úttörő munkának számít Kraft–Kraft (1978) publikációja, ami az energiafogyasztás és a bruttó nemzeti termék (gross national product – GNP) közötti oksági kapcsolatot vizsgálja az Egyesült Államokban, az 1947 és 1974 közötti időszakban. Az azóta eltelt évtizedekben számos további publikáció született, ugyanakkor – itt jegyezzük meg – a kutatási eredmények mind a mai napig nem egységesek.

Tanulmányunk kiindulópontja az a feltételezés, miszerint a világgazdasági folyamatokban pozitív irányú, szoros kapcsolat figyelhető meg az energiafelhasználás és a gazdasági növekedés között. Ez alapján célszerűnek látjuk a két indikátor térbeli együttmozgásának vizsgálatát. Hipotéziseink a következők:

1. Nemcsak globálisan, hanem az egyes kontinensek esetében is az energetikai és a gazdasági erőterek mozgása szorosan követi egymást.
2. Az erőterek modellezéséhez használt súlypontok vizsgálatából következtetni lehet a két mutató közötti ok-okozati kapcsolatra.

Erőterek a világban, avagy a gravitációsmodell-számítás

A gravitációs analógián alapuló módszerek alkalmazása nem új keletű a szakirodalomban, ezeket részletesen áttekinti Nagy (2011). Kincses–Tóth (2012) alapján kijelenthető, hogy a fizikai analógián alapuló gravitációsmodell-számításokat elsősorban a térbeli áramlások vizsgálatához, valamint a vonzáskörzetek lehatárolásához alkalmazzák (Guzik et al. 2017). A térszerkezet elemzéséhez léteznek más gravitációs analógián alapuló modellek is (Csomós–Tóth 2016).

Quah (2011) mérőföldkönek számító munkájában – mely nagymértékben épít Klein (2009), valamint Grether–Mathys (2010) tapasztalataira – a globális gazdasági erőter elmozdulását vizsgálja 1980 és 2007 között, 693 adatpontra végezve el a számításokat. Eredményei jelen tanulmányhoz hasonló irányú elmozdulást jeleznek, bár számításai alapján a gravitációs erőteret jellemző súlypontok nem a Földközi-tenger medencéjében, hanem attól délebbre, Afrika északi partvonalán helyezkednek el. Ugyanakkor vizsgálatunk túlmutat Quah (2011) kutatási célkitűzésein. Fő célunk nem a gazdasági erőter meghatározása, illetve az elmozdulások nyomon követése, hanem ezen térbeli változások összevetése az energetikai erőter esetében tapasztalt mozgásokkal. Ezáltal az együttmozgások (avagy széttartások, divergencia-folyamatok) azonosíthatóvá válnak, mely adalékkal szolgál az energiafelhasználás és a gazdasági növekedés közötti kapcsolatrendszer vizsgálatához, térbeliségének elemzéséhez.

Szakirodalmi kutatásunk alapján megállapítható, hogy az energetikai erőterek mint kutatási téma meglehetősen alulprezentált, mindössze néhány tanulmány (így Fesharaki 1996, Zhang et al. 2012, Wang et al. 2014) fókuszál erre a kérdéskörre. Fesharaki (1996) tanulmánya az elsők között használta az energetikai erőterek kifejezést. Vizsgálata során Ázsia, illetve a csendes-óceáni térség felértékelődése mellett érvelt, bár következtetéseit csak a statisztikai adatok változásának elemzéséből vontak le, gravitációsmodell-számítást nem végzett.

A kínai energiafelhasználás keresleti és kínálati oldalát Zhang és szerzőtársai (2012) már gravitációsmodell-számítással vizsgálták az 1997 és 2009 időszakra, energiaforrások (szén, kőolaj, földgáz és villamos energia) szerint. Kutatásukkal felhívták a figyelmet az energiatermelés és -felhasználás térbeli különbségeire, javaslatokat fogalmazva meg az infrastruktúra fejlesztésére.

Wang és szerzőtársai (2014) a világ energiafelhasználásának és energiatermelésének gravitációs erőtereit vizsgálták a kőolaj, a földgáz és a kőszén esetében. Az erőterek dél-délkeleti irányú elmozdulásán túlmenően számszerűsítették annak sebességét is, bár az okozatok feltárása hiányzik a tanulmányból.

Módszertan és felhasznált adatok

Számításainkhoz a Világbank (2018a, b) adatbázisait használtuk fel 204 adatpont (ország, területi egység, illetve tartomány) vonatkozásában. A folyó áron, USD-ben számított GDP és a végső energiafelhasználás (TJ) adatait az 1990 és 2015 közötti időszakban vizsgáltuk.

A gravitációs modell, különös tekintettel a súlypontmódszerre

Nemes Nagy (1998) alapján a súlypontszámítás a következők szerint történik. „Egy n pontból álló síkbeli pontrendszer súlypontjának koordinátái, ha a pontok helyzete a koordináta-rendszerben (térképen) adott, és minden ponthoz egy-egy „súly” (tömeg) tartozik, a pontok koordinátáinak súlyozott számtani átlagaként számíthatók”:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i}{\sum_{i=1}^n f_i}, \quad y = \frac{\sum_{i=1}^n f_i y_i}{\sum_{i=1}^n f_i}$$

ahol x és y a súlypont két (földrajzi) koordinátája; x_i és y_i az alappontok (földrajzi) koordinátáit, f_i pedig az alappontokhoz tartozó súlyokat jelöli. Ha a súlyok azonosak, akkor a pontrendszer geometriai súlypontját adja meg a számítás. Az eredményként kapott helykoordináták jelzik a végleges súlypontot (Nemes Nagy 1998, 190. old.).

A súlypontszámítás történhet bármilyen területi egységre, találunk példát globális számításokra is (például Grether–Mathys 2010, Quah 2011), illetve egy-egy régiót középpontba állító vizsgálatok is fellelhetők (például Zhang et al. 2012). Ahogy azt Nemes Nagy (1998) megerősíti, a számítás során használt súly lehet bármilyen gazdasági vagy társadalmi tartalmú „tömegmérték” is, így akár népesség, jövedelem, a foglalkoztatottak száma, energiafelhasználás, emisszió. Amennyiben az egyes súlypontok elmozdulásait vizsgáljuk, azzal képet kaphatunk a térbeli folyamatokról, azok irányáról, erősségéről. Hátránya a módszernek, hogy amennyiben a térszerkezeti változások a súlypont körül egyenletesen, azaz szimmetrikusan zajlanak, akkor hiába vannak jelentős változások, azt a súlypont nem követi (Nemes Nagy 1998). Megjegyezzük, hogy jelen tanulmányunkban globális folyamatokat vizsgálunk. A világgazdasági rendszerek komplexitása, a világ országainak sokszínűsége kizárja azt a lehetőséget, hogy az energiafelhasználás és a gazdasági növekedés térbeli folyamatai szimmetrikusak legyenek egy-egy súlypont esetében, mely csökkenti e probléma jelentőségét.

