

A nemzeti szintű bruttó hazai termék regionális leskálázása rendszerdinamikai keretben

Regional downscaling of the national gross domestic product in a system dynamics framework



Absztrakt

A magyarországi régiók hozzájárulása a gazdasági növekedéshez igen különböző. A tanulmány a magyarországi bruttó hazai össztermékre készített nemzeti szintű előrejelzések regionális leskálázásának egy módszerét kívánja bemutatni. Első lépésben a bruttó hazai össztermék változását tényezőkre bontja, majd az egyszerű, statisztikai extrapolációkat kiegészíti egy rendszerdinamikai szimulációval. Ennek előnye, hogy a pusztán statisztikai módszert köz- és regionális gazdaságtani elméleti megfontolásokkal is ki lehet egészíteni. A rendszerdinamikai keret felvázolása után azonosít néhány releváns visszacsatolást a rendszer elemei között, amellyel lehetséges a régiók közötti, illetve a különböző változók közötti kapcsolatokat megjeleníteni. Ezek közül a leginkább robusztusnak tűnő visszaszatolást teszteli, amelyik a lakosságnak a munkalehetőségek által vezérelt, régiók közötti mozgásán alapul.

Kulcsszavak: bruttó hazai össztermék, területi leskálázás, előrejelzés, rendszerdinamikai szimuláció

Abstract

This study introduces a method for the spatial downscaling of the national-level gross domestic product projections for Hungary. First, the change of the gross domestic product will be decomposed to four components, then, the simple, statistical extrapolations will be augmented with a system dynamics simulation. The most important advantage of this procedure is that not only statistical methods can be implemented, but also some basic considerations of regional and economic theory will be employed. After drafting the system dynamics framework, the study identifies some relevant feedback mechanisms between the different elements of the system which allows to present the relationships between the different variables. One of the relevant relationships is tested, it describes the interregional movement of the population as driven by job opportunities.

Keywords: gross domestic product, spatial downscaling, prediction, system dynamics, simulation

BEVEZETÉS

A gazdasági, különösen a bruttó hazai össztermékre (GDP-re) vonatkozó előrejelzések fontossága sem rövid, sem hosszabb időhorizonton nem kétséges, így számos nemzetközi és néhány hazai szervezet készít országos szintű előrejelzéseket (Európai Bizottság, OECD, IASA^[1], Magyar Nemzeti Bank). Míg a rövidebb távú, néhány éves gazdasági előrejelzések szerepe a befektetési, illetve más erőforrásokat érintő döntések megalapozása, addig a hosszú távú előrejelzések inkább projekciókként, feltételes forgatókönyvekként értékelendők, és a „mi lenne, ha...”-típusú kérdésekre adnak válaszokat, ezért gazdaság- és társadalompolitikai irányok megalapozására szolgálhatnak (Czirfusz et al., 2015; Rechnitzer, 2016). Öt éven túli időtávon nem lehet megbízható előrejelzéseket készíteni, ugyanakkor a hosszú távú előrevetítések rámutathatnak arra, hogy egyes gazdasági-társadalmi célok milyen feltételekkel érhetőek el, és mi történne, ha a múltbeli trendek folytatódna. A gazdasági előrejelzések leggyakrabban a nemzeti szintet veszik alapul, sőt, az integrált értékelő modellek hosszú távú forgatókönyvei elsősorban csak a világrégiók szintjén készülnek el. Emiatt felmerül az igény, hogy az előrejelzések eredményeit finomabb területi felbontásban is láthassuk (ESPON, 2014).

A gazdasági növekedésben a magyarországi megyék, régiók hozzájárulása igen különböző (Lengyel-Varga, 2018). A tanulmányom célja egy olyan módszer bemutatása, amely a nemzeti szintű gazdasági előrejelzéseket a múltbeli regionális megoszlásokkal kapcsolja össze, ezáltal a magyarországi GDP-előrejelzést a nemzeti szintről a megyei szintre bontom le. Szemléletében a módszer tehát a felülről építkező, disztributív eljárások közé tartozik, mivel a nemzetgazdasági GDP-t adottnak veszi, és azt próbálja különböző módokon szétosztani a régiók között (Capello et al., 2017; Chizzolini, 2008; Magnani-Valin, 2009).

Az elemzésem fontos újdonsága, hogy a döntően statisztikai, makroszemléletű módszert kiegészítem a regionális szemlélettel. A cél elérése érdekében egy rendszerdinamikai keretet vázolok fel, mivel ez kellően rugalmas megoldási mód a gazdasági változók régiók közötti visszacsatolásainak a kezelésére (Serman, 2000). A rendszerdinamikai megközelítés szimulációi olyan lehetőséget kínálnak, amely alkalmas a modell tesztelésére és előrejelzések készítésére, illetve különböző scenáriók elemzésére. Hasonló, felülről építkező, dinamikus szemléletet követtek Batista e Silva és társai (2016) is, akik kétféle módszer szerint vizsgálták, hogyan lehet az Európai Unió országainak nemzeti szintű GDP-előrejelzéseit NUTS 2 regionális szintre lebontani. Egyrészt alkalmaztak egy trend-módszert, amelyben a regionális GDP előrejelzett növekedési rátáit a múltbeli regionális növekedési ráták és az előre jelzett nemzeti szintű növekedési ráták időben változó súlyú kombinációjaként számolták ki 2060-ig bezárólag. Másrészt a konvergencia-forga-

[1] International Institute for Applied Systems Analysis

tőkönyvükben a hosszú távú, regionális növekedési pályákat a GDP és a termelékenység regionális konvergenciája vezérli egy-egy béta-konvergencia függvény alapján. A kutatásom számára megfelelő kiindulópontot jelent Batista e Silva és társai (2016) szemlélete, amelyet kisebb módosításokkal követni fogok.

Tekintettel arra, hogy regionális szinten nincsen stabil, mérhető területi konvergencia (Molnár-M. Barna, 2018), a kutatásban eltekintek a konvergencia-függvény alkalmazásától, és a trend-módszert adaptálom. A mintául választott előrejelző modell egyik markáns összefüggése az, hogy (országon belül) „a népesség követi a munkahelyeket”. E kérdéskörnek kiterjedt nemzetközi szakirodalma van, melyről Hoogstra és társai (2017) mutatnak be áttekintést metaelemzés jelleggel. Ugyanakkor célzott hazai vizsgálatok is találhatóak a regionális tudományi szakirodalomban (Lennert, 2019). A kutatás jelen fázisában a modellben azonosított lehetséges visszacsatolások közül ez a feltételezés lesz az, ami részletesen kifejtésre kerül. Ezt részben terjedelmi szempontok indokolják, részben pedig az, hogy ellenőrizsem Batista e Silva és társai (2016) megközelítését magyar adatok, illetve ez bizonyult statisztikailag a legstabilabb összefüggésnek.

Noha a rendszerdinamikai megközelítés egy elterjedt elemzési módszer, hazai, különösen regionális gazdasági kutatásokban igen ritkán találkozunk vele. A módszer területi alkalmazásáról Lee (1997) és BenDor-Kaza (2018) adnak összefoglalót. A tanulmányban vizsgált kérdéshez a legközelebb Smahó (2007) munkája áll, aki az input-output modellekből kiindulva vázolt fel egy regionális szimulációs modellt. A szakirodalom hangsúlyozza, hogy a szimulációs modellek az előrejelzések készítésére, illetve elemzésére egy kifejezetten előnyös keretet nyújtanak (Bardi, 2017). A tanulmányban a J. W. Forrester (1958) munkássága nyomán elterjedt rendszerdinamikai módszert követem, amelynek a lényege a dinamikus rendszerünk alapelemeinek (a 2. fejezetben részletezett állományainak és áramláisainak) azonosítása, valamint a közöttük fennálló kapcsolatok definiálása.

