

# A GMR-MAGYARORSZÁG GAZDASÁGI HATÁSELEMZŐ MODELL TFP BLOKKJA<sup>1</sup>

VARGA ATTILA – FARKAS RICHÁRD

*Regionális Innováció- és Vállalkozáskutatási Központ, PTE KTK*

Tanulmányunkban a GMR-Magyarország gazdasági hatáselemző modell TFP (termelékenységi) blokkját mutattuk be. A blokk a GMR modellekben központi szerepet tölt be, hiszen a tudásalapú gazdaságfejlesztés kulcs szakpolitikai változóinak (kutatás-fejlesztés, humán tőke támogatások, vállalkozás, tudáshálózati bekapcsoltság) termelékenységi hatásait vizsgálja. Ezek a termelékenységi hatások kerülnek be a GMR modell többi blokkjába, hogy a beavatkozások várható regionális és a nemzeti szintű gazdasági eredményeit megbecsüljék. Ismertetjük a modell blokk szerkezetét, az azt alkotó szimuláltan szabadalmi és termelékenységi egyenletek szerepét a modell blokkban, az egyenletek ökonometriai becslését és kalibrálását, valamint megvizsgáljuk az egyenletek illeszkedését, továbbá a TFP blokk viselkedését mint a policy szimulációk révén.

*Kulcsszavak:* hatáselemzés, gazdasági növekedés, GMR modellek, regionális fejlesztés. *JEL kódok:* C63, L26, M13, O10, R58

## 1 Bevezetés

A Földrajzi, Makro és Regionális (GMR) hatáselemzési modellek központi eleme a termelékenységi hatásokat kiszámító Teljes Tényező Termelékenységi (TFP) modell blokk (Varga 2016). A tudásalapú fejlesztéseket célzó szakpolitikák támogatására szolgáló instrumentumok (a humán tőke, a kutatás-fejlesztés, az innovációs hálózatok és a vállalkozási ökoszisztémák támogatásai) a TFP blokkban fejtik ki hatásukat a termelékenységre, majd ezek a hatások adódnak tovább a modellek regionális és makrogazdasági blokkjai felé, hogy kiszámítható legyen a gazdasági hatások (mint a GDP, vagy a foglalkoztatottság változásai) regionális és országos szinteken. Nem járunk messze az igazságtól, ha úgy fogalmazzunk, hogy a GMR modellek gyökere a tudástermelési függvényeken alapuló TFP részmodell (Varga 2020).

A TFP blokk egy hatáselemző modell része, ezért meg kell felelnie több követelménynek:

1. Az egyenleteknek régió-specifikusnak kell lenniük, hogy a szakpolitikai beavatkozások régió-specifikus hatásokat mutassanak.
2. Kell, hogy legyen a modellnek egy alappályája, melyhez a szakpolitikai szimulációk eredményeit viszonyítjuk. Az alappályája a szakpolitikai beavatkozások nélküli állapot, mely igen jó közelítéssel a megfigyelt adatokat

---

<sup>1</sup>Beérkezett 2020. október 31. E-mail: [varga.attila@ktk.pte.hu](mailto:varga.attila@ktk.pte.hu).

adja vissza a modell lefutása után. A szakpolitikai beavatkozások hatásait mindig ezen alappálya értékeihez viszonyítjuk.

A TFP blokkban két szimultán egyenlet szerepel: az innovációk létrejöttét becsülő szabadalmi egyenlet és a termelékenységet magyarázó TFP egyenlet. Amennyiben a cél pusztán az lenne, hogy a mintában tapasztalható átlagosan érvényes kapcsolatokról szerezzünk tudomást az egyenletek bal oldali és a jobb oldali változói között, hagyományos ökonometriai becslési módszerek felhasználásával megoldhatnánk a problémát. Mivel azonban a két egyenlet egy hatáselemző modell része, ezért további lépéseket kell tennünk, hogy gondoskodjunk a régió-specifikus paraméterek meglétéről és egy alappálya megalkotásáról. Az első célt az interakciós változók és egy illeszkedési optimum kereső algoritmus felhasználásával végzett régió-specifikus paraméter-kalibrálás, a másodikat pedig az adatokra illesztett trendek segítségével teremtjük meg. Tanulmányunkban lépésről lépésre bemutatjuk a TFP blokkban használt egyenletek becslési és kalibrálási folyamatait, továbbá a modell elfogadhatóságának ellenőrzése céljából végzett illeszkedési és érzékenységi vizsgálatokat és a szakpolitikai szimulációkat.

