



TANULMÁNYOK

Regionális gazdasági előrejelző modell, a klímaváltozás figyelembevételével

Regional Economic Forecasting Model with Respect to the Climate Change

Zsibók Zsuzsanna

Magyar Tudományos Akadémia
Közgazdaság- és Regionális
Tudományi Kutatóközpont
E-mail: zsibok@rkk.hu

Sebestyén Tamás

Pécsi Tudományegyetem Köz-
gazdaságtudományi Kar és
MTA-PTE Innováció és gazda-
sági növekedés kutatócsoport
E-mail: sebestyent@ktk.pte.hu

Kulcsszavak:

regionális előrejelzés,
klímaváltozás,
makromodellezés,
regionális felbontás

A tanulmány egy olyan módszertani megoldást mutat be, amely Magyarország hosszú távú gazdasági folyamatait területileg dezaggregált módon jelzi előre. Célunk néhány fontosabb gazdasági változó hosszú távú előreszámítása, valamint olyan kapcsolódási pontok kimutatása, amelyekben keresztül modellezhetővé válnak a klímaváltozás hatásai a gazdasági fejlődésre. Az országos gazdasági változók előreszámításán kívül finomabb területi bontásban is készítünk előreszámítást. A feladat összetettsége okán egy komplex, időben és térben is dezaggregált modellt alakítottunk ki. Az előrejelzések alapját egy dinamikus, sztochasztikus, általános egyensúlyi makromodell képezi, amelyet egy hosszú távú trendpályát leíró modellrész egészít ki. A klímaváltozás hatását egy alappálya és egy klímepálya alkalmazásával különböztettük meg. A következő lépésben a makromodell által szolgáltatott, nemzeti szintű előreszámításokat megyei szintre bontottuk le. Az összegzésben hangsúlyozzuk, hogy a modell klímaváltozás irányába történő fejlesztési lépései jelentős empirikus és elméleti kihívásokat is felvetnek a jövőben, amelyek felhívják a figyelmet a módszertan továbbfejlesztésének szükségességére is.

This study aims to propose a methodology for the spatially disaggregated forecast of long-term economic processes in Hungary. The aim of the methodological work is to prepare long-term projections for the most important economic variables, and to identify linkages through which the impacts of the climate change on the economic dynamics can be incorporated in the model. Besides the projections of the national-level economic variables, the projections of the data will be given at a more delicate spatial resolution, too. Due to the complex nature of this task, a complex model is built which is disaggregated in time and in space. The basis of the forecasts is a dynamic, stochastic, general equilibrium model of the national economy which is supplemented by a sub-model for the long-term trends. The impacts of the climate change are exemplified by a “base” and a “climate” scenario. In the next stage, the forecasts of the national-level model are regionally decomposed to the county level. The conclusions of the study emphasise that significant empirical and theoretical challenges arise in the economic modelling of the climate change, and important methodological opportunities remain open for future research.

Keywords:

regional forecasting,
climate change,
macroeconomic modelling,
regional decomposition

Beküldve: 2016. november 8.

Elfogadva: 2017. január 24.

Bevezetés

Jelen tanulmány a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) részeként készült el (Czirfusz et al. 2015), és egy olyan módszertani megoldást mutat be, amely Magyarország hosszú távú gazdasági folyamatait területileg dezaggregált módon jelzi előre. Az Európai Gazdasági Térség (EGT) alapok *Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz* programján belül a Magyarország hosszú távú (2050-ig terjedő) társadalmi és gazdasági fejlődési pályájának előrejelzése című projekt járul hozzá a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás kutatásához. Az eredmények a NATÉR részét képezik, amelyben demográfiai, gazdasági és földhasználati témakörök vizsgálata alapján különböző földrajzi léptékeken és időtávokon számszerűsítették a társadal-

mi-gazdasági térbeli folyamatok és a klímaváltozás egymásrahatását. A módszertani fejlesztés célja néhány fontosabb gazdasági változó hosszú távú előreszámítása, valamint olyan kapcsolódási pontok kimutatása, amelyeken keresztül modellezhetővé válnak a klímaváltozás hatásai a gazdasági fejlődésre. Az országos gazdasági változók előreszámításán kívül lehetőség szerint finomabb területi bontásban is készítünk előreszámítást. A NATÉR térképi rendszere 10×10 km-es pontosságú, így a gazdasági előrejelzést is a lehető legrészletesebb területi felbontásban végezhetjük el. Magyarország esetén logikus választás a megyei szint, mivel ezen a szinten a főbb makrogazdasági mutatók (GDP, foglalkoztatottság, fogyasztás stb.) jól értelmezhetők; ezen a szinten állnak rendelkezésre megfelelő adatok a modell kalibrálásához, becsléséhez, mert a megyék a hazai vizsgálatok standard, összehasonlítható elemzési egységei. A gazdasági előrejelzés kapcsolódik a NATÉR más elemeihez, ugyanis demográfiai és klímaadatokat vesz át tőlük.

A feladat összetettsége miatt egy komplex, időben, térben és ágazatilag is dezaggregált modell kialakítása tűnt megfelelőnek. A komplex modellkeret kidolgozásához tanulmányunk kiindulási alapként szolgál, moduláris felépítésű, amely a térbeli és az időbeli dezaggregációt külön blokkokba telepíti annak érdekében, hogy a modell ne váljon túlságosan összetetté. A modellezési lehetőségek közötti választást a NATÉR igényei, erőforrásai és keretei határozták meg, így annak számos továbbfejlesztési irányára is fel tudjuk hívni a figyelmet.

A gazdasági előrejelzés modellezési alternatívái

Előrejelzések készítésére a szakma különböző (ágazati, regionális, makro- és globális) szinteken megfogalmazott modelleket használ, amelyek a gazdaságban végbemennő változásoknak nemcsak a parciális, első körös hatásait képesek kimutatni, hanem szimultán jellegükönél fogva a hosszú távú visszacsatolásokat is (Századvég 2014). Ezek a modellek szemléletüket tekintve többféle lehetőséget kínálnak, közülük három változatot emelünk ki.

A klímaváltozás hatásainak előrejelzésére klasszikusan a rendszerdinamikai ihletettséggű világmodelleket használják (Conaca–Dabelko 2015, Meadows et al. 1972). Ezek többféle forgatókönyvre épülő, komplex, hosszú távú előrejelzések releváns gazdasági (energiafelhasználás, tőkefelhasználás) blokkokkal. A gazdasági modul azonban tipikusan kisebb hangsúlyt kap, középpontjában jellemzően a globális összefüggések állnak, így általa a magas részletettségű területi felbontás nehezen kivitelezhető. További két lehetőség az ökonometriai modellre alapozott előrejelzés, valamint a strukturális modellek építése.

Az *ökonometriai modellezés* egy viszonylag rugalmasan az igényekre szabható lehetőség, amelyben az előrejelzést egy tanulási időszak adatai alapján készíthetjük el. Egy idősoros, ökonometriai modell a rövid, esetleg középtávú előrejelzés igényeit tudná a leginkább kiszolgálni, mivel esetükben biztosíthatná a megfigyelt adatokhoz való legjobb empirikus illeszkedést. Hátránya viszont, hogy csak változatlanak

feltételezett gazdasági környezet előrejelzésére alkalmas, azaz hosszú távú előrejelzésre már nem. Palócz és Vakhal (2014) alapján összegezhetjük, hogy a makroökonometriai modellek az empirikus illeszkedést helyezik előtérbe; az adatok rövid távú megfelelésére optimalizáltak; érvényes rájuk a Lucas-kritika; általában könnyebben kezelhetőek és a rövid távú előrejelzések tipikus eszközei.

A Lucas-kritika (Lucas 1976) azt az alapelvet mondja ki, hogy a modell által leírt oksági sémának stabilnak kell maradnia akkor is, ha a mögöttes okok – a gazdaságpolitikai környezet – megváltoznak. Az a modell, amely nem a különböző gazdasági szereplők egyéni viselkedését leíró közgazdasági elméleten alapul (mikroszintű megalapozottság), nem alkalmas a gazdaságpolitikai intézkedések hatásainak vizsgálatára, akár visszatekintés, akár előrejelzés céljából (Századvég 2014).

A *strukturális modellek* standard változókkal egy egyensúlyi feltételrendszert írnak le, amely a legfontosabb gazdasági mutatók (GDP, foglalkoztatás, fogyasztás) jövőbeli alakulását magyarázza. E típusnak az az előnye, hogy képes megjeleníteni a gazdasági változók közötti visszacsatolásokat is, ami elengedhetetlen a változók hosszú távú pályájának bemutatásához. Az általános egyensúlyi makromodellek a különböző gazdasági szektorok reprezentatív szereplőinek optimalizáló magatartását leíró egyenleteken alapulnak. A modellek jellemzően egy egyensúlyi pályát definiálnak, amelyhez – feltételezések szerint – a gazdaság hosszú távon konvergál. A strukturális makromodellek legfontosabb előnyei, hogy elméletileg megalapozottabbak, hihető és konzisztens magyarázatokat adnak, nem érvényes rájuk a Lucas-kritika, valamint a szimulációs gyakorlatok és a középtávú elemzések tipikus eszközei (Palócz–Vakhal 2014).

A makroökonómiai modellezésben általánosan használtak a dinamikus, sztochasztikus, általános egyensúlyi (Dynamic Stochastic General Equilibrium – DSGE) modellek (például Christiano et al. 2005, Smets–Wouters 2003). Ezek a modellek azt feltételezik, hogy a gazdasági szereplők racionális várakozások mellett előre tekintő döntéseket hoznak, a gazdaság egészét és nem csak az egyes szereplők viselkedését vizsgálják. Ezért azokat az árakat, béreket és kamatokat keresik, melyek esetében a teljes gazdaság egyensúlyban van, azaz ahol a kereslet és a kínálat minden piacon megegyezik (Karádi 2009). A kialakuló egyensúly összhangban van az egyes szereplők racionális döntéseivel, viselkedésével. A sztochasztikus¹ jelleget az adja, hogy a gazdasági ingadozásokat nem szabályszerű, determinisztikus ciklusokra vezetik vissza, hanem a fluktuációkat a gazdaság sokkokra adott válaszaként modellezzik (Palócz–Vakhal 2014).

A DSGE-modellek elméleti konzisztenciája nem ad garanciát az adatok jó illeszkedésére, ezért rendszerint kiegészítik ezeket egy rövid távú előrejelző rendszerrel, ami különböző ökonometriai modelleket (szatellitmodelleket) tartalmaz (Századvég 2014).

¹ A sztochasztikus gondolkodásmódról Rappai (2010) ad részletes, statisztikai szempontú áttekintést.