A tanulmány első fejezete a felhasznált adatbázist és a módszertani lehetőségeket tekinti át. Ezt követően bemutatom a szimulációs modellkeretet és kiemelek néhány lehetséges visszacsatolási mechanizmust. A negyedik fejezete ben a következtetéseket fogalmazom meg.

1. ADATOK ÉS MÓDSZERTAN

1.1. NEMZETI SZINTŰ GAZDASÁGI ELŐREJELZÉS

A regionális GDP-előrejelzések elkészítéséhez a felülről építkező szemléletet követve szükséges választani egy megbízható nemzeti szintű előrejelzést. E tekintetben Batista e Silva és társai (2016) gyakorlatát követem, és az Európai Bizottság hosszú távú gazdasági előrejelzését fogadom el alapnak. Ennek, nevezetesen a „Jelentés a demográfiai folyamatokról” című kiadványnak az elérhető

legfrissebb változata 2018-ban jelent meg (Európai Bizottság, 2018). E jelentés számos gazdasági, költségvetési és demográfiai mutató tekintetében publikál hosszú távú, országos előrejelzéseket, melyek nyilvánosan hozzáférhetőek ötéves gyakorisággal, 2070-ig bezárólag (1. táblázat).

1. táblázat: Egyes magyarországi makrogazdasági mutatók hosszú távú előrejelzése (2070-ig)

Table 1 Long-term prediction of some macroeconomic indicators in Hungary (until 2070)

	2020	2030	2040	2050	2060	2070
Népesség (ezer fő)	9 785	9 656	9 463	9 279	9 110	8 872
15-64 éves népesség aránya (%)	65,04	62,97	60,35	57,39	55,60	55,99
Potenciális GDP növekedési ráta (%)	1,87	2,13	1,24	1,47	1,26	1,35
Foglalkoztatási ráta (15–64 éves népesség, %)	69,63	73,60	72,65	72,91	72,75	72,53
Munkatermelékenység (az egy foglalkoztatottra jutó potenciális GDP növekedési rátája, %)	1,79	2,34	2,17	1,94	1,75	1,54

Forrás: Európai Bizottság, 2018

Az Európai Bizottság előrejelzése egy konstans skálahozadékú, Cobb-Douglas-típusú termelési függvény^[2] becslésén alapul, amelyben a gazdasági növekedést a demográfiai és a munkaerőpiaci folyamatok jelentős mértékben befolyásolják:

$$Y = TFP * L^{\beta} * K^{1-\beta} \quad (1)$$

ahol Y jelöli a kibocsátást (GDP), L a munkaerő-kínálatot (a foglalkoztatottak számát), K a tőkeállományt, TFP a teljes tényezőtermelékenységet^[3] (total factor productivity) és β a munkaerő parciális termelési rugalmasságát, vagyis a munkaerő-költség részarányát a teljes hozzáadott értéken belül (szokásos értéke 0,65). A munkaerő termelékenységét (az egy foglalkoztatottra jutó GDP nagyságát) a teljes tényezőtermelékenység és az egy foglalkoztatottra jutó tőkeállomány határozza meg:

$$\frac{Y}{L} = TFP * \left(\frac{K}{L}\right)^{1-\beta} \quad (2)$$

A nemzeti szintű előrejelzés azon a feltételezésen alapul, hogy az Európai Unió kevésbé fejlett országai (ahol az egy főre jutó GDP az EU átlaga alatt van) felzárkóznak az uniós átlaghoz. A feltételezések szerint a demográfiai kihívá-

[2] Részletesen lásd: Európai Bizottság (2017, 92-94.)

[3] Teljes tényezőtermelékenység-változásnak nevezzük a kibocsátás növekedésének azt a részét, amelyet sem a munkaerő-állomány, sem a tőkeinput növekedése nem magyaráz - ez lehet a technológiai fejlődésnek vagy például az intézményi környezet változásának az eredménye.

sok miatt a munkatényező a 2020-as évek után már negatív előjellel járul hozzá a növekedéshez, így annak forrása ekkor már csak a termelékenység-növekedés lehet. Ezen belül a felzárkózó országokban az előrejelzési horizont első részében még a tőketényezőnek jut nagyobb szerep, a második részében pedig a teljes tényezőtermelékenységnek.

1.2. TERÜLETI LESKÁLÁZÁS – MI VEZÉRLI A REGIONÁLIS NÖVEKEDÉSI ALAPPÁLYÁKAT?

A szakirodalomban fellelhető sokféle megközelítés közül csak néhány lehetőséget emelek ki a regionális felbontású előrejelzések készítése kapcsán (Rickman, 2017). Az első, legegyszerűbb megoldás a Batista e Silva és társai (2016) munkájában is követett trend-extrapoláció (Jakobi, 2004; Zsibók, 2019). Ennek egyik lehetséges módja, hogy az előrejelzett összes GDP-t a múltban megfigyelt átlagos regionális részarányoknak megfelelően osztjuk szét az előrejelzési időhorizonton (Gaffin et al., 2004). Korábbi kutatások azt mutatták, hogy ez az időben konstans részarányokon alapuló előrejelzés nem vezet kellően pontos eredményekre. Ez a módszer finomítható, ha például nem csupán a múltbeli GDP-t vesszük a szétosztás alapjául, hanem egy kompozit indikátort, mint ahogyan azt tették Koppány és munkatársai (2019) historikus vizsgálatukban, vagy Jackson és Sonis (2001) a regionális előrejelzésükben.

A második lehetőség a konvergencia-függvények becslése, a béta-konvergencia feltételezés alapján. Batista e Silva és társai (2016) szintén vizsgáltak konvergencia-forgatókönyvet, ami szerint feltételezték, hogy az alacsonyabb kezdeti fejlettségi szintű régiók növekedési rátája nagyobb, mint a fejlettebb régióké; ezáltal fejlettségük (a GDP, illetve a termelékenység), közeledik a fejlettebb régiókhoz. Két probléma merül fel ezzel kapcsolatban: az egyik, hogy a szerzők az Európai Unió régióinak konvergenciáját az országokra becsült konvergencia alapján számították, amit viszont az empiria nem támaszt alá (míg az országok között folyamatosan csökken az egyenlőtlenség, regionális szinten sokkal tartósabbak a különbségek). A másik probléma, hogy a béta-konvergencia egyenlete hosszú távon sokszor irreális előrejelzésekhez vezet: az említett tanulmány például abszolút konvergenciát feltételez, ugyanakkor az előrejelzés időtartamán előfordulhat, hogy a módszer minden régió számára azonos növekedési rátát ad eredményül, és még hosszabb távon bekövetkezhet a Nemes Nagy (2005) által említett fejlettségi inverzió is. Az empirikus megfigyelések alapján a szokásos lineáristól eltérő függvényforma is választható, mint például nemlineáris (logaritmikus, kvadratikus stb.) függvények Riahi és társai (2005) kutatásában.