Korábbi (Tóth–Nagy 2016) tanulmányunkhoz hasonlóan a vizsgált országok mértani középpontját súlyozzuk a nominális GDP, valamint a végső energiafelhasz-

nálás értékeivel. Ez a módszer – különösen a földrajzilag nagy kiterjedésű országok esetében – számos problémát vet fel, hiszen sok esetben a mértani közép távol esik bármilyen jelentős várostól, ipari központtól. Azonban – jelen tanulmány céljai szempontjából – nem a súlypontok konkrét térbeli elhelyezkedése a fontos (még ha az elemzésben meg is említjük), hanem az időbeli változások, illetve a két pontállomány együttmozgása. Éppen ezért annak ellenére, hogy létezik a szakirodalomban olyan módszer, mely kiküszöböli a projekció hatását (Jenness 2004, Durocher et al. 2017), magunk részéről annak alkalmazásától eltekintettünk, úgy véltük a súlypontszámítás eredeti módszere célunknak megfelelő. A súlypontok konkrét elhelyezkedését természetesen azért sem tekintettük mérvadónak, mert a gazdasági tevékenység, illetve az energiahasználat sok esetben az országok csupán egy részére szorítkozik (lásd Kína), míg mi az államterület mértani központját súlyoztuk kutatásunk során. Tehát a konkrét elhelyezkedésnél sokkal fontosabb a tendenciák és a térbeli együttmozgások vizsgálata. Az eredményekből megfelelő következtetések vonhatók le a világgazdaságban végbemenő folyamatok, változások (például a 4 jelentős feltörekvő gazdaság (Brazília, Oroszország, India, Kína, azaz a BRIC-országok felemelkedése és ezzel párhuzamosan növekvő energiafelhasználása, valamint az Egyesült Államok, az Európai Unió és Japán gazdasági háromszöge (Triád) relatív gazdasági súlyának csökkenése) irányára vonatkozóan. A módszer alkalmazásával nyert információk további adalékkal szolgálnak a globális folyamatok és átrendeződések megértéséhez. A pontok elhelyezkedésének megállapításához, illetve a térképek elkészítéséhez az Eurostat jelenlegi európai szabványrendszerét, vetületi rendszerét (European Terrestrial Reference System – ETRS89) használjuk fel.

Elemzésünk során nem csupán a világot vizsgáljuk meg, hanem az egyes kontinenseket külön-külön is: Afrika, Ázsia, Európa (Oroszországgal együtt), Amerika (Észak-Amerika és Latin-Amerika) és Ausztrália (Óceániával együtt).

Kétdimenziós regresszió alkalmazása

A gravitációsmodell-számítás eredményeként kapott pontthalmazok (a GDP és a végső energiafelhasználás vonatkozásában) célszerű összevetése megmutatja, hogyan változik, torzul a tér az erőter következtében. Ez természetesen történhet pusztán térképi ábrázolással, de az ilyen nagyszámú pont mellett nem kecsegtethet igazán jó eredménnyel. Sokkal kedvezőbb a kétdimenziós regresszió alkalmazása, mely 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 átskalázással. 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 Tobler (1961, 1965, 1970, 1978, 1994, 2004) 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), Friedman–Kohler (2003), Dusek (2011, 2012) munkáit.

2. táblázat

A kétdimenziós euklidészi regresszió egyenletei

Equations of bi-dimensional Euclidean regression

Megnevezés	Egyenlet
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) idézi Dusek (2011, 14. old.).

Ahol az x és y a független alakzat koordinátái; a és b a függő alakzat koordinátái; a' és b' a függő alakzat koordinátái 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, 14–15. old.).

Súlypontok mozgásának vizsgálata (standard távolság)

A súlypontok mozgásának jellemzésére a súlypontok standard távolságát számítottuk ki, mely lényegében a pontok térbeli szórásának egy mutatószáma. A térben szórt pontminták nagyobb standard távolságokkal, míg a klaszterezettebb pontok kisebb standard távolságokkal rendelkeznek. A standard távolság kiszámításának első lépése a súlypontok átlagközpontjának kiszámítása volt, mely lényegében a súlypont-koordináták számtani átlaga. Ehhez viszonyítjuk a koordináták átlagos

mozgását mind a teljes időszakban, mind pedig annak két szakaszában. A standard távolság alapvetően a súlypontok térbeli szórásának mutatószáma, lényegében egy az átlagközpont körül meghúzott kör sugara. A standard távolság képlete a következő:

$$S_D = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n} + \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n}}$$

ahol S_D a standard távolság, jelen esetben földrajzi fok, X_i és Y_i a súlypontok koordinátái, \bar{X} és \bar{Y} a súlypontok átlagközpontjának koordinátái, n a vizsgált évek száma.

Struktúraváltozás tesztelése – Chow-teszt

A gazdasági és az energetikai erőtereket ábrázoló térképeken jól látható (Eredmények fejezet), hogy az ezredfordulót követően az elmozdulás iránya jelentősen megváltozott (mind globálisan, mind az egyes kontinenseken), mely strukturális változásra (más néven strukturális törésre) utal. Ennek vizsgálatát a minta szétbontásán alapuló próbával, nevezetesen a Chow-teszt alkalmazásával végezzük el. A megfelelő tesztstatisztika Ramanathan (2003, 334. old.) alapján:

$$F_c = \frac{(ESS_R - ESS_1 - ESS_2)/k}{(ESS_1 + ESS_2)/(n - 2k)}$$

A Chow-teszt esetében a nullhipotézisünk a struktúra változatlansága, H_1 -hipotézisünk a strukturális törés jelenléte.

Eredmények

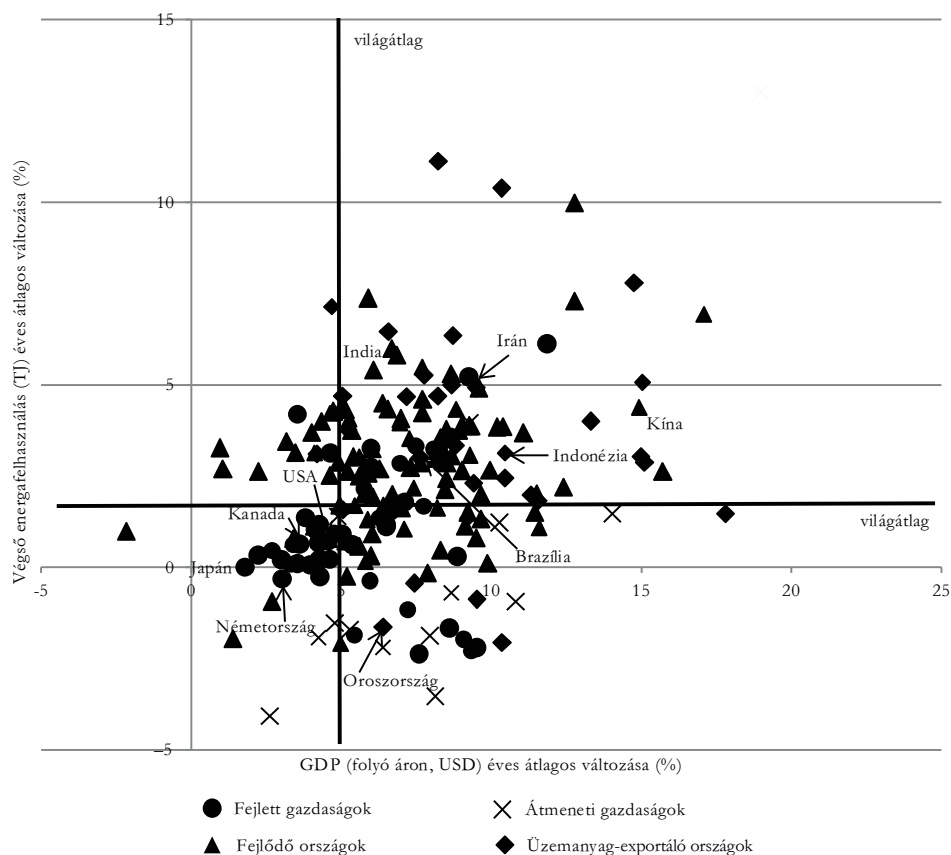
A 2. ábrán megneveztük azt a 10 országot, melyek a legnagyobb mértékben részesülnek a világ végső energiafelhasználásából. Közöttük 4 fejlett országot találunk (az energiafelhasználás sorrendjében: Egyesült Államok, Japán, Németország és Kanada), melyek az ábra bal alsó negyedéhez tartoznak, vagyis mind az energiafelhasználás, mind a GDP éves átlagos változása elmarad a világtól. Ez nyilván az erős szolgáltató szektorral (lévén a tercier szektor kevésbé energaintenzív), az energiahatékonysági intézkedésekkel, illetve a népesség számának stagnálásával (Japán, Németország), illetve kismértékű, kiegyensúlyozott növekedésével (Kanada, Egyesült Államok) magyarázható. Ezekben az országokban már megvalósult a környezeti terhelés és a gazdasági növekedés relatív vagy (bizonyos időszakok esetében) abszolút szétválása (lásd részletesebben Szlávik–Sebestyén Szép 2017).