A strukturális modellek egy másik változata a számítható általános egyensúlyi (Computable General Equilibrium – CGE) modellcsalád. E modellek a gazdaság viselkedését a DSGE-modelleknél megszokotthoz képest több ágazat szerepeltetésével írják le, az Ágazati Kapcsolatok Mérlege (ÁKM) és a társadalmi elszámolási mátrix alapján. A CGE-modellek kiterjedése nagy, szimultán egyenletrendszerekkel a gazdaság több (akár az összes) szektora is modellezhető (Palócz–Vakhal 2014). Hosszú távú előrejelzésre kevésbé használatosak, inkább a gazdaságpolitikai döntések hatásvizsgálatában elterjedtek. A DSGE-modellekhez hasonlóan a CGE-modellezés előnye, hogy mikroökonómiai alapokra épül, vagyis a modellek az egyes szereplők viselkedéséből, a piacok bonyolult kapcsolatrendszerét és az egyes piacok közötti kölcsönhatásokat figyelembe véve vezetik le a makroszintű eredményeket (Járosi et al. 2009).

Egy, a klímaváltozást is magában foglaló, komplex modellezési keret szempontjából hangsúlyos a mezőgazdaság, illetve az energiaszektor, továbbá figyelembe kell venni a technológiai fejlődést, amely az energiahatékonyság javulását eredményezi. A modellezés során azonban ebből a szempontból egy átváltást kell alkalmazni: a dinamikus, hosszú távú előrejelzésre fókuszáló modellkeretben a nagyszámú szektor figyelembevétele nehézkessé válik, egy sokszektoros modell esetében viszont a dinamizálás jelent kihívásokat. Tanulmányunkban az első alternatívát választottuk, egy sokszektoros modell kidolgozása kutatásunk későbbi szakaszában szerepel.

A tér figyelembevétele a modellben

A NATÉR-ben a klímaadatok egy 10×10 km-es rácson állnak rendelkezésre. Előfeltétel, hogy a gazdasági adatok előrejelzése is a lehető legjobban illeszkedjen ehhez a felbontáshoz, illetve a többi modellblokk területi léptékéhez. Gazdasági adatok esetében azonban nehezen teljesíthető korlátokkal kell számolni, ugyanis számos gazdasági mutató nem értelmezhető és/vagy nem áll rendelkezésre a régiós vagy a megyei szintnél kisebb területi léptékben (lásd például Dusek–Kiss 2008). A gazdasági előrejelzések megfelelő regionális szinten történő elkészítésére többféle lehetőség kínálkozik:

1. Az egyszerűbb megoldás az, hogy az előrejelzést egy makroszintű modell alapján készítjük el, majd a nemzetgazdasági szintű adatokat – megfelelő arányszámok alapján – visszaosztjuk az egyes területi egységekre. Az előrejelzés időhorizontján reálisan a leosztási arányok időbeli változásával is számolni kell.
2. A második, bonyolultabb módszertani eszköztárat igénylő megoldás a regionális modell építése. Egy ilyen – például térbeli számítható általános egyensúlyi (Spatial Computable General Equilibrium – SCGE) – modell képes figyelembe venni az endogén hatásokat a térszerkezet változásában, ehhez viszont sokkal részletesebb területi adatsorok szükségesek, továbbá igen komplex modellépítő munkát is igényel.²

² E modellekről lásd részletesebben Járosi et al. 2009 munkáját.

Tanulmányunk – az első változatnak megfelelően – egy makro-előrejelzés területi felbontásán alapuló kísérletet mutat be.

Adatok

A gazdasági előrejelzés alapvetően kétféle adatokon alapul: az egyikhez a referencia-időszak adatai, a másikhoz pedig az előrejelzési időszakra vonatkozó, külső adatforrásokból származó előrejelzések adatai tartoznak. Ezek az előrejelzés két fő szakaszában eltérő hangsúlyt kapnak: a makroszintű előrejelzés alapvetően a standard modellezési eszköztárat alkalmazza, a klíma-előrejelzés adataival kiegészítve. A második szakasz, a regionális dezaggregálás (megyei szintre) megyei felbontású, múltbeli adatokkal és a makromodell által előrejelzett adatokkal dolgozik.

A gazdasági előrejelzés négyféle adatforráson alapul:

1. A nemzetgazdasági szintű előrejelzést a Magyar Nemzeti Bank DELPHI-modelljének adatai alapján készítjük el (Horváth et al. 2010). Az említett modell egy közepes méretű makroökonometriai modell, amely négy szektort különböztet meg: a háztartások és a háztartásokat segítő nonprofit intézmények; vállalatok (nem pénzügyi és pénzügyi vállalatok); állam és külföld. Az adatbázis ezekről a szektorokról tartalmaz adatokat negyedéves gyakorisággal, 1995 első negyedétől (a tanulmány készítésekor a legfrissebb változat) 2015 második negyedévéig.
2. A klímaváltozás hatásait a NATÉR előrejelzései alapján számítjuk. A NATÉR-ből az IPCC 4-edik jelentésének (IPCC 2007) A1B forgatókönyv³ alapján veszünk át adatokat, amelyek indexszámként kerülhetnek be az előrejelző modellbe. Ez azt jelenti, hogy az előrejelzési időhorizont kiindulópontján egységnyi értéket vesznek fel az indexszámok, majd az előrejelzett klímaadatok javulása vagy romlása tükröződik az indexszám alakulásában. A klímaváltozás így exogén vezérlőként, vagyis egy sokkhatásként kerül a modellbe, és hatással lehet például a termelékenységre, az infrastrukturális beruházásokra is. A figyelembe vehető klímaváltozók között említjük példaként a csapadékmennyiséget, az esős napok számát vagy az átlaghőmérsékletet.
3. A nemzeti szintű modell előrejelzésének regionalizálásához (megyei szintű dezaggregálásához) múltbeli adatokat használunk, ezeket a KSH megyei ne-

³ Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) az általa készített Kibocsátási Forgatókönyvek Speciális Jelentésének (Special Report on Emission Scenarios – SRES) tervezése során különböző hatótényezőket és hozzájuk kapcsolódó kibocsátási forgatókönyveket állított fel (IPCC 2000). A kifejlesztett négy alapforgatókönyv (A1, A2, B1, B2) eltérő demográfiai, társadalmi, gazdasági, technológiai és környezeti fejlettséget képvisel, amelyekhez különböző mértékű üvegházhatásúgáz-kibocsátás párosul (Kovács 2015). Az A1 forgatókönyv nagyon gyors gazdasági növekedéssel, a népességnek a XXI. század közepéig tartó növekedésével, majd csökkenésével, új és hatékony technológiák gyors elterjedésével, valamint a fejlettségbeli és a jövedelmi különbségek régiók közötti csökkenésével számol. Ennek A1 B forgatókönyvében a fosszilis és a megújuló energiák kiegyenlített használata szerepel (Uzzoli 2015).

gyedéves statisztikai jelentései, valamint a KSH által számított GDP megyei felbontása szolgáltatják.

4. A gazdasági előrejelzés makromodelljének egyes, kifejezetten a modellt hosszú távon vezető összefüggések paramétereit kalibrálással határozzuk meg, amihez az OECD Env-Growth modelljének (Chateau et al. 2012) az értékeit vesszük át. Maga az OECD a kalibráláshoz az Economic Outlook adatbázisát használja (az OECD-országok esetében), ezen kívül a munkaerőpiaci adatbázisában adatokat vesz át az ENSZ Nemzetközi Munkaügyi Szervezetétől (ILO 2011) és az OECD Labour Force Statistics and Projections adatbázisból.

Az előrejelző modell felépítése

A modellben a tér figyelembevételét hierarchikus struktúrába rendezzük: az alapmodell aggregált, országos adatokkal dolgozik és országos előreszámításokat ad, amelyet egy külön becslés során meghatározott módszerrel bontunk le megyei szintre. Az aggregált modellben az idő figyelembevételét további két részre bontjuk: a középtávú dinamikát egy standard, a makroökonómiában gyakran használt DSGE-modell adja, amelyet különböző exogén sokkok mozgatnak, míg a hosszú távú dinamikát a technológia, a demográfia és a klíma diktálja. Az ágazati bontástól jelen modell esetében eltekintünk, ez egy későbbi modellezési fázis feladata lehet. A modell részletes leírása megtalálható Farkas és szerzőtársai (2015) munkájában.

A továbbiakban először a közép- és a hosszú távú dinamikát vizsgáló, alapvetően makroökonómiai modell, majd a regionális dezaggregációs modell részletes leírását adjuk meg.

A makroökonómiai modell két blokkból áll. Az első blokk egy közepes méretű DSGE-modell, amely a standard makroökonómiai modellezési irányzat megoldásait követi. E modellblokk célja, hogy periódusról periódusra közgazdasági szempontból konzisztens (az általános egyensúlynak megfelelő) eredményeket szolgáltatson a fő makrogazdasági változókra. Ebben a modellblokkban a változók – a DSGE-modellek logikájából fakadóan – egy állandósult állapothoz konvergálnak. A hosszú távú tendenciákat így a DSGE-modellblokkon kívüli második modellblokk, az ún. *hosszú távú vezérlők* adják meg. Ezek a vezérlők (klíma, népesség stb.) exogén sokkhatásként fejtik ki hatásukat a DSGE-modellben.

DSGE-modellblokk

A DSGE-modellblokk standard, az alkalmazott modellekben elterjedt és általánosan használt elemekre építve néhány speciális megoldást tartalmaz. Mivel az általunk alkalmazott modell fő célja a hosszú távú folyamatok vizsgálata, ezért a DSGE-modellekben rendszerint használt piaci súrlódásokat, alkalmazkodási költségeket és más, tipikusan a rövid távú folyamatok jobb megragadását segítő elemeket elhagytuk.

A DSGE-modellblokk tartalmazza a háztartások, a végső javakat termelő vállalatok, a beruházási javakat termelő szektor, az állam, valamint a külföld viselkedését leíró egyenleteket. A háztartások a modellben végtelen időhorizonra előretekintve döntenek, maximalizálva a jövőbeli hasznosságok jelenértékét. A háztartások adott időszaki hasznossága az adott időszak fogyasztásától függ, míg költségvetési korlátjuk kiadási oldalán a fogyasztás, a hazai (állam-) és a külföldi kötvényvásárlás, a fizikai tőkeberuházás, valamint az adófizetés áll. A háztartások bevételeit a munkajövedelmek, a fizikai tőkén képződő jövedelmek, a hazai és a külföldi kötvények kamatai, valamint az államtól kapott transzferek képezik. A külföldi és a hazai kamatszint között kockázati prémiumként definiálunk egy részt.

A termelő szektort a DSGE-modellekben megszokott módon kettéválasztjuk, és eltérő technológiát feltételezünk a végső felhasználású termékek (a háztartások és az állam fogyasztása, export), valamint a beruházási célú termékek tekintetében. A végső felhasználású javak szektora tökéletesen versenyző, és a termelési technológiát egy Cobb-Douglas típusú termelési függvény írja le, amely lineárisan homogén a munka- és a priváttőke-felhasználást tekintve. A termelés számára kétféle tőke áll rendelkezésre: a privát tőke, amely a háztartások beruházási döntésének eredményeképpen jön létre; a közösségi vagy infrastrukturális tőke, amely a kormányzat beruházási tevékenységének eredménye. Az előbbi a vállalatok számára döntési változó (tőkekereslet), míg az utóbbi extern hatásként (egyfajta technológiai, hatékonyságjavító többletként) jelenik meg a termelési függvényben.