A harmadik lehetőség a mélyebb gazdasági és területi összefüggések megjelenítése a termelési függvény becslése vagy térbeli modellek segítségével (Fratesi, 2009; Lehmann-Wohlraube, 2014). A hazai gyakorlatban a GMR-modell olyan, amelyik már kiforrott, és sokféle alkalmazási lehetősége van a regionális gazdasági vizsgálatokban, különösen a hatáselemzés területén (Varga et al., 2018).

Ezeknél a komplex modelleknél a számítási igény és maga a modell összetettsége olyan tényezők, amelyek a használatuk költségét emelik, míg több évtizedes időhorizonton nem biztos, hogy arányosan javul a megbízhatóságuk az egyszerűbb modellekkel szemben (Magnani-Valin, 2009).

E kutatásban a területi leskálázást a megyék szintjére végeztem el, és a trend-extrapolációnak azt a változatát alkalmazom, amelyik az előrejelzett nemzeti szintű növekedési rátát egy súlyrendszer segítségével a múltbeli megyei szintű növekedési rátákkal kombinálja.

$$g_{i,t+n}^Y = w_{NAT,t+n} \cdot g_{HU,t+n}^Y + w_{reg,t+n} \cdot g_{i,tB}^Y \quad (3)$$

$g_{i,t+n}^Y$ az i -edik megye $t+n$ -edik időszakra előrejelzett GDP növekedési rátáját jelöli, $g_{HU,t+n}^Y$ az országos szinten előrejelzett GDP növekedési ráta a $t+n$ -edik időszakban (1. táblázat harmadik sora), $g_{i,tB}^Y$ az i -edik megye átlagos múltbeli növekedési rátája, $w_{NAT,t+n}$ az országos szinten előrejelzett GDP növekedési rátához tartozó, időben változó súly, $w_{reg,t+n}$ a múltbeli megyei növekedési rátához tartozó, időben változó súly ($w_{NAT,t+n} + w_{reg,t+n} = 1$). $t=2018$ a bázisév, $n=1, \dots, 42$ az előrejelzési időszak éveit jelöli (2020-tól 2060-ig).

Az előrejelzés felülről építkező jellegét akkor lehet teljes mértékben érvényesíteni, ha a megyei szinten előrejelzett GDP-értékeket utólagosan átskálázzuk az országosan előrejelzett GDP-nek megfelelően. Ez az arányos átskálázás biztosítja, hogy a megyei GDP-értékek összege megegyezik a nemzeti szintű GDP összegével, ugyanakkor a keresztmetszeti relatív szórás nem módosul.

$$Y_{i,t+n} = Y_{HU,t+n} \cdot \frac{Y'_{i,t+n}}{\sum_{i=1}^r Y'_{i,t+n}} \quad (4)$$

ahol $Y_{i,t+n}$ az i -edik megye előrejelzett GDP-je az átskálázás után a $t+n$ -edik időszakban, $Y_{HU,t+n}$ az előrejelzett nemzeti szintű GDP a $t+n$ -edik időszakban (a 2018-as ismert érték és az 1. táblázat harmadik sorában szereplő növekedési ráták alapján számítva), $Y'_{i,t+n}$ az i -edik megye előrejelzett GDP-je a $t+n$ -edik időszakban az átskálázás előtt, $\sum_{i=1}^r Y'_{i,t+n}$ az előrejelzett megyei GDP-értékek összege a $t+n$ -edik időszakban az átskálázás előtt, $r=20$ a megyék száma.

Az előrejelzés egyik lényegi kérdése a nemzeti és a regionális növekedési rátákhoz rendelt súlyok megválasztása. Korábbi tapasztalatok (Zsibók, 2019) alapján egy olyan súlyozást használok, amelyik az előrejelzés kezdeti időszakában a nemzeti szintű előrejelzett növekedési rátát 0,5-es súllyal veszi figyelembe, majd ezt fokozatosan növeli oly módon, hogy 2045 után elérje az 1-et. Mindez két dolgot fejez ki: egyrészt elméleti szempontból az útfüggőséget, vagyis azt, hogy a megyei növekedési pályák jövőbeli alakulásában a múltbeli fejlettségi szintjüknek szerepe van, de ez a hatás fokozatosan gyengül. Másrészt gyakorlati szempontból az előrejelzés bizonytalanságát fejezi ki, ugyanis minél távolabbi jövőre vonatkozik az előrejelzés, annál inkább bizonytalan, hogy egy adott megye

növekedése az országos átlaghoz képest hogyan fog alakulni. Emiatt biztosabb, ha a megyék növekedési kilátásait a távolabbi jövőben az országos átlaggal becsüljük, mintha azt a megyék múltbeli teljesítménye alapján becsülnénk^[4].

1.3. A GDP FELBONTÁSA

Az előrejelzési eljárás első lépésében a termelési függvényből indulok ki, és a GDP-t komponensekre bontom a növekedési számvitelben szokásos módon (Kónya, 2017). Ezen eljárásnak a regionális gazdaságtanban azért van kiemelt jelentősége, mert tükrözi azt az összefüggést, hogy egy régió versenyképességét (jövedelmi helyzetét) alapvetően annak foglalkoztatási és termelékenységi teljesítménye határozza meg (Lengyel, 2000). Egy térség (ország vagy régió) egy főre jutó GDP-je felbontható a munkatermelékenység, a foglalkoztatottság és az aktív korú népesség arányának a szorzatára:

$$\frac{Y}{N} = \frac{Y}{L} \cdot \frac{L}{NA} \cdot \frac{NA}{N} \quad (5)$$

ahol Y a GDP-t, N a teljes népességet, L a foglalkoztatottak számát (a 15-64 éves korosztályon belül), NA pedig az aktív korú, 15-64 éves népességet jelöli (az egyszerűség kedvéért a területi és időindexeket itt elhagytam). Mindkét oldalt beszorozva a teljes népesség nagyságával megkapjuk a GDP nagyságát:

$$Y = N \cdot \frac{Y}{L} \cdot \frac{L}{NA} \cdot \frac{NA}{N} \quad (6)$$

Ebben a függvényformában a demográfiai és a munkaerőpiaci folyamatok jelennek meg hangsúlyosan, a tőkeállomány változását a termelékenység-változás tényezője sűríti magába a korábban bemutatott (2) egyenletnek megfelelően. Korábbi kutatási eredményeim azt mutatták, hogy nem romlottak érzékelhető mértékben az előrejelzés eredményei a felbontás következtében, tehát megközelítőleg ugyanakkora előrejelzési hibák adódtak akkor, ha a GDP előrejelzése felbontás nélkül történt, illetve ha a négy tényezőre külön-külön történt előrejelzés, és egy következő lépésben a GDP előrejelzés azok szorzataként állt elő (Zsibók, 2019). Az extrapoláción alapuló előrejelzésnél tehát a felbontás nélkül is jó eredmények születtek, viszont a szimulációs modellben a tényezőkre bontás fontos szerephez jut, mivel a regionális gazdasági folyamatok kölcsönhatásai ilyen módon jobban megérthetőek.

[4] Mivel az előrejelzések a potenciális GDP-re vonatkoznak, az olyan rövidebb távú ingadozásokat, mint amelyet a 2020-ban tapasztalható gazdasági visszaesés eredményez, nem veszik figyelembe a számítások. Ezzel együtt a múltbeli átlagos megyei növekedési ráták a 2008-09-es gazdasági válság hatását nem szűrik ki, ilyen módon beépül az eredményekbe egy esetleges válság hatása is.