Az átmeneti gazdaságok közül egyedül Oroszország került be ebbe a TOP10-es listába, a jobb alsó negyedben helyezkedve el: míg energiafelhasználásának éves átlagos változása elmarad a világtól, addig gazdasági növekedéséé meghaladja azt. Oroszországban még mindig érezteti hatását a nehézipar jelentős részének leépülése, a dezindusztrializáció folyamata, a gazdaság átstrukturálódása. A Világbank (2018a) adatai, illetve Weiner (2016) szerint az orosz gazdaság 2006-ban érte el először az 1991-es szintet (ekkor ismerték el hivatalosan a Szovjetunió felbomlását).

2. ábra

Az egyes országok pozíciójának változása a végső energiafelhasználás, illetve a folyó áron mért GDP éves átlagos változása alapján, 1990–2015

Changes in position of individual countries based on final energy consumption and annual average change in GDP at current prices, 1990–2015



Megjegyzés: fejlett gazdaságok az IMF (2017) szerinti *advanced economies*, egyéb OECD-országok, egyéb EU- tagállamok; átmeneti gazdaságok az IMF (2017) szerinti *economies in transition*: Dél-Kelet-Európa átmeneti gazdaságai és a FÁK-országok, valamint Grúzia; üzemanyag-exportáló országok az IMF (2017) szerinti *fuel-exporting countries*.

Forrás: saját szerkesztés a Világbank (2018a, b) adatbázisai alapján.

A 2. ábra jobb felső sarkában (ahol mindkét mutató éves átlagos változása meghaladja a világátlagot) találjuk Kínát, Indiát, Brazíliát, Indonéziát és Iránt. Utóbbi kettő üzemanyag-exportáló ország (bár itt jegyezzük meg, hogy Indonéziában mindössze néhány százalékponttal haladja meg az üzemanyagexport az -importot), Irán a gazdasági szankciók részleges eltörlésével (2015. évi atommegállapodással) összefüggésben 2015-ben már a 10. legnagyobb nettó olajexportőr. Ugyanakkor némi kettősség jellemzi az országot. A gazdaság energiahatékonysága (vagyis az egységni

energia felhasználásával előállítható GDP) a Világbank (2018b) adatai szerint messze elmarad a világtól. 2014-ben ez a mutató 5,6 USD volt (vásárlóerő-paritáson [purchasing power parity – PPP], 2011-es árakon számolva), míg a globális átlag 7,9 USD. Ugyanakkor az egy főre jutó energiafelhasználás értéke igen magas: 3023,5 kilogramm olajegyenérték (a világtól 1919,4 koe), ami megfelel például az euróövezet átlagának. Az okok egyrészt az energaintenzív iparágak (olajkitermelés és -finomítás) jelenlétében, a kevésbé fejlett, inkább a közúti közlekedést előtérbe helyező közlekedési szektor magas részesedésében, illetve a nagymértékű támogatásokat élvező, hatósági energiaárakban keresendők (bár ez utóbbiak csökkentése, a támogatási rendszer átláthatóbbá tétele már elkezdődött – lásd részletesen Moshiri 2015). Nyilvánvalóan Kína, India és Brazília az elmúlt években végbemenő expanzív gazdaságpolitika, növekvő népesség, valamint az iparfejlesztési folyamat következtében lettek a világ legnagyobb energiafogyasztói.

A gravitációs erők mozgása

A továbbiakban a gazdasági és az energetikai gravitációs erők mozgását mutatjuk be (3. és 4. ábra). *Afrikában* a gazdasági és az energetikai gravitációs erőter szinte egybeesik a kontinens mértani közepével, ugyanis a Közép-afrikai Köztársaságban, illetve a Kongói Demokratikus Köztársaságban helyezkedik el. Az elmozdulások kismértékűek, bár sok esetben hektikusan módosulnak: míg az energetikai erőter egyértelműen észak felé mozdul el (elsősorban az észak-afrikai országokban végbemenő népesség- és gazdasági növekedés eredményeként), addig a gazdasági gravitációs erőter 2001/2002-ig követi ezt az irányt, majd 2010-ig délnek tart, azután újra északnak fordul.

Talán az *amerikai kontinens* mutatja leginkább a kevés cikket exportáló, exportorientált fejlődő országok sebezhetőségét a világgazdasági válságokkal, illetve a különböző nyersanyagok világpiaci árának ingadozásával kapcsolatban. A dél-amerikai kontinens – az 1980-as évek adósságválságát követő reformfolyamatok eredményeként – az 1990-es évek első felében intenzív gazdasági növekedést mutatott. Az 1990 és 1995 közötti időszakban a gazdasági erőter délkeleti irányba mozdult el. Ugyanakkor a Délkelet-Ázsiából kiinduló 1997–1998-as válság erősen visszavetette az éppen csak megindult fejlődést, az erőter újra északnyugatnak fordult. A 2000-es évek elején a dotcom lufi¹ kipukkadása kicsit visszafogja az észak-amerikai kontinens növekedési ütemét, ugyanakkor Argentína és Brazília intenzív fejlődést mutatott, aminek eredményeként újra délkeleti irányba tartott a gravitációs erőter. A 2008–2009-es válság sokáig úgy tűnt, hogy elkerüli Dél-Amerikát, de végül a nyersanyagárak esése, majd stagnálása, a visszafogott beruházói kedv, illetve a világgazdaság (és

¹ A dotcom lufi a kizárólag az interneten zajló üzletágban ismert fogalom, az ilyen üzleti lehetőségek „kipukkadására” utal. Az angol dotcom kifejezés az internetes üzleti oldalak.com végződésére utal.

elsősorban Kína) gazdasági növekedési ütemének lassulása elérte a kontinentst, ismét északnyugati irányba fordítva az erőteret.