A beruházási javakat termelő szektor ugyancsak tökéletesen versenyző, inputként azonban nem közvetlenül elsődleges erőforrásokat (tőkét és munkát) használ fel, hanem a végső javakat termelő szektor outputját. A modell megengedi, hogy a beruházási javakat (tőkejavakat) a végső termékektől eltérő technológiával állítsa elő a gazdaság. Ennek érdekében egy külön, a feltételek szerint tökéletesen versenyző szektort építünk be.

Az állam szerepe kettős. Egyrészt az adószedésen keresztül finanszírozza a kiadási tételeket: a kormányzati fogyasztást, a beruházást, valamint a transzfereket. Másrészt stabilizáló funkciót is betölt egyes változók tekintetében (államadósság, árfolyam). A kormányzati beruházásnak az a szerepe a modellben, hogy a közösségi (infrastrukturális) tőkeállományt gyarapítsa. A kormányzati transzferek nagyságát az ún. inaktivitási rátához kötjük, azt feltételezve, hogy az inaktívok magasabb aránya nagyobb fajlagos transzferfizetési kötelezettséget ró az államra. Az állam stabilizáló feladata kettős. Egyrészt egyösszegű adókon keresztül az államadósságot stabilizálja (az államadósság célértéktől vett eltérésére reagálnak ezek az adók), másrészt egy egyszerű monetáris politikai szabályon keresztül az árfolyamot stabilizálja. A külföld adja az importjavak kínálatát, valamint az export iránti keresletet. Feltesszük, hogy a végső felhasználók (háztartások, állam, beruházási szektor) közvetlenül egy hazai termelésű és importból álló kompozit termékkel szemben támasztanak keresletet. A hazai és az importtermékek között állandó helyettesítési rugalmasságot feltételezünk.

Ebből az aggregátumból következik a hazai termelés és az import iránti kereslet valamennyi felhasználó esetében. Feltesszük továbbá, hogy a külföld hasonló kompozit logika mentén dönt a hazai termékek fogyasztásáról, amely az exportot adja a modellben. A külföldi árszínvonal, a GDP és a kamatláb a modell exogén változói. Nem feltételezhetjük azt, hogy a klímaváltozás csupán Magyarországot érinti, ugyanis az a világ más térségeiben jóval hamarabb és jóval erősebben megy végbe, és ezáltal hatással van például a világpiaci élelmiszerárakra. A modell lehetőséget ad arra, hogy a klímaindex változását becsatornázzuk a külföldi változókba is, de a kutatás jelen fázisában egyelőre csak Magyarországgal foglalkozunk.

Hosszú távú vezérlők

A modell hosszú távú vezérlői trendpályát írnak le. Három ilyen vezérlőt építettünk be a modellbe. Egyrészt a technológia mint a termelés egyik hosszú távú meghatározója, amely a standard DSGE-modellekben és az itt használt modellben is exogén tényező. Ennek alakulását egy külső modellblokk határozza meg, amely aztán a DSGE-blokk számára külső adottságként generálja a megfelelő dinamikát.

Másrészt szintén standard eleme a hasonló modelleknek, hogy a munkaerő-felhasználás hosszú távon egy adott kínálati szinthez konvergál, amely kínálati szintet viszont tipikusan demográfiai folyamatok határoznak meg. Ezt a kínálati szintet a NATÉR demográfiai moduljából származó előreszámítással építjük be a modellbe, ami így alkalmas a hosszú távú trendek megjelenítésére a foglalkoztatás (munkaerő-kínálat) oldaláról.

Harmadrészt a modell fontos eleme, hogy a klímaváltozás hatásai megjelenhessenek a gazdasági dinamikában. E hatások nem részei a standard DSGE-modelleknek, és jellegükből fakadóan szintén hosszabb távon fejtik ki hatásukat. A klíma hatásai egy indexidősoron keresztül épülnek be a modellbe, amely képes a DSGE-modell egyes külső változóit (technológia, infrastruktúra) a megfelelő paraméterezéseken keresztül mozgatni.

A bemutatott DSGE-modell egy egyensúlyi állapothoz vezet a gazdaságot, amit az egyensúlyi állapot körüli exogén sokkhatások mozgatnak. Ahhoz, hogy a modell képes legyen hosszú időtávon előrebecsülni az egyes makroökonomiai változók értékét, ezeken az exogén sokkhatásokon keresztül tudjuk a múltbéli adatokra kalibrált modellt eltéríteni ettől az egyensúlytól és tudunk egy hosszú távú növekedési pályát szimulálni.

A hosszú távú folyamatok egyik legfontosabb vezérlője a termelés hatékonysága, ami a bemutatotthoz hasonló modellekben tipikusan a teljes tényezőtermelékenységben ölt (Total Factor Productivity – TFP) testet. Az általunk használt modellben a technológia a végső javak termelési függvényének, valamint a beruházási szektor termelési függvényének paramétereiben jelenik meg.

A technológia hosszú távú alakulásánál az OECD ENV-Growth modelljét (Chateau et al. 2012) vettük alapul. Ez alapján a technológia alakulása egyfajta kon-

vergenciát mutat: a hazai gazdaság technológiáját leíró TFP-érték bizonyos konvergenciasebességgel felzárkózik a külföldi TFP-értékhez, utóbbi önmagában is mutathat növekedést. A felzárkózás sebessége azonban nem exogén, hanem függ a gazdaság nyitottságától is, amelyet az export és a GDP hányadosával mérünk, és a DSGE-modell időszakról időszakra számítja ezt az értéket.

A modell lényeges eleme, hogy hosszú távon a klímaváltozás számottevő hatást gyakorol egyes gazdasági változókra. A jelen modellben ezt a hatást két ponton vesszük figyelembe, lehetőség van azonban további kapcsolódási pontok beépítésére is. Bár elméletben számos olyan hatás sorolható fel, amelyen keresztül a klímaváltozás a gazdasági működést befolyásolja, és egy alkalmazott modell számára a legnagyobb kihívás e hatások számszerűsítése, ami külön kutatást igényel. Jelen modellben éppen ezért két pontot jelölünk ki, amelyen keresztül a klímaváltozás hatása áttevéődik a gazdasági változókra. Az egyik pont a TFP, míg a másik az infrastruktúrális beruházás.

A TFP-hatás alapja Dell és szerzőtársai (2008) munkája, amelyben megmutatják, hogy a klímaváltozás milyen számszerűsíthető hatással van a GDP hosszú távú növekedésére. Mivel a GDP esetünkben endogén változó, ezt a hatást áttételesen a TFP-n keresztül tudjuk szimulálni, ami egy intuitíve jól értelmezhető megközelítés: a klímaváltozás hatására a meglévő erőforrások kihasználásának hatékonysága csökkenhet (például csökkenő terméshozamok a mezőgazdaságban, erőforrások felhasználása egyéb produktív tevékenységek helyett az időjárási körülmények okozta károk enyhítésére stb.) Az infrastruktúrális tőke oldaláról azt állapíthatjuk meg, hogy a klímaváltozás számos esetben igényelhet addicionális infrastruktúrát (például gátak, öntözőrendszerek stb.), amely így megemeli ezeket az állami kiadásokat. A klímaváltozás kedvező hatással lehet ugyanakkor a technológiai fejlesztésre is, új, innovatív megoldásokra ösztönözve a gazdasági szereplőket, ami végső soron az erőforrások hatékonyabb felhasználásához vezethet. Ezt a hatást is megtestesíti az infrastruktúrába beépített klímahatás.

A hosszú távú vezérlők a demográfiai trendek beépítését is lehetővé teszik. A demográfia két ponton járul hozzá a hosszú távú dinamika alakításához: egyrészt a munkaerő-kínálat nagyságát határozza meg, másrészt pedig a modellben fontos szerepet betöltő inaktivitási rátát.

A modell kalibrálása és becslése

A DSGE-modell paramétereinek meghatározása

A hasonló, közepes vagy nagyobb méretű makromodellek esetén számos kérdést vet fel a paraméterek meghatározása. Az általunk bemutatott modell összesen 66 paraméterrel működik. Ennyi paraméter meghatározásához a hosszabb időszoron elvégezhető becslések sem feltétlenül tudnak elegendő információt szolgáltatni. Jelen esetben a 2001 és 2014 között rendelkezésre álló adatok biztosan nem elegendőek

valamennyi paraméter kielégítő becsléséhez. Ezen felül a DSGE-modellek struktúrájától megszokott módon a modell egy állandósult állapothoz (steady state) konvergál, amelyet a modell paraméterei befolyásolnak. Az állandósult állapothoz való alkalmazkodás mechanizmusait leíró paraméterekre vonatkozó információ az adatokból (trendszűrt idősorokból) könnyebben kinyerhető, míg az állandósult állapotot determináló egyes paraméterek tipikusan a modell struktúrájától, mások pedig éppen az idősorok trendjellemzőitől függenek. Mindezek alapján elterjedt módszer a szakirodalomban a paraméterek alapvetően három módon történő meghatározása, illetve e módok együttes alkalmazása:

1. A paraméterek meghatározása a szakirodalomból átvett „standard” vagy konvenciónak számító értékekkel.
2. A paraméterek meghatározása „kalibrálással”, ami valamilyen módon az adatokhoz köti a paraméterek értékét, azonban nem része a paraméterek együttes becslésének.
3. A paraméterek meghatározása becsléssel, amikor is a modell egyes paramétereit egymással és a modellegyenletekkel összhangban, ökonometriai módszerekkel határozzák meg.

Követve ezt a hármas megosztást, a paraméterek egy részét más eredmények átvételével, további részüket a modell állandósult állapotához való kalibrálással, a fennmaradó elemeket pedig bayesi becsléssel⁴ határozzuk meg.

A hosszú távú vezérlők paraméterezésének meghatározása

A modell hosszú távú vezérlőinek egyenleteiben szereplő paraméterek beállításához meglehetősen kevés támpontot találunk. Mivel a TFP alakulását leíró összefüggéseket az OECD ENV-Growth modellje alapján határozták meg (Chateau et al. 2012), célravezető, hogy ezen egyenletek paraméterezését az ott alkalmazott kalibrálás mellett használjuk. Ez egyben azt is jelenti, hogy a modell alapforráskönyve hosszú távon nagyjából a hivatkozott modell dinamikáját követi, mivel a TFP felzárkózási folyamata alapvetően meghatározza a hosszabb távú növekedési trendeket a gazdaságban.