2. SZIMULÁCIÓS MODELLKERET

Ebben a részben azonosítom a megyei GDP-előrejelzési modellem fő állomás nyait és áramlásait, majd javaslatot teszek egyes visszacsatolási lehetőségekre is, amelyek közül a tanulmányban egyet kifejtek.

Az *állományok* a rendszernek az alapelemei, ezeket egy adott időben megmérhetjük, érzékelhetjük, megszámlálhatjuk. Az állomány lehet egy mennyiség, egy készlet, egy statisztikai átlag vagy valaminek a felhalmozása. Ilyen értelemben az előrejelző modellben a GDP-t is állományként kezelem, noha tudjuk, hogy közgazdasági értelemben egy áramlási nagyság. Egy rendszerdinamikai keretben az *áramlások* valamilyen események, cselekedetek vagy folyamatok lehetnek, amelyek egy adott időszak alatt megváltoztatják az állományok nagyságát, mint például a népesség esetében a születés vagy a halálozás (Maani-Cavana, 2007; Meadows, 2008). Ezekon kívül a rendszer tartalmazhat segédváltozókat (konvertereket), például konstansokat, egy egyszerűsített modellben ilyen lehet pl. a népesség termékenységi rátája.

Az állományok a beáramlások és a kiáramlások által változhatnak, és összességében nagyságuk attól függ, hogy a be- és kiáramlások közül melyik a nagyobb. A rendszer egyes elemei között oksági kapcsolat létezhet, melyek lehetnek pozitívak (azonos irányúak), illetve negatívak (ellentétes irányúak). *Visszacsatolásnak* (feedback) nevezzük, amikor egy rendszer outputja egyben a rendszer inputja is lesz. Gyakran említett példa, hogy a születések száma befolyásolja a népesség nagyságát, ugyanakkor a népesség nagysága visszahat arra, hogy egy későbbi időszakban mekkora lesz a születések száma. *Oksági hurok* akkor jön létre, ha a változók egy csoportja egymáshoz kapcsolódik, és egy zárt útvonalat alkotnak az induló változótól, és a láncolat végén visszatérünk ugyanehhez a változótól (Maani-Cavana, 2007). A különböző irányú ok-okozati viszonyok egymást logikailag követve összességében pozitív, azaz megerősítő, illetve negatív, azaz önmagukat gyengítő visszacsatolásokat eredményeznek.

Egy sokszor hivatkozott eset a Lotka-Volterra-egyenletekkel leírt ragadozó-zsákmány modell, melyet populációdinamikai elemzésekre használnak, de számos más problémára is adaptálható (Bardi, 2017). Oksági hurok csak egy dinamikus rendszerben létezhet, ugyanakkor a szimulációs modellben leírt hatások a valóságban szimultánok, folyamatos oda-vissza kapcsolattal, nem feltétlenül időben egymást követve zajlanak. A rendszer visszacsatolásait bemutató kvalitatív modell az oksági hurok diagram (causal loop diagram). Ez megmutatja, hogy a rendszerben mi minek az oka, és hogyan befolyásolják egymást a változók. A rendszer dinamikus viselkedését a különféle oksági hurkok közötti komplex interakciók eredménye határozza meg (Barlas, 2002). Ennél tovább menve, ha azt szeretnénk meghatározni, hogy hogyan viselkedik a rendszer az input paraméterek függvényében, akkor egy állomány-áramlás diagramra (stock-flow diagram) van szükség (Bardi, 2017).

A (6) egyenletet tekintve a regionális GDP-előrejelző modellünkben öt állomány változót definiálunk, mindegyiket megyei szinten: ezek a népesség, a munkaképes

korú népesség, a foglalkoztatottak, a termelékenység és a GDP. A növekedési ráták számítása mindegyik esetben a (3) egyenlettel analóg módon történik. A megyei népességet ($N_{i,t+n}$) pusztán annak a növekedési rátája ($g_{i,t+n}^N$) határozza meg. Ez a növekedési ráta több hatás eredőjeként alakul: egyrészt befolyásolja a népesség termelékenysége, a halálozási ráta és a régiók közötti migrációs egyenleg, vagyis a be- és kivándorlások eredője. Mivel a modellünk egy zárt rendszer és felülről építkező szemléletű, a külfölddel szembeni migrációs egyenleggel nem kell foglalkoznunk, annak a hatása már megjelenik a nemzeti szintű előrejelzésben.

$$N_{i,t+n} = N_{i,t+n-1} \cdot (1 + g_{i,t+n}^N) \quad (7)$$

A népesség nagysága a demográfiai folyamatok figyelembe vételével meghatározza a munkaképes korú népesség nagyságát ($NA_{i,t+n}$) is, amit egy egyszerű arányszámmal ($akt_{i,t+n}$) számítunk ki:

$$NA_{i,t+n} = N_{i,t+n} \cdot akt_{i,t+n} \quad (8)$$

A foglalkoztatási ráta ($emp_{i,t+n}$) alapján pedig kiszámolható az, hogy az aktív korúak közül mennyien állnak foglalkoztatásban ($L_{i,t+n}$):

$$L_{i,t+n} = NA_{i,t+n} \cdot emp_{i,t+n} \quad (9)$$

Látható, hogy e számításokban az arányszámok időben változóak, például hosszú távon az aktív korúak arányának a csökkenésére, ugyanakkor a foglalkoztatási rátának a növekedésére lehet számítani, ahogyan azt az 1. táblázat *második, illetve negyedik sora* is mutatja. A regionális GDP nagyságát a foglalkoztatás mellett a termelékenység, vagyis az egy foglalkoztatottra jutó kibocsátás határozza meg, a termelékenység időbeli alakulását pedig annak időben változó növekedési rátája ($g_{i,t+n}^{prod}$) alapján számítjuk:

$$\left(\frac{Y}{L}\right)_{i,t+n} = \left(\frac{Y}{L}\right)_{i,t+n-1} \cdot (1 + g_{i,t+n}^{prod}) \quad (10)$$

ahol a termelékenység növekedése felbontható a tőke hozzájárulásának növekedésére és a teljes tényezőtermelékenység növekedésére:

$$g_{i,t+n}^{prod} = g_{i,t+n}^{\frac{K}{L}} + g_{i,t+n}^{TFP}. \quad (11)$$

A regionális GDP-t a foglalkoztatásnak és a termelékenységnek a szorzataként kapjuk meg:

$$Y_{i,t+n} = L_{i,t+n} \cdot \left(\frac{Y}{L}\right)_{i,t+n} \quad (12)$$

szükség szerint az adatainkból kiszámítható a megyék egy főre jutó GDP-je is:

$$\left(\frac{Y}{N}\right)_{i,t+n} = \frac{Y_{i,t+n}}{N_{i,t+n}}. \quad (13)$$

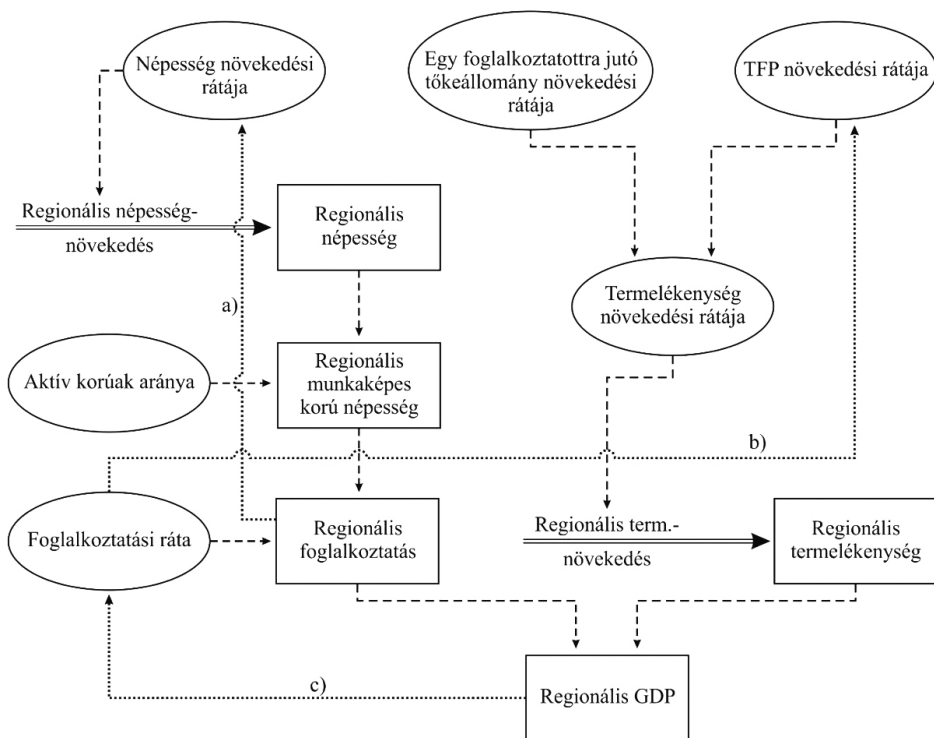
A területi leskálázáshoz felhasznált múltbeli adatok a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) STADAT-tábláiból és a TEIR adatbázisából származnak,

illetve a folyóáron számított GDP-adatokat a Magyar Nemzeti Bank által közölt GDP-deflátor alapján számítottam át változatlan, 2005-ös árakra.

A rendszerünk állomány-áramlás (stock-flow) diagramja az 1. ábrán bemutatottak szerint rajzolható fel.

1. ábra: A regionális GDP-számítás rendszere

Figure 1 The system of regional GDP growth accounting



Forrás: Saját szerkesztés

Megjegyzés: A téglalapok jelölik a rendszer állományait, a körök a segédváltozókat (konvertereket), az áramlásokat pedig folytonos nyilak. A szaggatott nyilak az oksági hatásokat, a pontozott nyilak a rendszerbe építhető, javasolt visszacsatolásokat (a, b és c) mutatják.

Mindeztáig a szimuláció egy makro-, illetve statisztikai szemléletet tükröz. A modell regionális szemléletének megjelenítéséhez szükséges az egyes változók régiók közötti visszacsatolásainak bekapcsolása, a rendszerdinamikai keret működésbe lépése. A kutatás jelenlegi fázisában három visszacsatolási lehetőség-

get azonosíthatunk (az 1. ábrán pontozott nyilakkal jelölve):

- a. A népesség követi a munkahelyeket. Ez a visszacsatolás abból a feltételezésből következik, hogy a belső migrációs folyamatokban szerepet játszanak a munkavállalási lehetőségek, tehát azok a régiók vonzóbbak a lakosság számára, ahol magasabb a foglalkoztatás. Batista e Silva és társai (2016) ezt a hatást oly módon jelenítették meg, hogy a regionális népesség nagyságát a foglalkoztatási ráta (L/N) függvényeként becsülték meg.
- b. Agglomerációs hatások. Feltételezzük, hogy az agglomerációs előnyökből fakadóan azokban a térségekben, ahol koncentráltabb a foglalkoztatás (magasabb a foglalkoztatási ráta), ott ez termelékenységi előnyökkel jár, vagyis a teljes tényezőtermelékenység magasabb. Ennek becslésére a foglalkoztatásból számított lokációs hányados (Szakálné, 2011) egy lehetséges eszköz.
- c. Regionális gazdasági vonzerő. A magasabb regionális kibocsátás magasabb jövedelemszinttel jár együtt, így feltételezhető, hogy – különösen a foglalkoztatottak esetében – a magasabb kibocsátási szinttel rendelkező térségeknek a népességvonzó képessége jobb.

Mivel egy dinamikus rendszerről van szó, a számításokat oly módon végzem el, hogy egy régió adott időszakban megfigyelhető valamely változójának az értéke befolyásolja egy másik változónak a következő időszakban kialakuló értékét. Az utóbbi két visszacsatolás (b és c) akár össze is kapcsolható egymással. Mindhárom visszacsatolás egy megerősítő oksági hurkot képez, vagyis öngerjesztő folyamatként működik, és a területi koncentráció irányába hat. A hazai GDP-termelés múltbeli koncentrációs mutatóinak fényében ez nem tűnik valószínűleg feltételezésnek, ugyanis a megyei GDP-értékek relatív keresztmetszeti szórása és a Hirschmann-Herfindahl-index egyaránt azt mutatja, hogy a növekedési időszakokban területi koncentráció figyelhető meg. Erről Molnár és M. Barna (2018) tanulmánya részletesen beszámol, és a frissített, 2018-ig terjedő időszak adatai sem igazolnak fordulatot (2. táblázat). E tanulmány keretében csak az a) visszacsatolás számszerű elemzését végzem el, mivel a mintául választott tanulmány (Batista e Silva et al., 2016) módszere is erre épült, illetve az előzetes számítások alapján ez tűnik a leginkább robusztusnak.

2. táblázat: A GDP megyei szintű egyenlőtlenségi mutatói, 2000–2018

Table 2 Indicators of NUTS-3 level interregional GDP inequalities, 2000–2018

	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018
relatív keresztmetszeti szórás	1,411	1,421	1,524	1,636	1,600	1,503	1,535
normalizált HHI	0,100	0,101	0,116	0,134	0,128	0,113	0,118

Forrás: KSH adatok alapján saját számítás

3. EREDMÉNYEK

A 2. fejezetben bemutatott regionális leskálázást oly módon végzem el, hogy a megyei szintű becslésekben az előrejelzés induló évében, 2020-ban 50%-os súllyal veszem figyelembe az Európai Bizottság által előrejelzett országos növekedési rátát ($W_{NAT,2020}=0,5$), és 50%-os súllyal a megyék múltbeli növekedési rátáját ($W_{reg,2020}=0,5$). Az idő előrehaladtával lineáris módon fokozatosan növelem a nemzeti szintű növekedési ráta súlyát mindaddig, amíg eléri a 100%-ot, ebből adódóan 2045-től már minden megye számára azonos növekedési rátát feltételezek (persze nem azonos volumen bázisokról). Ezt az eljárást egységesen alkalmazom a GDP felbontásának mind a négy tényezőjére. Az előrejelzés eredményeit a 3. táblázat mutatja be. A 2060-ig extrapolált GDP-adatok további területi koncentrációt jeleznek: a relatív keresztmetszeti szórás 1,535-ről 1,569-re növekszik, míg a normalizált Hirschmann-Herfindahl-index 0,118-ról 0,123-ra emelkedik.