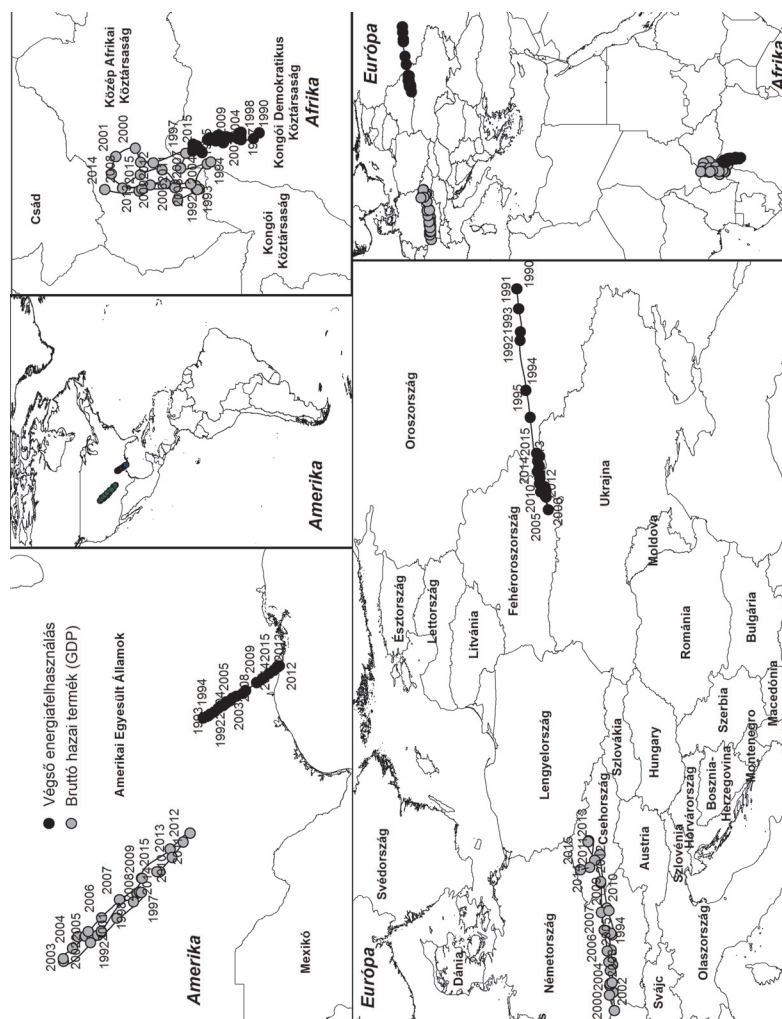
Ezzel szemben az energetikai erőter stabilan délkeleti irányba tartott a vizsgált időszakban az amerikai kontinensen, és ezt a különböző gazdasági válságok sem tudták érdemben befolyásolni. Ez egyrészt összefüggésben van Észak-Amerikában az energiahatékonyság javulásával, valamint a szolgáltató szektor fejlődésével, vagyis a gazdasági szerkezet változásával. Tehát a kontinens északi része egyre hatékonyabbá vált, (1990 és 2015 között több mint 10%-kal) csökkent az egy főre jutó energiafelhasználás, és nőtt az egységnyi energiafelhasználásra jutó GDP (ez a mutató 55%-kal nőtt a vizsgált időszakban az Egyesült Államokban – a Világbank (2018b) adatai szerint). Ezzel szemben Dél-Amerikában a fajlagos energiafelhasználás a javuló életszínvonallal, illetve a gazdasági fejlődéssel párhuzamosan folyamatosan nőtt, míg a gazdaság energiaintenzitása nem változott.

Európa esetében a kontinenshez tartozónak vettük Oroszországot. Döntésünket elsősorban az indokolja, hogy mind az ország gazdasági teljesítményének, mind lakosságának jelentősebb része földrajzilag Európához kötődik. Jelen esetben figyelmen kívül hagyjuk azokat a geopolitikai elméleteket, melyek Európát mindössze Ázsia nyugati félszigetének tekintik, és az eurázsiai erőteret tartják meghatározónak (lásd bővebben Brzezinski 2017). Ez alapján Európa mértani közepe Oroszország keleti felén helyezkedik el. Érdekes módon ez az a kontinens, ahol szinte teljesen egy irányba mozog a gazdasági és az energetikai erőter, bár körülbelül 5 éves késleltetéssel. Az elmozdulás iránya nyugat-délnyugat, de míg a gazdasági növekedés esetében 2000-ben a gravitációs erőter keleti irányba fordult, addig a végső energiafelhasználás esetében ez 5 évvel később, 2005-ben következett be. Ez összefügghet azzal, hogy a rendszerváltást követően a kelet-közép-európai országokban az ipari termelés visszaesése gyorsan (néhány év leforgása alatt) bekövetkezett, ugyanakkor a liberális és privatizációs gazdaságpolitika eredményeként nagy mennyiségű külföldi működő tőke áramlott be, gyorsan növekedési pályára állítva ezen országok gazdaságát. Fejlődésnek indult a bankrendszer, nőtt a szolgáltató szektor nemzetgazdaságon belüli aránya. Vagyis a kelet-közép-európai országok fokozatosan visszanyerték gazdasági pozíciójukat a kontinensen belül. 2005-öt követően az általános világgazdasági konjunktúra eredményeként megállt az energiafelhasználás csökkenése, az energiaintenzitás pedig stagnált. A 2008–2009-es válságot követően előtérbe kerül az újraiparosítás, felértékelődött az ipari szektor, melynek eredményeként az energiafelhasználás súlypontja ismét keletebbre tolódott.

3. ábra

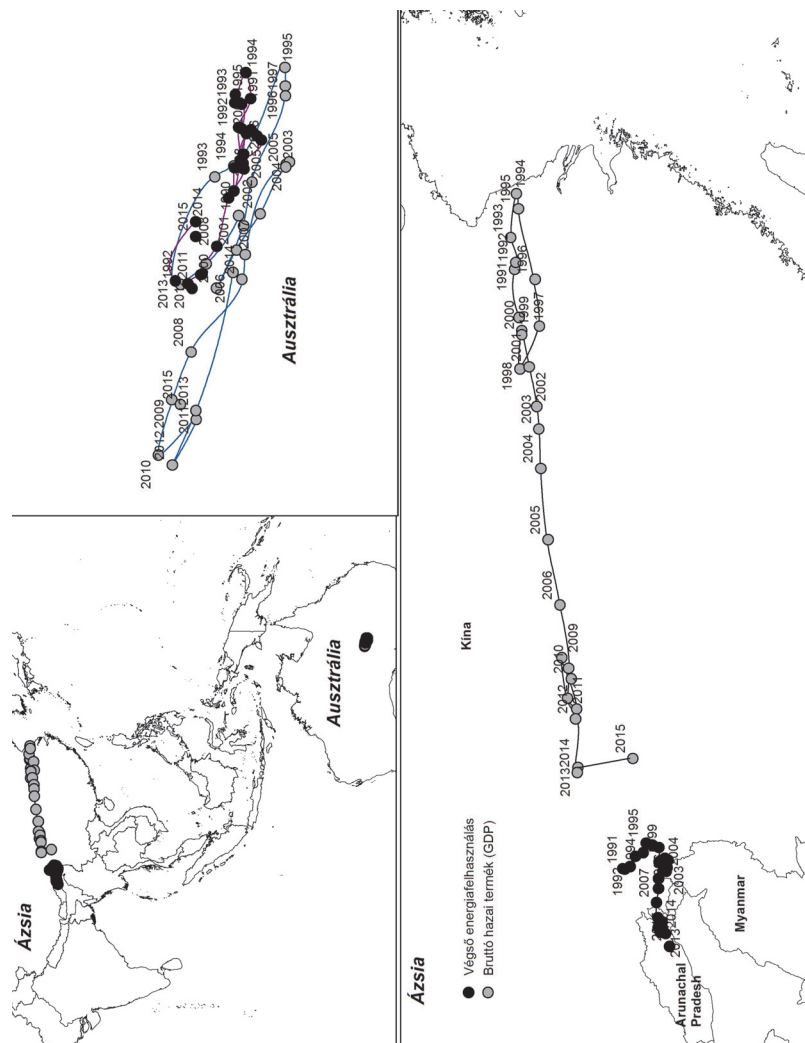
A gazdasági és az energetikai gravitációs erőter elmozdulása az amerikai, az afrikai és az európai kontinensen, 1990–2015

Movement of economic and energetic gravity field on the American, African and European continents, 1990–2015



4. ábra

A gazdasági és az energetikai gravitációs erőter elmozdulása az ázsiai és az ausztrál kontinensen, 1990–2015
 Movement of economic and energetic gravity field on the Asian and Australian continents, 1990–2015



Ázsia esetében a gazdasági erőter súlypontja 1990 és 2015 között végig Kínában helyezkedik el, az energetikai erőter ezzel szemben 2007 után Kínából Banglades keleti részébe mozdult el. 1995-ig a kontinens gazdasági súlypontja még keleti irányba haladt a délkelet-ázsiai kistigrisek növekvő gazdasági teljesítményének következtében, majd Kína a sikeres „reform és nyitás” politikájával egyre meghatározóbb szereplővé vált. Ennek eredményeként az ezredfordulót követően nyugati irányba mozdult el a gazdasági erőter súlypontja. 2014 és 2015 között egy viszonylag nagy elmozdulás figyelhető meg dél-délkeleti irányba, ami elsősorban Kína lassuló gazdasági növekedésével magyarázható. Az energetikai erőter mozgása kevésbé dinamikus az ázsiai kontinensen. 2000-ig délkeleti irányba tartott, majd ezt követően egyértelműen nyugati irányba, ami kapcsolatban állhat – többek között – India növekvő energiaéhségével. Az IEA (2017) adatai szerint 2016-ban már India volt a világ 2. legnagyobb szénimportőre (Kína után), illetve a 3. legnagyobb olajimportőre. Ugyanakkor valószínűleg azért kisebb az elmozdulás ebben az esetben – összehasonlítva a GDP-vel – mert a gazdasági szerkezetváltozás megkésett a kontinensen, az ipari szektor nemzetgazdasági részesedése még mindig magas, jelentős strukturális átalakulás nem érzékelhető.