A hosszú távú vezérlők harmadik eleme, a klíma hatása mindössze két paraméterben jelentkezik: a klíma hatása a TFP-re, valamint a klíma hatása az infrastrukturális beruházásokra. Az előbbi kapcsolat paraméterezésének alapja Dell et al. (2008) tanulmánya, amely a hőmérséklet és a csapadékmennyiség változásának hatását vizsgálja a gazdasági növekedés ütemére. A szegény országokra szignifikáns negatív hatást mutattak ki a hőmérséklet tekintetében, míg a gazdag országok esetében inkább a csapadékmennyiség minősült szignifikánsnak. Számos regressziós eredmény alapján megállapíthatjuk, hogy a csapadékmennyiség 100 milliliterrel történő emel-

⁴ A bayesi szemléletű statisztikai módszerekről lásd Hunyadi (2011), Kehl–Várpalotai (2013). A DSGE-modellek bayesi becsléséről ad áttekintést például Herbst–Schorfheide (2016).

kedése körülbelül 0,1 százalékponttal csökkenti a gazdaság növekedési ütemét. Ezek alapján kalibráljuk a modellt megfelelő paraméterre. A klímaváltozás másik paramétere, az infrastruktúrára gyakorolt hatás számszerűsítéséhez nem állnak rendelkezésre szakirodalmi adatok, így ennek használatától a jelen modellfuttatások esetén eltekintettünk (értékét 0-ra állítottuk). Alkalmasság adatok felhasználásával természetesen becsülhető a paraméter értéke, ez azonban további kutatást igényel. Megfontolandó, hogy a kutatásnak egy későbbi szakaszában a klímaváltozást komplexebb módon szerepeltessük a modellben, ami kifejezné azt is, hogy a gazdaság hosszú távon számol a klímaváltozással (például: megújuló energiák, energiatakarékosság stb.). A modell jelenlegi változatában a klímaváltozást megjelenítő sokkhatások véletlen, a gazdasági szereplők által később igazolt sokként jelennek meg. Lehetséges ugyanakkor egy olyan kiterjesztés, amelyben ezek a sokkhatások előre ismertek a szereplők számára, azokkal számolnak és döntéseiket ennek fényében hozzák meg. Jelen keretek között ennek vizsgálatától eltekintünk, ugyanakkor egy későbbi fázisban reális lehet ilyen jellegű forgatókönyvek vizsgálata is.

A klíma mint hosszú távú vezérlő megjelenése a modellben azt is igényli, hogy exogén adatsor álljon rendelkezésre a klímát leíró változók egy csoportjáról. Jelen modell építéskor és futtatásakor nem voltak olyan megbízható adatok, amelyek egy összetettebb klímaindex használatát lehetővé tették volna, így a modell futtatása során a csapadékmennyiségre korlátozzuk az elemzést. A NATÉR-ből ismert az éves csapadékmennyiség előrejelzése, amelyet a modell fel tud használni vezérlőként, és a korábban jelzett paraméterezés mellett ez az adat befolyásolhatja a gazdaság dinamikáját.

Az 1. ábra mutatja az előreszámított éves csapadékmennyiséget, valamint ennek Hodrick–Prescott-szűrővel⁵ szűrt értékét. A szűrésre azért van szükség, mert a nyers előrejelzésben szereplő éles ingadozások az előreszámított gazdasági idősorokban az intuícióval és a gazdasági dinamikára jellemző perzisztenciával ellentmondó ingadozásokat eredményeznének. Az ábra tanúsága szerint azonban a trendszűrés a csapadékmennyiség változásának főbb trendjét változatlanul hagyja.

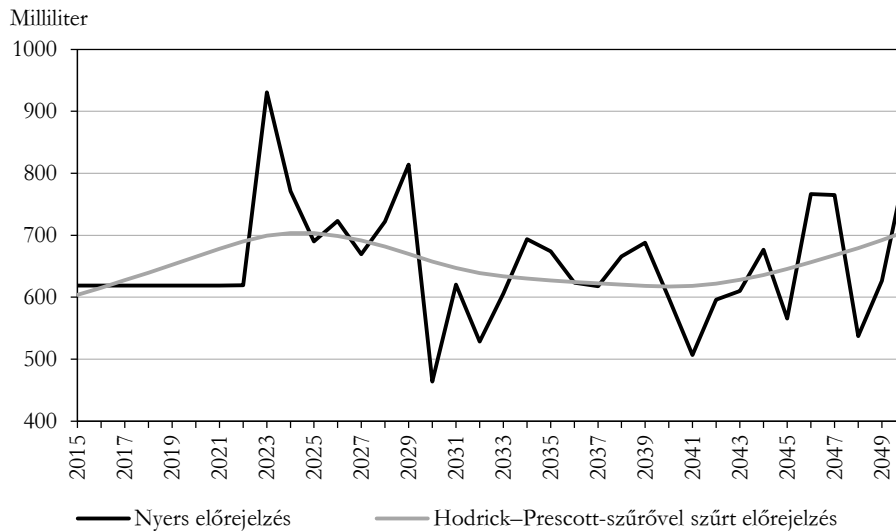
⁵ A Hodrick–Prescott-szűrő egy trendszámítási eljárás, amely egy idősorból a trendet (s_t) oly módon szűri ki, hogy a T megfigyelésből álló idősor tényleges és trendértékeinek az eltéréseit ($y_t - s_t$), valamint a trend meredek-

ségének a változását egyszerre kívánja minimalizálni:
$$\min_{s_t} \left\{ \sum_{t=1}^T (y_t - s_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} [(s_{t+1} - s_t) - (s_t - s_{t-1})]^2 \right\}$$

(Hodrick–Prescott 1997). Az első szummának az a szerepe, hogy a trend illeszkedjen a megfigyelt adatokhoz, míg a második szumma értéke annál kisebb, minél simább a trend, azaz minél egyenletesebb a növekedés üteme t és $t+1$ időpont között. A két szempont egymáshoz viszonyított fontosságát mutatja a λ paraméter: ha csak az első szumma lenne ($\lambda = 0$), akkor a trend megegyezne a tényadatokkal, míg ha csak a második részt tekintenénk (λ a végtelenhez közelít), akkor a trend teljesen lineáris lenne (Hosszú et al. 2015).

1. ábra

Előreszámított éves átlagos csapadékmennyiség
Forecast average annual precipitation (ml): raw data (black line)
and Hodrick–Prescott filtered data (gray line)



A hosszú távú vezérlők második eleme a demográfiai trendeket építi be a gazdasági folyamatok háttérébe. A klímához hasonlóan ez az elem is exogén és a NATÉR más blokkjából rendelkezésre áll a munkaképes korú, valamint a nem munkaképes korú népességre vonatkozó előrejelzés. Ezek az értékek a foglalkoztatási ráta exogén adottsága mellett meghatározzák az inaktivitási rátát, valamint a foglalkoztatottságot, amelyek a modell dinamikáját vezetik.

Eredmények

Az ismertetett modell futtatása azt jelenti, hogy a DSGE-modell, valamint a hosszú távú vezérlők adott paraméterezése, továbbá néhány expliciten megadott exogén idősor (klímaindex, munkaképes korú népesség, nem munkaképes korú népesség, foglalkoztatási ráta) mellett a modell megadja az endogén változók értékeit a futtatási időhorizonton, amely esetünkben a 2015 és 2050 közötti időszakot jelenti.

Amennyiben a kalibrált és a becsült DSGE-modell paraméterezését fixnek is vesszük, a hosszú távú vezérlők paraméterezése és az exogén idősorok beállítása meglehetősen nagy szabadságfokot ad a modell felhasználójának arra, hogy különböző forgatókönyvek mellett vizsgálja az endogén változók lefutását. A következőkben két ilyen forgatókönyvet mutatunk be. Az első, alappályának nevezett forgató-

könyv a DSGE-modell adott paraméterezése mellett a hosszú távú vezérlők paraméterezéséhez a korábbi pontokban bemutatott értékeket használja fel, nem számol a klímaváltozás hatásával (a klímaindex minden időszakban egységesen 1), a foglalkoztatási rátát egységesen a 2014-ben megfigyelt 60%-os értéken állítja be, továbbá a munkaképes és nem munkaképes korú népességre vonatkozó adatokat a NATÉR demográfiai előreszámításából veszi át. A foglalkoztatási ráta és a munkaképes korú népesség szorzataként adódik a foglalkoztatottak száma, amely a DSGE-modell exogén sokkhatását adja. Az eredeti előreszámítások alapján adódó sokkhatások részben a népesség-előreszámítások ötéves időközönként történő megadása (és a köztes időszakokra történő interpolálás) miatt meglehetősen zajosak, ezért az eredeti népességidősorokat Hodrick–Prescott-szűrővel simítottuk, hogy ezt a zajosságot elkerüljük.

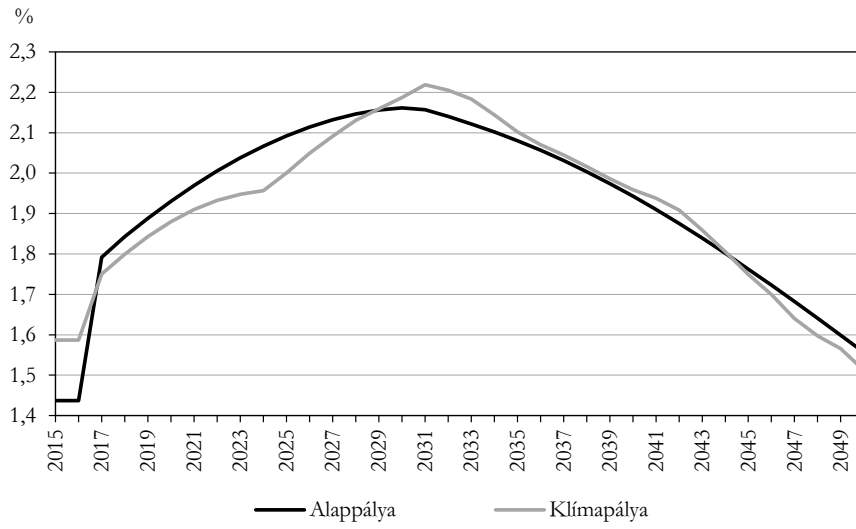
A második, klímapályának nevezett forgatókönyv mindössze abban különbözik az alappályától, hogy a klímaváltozás hatását a NATÉR rendelkezésre álló klíma- (csapadék-) adatok alapján bekapcsoljuk a modellbe, egészen pontosan a csapadékmennyiség változása és a TFP közötti kapcsolatot élővé tesszük azáltal, hogy a klímaindex esetén az alappálya egységnyi értékeit a tényleges előreszámítás Hodrick–Prescott-szűrővel szűrt értékeivel helyettesítjük, amelyeket az 1. ábrán mutattunk be. Érdeemes lehet az ismertetett kettőnél több forgatókönyvet is vizsgálni, különös tekintettel az extrém esetekre (például extrém mértékű csapadék, árvíz vagy szárazság). A kutatás más blokkjai azonban nem szolgáltatnak inputadatokat arra vonatkozóan, hogy mit tekinthetünk extrém értéknek, ezért az ilyen forgatókönyvek kidolgozása további kutatómunkát igényelne.