3. táblázat: A megyék részaránya a magyarországi GDP-ben a 2018-as tényadatok és a 2060-ra készített előrejelzés szerint (változatlan, 2005-ös árakon, %)

Table 3 Shares of the NUTS 3 level GDP volumes within the national aggregate GDP according to the actual values in 2018 and the projected values in 2060

	2018	2060 alap	2060 SD*		2018	2060 alap	2060 SD*
Budapest	36,471	37,056	37,164	Tolna	1,682	1,581	1,558
Pest	10,303	10,897	10,339	Borsod-Abaúj-Zemplén	4,860	4,924	4,900
Fejér	4,346	4,200	4,307	Heves	2,254	2,238	2,188
Komárom-Esztergom	3,043	3,241	3,405	Nógrád	0,865	0,794	0,814
Veszprém	2,579	2,399	2,445	Hajdú-Bihar	3,888	3,789	3,723
Győr-Moson-Sopron	5,783	5,797	5,947	Jász-Nagykun-Szolnok	2,466	2,409	2,389
Vas	2,353	2,176	2,291	Szabolcs-Szatmár-Bereg	3,213	3,144	3,214
Zala	2,091	1,966	2,033	Bács-Kiskun	4,205	4,322	4,388
Baranya	2,495	2,371	2,362	Békés	2,062	1,889	1,964
Somogy	2,035	1,951	1,759	Csongrád-Csanád	3,006	2,858	2,808

Forrás: KSH adatok alapján saját számítás

*SD: a rendszerdinamikai visszacsatolással kiegészített előrejelzés

Rátérve az a)-val jelölt visszacsatolásra, megvizsgálom a magyarországi, megyék közötti belső migráció és a foglalkoztatottak népességen belüli aránya (L/N) közötti összefüggés relevanciáját. Természetesen sokféle motivációja van a belföldi népeségcserének, de ezek közül a munkavállalási célú migráció jelentős szerephez jut (KSH, 2017; Tagai, 2015). A megyék közötti belső migrációt a KSH adatbázisa alapján, az oda- és elvándorlások egyenlegeként, a népesség százalékában számítom a 2001-

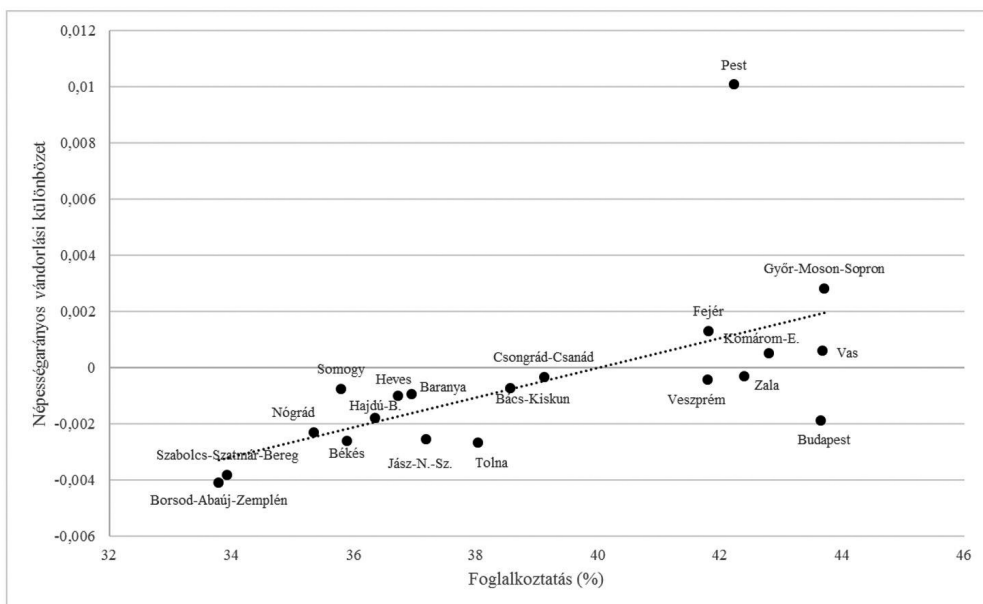
2018 közötti időszak átlagában. Pozitív egyenleggel mindössze Pest, Győr-Moson-Sopron, Fejér, Vas és Komárom-Esztergom megye rendelkezik, az összes többi megyére, Budapestet is beleértve a nettó elvándorlás a jellemző (2. ábra). A legkisebb négyzetek módszerével becsülve a belső migrációs egyenleg és a foglalkoztatottak aránya között egy gyenge, pozitív irányú összefüggés található a megyékben ($R^2=0,36$). Sokat javult a regresszió magyarázó ereje, ha Budapestet és Pest megyét összevontan kezeltük ($R^2=0,72$), és Budapest és Pest megye kihagyásával már egy közepes-erős ($R^2=0,74$) magyarázó erővel bíró regressziós modellt tudtam becsülni. A „népesség követi a munkahelyeket” rendszerdinamikai visszacsatolás érvényesítéséhez ezt az összefüggést vezetjük be az alapmodellbe a következők szerint:

$$N_{i,t} = N_{i,t-1} \cdot \left(1 + (0,0459 \cdot \frac{L_{i,t-1}}{N_{i,t-1}} - 0,0187) \right) \quad (14)$$

A rendszerdinamikai keretünkben módosítás csak a népesség alakulásában történt, aminek a hatása végigfut a többi kapcsolódó változón is. A módosítás következményeit a 3. táblázat 2060SD oszlopai mutatják.

2. ábra: A belföldi vándorlási különbözet (%) és a foglalkoztatottak népességén belüli arányának összefüggése Magyarország megyéiben, 2001-2018

Figure 2 Relationship between the intra-national migration balance (%) and the ratio of employees within the total population in the Hungarian counties, 2001-2018



Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés

Ezen előrejelzések és a rendszerdinamikai keret helyességének a megítélése érdekében teszteltem a módszert a múltbeli adatokon. A teszt elvégzéséhez a meglévő megyei GDP-adatsorokat két részre bontom: a 2000 és 2012 közötti adatokat használom az összefüggések becslésére, ami alapján előrejelzéseket készítek a 2013 és 2018 közötti időszakra, és összevetem ezeket az előrejelzéseket ugyanezen időszak tényadataival. Az eltéréseket abszolút értékben, a tényadatok százalékában adom meg a következő hibafüggvény (adjusted mean absolute percentage error, AMAPE) alapján:

$$AMAPE = \frac{100}{6} \sum \frac{|\hat{Y}_{t+m} - Y_{t+m}|}{\frac{\hat{Y}_{t+m} + Y_{t+m}}{2}} \quad (15)$$

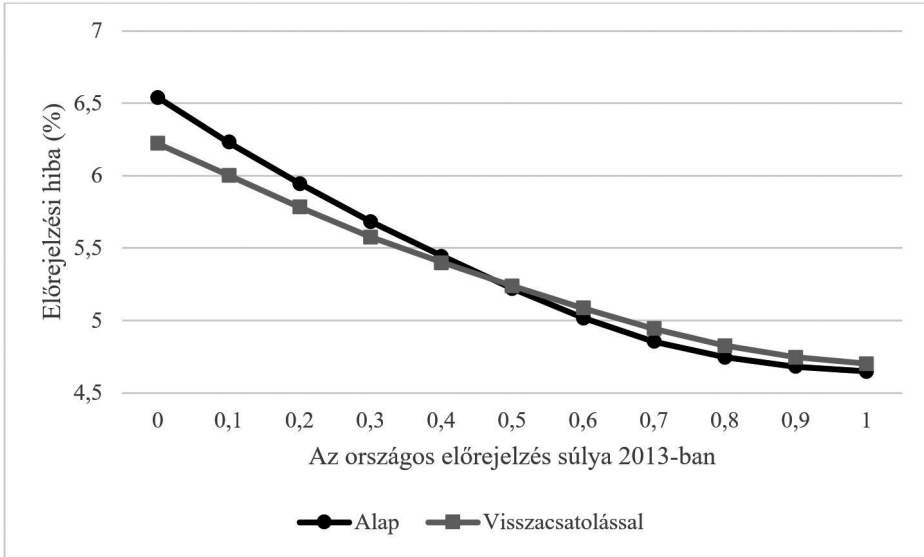
ahol $m=1, \dots, 6$ a tesztidőszak éveinek a számát, \hat{Y}_{t+m} a tesztidőszak m -edik évére előrejelzett GDP-t, Y_{t+m} pedig ezen időszakban a tényleges GDP-t jelöli.