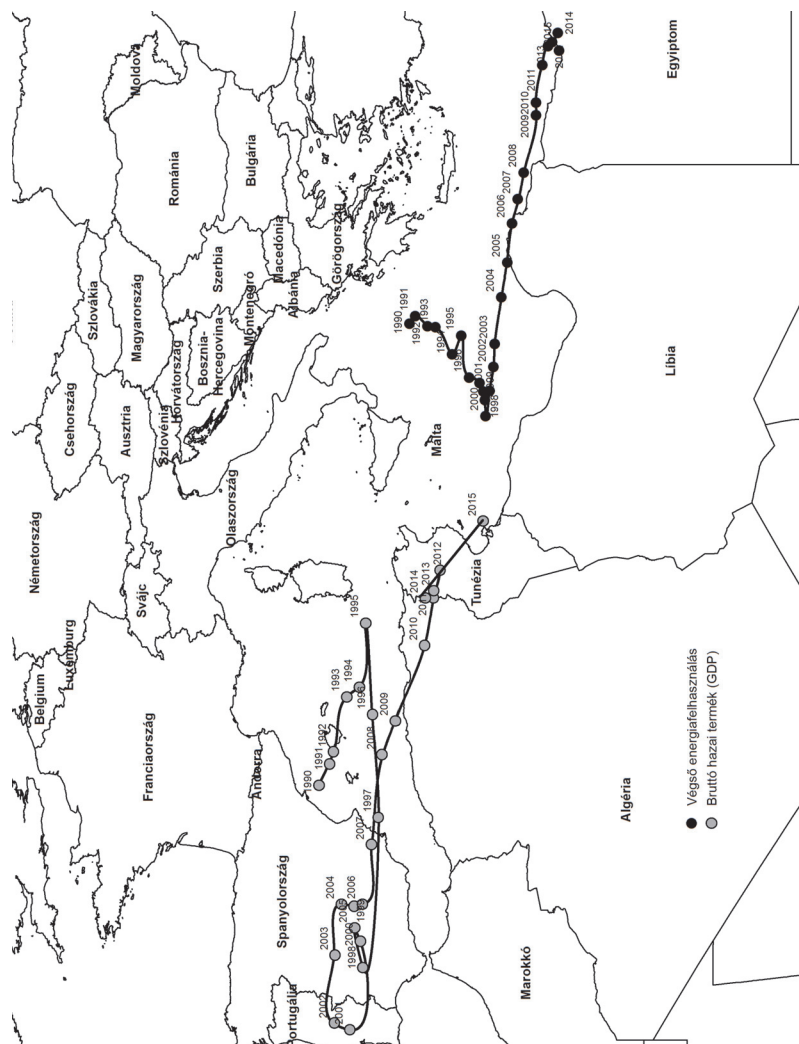
Ausztrália és Óceánia tekintetében természetesen a gazdasági és az energetikai súlypont is – a legnagyobb jelentőségű – Ausztrália területén mozog. Az ausztrál kontinensen belül az elmozdulás nem tekinthető jelentősnek, a vizsgált országsoporton belüli ausztrál dominanciával összefüggésben.

Globálisan (5. ábra) a vizsgált időszak 3 jól elkülöníthető szakaszra osztható. 1990 és 1995 között a gazdasági és az energetikai erőter ellentétes irányba haladt. A gazdasági erőter délkeleti irányba mozdult el, jelezve Kína felemelkedését és az egyre jelentősebbé váló reformok sikerét (lásd bővebben Ifj. Simon 2001). Ezzel szemben az energetikai erőter mozgása dél-délnyugati irányultságot vett fel, ami elsősorban Oroszország, illetve a szovjet érdekszférába tartozó országok magasan energaintenzív nehéziparának leépülésével, továbbá az ipari termelés drasztikus csökkenésével, a gazdasági szerkezet átrendeződésével magyarázható. Ezt követően egészen az ezredfordulóig nem azonosítható jelentős elmozdulás, ez sokkal inkább a kiútkeresés, az egy helyben „toporgás” időszaka. Egyik évben még keleti irányba mozdult el a gravitációs erőter, a következő évben pedig ellentétes irányba. Ez részben azzal magyarázható, hogy a Szovjetunió felbomlásával (1991) a világ egypólusúvá vált, azonban ez kérészetűnek bizonyult, új kihívók jelentek meg a világgazdaság színpadán, az erőtereket is hol az egyik, hol a másik irányba húzva. 2001–2002 körül ez a bizonytalanság megszűnt, egyértelműen nyugat-délnyugati irányba tolódott el mind a gazdasági, mind az energetikai gravitációs erőter. A két erőter ebben az időszakban együtt mozgott, az elmozdulás nagysága és irányba szinte tökéletesen megegyezett.

5. ábra

A gazdasági és az energetikai gravitációs erőter elmozdulása a világon, 1990–2015

Movement of economic and energetic gravity field in the World, 1990–2015



A gazdasági és az energetikai gravitációs erőter a Földközi-tenger medencéjében található (bár részben elmozdult Spanyolország – az Ibériai-félsziget – felől Tunézia, illetve a Földközi-tenger keleti pereme felé), egyértelműen jelezve Észak dominanciáját. Ugyanakkor ez a délkeleti irányba történő fokozatos haladás rávilágít az északi félteke szerepének csökkenésére (pozícióvesztésére) és a fejlődő (feltörekvő) országok (Dél) egyre fontosabbá válására.

A súlypontok mozgása

A súlypontok mozgásának jellemzésére számszerűsítjük a súlypontok standard távolságát, az eredményeinket a 3. táblázat tartalmazza. Megállapítható, hogy a GDP-súlypontok mozgása jóval nagyobb minden kontinensen és minden időszakban, mint a végső energiafelhasználás súlypontjaié. Általánosságban megállapítható, hogy az 1990 és 2000 közötti időszakban kisebb volt a súlypontok mozgása, mint 2001 és 2015 között.

3. táblázat

A gazdasági és az energetikai súlypontok súlyozott átlagtávolsága (fok)

Weighted average distance of economic and
energetic weighted mean centres (degrees)

Kontinens	Időszak	GDP	Végső energiafelhasználás
Világ	1990–2015	5,90	5,28
	1990–2000	4,22	1,68
	2001–2015	6,08	3,91
Afrika	1990–2015	1,30	0,77
	1990–2000	1,16	0,36
	2001–2015	0,97	0,43
Amerika	1990–2015	2,65	1,54
	1990–2000	1,49	0,53
	2001–2015	2,65	1,13
Ázsia	1990–2015	6,60	1,15
	1990–2000	1,80	0,58
	2001–2015	3,38	0,80
Ausztrália	1990–2015	0,46	0,27
	1990–2000	0,31	0,13
	2001–2015	0,42	0,22
Európa	1990–2015	2,36	2,86
	1990–2000	1,91	0,43
	2001–2015	1,96	0,83