A futtatások során kiderült, hogy a klímapálya és az alappálya között viszonylag kicsi a különbség, a klímaindex egyébként számottevő változása kismértékben tevődött át a modell növekedési rátáira, így a szintbeli változók esetén viszonylag kis eltéréseket mértünk. A továbbiakban három fontosabb változó – a GDP növekedési rátája, a technológiai szint és a tőkeállomány – növekedési rátája esetén hasonlítjuk össze a két pályát.

A 2. ábra mutatja a GDP növekedési rátájának alakulását az alappálya és a klímapálya mentén. Az ábrán jól látható, hogy az alappálya egy fordított U-alakú pályát ad a GDP növekedésére, amelyet alapvetően a hosszú távú vezérlők közül a TFP-re felírt felzárkózási dinamika határoz meg. A vizsgált időszak közepén, 2030 körül éri el a növekedés a legnagyobb értékét valamivel 2% fölött, majd az időszak végére 1,5%-ra csökken. A klímapályán nagyjából ugyanez a tendencia figyelhető meg, minimális eltéréssel: az időszak elején a növekedés alatta marad az alappálya növekedésének, ami a növekvő csapadékmennyiséggel magyarázható. Az előreszámítási horizont felétől a két pálya gyakorlatilag együtt halad.

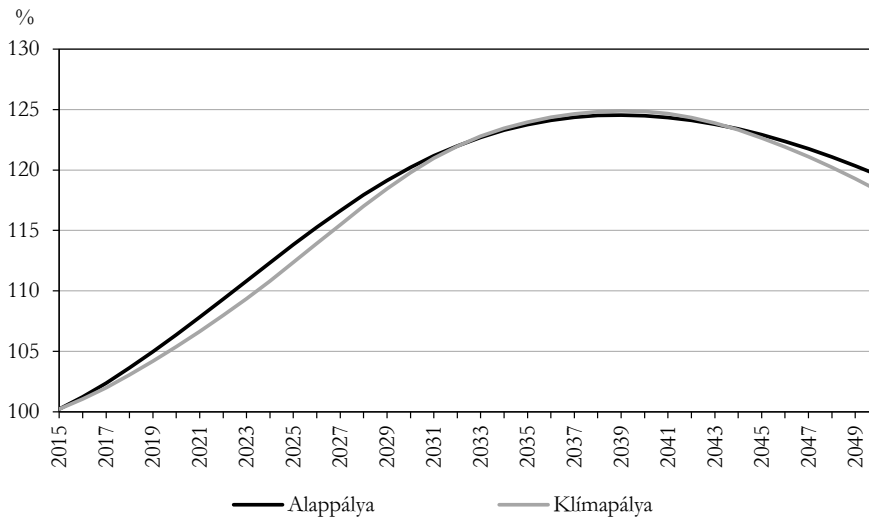
2. ábra

A GDP előreszámított növekedési rátájának alakulása
 GDP growth rates according to the base scenario (black line)
 and the climate scenario (gray line)



3. ábra

Az előreszámított technológiai szint alakulása a 2015. évi szint százalékában
 Technology levels according to the base scenario (black line)
 and the climate scenario (gray line)

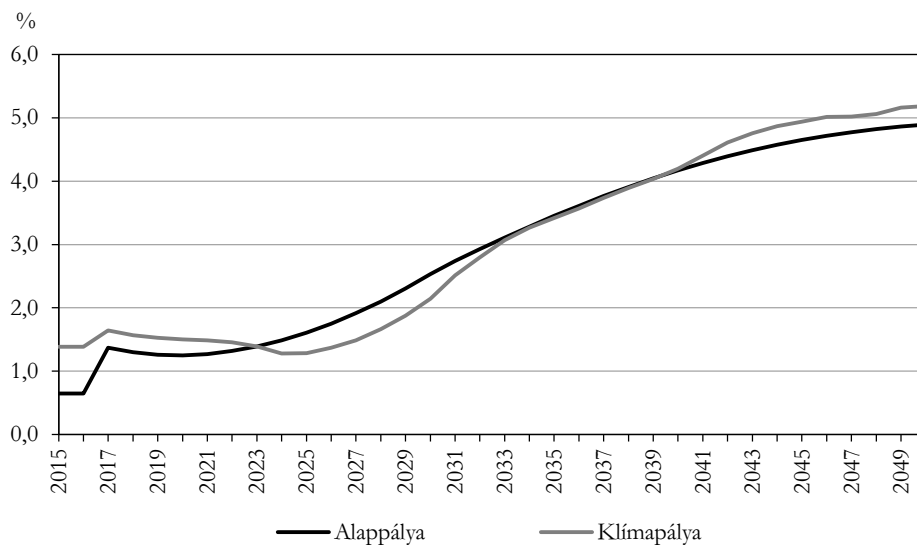


Hasonlóan a GDP növekedési üteméhez, a 3. ábra mutatja a technológiai szint alakulását a két pálya mentén. Az ábra gyakorlatilag alátámasztja a GDP növekedésével kapcsolatos megállapításokat, mivel hosszú távon a technológia (TFP) vezeti a GDP szintjét. Az időszak első felében figyelhető meg technológiai lemaradás a klímapálya mentén, később azonban a technológia felzárkózik. A jellegzetes fordított U-alakú kapcsolat a technológiában ebben az esetben is a felzárkózási pályával függ össze.

A tőkeállomány alakulásának vizsgálata tulajdonképpen a beruházási ráták különbségét tükrözi (4. ábra). A tőkeállomány dinamikája abban tér el a GDP és a technológia alakulásától, hogy növekedési üteme egyre nagyobb az előrejelzett időszakban és annak vége felé lassul. Az első évtizedben a tőkeállomány gyorsabban bővül a klímapályán, ezt követően azonban az alappálya, majd az időszak végén ismét a klímapálya biztosít nagyobb növekedési ütemet.

4. ábra

A tőkeállomány előreszámított növekedési üteme
Capital stock growth rates according to the base scenario (black line)
and the climate scenario (gray line)



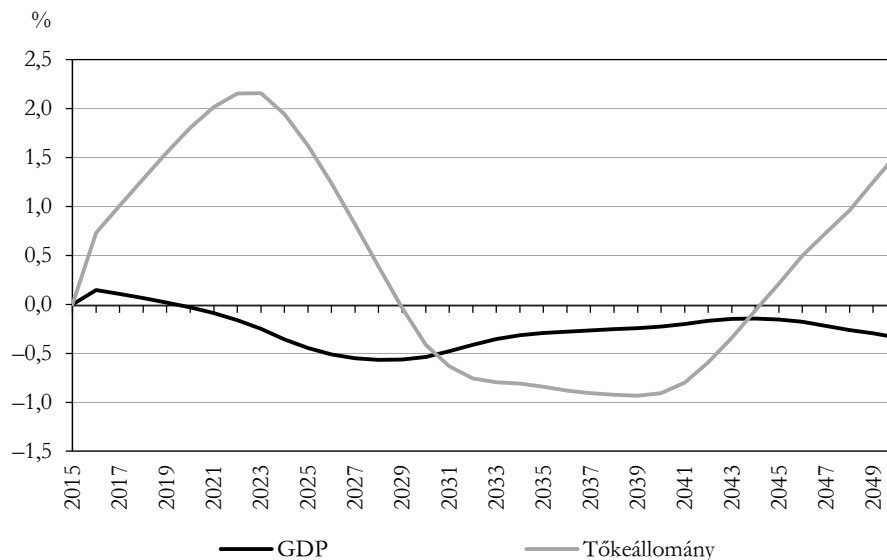
Végül azt vizsgáljuk, hogy a GDP és a tőkeállomány növekedési rátáiban a klímapálya és az alappálya közötti eltérések mennyiben változtatják meg hosszabb távon e változók szintjeit. Az 5. ábra a GDP és a tőkeállomány növekedési ütemének a klímapálya és az alappálya közötti százalékos eltérését mutatja. A GDP növekedési üteme a klímapálya esetében – az első néhány évet leszámítva – (átlagosan 0,25%-kal) alacsonyabb az alappályáénál. A tőkeállomány növekedési ütemében

ennél nagyobbak az eltérések, és azok trendje is kevésbé egyértelmű. Az időszak elején a klímapálya esetében magasabbak, és eltérésük a 2%-ot is meghaladja. Az időszak közepén és második felében azonban csökken a két pálya ütemkülönbsége, sőt kismértékben ugyan, de az egy időre negatívba is fordul. Az időhorizont végén ugyanakkor ismét a klímapályán magasabb a tőkeállomány növekedési üteme.

5. ábra

A GDP és a tőkeállomány előrejelzett növekedési ütemének a klímapálya és az alappálya közötti relatív eltérése

Relative deviation between the climate scenario and the base scenario with respect to the GDP and the capital stock



Összességében tehát az állapítható meg, hogy a klíma hatásának bekapcsolása a modellbe azt vonta maga után, hogy a GDP növekedési üteme alacsonyabb szintű pályát fut be, a tipikusan magasabb csapadékszintek a gazdasági teljesítményt visszafogják, ezzel párhuzamosan ugyanakkor jellemzően a tőkeállomány nagyobb mértékű növekedése figyelhető meg, ami értelmezhető úgy is, hogy a klíma hatására csökkenő termelékenység – egyfajta helyettesítési hatásként – a tőkeállomány nagyobb mértékű gyarapítása képes kompenzálni.

A makroszintű előrejelzés regionális felbontása és a paraméterek becslése

A területi dezaggregálás célja, hogy a nemzeti szinten rendelkezésre álló információt átalakítsa egy részletesebb területi felbontásra (a megyei szintre). A regionalizáláshoz

egyszerűsített faktormodellt alkalmazunk.⁶ Azt feltételezzük, hogy a nemzeti szintű változók a megyei szintű változók közös faktora, és a faktorsúlyok (loadings) meghatározzák azt, hogy a megyei szintű változók milyen mértékben mozognak együtt a nemzeti szintű változóval. A múltbeli adatokon megfigyelt együttmozgás szabályai a jövőbeli területi trendek előrejelzésének adják alapját.

Megalapozottan feltételezhetjük azt, hogy ha területi idősorokból kiszűrünk közös faktorokat, akkor ezek (vagy legalább a variancia legnagyobb részét magyarázó első közös faktor) megfeleltethetők a nemzeti szintű, aggregált folyamatoknak, hiszen hatásuk minden térségben érvényesül (Owyang et al. 2009). Ezen túl természetesen jelentős mértékű területi heterogenitás maradhat a közös faktor(ok) által meg nem magyarázott részben.