A korábbi tapasztalatokkal összhangban (Zsibók, 2019) az előrejelzések pontossága nagyban függ attól, hogy miként választjuk meg a (3) egyenlet súlyrendszerét. A tesztelés során a súlyrendszert többféleképpen alakíthatjuk ki; ezek közös eleme, hogy a nemzeti szintű GDP-növekedési ráta súlya évről-évre 5 százalékponttal növekszik azzal a feltétellel, hogy nem haladhatja meg az 1-et^[5]. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a megyei szintű növekedési ráták fokozatosan közelítik az országos növekedési rátát. Az előrejelzések pontossága változik aszerint, hogy mekkora súlyt képvisel az országos növekedési ráta a tesztidőszak induló évében (és ennek függvényében a többi évben). Az eredmények azt mutatják, hogy minél nagyobb az induló súly, annál pontosabb lesz az előrejelzés: a megyei átlagos előrejelzési hibák (AMAPE) annál kisebbek lesznek. Elvégeztem a tesztelést az alap előrejelzésre vonatkozóan, és „a népesség követi a munkahelyeket” összefüggés bekapcsolásával is. A rendszerdinamikai visszacsatolás nem minden esetben javította a mintán kívüli előrejelzések pontosságát, ugyanakkor biztató eredmény, hogy a pontatlanabb alap előrejelzések pontosságát jelentős mértékben javította (akár 0,32 százalékponttal), viszont a pontosabb előrejelzések minőségén csak kis mértékben (kevesebb mint 0,1 százalékponttal) rontott (3. ábra).

[5] Ha pl. 0,5-et választjuk induló súlynak, akkor 2013-ban a megyei növekedési ráták becslésénél 0,5-es súllyal vesszük figyelembe az országos növekedési rátát és 0,5-es súllyal a megyék múltbeli átlagos növekedési rátáját. 2014-ben az országos növekedési ráta súlya 0,55, a megyei növekedési ráták súlya 0,45 lesz; 2018-ban pedig már 0,75-ös súllyal számítjuk az országos növekedési rátát. Ha az induló súlyt 0,8-nak állítjuk be, akkor 2017-ben és 2018-ban már csak az országos növekedési ráta számít a megyei növekedés becslésében.

3. ábra: A mintán kívüli előrejelzések átlagos előrejelzési hibája az előrejelzési módszer súlyrendszerének függvényében

Figure 3 Average out-of-sample prediction errors as a function of the weighting scheme



Forrás: KSH adatok alapján saját számítás

4. ÖSSZEGZÉS

A tanulmányban felvázoltam egy extrapolatív jellegű területi leskálázási módszert, mely alkalmas a magyarországi nemzeti szintű GDP előrejelzések megyei szintre történő lebontására. A módszernek elkészítettem egy lehetséges rendszerdinamikai reprezentációját. Annak érdekében, hogy tovább lépjünk a pusztán statisztikai szemléletről, a regionális tudomány elméleti alapjain megfogalmaztam a rendszerben néhány lehetséges, robusztusnak tűnő visszacsatolást. Ezek közül megvizsgáltam, hogy milyen hatása van annak, ha a szimulációs modellbe beépítem „a népesség követi a munkahelyeket” feltételezést. A várható trendek felvázolása során abból a szakirodalmi tapasztalatból indultam ki, hogy a kibocsátás területi koncentrációja lassan, fokozatosan folytatódik. Az előreszámítás időtartamán a GDP országos szinten, változatlan áron számítva 1,98-szorosára növekszik 2060-ra, ami megyénként 1,81-szeres és 2,11-szeres értékek között szóródik az alapelőrejelzés, és 1,71-szeres, illetve 2,21-szeres értékek között a visszacsatolással készített számítások alapján. Ennek ellenére a keresztmetszeti relatív szórás nem növekedett jelentősen a rendszerdinamikai kiegészítés bekapcsolásával. Múltbeli adatokon tesztelve a módszeremet, átlagosan 4,65 százalékos hibával tudtam becsülni a megyei GDP-értékeket. A rendszerdinamikai visszacsatolás nem minden esetben javította a mintán kívüli előrejelzések pontosságát, ugyan-

akkor a pontatlanabb alap előrejelzések pontosságát jelentős mértékben javította, viszont a pontosabb előrejelzések minőségén csak kis mértékben rontott.

A kutatásnak elsősorban a rendszerdinamikai szimulációs módszer regionális gazdasági elemzésekben való alkalmazása szempontjából van jelentősége, mivel a hazai szakirodalomban kevés előzménye van ennek. Noha fontos kérdés az előrejelzések pontossága, a modell célja inkább a kérdésselvetés: milyen irányba vezetnek hosszú távon a múltbeli trendek. A kutatás segíthet a regionális gazdasági növekedés folyamatainak jobb megértésében és a beavatkozási lehetőségek feltárásában: az eredmények rámutatnak a területi koncentrációs folyamat várható folytatódására, így a kutatás későbbi szakaszában a gazdaság- és területpolitikai intézkedések hatásait is szükséges vizsgálni.

A tanulmányban bemutatott területi szimulációs rendszer még számos további kutatási lehetőséget kínál. A lehetséges visszacsatolások köre tovább bővíthető, például bekapcsolható a „munkahelyek követik az embereket” összefüggés is, amely a foglalkoztatási ráta és a termelékenységén belül az egy dolgozóra jutó tőkeállomány változása között teremt oksági kapcsolatot, illetve a valós rendszerre közelebb visz, ha a bemutatott visszacsatolások nemcsak külön-külön lépnek működésbe, hanem együttesen is.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

„A 120004. számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a K_16 pályázati program finanszírozásában valósult meg.”

IRODALOMEGYZÉK

- Bardi, U. (2017) *The Seneca Effect. Why Growth is Slow but Collapse is Rapid*. The Frontier Collection. Springer, Cham.
- Barlas, Y. (2002) *System Dynamics: Systemic Feedback Modeling for Policy Analysis: Encyclopedia for Life Support Systems*. UNESCO Publishing, Oxford, UK.
- Batista e Silva, F.-Dijkstra, L.-Vizcaino Martinez, P.-Lavalle, C. (2016) *Regionalisation of demographic and economic projections. Trend and convergence scenarios from 2015 to 2060*. JRC Science for Policy Report, European Commission EUR 27924 EN https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC101386/regionalisation_final_for_publication.pdf Letöltve: 2020. 05. 27.
- BenDor, T. K.-Kaza, N. (2018) A theory of spatial system archetypes. *System Dynamics Review*, 28, 2, pp. 109–130.
- Capello, R.-Caragliu, A.-Fratesi, U. (2017) Advances in Regional Growth Forecasting Models: Conceptual Challenges and Methodological Responses. *International Regional Science Review*, 40, 1, pp. 3–11.
- Chizzolini (2008) National and Regional Econometric Models. In: Capello, R., Camagni, R., Chizzolini, B., Fratesi, U. (eds.): *Modelling Regional Scenarios for the Enlarged Europe*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. pp. 69–82.