Kétdimenziós regresszió alkalmazásának eredményei

A kétdimenziós regresszió számításának egyik célja annak feltárása, hogy a GDP esetében kiszámított súlypontokból milyen geometriai elmozdulás után lehet az energetikai súlypontokhoz jutni. A 4. táblázatban bemutatott eredményeink alapján a GDP,

illetve a végső energiafelhasználás alapján számított gravitációs súlypontok közötti korrelációs kapcsolat erős Ázsiában (0,746), közepes erősségű globálisan (0,532), Amerikában (0,615) és Ausztráliában (0,621), Afrikában (0,378) és Európában (0,182) viszont jóval gyengébb. A Φ értéke minden esetben kisebb 1-nél, ami alapvetően kicsinyítést jelentene, bár ebben az esetben nem térbeli alakzatokat, hanem csupán pontokat hasonlítunk össze. A módszer szerint, ha $\Theta=0$, akkor az XY koordináta-rendszert nem kell elforgatni, ha negatív, akkor az az óramutató járásával megegyező elforgatást jelent. Ez utóbbit láthatjuk Amerika és Ausztrália vonatkozásában, míg a többi kontinensnél (Afrika, Ázsia, Európa, világ) a GDP és a végső energiafelhasználás közötti kapcsolat inkább az óramutató járásával ellentétes elforgatást jelez. Az SSR, vagyis a regresszió által magyarázott eltérésnégyzet-összeg nagysága Ázsiában a legmagasabb, meghaladja a 80%-ot, illetve közepes magyarázó erejű az amerikai és az ausztrál kontinens esetében (hasonlóan a korrelációs számítás eredményéhez). Ezzel szemben a két gravitációs ponthalmazból számított regresszió által magyarázott eltérésnégyzet-összeg Európában csak mintegy 7%, vagyis a modell magyarázó ereje nagyon kicsi, itt találjuk a legnagyobb hibát (93,45%). Európához hasonlóan Afrikában is kicsi az SSR értéke (26,52%), globálisan pedig közepes.

4. táblázat

Kétdimenziós regresszió a GDP, illetve a végső energiafelhasználás esetében számított gravitációs erőterek között

Bi-dimensional regression between GDP and gravity fields calculated for final energy use

Kontinens	Időszak	r	α_1	α_2	β_1	β_2	Φ	Θ	SST	SSR	SSE
									%		
Világ	1990–2015	0,532	24,78	9,40	0,63	0,11	0,64	0,17	100	48,67	51,33
	1990–2000	0,519	20,87	24,93	0,26	0,09	0,27	0,36	100	46,61	53,39
	2001–2015	0,894	24,43	5,06	0,73	0,03	0,73	0,05	100	95,94	4,06
Afrika	1990–2015	0,378	14,36	1,36	0,29	0,00	0,29	0,01	100	26,52	73,48
	1990–2000	0,428	17,70	−0,42	0,14	0,11	0,18	0,75	100	33,32	66,68
	2001–2015	0,144	18,20	3,05	0,08	0,00	0,08	−0,01	100	4,09	95,91
Amerika	1990–2015	0,615	−51,93	6,01	0,43	−0,09	0,44	−0,21	100	61,41	38,59
	1990–2000	0,522	−68,59	22,80	0,25	−0,01	0,25	−0,02	100	47,00	53,00
	2001–2015	0,852	−56,14	9,87	0,38	−0,07	0,38	−0,18	100	92,47	7,53
Ázsia	1990–2015	0,746	81,07	21,94	0,15	0,02	0,15	0,11	100	80,28	19,72
	1990–2000	0,366	93,71	10,03	0,08	0,14	0,15	0,11	100	25,06	74,94
	2001–2015	0,841	75,48	26,70	0,19	−0,04	0,19	−0,21	100	91,47	8,53
Ausztrália	1990–2015	0,621	75,67	−8,53	0,47	−0,04	0,47	−0,09	100	62,32	37,68
	1990–2000	0,130	143,15	−16,98	−0,01	−0,08	0,08	0,05	100	3,36	96,64
	2001–2015	0,782	66,24	−10,54	0,53	−0,02	0,53	−0,03	100	84,90	15,10
Európa	1990–2015	0,182	31,11	36,36	0,32	0,04	0,32	0,12	100	6,55	93,45
	1990–2000	0,741	23,12	−26,90	1,60	0,09	1,60	0,06	100	79,66	20,34
	2001–2015	0,531	28,62	41,69	0,21	0,00	0,21	−0,01	100	48,44	51,56

Az erőterek elmozdulását mutató térképek vizsgálatából arra következtethetünk, hogy a világon egy irányváltás zajlott le az ezredforduló idején, ami struktúraváltásra utal: az addig nyugati irányba haladó gazdasági erőter, illetve a délnyugati irányba tartó energetikai erőter keletnek fordult. A továbbiakban az ehhez kapcsolódó hipotézis-vizsgálatot a Chow-teszt segítségével végezzük el. A vizsgált időszakot két szakaszra osztottuk. H_1 -hipotézisünk szerint az ezredforduló idején struktúraváltozás következett be globálisan, mely elsősorban a világgazdaság bővülésével, illetve a nyersanyag-árak hirtelen megindult emelkedésével magyarázható. Ez alapján a vizsgált időszakot két szakaszra bontottuk: 1990–2000, 2001–2015. A teszteléshez „pooled” a legkisebb négyzetek módszerét (Ordinary Least Squares – OLS), azaz OLS-modellt alkalmaztunk, az okság irányát nem vettük adottnak, vagyis mindkét irányra lefuttattuk számításainkat. Az eredményeket az 5. táblázat mutatja be, mely alapján elutasíthatjuk nullhipotézisünket és elfogadhatjuk a struktúraváltozás jelenlétét.

5. táblázat

Chow-teszt eredményei
Results of Chow-test

Megnevezés	I. eset: függő változó: log_GDP	II. eset: függő változó: log_TFEC
Tesztstatisztika	$F(2, 4977) = 27,2525$	$F(2, 4977) = 14,5053$
p-érték	$P(F(2, 4977) > 27,2525) = 0,000***$	$P(F(2, 4977) > 14,5053) = 0,000***$

A Chow-teszt eredményei alapján a kétdimenziós regressziót mindkét szakaszra kiszámítottuk. Ennek eredményei azt bizonyítják (4. táblázat), hogy az ezredforduló markáns törésvonalat mutat a gazdasági és az energetikai erőterek vonatkozásában. Globális szinten, valamint Amerika, Ázsia és Ausztrália vonatkozásában a korrelációs kapcsolat jelentősen erősödik. Afrika és Európa esetében ezzel éppen ellentétes, gyengülő korrelációs kapcsolat figyelhető meg (az SSR értéke Afrikában 4,09 és Európában 48,44%), ráadásul az erőtereket jellemző pontalakzatok mozgása közötti kapcsolat nemcsak gyengült, hanem egyértelműen más irányt is vett, s ez okozta a teljes időszakot jellemző gyenge korrelációs kapcsolatot. Ugyanakkor az elforgatás szögének (Θ) alakulása az egyes kontinenseken, továbbá a vizsgált időszakokban nem mutatott szabályszerűséget, így – egyelőre – a módszert nem tartottuk alkalmasnak az energiafelhasználás és a gazdasági növekedés közötti ok-okozati kapcsolatok vizsgálatára.

Összefoglalás, következtetések

A BP (2018) adatai szerint 2040-ig körülbelül egyharmadával fog nőni a globális energiafelhasználás, és ennek a növekménynek körülbelül a felét az ipari szektor fogja adni, regionálisan pedig körülbelül kétharmadát a feltörekvő gazdaságok (elsősorban India és Kína). Ennek nyomán – ahogy azt Bradshaw (2010) is megállapítja – a globális energiakeresletben nagyon rövid idő alatt jelentős változások következhet-

nek be, melyek nemcsak az energiaforrások nemzetközi kereskedelmére hatnak ki, hanem az ezzel kapcsolatos globális pénzáramokra is.

Tanulmányunkban a gravitációsmodell-számítások családjába tartozó súlypont-módszerrel, illetve kétdimenziós regresszió segítségével vizsgáltuk meg a gazdasági és az energetikai erőterek 1990 és 2015 közötti elmozdulását a világon (lásd Melléklet), illetve az egyes kontinenseken. Eredményeink kiinduló hipotéziseket csak részben támasztották alá.