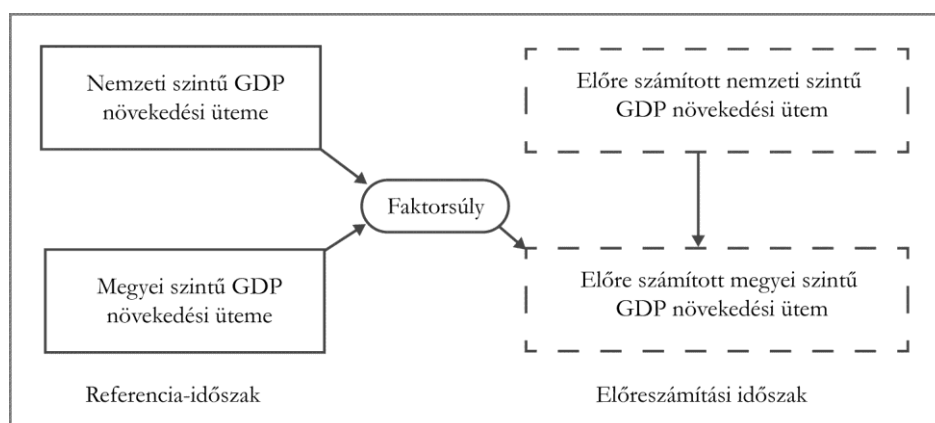
A faktormodellre az előrejelzés regionális skálázásában a következőképpen tekintünk. Rendelkezésünkre áll a nemzeti szinten előrejelzett változó (GDP) idősora az előrejelzési időszakra vonatkozóan. Ezen kívül a referencia-időszakban adottak az előrejelzendő változók megyei szintű idősorai is. Azt feltételezzük, hogy a nemzeti szinten előrejelzett országos GDP idősora a referencia-időszak megyei szintű GDP idősorának a közös faktora, amely változó mértékben mozoghat együtt a nemzeti szintű idősorral.

A regionális skálázás során a faktormodellben egy fordított irányú gondolkodásra van szükség, ugyanis nem a nemzeti szintű idősorokat jelezzük előre, hanem a nemzeti szintű idősor alapján, a megyei faktorsúlyok segítségével becsüljük meg a megyei szintű, előrejelzett idősorokat.

6. ábra

A megyei szintű GDP béta-előrejelzésének logikai vázlata

The methodology of county-level GDP forecast according to the beta method



⁶ A faktormodell regionális dezaggregálásban történő alkalmazásáról lásd például Rapach és Strauss (2012), Lehman és Wohlrabe (2012), illetve Kopoin és szerzőtársai (2013) munkáit.

E becslések előállításához szükségünk van faktorsúlyok meghatározására, amit regressziós módszerrel végzünk el. Eszerint a megyei GDP növekedési ütemének faktorsúlya (béta-paramétere) azt mutatja meg, hogy milyen mértékben mozog együtt a megyei változó a nemzeti szintű változóval (Rapach–Strauss 2012). A becslült faktorsúly segítségével a modellből megkaphatjuk a megyei szintű, előrejelzett idősorokat.

Megyei szinten három idősort jelzünk előre: a kibocsátást (GDP), a foglalkoztatást és a fogyasztást, illetve ezek növekedési rátáit. A GDP-re leírt előrejelző modellt használjuk a fogyasztás megyei szintű előrejelzése során is, és a skálázáshoz használt faktorsúlyoknál a GDP-re készített becslések eredményeit vesszük figyelembe, a kutatás jelenlegi fázisában nem változtatunk azokon. Amennyiben növekedési ráták előrejelzéséről van szó, ez az álláspont védhető, hiszen ismert, hogy jelentős mértékű korreláció van a vizsgált változók között. A foglalkoztatás esetében – a foglalkoztatási ráták alapján – egy alternatív modellt becslünk.

A GDP és a fogyasztás paramétereinek becslése

A GDP és a fogyasztás növekedési rátáihoz tartozó megyei szintű paramétereket a nemzeti szintű GDP növekedési rátája alapján becsljük meg.

A megyei éves GDP-adatokat a KSH STADAT-tábláiból gyűjtöttük ki a 2001 és a 2013 közötti időszakra vonatkozóan. Mivel ezek folyó áras GDP-adatok, át kellett számítani őket változatlan áras adatokra. Ehhez a Magyar Nemzeti Bank DELPHI-modelljének az adatbázisából (2015 júniusi változat) származó árindexet használtunk. Ennek alapján a 2005. év árszintjét vettük egységnyinek, tehát a GDP-értékeket a 2005. évi árakra számítottuk át, majd ezekből határoztuk meg a növekedési rátákat.

A becslült modell a következő:

$$dy_{i,t} = a_i + \beta_i dy_{HU,t} + \varepsilon_i \quad (1)$$

ahol $dy_{i,t}$ a megyei szintű GDP növekedési üteme, $dy_{HU,t}$ az országos szintű GDP növekedési üteme, $\varepsilon_{i,t}$ pedig a becslés hibatagja.

A t -edik időszakig rendelkezésünkre álló információk alapján készített béta-előrejelzés a $t+h$ -adik időszakra vonatkozóan a következőképpen írható fel:

$$\Delta y_{i,t+h}^{h,\beta} = \hat{a}_{i,t} + \beta_{i,t} \Delta y_{HU,t+h}^h \quad (2)$$

ahol $\hat{a}_{i,t}$ és $\beta_{i,t}$ a megfelelő regressziós paramétereknek a legkisebb négyzetek módszerével (OLS) becslült értékei, a kalappal jelölt változók pedig az előző egyenlet megfelelő változóinak előrejelzett értékei.

1. táblázat

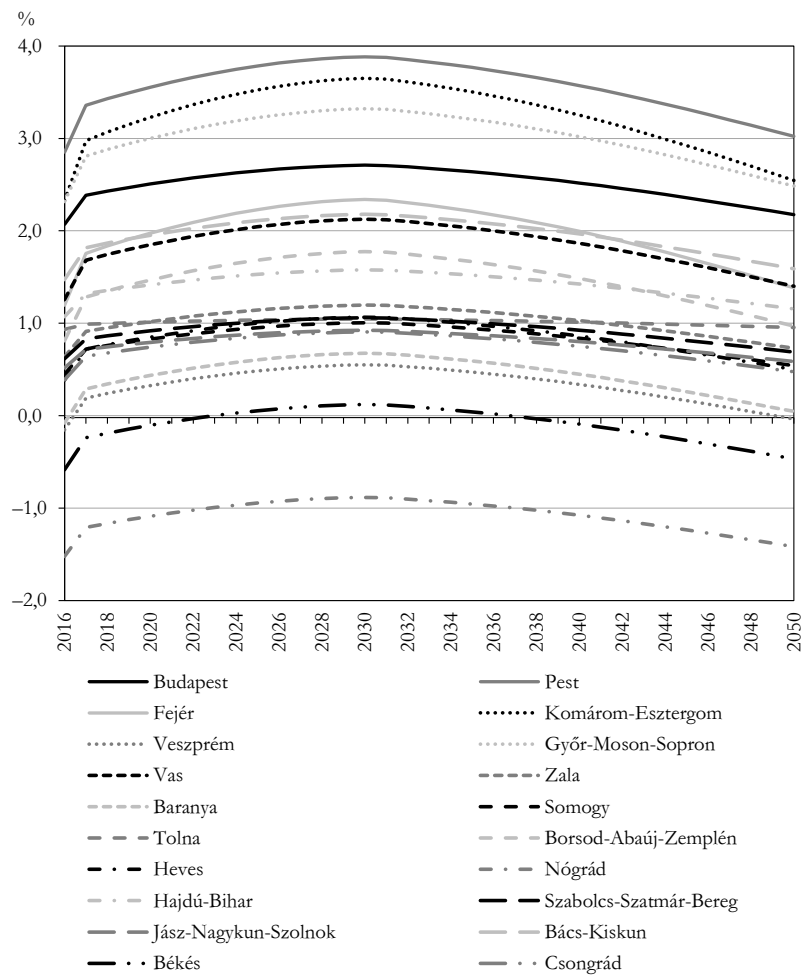
A kétváltozós regresszió megyénkénti eredményei
The results of the two-variable regressions at county level

Paraméter	Budapest	Pest	Fejér	Komárom- Esztergom	Veszprém
α_i	0,008008	0,008034	-0,01074	-0,003	-0,01549
p -érték	0,333341	0,582239	0,491776	0,884715	0,172929
β_i	0,883569	1,42474	1,578827	1,827762	0,972064
p -érték	0,003182	0,006064	0,004793	0,010952	0,010067
F	14,867509	12,011462	13,009166	9,708191	10,019564
szign.	0,003182	0,006064	0,004793	0,010952	0,010067
R^2	0,597869	0,545691	0,565391	0,492597	0,500489
Paraméter	Győr-Moson- Sopron	Vas	Zala	Baranya	Somogy
α_i	0,003315	-0,00464	-0,00472	-0,01575	-0,00656
p -érték	0,839641	0,800623	0,770984	0,005121	0,376063
β_i	1,382719	1,19846	0,772265	1,041788	0,768808
p -érték	0,013856	0,044092	0,123716	1,05E-05	0,003879
F	8,868254	5,299929	2,825145	65,753099	13,949222
szign.	0,013856	0,044092	0,123716	0,000011	0,003879
R^2	0,470009	0,346402	0,220282	0,867992	0,582449
Paraméter	Tolna	Borsod-Abaúj- Zemplén	Heves	Nógrád	Hajdú-Bihar
α_i	0,007152	-0,01101	-0,00962	-0,02787	0,000717
p -érték	0,496356	0,306348	0,27137	0,011405	0,922065
β_i	0,15316	1,330796	0,938442	0,880719	0,69641
p -érték	0,614564	0,001182	0,002937	0,007254	0,007364
F	0,270114	20,055971	15,248345	11,283052	11,223129
szign.	0,614564	0,001182	0,002937	0,007254	0,007364
R^2	0,026301	0,667287	0,603934	0,530143	0,528816
Paraméter	Jász-Nagykun- Szolnok	Szabolcs- Szatmár-Bereg	Bács-Kiskun	Békés	Csongrád
α_i	-0,002608	-0,00284	0,000714	-0,01982	-0,00635
p -érték	0,859222	0,701943	0,948057	0,07071	0,430759
β_i	0,610582	0,558504	0,974815	0,973091	0,71319
p -érték	0,173686	0,023643	0,010563	0,006615	0,010013
F	2,145728	7,109095	9,841058	11,654512	10,039446
szign.	0,173686	0,023643	0,010563	0,006615	0,010013
R^2	0,176665	0,415516	0,495595	0,538202	0,500984

A becslés eredményei Zala, Tolna és Jász-Nagykun-Szolnok megyében nem bizonyultak szignifikánsnak, ugyanakkor Vas megyében a paraméter csak 5%-os szinten szignifikáns. Tekintettel arra, hogy a megyei becslések döntő többségében megfelelő szignifikanciaszinteket kaptunk, a becslési módszer egységességét minden megye esetén meghagytuk. A becslött paraméterek alapján minden megyére előrejeleztük a GDP növekedési rátáit. Ezeket a 7. ábra mutatja be.