- Czirfusz M.–Hoyk E.–Suvák A. (szerk.) (2015) *Klímaváltozás – társadalom – gazdaság: Hosszú távú területi folyamatok és trendek Magyarországon*. Publikon Kiadó, Pécs.
- ESPON (2014) *ET2050 – Territorial Scenarios and Visions for Europe*. Final Report. ESPON & MCRIT Ltd., Luxembourg. <https://www.espon.eu/programme/projects/espon-2013/applied-research/et2050-territorial-scenarios-and-visions-europe> Letöltve: 2020. 03. 10.
- Európai Bizottság (2017) *The 2018 Ageing Report. Underlying Assumptions & Projection Methodologies*. Institutional Paper 065. Brussels https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/economy-finance/ip065_en.pdf Letöltve: 2020. 05. 27.
- Európai Bizottság (2018) *The 2018 Ageing Report: Economic and Budgetary Projections for the EU Member States (2016–2070)*. Institutional Paper 079. Brussels https://ec.europa.eu/info/publications/economy-finance/2018-ageing-report-economic-and-budgetary-projections-eu-member-states-2016-2070_en Letöltve: 2020. 03. 10.
- Forrester, J. W. (1958) Industrial dynamics: a major breakthrough for decision makers. *Harvard Business Review*, 35, 4, pp. 37–66.
- Fratesi, U. (2009) The Regional Economist with the Crystal Ball: A Discussion of the Possibility of Long-term Predictions at Sub-national Level. *Italian Journal of Regional Science*, 8, 1, pp. 91–97.
- Gaffin, S. R.–Rosenzweig, C. R.–Xing, X.–Yetman, G. (2004) Downscaling and Geo-spatial Gridding of Socio-Economic Projections from the IPCC Special Report on Emissions Scenarios (SRES). *Global Environmental Change A*, 14, pp. 105–123.
- Hoogstra, G. J.–van Dijk, J.–Florax, R. J. G. M. (2017) Do jobs follow people or people follow jobs? A meta-analysis of Carlini–Mills studies, *Spatial Economic Analysis*, 12, 4, pp. 357–378.
- Jackson, R.–Sonis, M. (2001) On the spatial decomposition of forecasts. *Geographical Analysis*, 33, 1, pp. 58–75.
- Jakobi Á. (2004) Kísérletek a hazai területi egyenlőtlenségek előrejelzésére. In: Nemes Nagy J. (szerk.): *Regionális Tudományi Tanulmányok 9*, Budapest, ELTE Regionális Földrajzi Tanszék, MTA-ELTE Regionális Tudományi Kutatócsoport, Budapest. 107–124.
- Kónya I. (2017) A magyar növekedésről – egy régimódi megközelítés. *Közgazdasági Szemle*, LXIV., szeptember, 915–929.
- Koppány K.–Kovács Z.–Dusek T. (2019) A gazdasági teljesítmény területi eloszlása és koncentrációja Magyarországon. In: Reisinger A.–Kecskés P.–Buics L.–Berkes J.–Balassa B. (szerk.): „*Kulturális gazdaság*”. Kautz Gyula Emlékkonferencia elektronikus formában megjelenő kötete. Széchenyi István Egyetem, Győr. 1–12.
- Központi Statisztikai Hivatal (KSH) (2017) *A belföldi vándorlás aktuális trendjei, 2012–2017*. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/belfvand17.pdf> Letöltve: 2020. 03. 10.
- Lee, C. (1997) Simulating Regional Systems: A System Dynamics Approach. In: Chatterji, M. (ed.): *Regional Science: Perspectives for the Future*. Palgrave Macmillan, London. pp. 144–164.
- Lehmann, R.–Wohlrabe, K. (2014) Regional economic forecasting: state-of-the-art methodology and future challenges. *Economics and Business Letters*, 3, 4, pp. 218–231.
- Lengyel I. (2000) A regionális versenyképességről. *Közgazdasági Szemle*, 47, 12, 962–987.
- Lengyel I.–Varga A. (2018) A magyar gazdasági növekedés térbeli korlátai – helyzetkép és alapvető dilemmák. *Közgazdasági Szemle*, 65, 5, 499–524.

- Lennert J. (2019) A magyar vidék demográfiai jövőképe 2051-ig, különös tekintettel a klímaváltozás szerepére a belső vándormozgalom alakításában. *Területi Statisztika*, 59, 5, 498–525.
- Maani, K. E.-Cavana, R.Y. (2007) *Systems Thinking, System Dynamics. Managing Change and Complexity*. Second edition. Pearson Education, Rosedale, New Zealand.
- Magnani, R.-Valin, H. (2009) Different approaches to modelling regional issues. *Italian Journal of Regional Science*, 8, 1, pp. 99–105.
- Meadows, D. H. (2008) *Thinking in Systems: a primer*. Edited by Diana Wright. Chelsea Green Publishing, White River Junction, Vermont.
- Molnár T.-M. Barna K. (2018) A területi különbségek vizsgálata a magyar NUTS 3 szintű területi egységekben, 2000 és 2015 között. *Comitatus Önkormányzati Szemle*, tavasz, 3–20.
- Nemes Nagy J. (szerk.) (2005) *Regionális elemzési módszerek*. ELTE Regionális Földrajzi Tanszék, MTA-ELTE Regionális Tudományi Kutatócsoport, Budapest.
- Rechnitzer J. (2016) A jövő terei, a tér jövője. *Magyar Tudomány*, 8, 922–936.
- Riahi, K.-Kolp, P.-Grubler, A. (2005) *National Scenarios of Economic Activity (GDP)-A Downscaling Exercise Based on SRES*. Interim Report. IR-05-063, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria. <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/12544/> Letöltve: 2020. 03. 10.
- Rickman, D. S. (2017) Regional Science Research and the Practice of Regional Economic Forecasting: Less Is Not More. In: R. Jackson-Schaeffer, p. (eds.): *Regional Research Frontiers - Vol. 1*, Advances in Spatial Science. pp. 135–149.
- Smahó M. (2007) Kísérlet egy régió szimulációs modelljének kidolgozására. *Tér és Társadalom*, 21, 1, 117–129.
- Sterman, J. (2000) *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Irwin/McGraw-Hill, Boston.
- Szakálné Kanó I. (2011) A gazdasági aktivitás térbeli eloszlásának vizsgálati lehetőségei. *Statisztikai Szemle*, 89, 1, 77–100.
- Tagai G. (2015) Járási népesség-előreszámítás 2051-ig. In: Czirfusz M.-Hoyk E.-Suvák A. (szerk.): *Klímaváltozás - társadalom - gazdaság: Hosszú távú területi folyamatok és trendek Magyarországon*. Publikon Kiadó, Pécs. 141–166.
- Varga A.-Sebestyén T.-Szabó N.-Szerb L. (2018) *Economic impact assessment of entrepreneurship policies with the GMR-Europe model*. FIRES Report. <http://www.projectfires.eu/wp-content/uploads/2018/05/p.2-d4.6-gmr-report.pdf> Letöltve: 2020. 03. 10.
- Zsibók Zs. (2019) Extrapolative techniques' predictive capacity in the spatial downscaling of the Hungarian gross domestic product. *Hungarian Statistical Review*, 2, 2, pp. 51–78.