Következtetéseink:

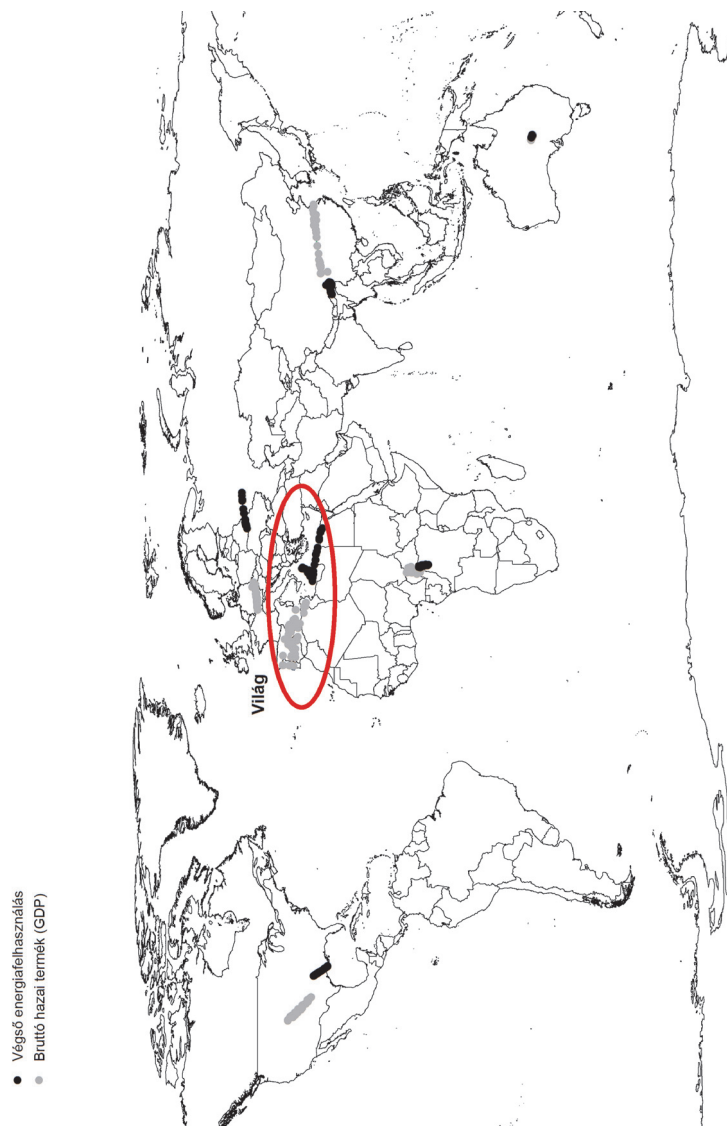
1. A gazdasági és az energetikai gravitációs erőter a Földközi-tenger medencéjében található, bár egy fokozatos, keleti irányba történő elmozdulás figyelhető meg. Ez egyelőre még Észak dominanciáját mutatja, mindazonáltal jelzi az északi félteke szerepének csökkenését (pozícióvesztését) és a fejlődő (feltörekvő) országok (Dél) egyre fontosabbá válását.
2. A GDP, illetve a végső energiafelhasználás alapján számított gravitációs súlypontok között erős korrelációs kapcsolat csak Ázsiában mutatható ki 1990 és 2015 között. Globálisan, Amerikában és Ausztráliában a korreláció erőssége közepes, Afrikában és Európában jóval gyengébb a kapcsolat. Az eredményeket a regresszió által magyarázott eltérésnégyzet-összeg nagysága is megerősítette.
3. Az ezredforduló sok tekintetben fordulópontként – struktúraváltásként – értelmezhető. Ezt követően a két vizsgált indikátor együttmozgása szorosabbá válik, mely fokozottan érzékelhető az amerikai, ázsiai és ausztrál kontinensen, illetve globálisan. Afrika és Európa esetében ezzel éppen ellentétes, gyengülő korrelációs kapcsolat figyelhető meg.
4. A gravitációsmodell-számítás és a kétdimenziós regresszióvizsgálat csak korlátozott mértékben alkalmas a vizsgált gazdasági és energetikai változók közötti oksági kapcsolatok identifikálására, ezért a téma további vizsgálata szükséges.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00007 azonosító számú, *Az intelligens, fenntartható és inkluzív társadalom fejlesztésének aspektusai: társadalmi, technológiai, innovációs hálózatok a foglalkoztatásban és a digitális gazdaságban* című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap és Magyarország költségvetése társfinanszírozásában valósult meg.

Melléklet**A gazdasági és az energetikai gravitációs erőter elmozdulása a világon, 1990–2015**

Movement of economic and energetic gravity field in the world and by continents, 1990–2015



IRODALOM

- AKIZU, O.–URKIDI, L.–BUENO, G.–LAGO, R.–BARCENA, I.–MANTXO, M.–BASURKO, I.–LOPEZ-GUEDE, J. M. (2017): Tracing the emerging energy transitions in the Global North and the Global South *International Journal of Hydrogen Energy* 42 (28): 18045–18063. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.04.297>
- ARTO, I.–CAPELLÁN-PÉREZ, I.–LAGO, R.–BUENO, G.–BERMEJO, R. (2016): The energy requirement of a developed world *Energy for Sustainable Development* 33: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2016.04.001>
- AYRES, R. U.–AYRES, L. W.–WARR, B. (2003): Exergy, power and work in the US economy, 1900–1998 *Energy* 28 (3): 219–273. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(02\)00089-0](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(02)00089-0)
- AYRES, R. U.–WARR, B. (2005): Accounting for growth: the role of physical work *Structural Change and Economic Dynamics* 16 (2): 181–209. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2003.10.003>
- BERNDT, E. R.–WOOD, D. O. (1975): Technology, prices and the derived demand for energy *The Review of Economics and Statistics* 57 (3): 259–268. <https://doi.org/10.2307/1923910>
- BRADSHAW, M. J. (2010): Global energy dilemmas: a geographical perspective *The Geographical Journal* 176 (4): 275–290. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2010.00375.x>
- BRZEZINSKI, Z. (2017): *A nagy sakkéltábla* Antall József Tudásközpont, Budapest.
- CALVERT, K. (2016): From „energy geography” to „energy geographies”: perspectives on a fertile academic borderland *Progress in Human Geography* 40 (1): 105–125. <https://doi.org/10.1177/0309132514566343>
- CLEVELAND, C. J. (2003): Biophysical constraints to Economic growth In GOBAISI, D. AL *Encyclopedia of Life Support Systems* UNESCO, Paris.
- CSOMÓS, G.–TÓTH, G. (2016): Mapping the position of cities in corporate research and development through a gravity model-based bidimensional regression analysis *Regional Statistics* 6 (1): 217–220. <https://doi.org/10.15196/RS06111>
- DUNCAN, R. (2006): The Olduvai Theory–Energy, Population and Industrial Civilization *The Social Contract* 16 (2): article No. 1362.
- DUROCHER S.–LEBLANC A.–SKALA M. (2017): The projection median as a weighted average *Journal of Computational Geometry* 8 (1): 78–104. <http://dx.doi.org/10.20382/jocg.v8i1a5>
- DUSEK, T. (2011): Kétdimenziós regresszió a területi kutatásokban *Területi Statisztika* 51 (1): 11–22.
- DUSEK, T. (2012): Bidimensional Regression in Spatial Analysis *Regional Statistics* 2 (1): 61–73.
- FESHARAKI, F. (1996): Asia as the center of gravity of the world energy system *Energy* 21 (11): 999–1003.
- FRIEDMAN, A.–KÖHLER, B. (2003): Bidimensional Regression: Assessing the Configural Similarity and Accuracy of Cognitive Maps and Other Two-Dimensional Data Sets *Psychological Methods* 8 (4): 468–491. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.8.4.468>