7. ábra

A GDP előrejelezett növekedési rátái megyénként
Forecast GDP growth rates at county level



A GDP millió forintban mért értékeit a növekedési ráták alapján, a 2013-as indulóév adataiból tudjuk előrejelezni. Mivel a modell csak 2016-tól szolgáltat növekedé-

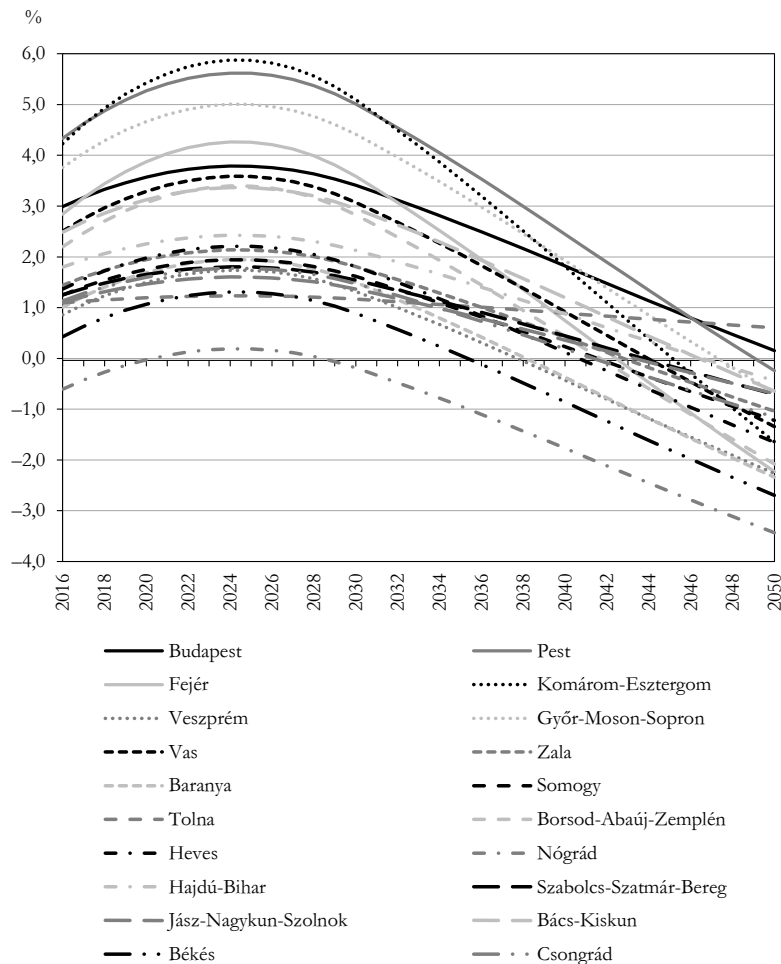
si ütemet, ezért a 2014–2016. évi GDP-értékeket a 2016. évi megyei szintű növekedési ráták alapján becsültük meg.

A szintértékek kiszámításánál ügyelni kellett arra, hogy a megyei szinten előrejelzett értékek összege megfeleljen a makromodell által szolgáltatott országos értéknek. Amennyiben eltérés volt a kettő között, a megyei értékeket skáláztuk át.

A fogyasztás növekedési ütemét a kétváltozós regresszió paraméterei alapján jeleztük előre megyei szinten, és az eredményeket a 8. ábrán mutatjuk be.

8. ábra

A fogyasztás előrejelzett növekedési üteme megyénként
Forecast consumption growth rates at county level



A fogyasztás milliárd forintban kifejezett értékét KSH-adatok alapján becsültük meg (KSH 2014). A GDP-hez hasonlóan ebben az esetben is 2013. évi adatok álltak

rendelkezésünkre, de csak regionális bontásban. A KSH által közölt egy főre jutó regionális fogyasztási értékeket a megyei népességgel szorozva kaptuk meg a megyénkénti fogyasztások értékét. Az országostól való eltérésük esetén szintén a megyei adatokat skáláztuk át.

A foglalkoztatás paramétereinek becslése

A foglalkoztatás becslésénél nem az előző modell által adott paramétereket használtuk. Erre azért volt szükség, mert néhány megyében nagyon erős trend mutatkozott az egyenletekben, ami eltérítette az adatokat, ugyanakkor nincs a modellünkben olyan strukturális összefüggés, amelybe a megyei bontást visszacsatolhatnánk. Az országos és a megyei idősorok együttmozgására építő logikát azonban meghagytuk, és a megyei szintű foglalkoztatási rátákra becsültük meg azok együttmozgását az országos GDP-vel és az országos foglalkoztatási rátával. Az így becsült regresszió alapján a foglalkoztatási ráták megyei szinten előreszámíthatóak, majd a demográfiai modellblokkból rendelkezésre álló népesség-előreszámítások alapján a megyei foglalkoztatási adatok származtathatóak e ráták alapján. A megyénkénti becsléshez használt modell a következő:

$$dFR_{i,t} = a_i + b_1 dy_{HU,t} + b_2 dFR_t + \varepsilon_{i,t}, \quad (3)$$

ahol $dFR_{i,t}$ a megyei szintű foglalkoztatási ráta növekedési üteme, dFR_t az országos foglalkoztatási ráta növekedési üteme, a többi változó és paraméter pedig a korábbi modellekkel analóg módon értelmezhető. A (3) egyenlet becslése során az egyes megyékre a 2. táblázatban szereplő paraméterértékeket kaptuk.

2. táblázat

A foglalkoztatás megyénkénti paramétereinek a becsült értékei
Estimated parameters of employment regression at county level

Paraméter	Budapest	Pest	Fejér	Komárom-Esztergom	Veszprém
a_i	-0,000273	-0,002115	-0,003879	-0,004371	-0,005758
p -érték	0,961419	0,428335	0,585938	0,512398	0,267262
b_1	0,133997	0,104308	0,099051	0,403839	0,102475
p -érték	0,436877	0,213990	0,650341	0,066778	0,267262
b_2	0,633762	0,781059	1,246462	0,642354	1,264839
p -érték	0,037261	0,000074	0,003894	0,069829	0,000303
F	4,640284	27,272029	8,826413	6,815320	17,932715
$szign.$	0,034572	0,000054	0,005167	0,011872	0,000345
R^2	0,457609	0,832174	0,616094	0,553402	0,765285

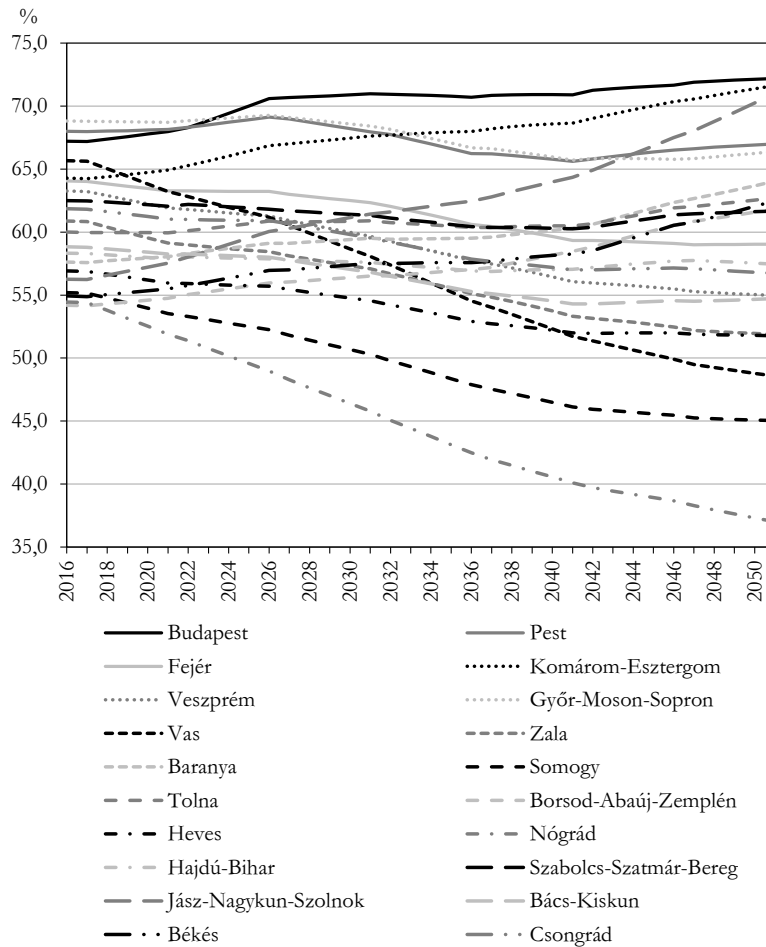
(Folytatás a következő oldalon.)

(Folytatás.)

Paraméter	Győr-Moson-Sopron	Vas	Zala	Baranya	Somogy
a_i	0,000878	-0,008420	-0,011395	0,010561	0,001602
p -érték	0,899733	0,306844	0,252035	0,523985	0,880648
b_1	-0,069980	0,001945	0,377565	-0,397065	-0,379765
p -érték	0,744384	0,993722	0,219298	0,438011	0,261085
b_2	0,900420	1,468510	0,658527	0,719183	1,522726
p -érték	0,021785	0,003088	0,186144	0,385033	0,013249
F	3,887207	8,489504	3,071690	0,525726	4,346301
$szign.$	0,052849	0,005889	0,087122	0,605262	0,040644
R^2	0,414096	0,606848	0,358353	0,087247	0,441415
Paraméter	Tolna	Borsod-Abaúj-Zemplén	Heves	Nógrád	Hajdú-Bihar
a_i	0,002339	0,004341	-0,003716	-0,003205	-0,003258
p -érték	0,822099	0,482782	0,519855	0,756727	0,623411
b_1	-0,041664	-0,027068	0,044379	-0,409975	0,160308
p -érték	0,896266	0,885563	0,801029	0,213212	0,436092
b_2	1,119080	1,059850	1,128966	2,616573	1,166272
p -érték	0,048006	0,004322	0,001831	0,000279	0,003825
F	2,815587	7,392587	10,439307	14,055612	9,728844
$szign.$	0,102940	0,009228	0,002873	0,000933	0,003693
R^2	0,338591	0,573398	0,654941	0,718751	0,638843
Paraméter	Jász-Nagykun-Szolnok	Szabolcs-Szatmár-Bereg	Bács-Kiskun	Békés	Csongrád
a_i	0,003037	0,013089	0,001345	0,005604	-0,000405
p -érték	0,694168	0,072386	0,798771	0,366750	0,971977
b_1	-0,150169	-0,314437	-0,169777	-0,095361	-0,108448
p -érték	0,529586	0,148836	0,306440	0,612722	0,760517
b_2	1,810728	1,437397	0,748440	0,538696	1,213121
p -érték	0,000504	0,001055	0,013580	0,095013	0,052826
F	12,800748	9,726852	4,312035	1,694503	2,537855
$szign.$	0,001344	0,003695	0,041430	0,228292	0,124086
R^2	0,699466	0,638796	0,439464	0,235527	0,315738

9. ábra

Az előrejelzett foglalkoztatási ráták megyénként
Projected Employment Rates by Counties



Összegzés

A NATÉR egy meglehetősen komplex célt tűzött ki a klímaváltozás gazdasági-társadalmi hatásainak időben és térben való megjelenítésével, ezért a tanulmányban bemutatott gazdasági modellblokk csupán első lépésnek tekinthető abba az irányba, hogy a térbeli és az időbeli visszacsatolások a klímaváltozás esetében komplex módon kezelhetőek legyenek. A gazdasági előreszámítások, forgatókönyvek pusztán gazdasági vetületeiről viszonylag standard módszertan áll rendelkezésre – ezt követjük a DSGE-modell építésénél, valamint a hosszú távú vezérlők közül a TFP és a

demográfia kapcsán. Természetesen ebben a dimenzióban is még további lényeges kiegészítések, finomítások szükségesek.

A modell igazi kihívása azonban a klímaváltozás modellezése, valamint ezzel együtt a NATÉR más blokkjaival (földhasználat, demográfia) történő összekapcsolás. Jelen modell a demográfiát és a klímaváltozást exogén elemnek tekinti, a földhasználatot pedig nem tartalmazza. Alapvetően két irányban találtunk továbbfejlesztési lehetőségeket: egyrészt a klímaváltozás komplexebb modellezésében, másrészt a földhasználat és a demográfiával kapcsolatos visszacsatolások esetében. Jelen modellben a klímaindex mindössze két ponton kapcsolódik be a gazdasági hatásokba: egyrészt a TFP-re gyakorolt hatáson, másrészt az infrastrukturális beruházásokon keresztül. A hatásmechanizmus ennél komplexebb, megjelenítése ugyanakkor értelemszerűen a modell komplexitásának növekedésével is járna.

A demográfiai és a földhasználati modellekkel való kapcsolat egyes visszacsatolások beépítésével bővíthető. A mezőgazdaság különválasztásával a földhasználat fontos termelési tényezőként jelenhet meg a modellben, és közvetlenül a klímahatások belépési pontja lehet, de akár – a föld mint termelési tényező rendelkezésre álló mennyiségén és minőségén keresztül – áttételesen is kifejezhető a klímaváltozás hatása. A demográfia kapcsán fontos visszacsatolás a vándorlási egyenlegek szerepe, amely a gazdasági változók (reáljövedelem, bérek stb.) függvényében alakul, ugyanakkor a vándorlási egyenlegek a munkaerő-kínálat befolyásolásán keresztül visszahatnak a gazdasági tevékenység szerkezetére.

A továbbfejlesztési irányok között egy további fontos elem is megjelenik. A jelen modell regionális (megyei) dimenziója egy egyszerű statisztikai összefüggésen alapul, ami semmiféle strukturális összefüggést nem feltételez az egyes régiók között. Egy lehetséges, ám igen komplex továbbfejlesztési lehetősége lehet a modellnek, ha nem országos szintű makromodellt építünk, hanem megyei szintű modelleket, amelyek a migráción, a kereskedelmen és a áramláson keresztül állnak kapcsolatban egymással.

Általánosságban megjegyezhető, hogy valamennyi esetben, amikor a klímahatás komplexebbé tételét sürgetjük, egyben azt is rögzítenünk kell, hogy újabb és újabb paraméterek kerülnek be a modellbe, amelyek valamilyen módon az egyes gazdasági változók rugalmasságát mérik egyes klímaváltozókra. Minél több ilyen paraméter szerepel a modellben, annál nagyobb kihívást jelent a számszerűsítésük: nehezen találhatóak hozzájuk korábbi kutatások, adatok és kidolgozott módszertanok.

Összegezve tehát, bár a modell számos továbbfejlesztési lehetőséget kínál, kifejezetten a klímaváltozás irányába történő lépések azonban jelentős empirikus és elméleti kihívásokat is felvetnek a jövőben.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány elkészítését az EGT Alapok támogatták (EEA-C12-11). A „Magyarország hosszú távú társadalmi és gazdasági fejlődési pályájának előrejelzése” című projekt izlandi, liechtensteini és norvégiai támogatásból valósult meg.

IRODALOM

- CHATEAU, J.–DELLINK, R.–LANZI, E.–MAGNE, B. (2012): *Long-Term Economic Growth and Environmental Pressure: Reference Scenarios For Future Global Projections* Working Party on Climate, Investment and Development, ENV/EPOC/WPCID(2012)6 OECD, Washington.
- CHRISTIANO, L. J.–EICHENBAUM, M.–EVANS, C. L. (2005): Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy *Journal of Political Economy* 113 (1): 1–45.
- CONACA, K.–DABELKO, G. D. (eds.) (2015): *Green Planet Blues—Critical Perspectives on Global Environmental Politics* Westview Press, Boulder, Colorado.
- CZIRFUSZ, M.–HOYK, E.–SUVÁK, A. (szerk.) (2015): *Klíímaváltozás – társadalom – gazdaság: Hosszú távú területi folyamatok és trendek Magyarországon* Publikon Kiadó, Pécs.
- DELL, M.–JONES, B. F.–OLKEN, B.A. (2008): *Climate Change and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century* NBER Working Paper Series, WP14132, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- DUSEK, T.–KISS, J. P. (2008): A regionális GDP értelmezésének és használatának problémái *Területi Statisztika* 48 (3): 264–280.
- HERBST, E. P.–SCHORFHEIDE, F. (2016): *Bayesian estimation of DSGE models* Princeton University Press, Princeton, NJ.
- HODRICK, R. J.–PRESCOTT, E. C. (1997): Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation *Journal of Money, Credit and Banking* 29 (1): 1–16.
- HOSSZÚ, ZS.–KÖRMENDI, GY.–MÉRŐ, B. (2015): Egy- és többváltozós szűrők a hitelrés alakulásának meghatározására *MNB-tanulmányok* 118. Magyar Nemzeti Bank, Budapest.
- HUNYADI, L. (2011): Bayesi gondolkodás a statisztikában *Statisztikai Szemle* 89 (10-11): 1150–1171.
- ILO (2011): *Estimates and projections of the economically active population: 1990-2020* (6th Ed.), ILO.
- IPCC (2000): *Special Report on Emission Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2007): *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* IPCC, Geneva, Switzerland.
- JÁROSI, P.–KOIKE, A.–THISSEN, M.–VARGA, A. (2009): *Regionális fejlesztéspolitikai elemzés térbeli számítható általános egyensúlyi modellel: A GMR-Magyarország SCGE-modellje* PTE KTK KRTI Műhelytanulmányok 2009/4., PTE KTK KRTI, Pécs.
- KARÁDI, P. (szerk.) (2009): *Gazdaságciklus-modellek újragondolása – konferencia az MNB-ben* *MNB Szemle* 4 (3): 26–38.
- KEHL, D.–VÁRPALOTAI, V. (2013): A modern bayesi elemzések eszköztára és alkalmazása *Statisztikai Szemle* 91 (10): 971–992.
- KOPOIN, A.–MORAN, K.–PARÉ, J-P. (2013): Forecasting regional GDP with factor models: How useful are national and international data? *Economics Letters* 121 (2): 267–270.

- LEHMAN, R.–WOHLRABE, K. (2012): *Forecasting GDP at the Regional Level with Many Predictors* CESIFO WORKING PAPER NO. 3956, CESifo Group Munich.
- LUCAS, R. E. JR. (1976): Econometric policy evaluation: a critique In: BRUNNER, K.–MELTZER, A. *The Phillips Curve and Labor Markets* pp. 19–46., Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy 1. American Elsevier, New York.
- MEADOWS, D. H.–MEADOWS, G.–RANDERS, J.–BEHRENS III., W. W. (1972): *The Limits to Growth Universe Books*, New York.
- OWYANG, M. T.–RAPACH, D. E.–WALL, H. J. (2009): States and the business cycle *Journal of Urban Economics* 65 (2): 181–194.
- RAPACH, D. E.–STRAUSS, J. K. (2012): Forecasting US state-level employment growth: An amalgamation approach *International Journal of Forecasting* 28 (2): 315–327.
- RAPPAI, G. (2010): A statisztikai modellezés filozófiája *Statisztikai Szemle* 88 (2): 121–140.
- SMETS, F.–WOUTERS, R. (2003): An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area *Journal of the European Economic Association* 5 (9): 1123–1175.

INTERNETES HIVATKOZÁSOK

- FARKAS, J.–KIRÁLY, G.–KOÓS, B.–LENNERT, J.–SEBESTYÉN, T.–TAGAI, G.–ZSIBÓK, ZS. (2015): Magyarország hosszú távú társadalmi és gazdasági fejlődési pályájának előrejelzése WP3 Társadalmi-gazdasági folyamatok modellezése 2050-ig. D3.8. Elemzés a modellezés eredményeiről http://nater.rkk.hu/wp-content/uploads/2015/07/D3-8_Osszefoglalo-a-modellezes-eredmenyeirol_teljes.pdf (letöltve: 2017. január)
- HORVÁTH, Á.–HORVÁTH, Á.–KRUSPER, B.–VÁRNAI, T.–VÁRPALOTAI, V. (2010): A DELPHI modell <http://www.mktudegy.hu/files/DELPHImodellVarpalotaiViktor.pdf> (letöltve: 2017. január)
- KOVÁCS, A. D. (2015): A klímamodellezés nemzetközi eredményei MTA KRTK RKI, Pécs. http://nater.rkk.hu/wp-content/uploads/2015/10/D2_1_klimamodellezes_nemzetkozi_eredmenyei.pdf (letöltve: 2017. január)
- KSH (2014): A háztartások életszínvonala KSH, Budapest. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/hazteletszinv/hazteletszinv.pdf> (letöltve: 2017. január)
- PALÓCZ, É.–VAKHAL, P. (2014): Alapozó előtanulmány a makrogazdasági és költségvetési előrejelzési módszertanokról a Költségvetési Tanács számára Kopint-Tárki Zrt., Budapest <http://www.parlament.hu/documents/126660/239875/Modell-v%C3%A1zlat+Kopint-T%C3%A1rki.pdf/ae94a305-e1f1-4ef1-8ee8-ed9df4a86f9c> (letöltve: 2017. január)
- SZÁZADVÉG (2014): Középtávú makrogazdasági, költségvetési (államháztartási) előrejelző modell - Módszertani előtanulmány Századvég Gazdaságkutató Zrt., Budapest. http://www.parlament.hu/documents/126660/239875/KKM_el%C5%91tanulm%C3%A1ny_KT_SzGK_20141031+Sz%C3%A1zadv%C3%A9g.pdf/b4697d83-1b98-4189-90a3-823ad954e17a (letöltve: 2017. január)
- UZZOLI, A. (2015): A klímamodellek felhasználása a társadalmi-gazdasági alkalmazkodásban MTA KRTK RKI., Pécs. http://nater.rkk.hu/wp-content/uploads/2015/07/D2.3_Klimamodellek-a-tars_gazd_ban.pdf (letöltve: 2017. január)