- GRETHER, J.–MATHYS, N. A. (2010): Is the world's economic centre of gravity already in Asia? *Area* 42 (1): 47–50. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2009.00895.x>
- GUZIK, R.–KOŁOŚ, A.–GWOSDZ, K. (2017): Interconnections in public transport as a method for delimiting urban functional areas and the settlement hierarchy in Poland *Regional Statistics* 7 (1): 63–77. <https://doi.org/10.15196/RS07104>
- KINCSES, Á.–TÓTH, G. (2012): Gravitációs modell alkalmazása a térszerkezet vizsgálatára *Területi Statisztika* 52 (5): 479–491.
- KLEIN, L. R. (2009): Measurement of a shift in the world's center of economic gravity *Journal of Policy Modeling* 31 (4): 489–492. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2009.05.005>
- KOVÁCS, F. (2007a): Energiaigények és a világ szénkészletei *A Miskolci Egyetem Közleménye A sorozat, Bányászat* 71: 63–74.
- KOVÁCS, F. (2007b): A megújuló energiatípusok várható arányai az energiaigények kielégítésében *A Miskolci Egyetem Közleménye A sorozat, Bányászat* 71: 47–62.
- KRAFT, J.–KRAFT, A. (1978): On the relationship between energy and GNP *Journal of Energy and Development* 3 (2): 401–403.
- MOSHIRI, S. (2015): The effects of the energy price reform on households consumption in Iran *Energy Policy* 79: 177–188. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.01.012>
- MURPHY, D. J.–HALL, C. A. S. (2011): Adjusting the economy to the new energy realities of the second half of the age of oil *Ecological Modelling* 223 (1): 67–71. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.06.022>
- NAGY, G. (2011): A gravitációs modell felhasználásának lehetőségei a várostérségek lehatárolásában *Területi Statisztika* 51 (6): 656–673.
- QUAH, D. (2011): The global economy's shifting centre of gravity *Global Policy* 2 (1): 3–9. <https://doi.org/10.1111/j.1758-5899.2010.00066.x>
- RAMANATHAN, R. (2003): *Bevezetés az ökonometriába alkalmazásokkal* Panem Kiadó, Budapest.
- SCHURR, S. H. (1982): Energy Efficiency and Productive Efficiency: Some Thoughts Based on American Experience *Energy Journal* 3 (3): 3–14. <https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol3-No3-1>
- IFJ. SIMON, GY. (2001): Reform és növekedés Kínában *Közgazdasági Szemle* 48 (7-8): 673–692.
- STERN, D. I. (2000): Aggregation and the role of energy in the economy *Ecological Economics* 32 (2): 301–317. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00113-5](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00113-5)
- STERN, D. I.–CLEVELAND, C. J. (2004): *Energy and Economic Growth* Rensselaer Working Paper in Economics No.0410. Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY.
- STERN, D. I. (2011): The role of energy in economic growth *Annals of the New York Academy of Sciences* 1219: 26–51. doi: 10.1111/j.1749-6632.2010.05921.x.
- SZABÓ, ZS. (2010): A válság hatása Kínára, és Peking gazdaságpolitikai válaszai *Magyar Tudomány* 171 (4): 439–447.
- SZLÁVIK, J.–SEBESTYÉN SZÉP, T. (2017): Delinking of energy consumption and economic growth in the visegrad group *Geographia Technica* 12 (2): 139–149. https://doi.org/10.21163/GT_2017.122.12
- 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 (1): 131–139. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5597.1965.tb01318.x>

- TOBLER, W. R. (1970): A Computer Model Simulating Urban Growth in the Detroit Region *Economic Geography* 46 (2): 234–240. <https://doi.org/10.2307/143141>
- TOBLER, W. R. (1978): Comparisons of Plane Forms *Geographical Analysis* 10 (2): 154–162. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1978.tb00004.x>
- TOBLER, W. R. (1994): Bidimensional Regression *Geographical Analysis* 26 (3): 187–212. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1994.tb00320.x>
- TOBLER, W. R. (2004): On the First Law of Geography: A Reply *Annals of the Association of American Geographers* 94 (2): 304–310. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.2004.09402009.x>
- TÓTH, G.–NAGY, Z. (2016): The world's economic centre of gravity *Regional Statistics* 6 (2): 177–180. <https://doi.org/10.15196/RS06210>
- WANG, W.–ZHANG, M.–LI, P. (2014): Exploring temporal and spatial evolution of global energy production and consumption *Renewable and Sustainable Energy Review* 30: 943–949. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.11.027>
- ZHANG, Y.–ZHANG, J.–YANG, Z.–LI, J. (2012): Analysis of the distribution and evolution of energy supply and demand centers of gravity in China *Energy Policy* 49: 695–706. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.012>
- ZHANG, N.–LIOR, N.–JIN, H. (2011): The energy situation and its sustainable development strategy in China *Energy* 36 (6): 3639–3649. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.01.035>

INTERNETES HIVATKOZÁSOK

- BP (2018): *Energy Outlook 2018*
<https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2018.pdf> (letöltve: 2018. július)
- JENNESS, J. (2004): *Weighted Mean of Points v. 1.2c*
http://www.jennessent.com/arcview/weighted_mean.html (letöltve: 2018. június)
- IEA (2017): *Key world energy statistics* Paris.
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf> (letöltve: 2017. június)
- IMF (2017): *World Economic and Financial Surveys World Economic Outlook. Database – WEO Groups and Aggregates Information* Washington.
<https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2017/01/weodata/groups.htm>
- LAKATOS, I.–LAKATOSNÉ SZABÓ, J. (2008): A nem konvencionális szénhidrogének jelentősége a XXI. században <http://www.mernokkapu.hu/fileok/2/Koolaj-Foldgaz.pdf> (letöltve: 2012. július)
- MUNKÁCSY, B. (2018): *Energiaföldrajz és energiatervezés* Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajztudományi Központ, Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, Budapest.
<http://munkacsy.web.elte.hu/energiafoldrajz%20tankonyv.pdf> (letöltve: 2018. július)
- NEMES NAGY, J. (1998): *A tér a társadalomkutatásban. Bevezetés a regionális tudományba* Hilscher Rezső Szociálpolitikai Egyesület, Budapest.
http://geogr.elte.hu/REF/REF_Kiadvanyok/Ter_a_tarskutban/A_Ter_a_tarsadalomkutatásban_NNJ.htm (letöltve: 2018. július)

- STERN, D. I. (2009): *Energy quality*
http://mpira.ub.uni-muenchen.de/16857/1/MPRA_paper_16857.pdf (letöltve: 2012. június)
- UN (2017): *World Economic situation and prospects* New York.
https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/publication/2017wesp_full_en.pdf (letöltve: 2017. június)
- VILÁGBANK (2018a): *World Development Indicators adatbázis* Washington.
<http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators> (letöltve: 2018. június)
- VILÁGBANK (2018b): *Sustainable Energy 4 All adatbázis* Washington.
<https://datacatalog.worldbank.org/dataset/sustainable-energy-all> (letöltve: 2018. június)
- WEINER, CS. (2016): *Az állam szerepe az orosz gazdaságban* MTA Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont Világgazdasági Intézet, Budapest.
http://real.mtak.hu/44950/1/MT_119_Weiner.pdf (letöltve: 2017. június)
- WORLD ENERGY COUNCIL (2017a): *World Energy Trilemma Index (2017) Monitoring the sustainability of national energy systems* London.
<https://trilemma.worldenergy.org/reports/main/2017/2017%20Energy%20Trilemma%20Index.pdf> (letöltve: 2018. június)
- WORLD ENERGY COUNCIL (2017b): *World Energy Scenarios 2017* London.
https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2017/05/LAC-Scenarios_Full-Report_FINAL.pdf (letöltve: 2018. június)