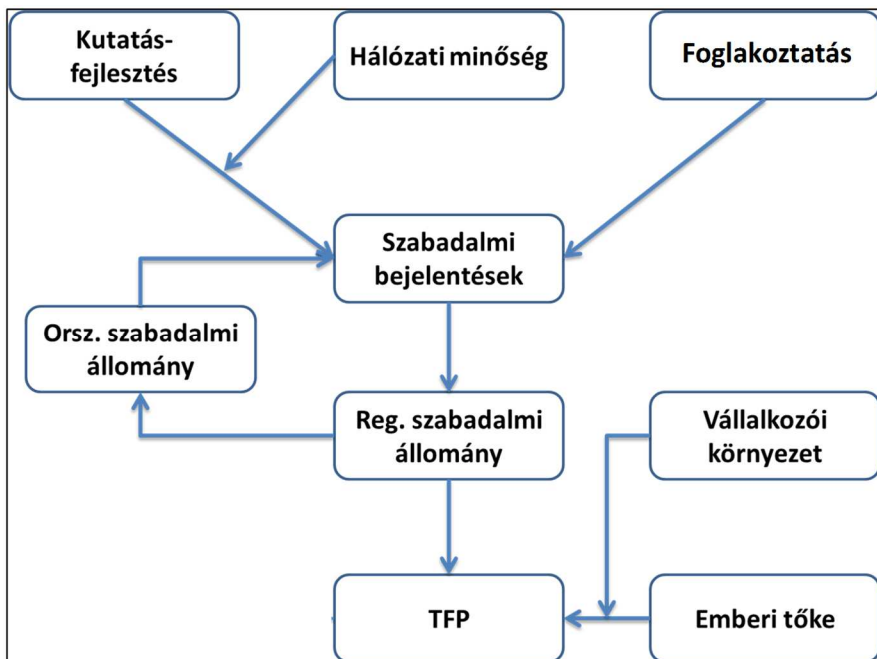
A tanulmány következő fejezete a TFP blokk szerkezetét, a harmadik fejezet a teljes tényező termelékenység becslését és a kapott értékek elemzését, a negyedik a TFP blokkban szereplő egyenletek becslését, kalibrálását, illeszkedés- és érzékenységvizsgálatait tartalmazza, az ötödik fejezetben pedig minta szakpolitikai hatáselemzéseket végzünk a modell viselkedésének megismerése céljából. Összegzés zárja a tanulmányt.

## 2 A TFP blokk szerkezete

A GMR-Magyarország modell<sup>2</sup> TFP részmodelljének alapja egy szimultán egyenletrendszer ökonometriai becslése, mely a megfelelő policy változók függvényében meghatározza a regionális szintű TFP értékek nagyságát. Ez a blokk alkalmas a fejlesztéspolitikai beavatkozások modellrendszerbe építésére is. A meghatározódó TFP értékek szolgálnak inputként – megteremtve a két blokk összeköttetését – a GMR-Magyarország modell SCGE (térbeli számítható általános egyensúlyi) részmodellje számára. Ez utóbbi modell blokk feladata egy térbeli általános egyensúly kialakítása, tulajdonképpen a regionális egyensúlyi értékek (pl. GDP, foglalkoztatottság, tényező jövedelmek) meghatározása minden régió minden szektorának esetében.

---

<sup>2</sup>A GMR-Magyarország modell részletes technikai bemutatását Varga et al. (2020b) jelentésében tanulmányozhatja az érdeklődő olvasó.



1. ábra. A TFP részmodell sematikus struktúrája

Az 1. ábra a TFP részmodell struktúráját hivatott bemutatni sematikus formában. A középpontban a TFP értékek meghatározódása áll, azoknak főként az innovációs és vállalkozói tevékenységgel való kapcsolatában. A TFP blokk bázisa egy tudástermelési-függvény alapú megközelítés, ahol az új tudást a szabadalmi bejelentések száma hivatott mérni. Az új tudás előállítása az ahhoz kapcsolódó termelési tényezőktől függ. A modellbe fő indikátorként a kutatás-fejlesztési kiadások, valamint a rendelkezésre álló tudás mennyisége kerültek, melyek közül utóbbit a nemzeti szabadalmi állomány változója méri. További elemként jelenik meg a kutatói hálózatok minősége. A Sebestyén, Varga (2013) által kidolgozott ENQ-index<sup>3</sup> az interregionális hálózatok minőségét, a nemzetközi beágyazottságot méri. Megközelítésük szerint egy jobb kutatói hálózattal rendelkező régió ugyanazon input mennyisége mellett is több tudást képes előállítani a hálózati hatásoknak köszönhetően.

Az innovációs tevékenység így közvetlenül hat a TFP-re, a regionális szabadalmi állományokon keresztül. A tudástermelési megközelítés mellett további három faktort is figyelembe veszünk, melyek hatással vannak a termelési tevékenységre, miközben alkalmasak a regionális különbségek megragadására. A régió méretével (foglalkoztatottság) az agglomerációs externthatásokat igyekeztünk a modellbe beépíteni, mely közvetett módon ugyan, de pozitívan hat

<sup>3</sup>Az ENQ-index a következő formulával adható meg:  $ENQ^i = \sum_{d=1}^{N-1} W_d LS_d^i KP_d^i$ , ahol  $i$  a vizsgált csúcs indexét jelöli,  $d$  a hálózatbeli távolság,  $N$  a hálózat mérete,  $W$  egy súlyfaktor, míg  $LS$  a lokális struktúrára,  $KP$  pedig a tudáspotenciálra számított érték (bővebben lásd: Sebestyén-Varga (2013)).

a regionális TFP értékére. A regionális humántőke állomány szintén hatással van a régió termelékenységére. Ugyanakkor a humántőke nem csak önmagában képes hatást gyakorolni: harmadik tényezőként került a TFP meghatározói közé a Szerb et al. (2018) által kifejlesztett REDI-index, mely a vállalkozói környezet minőségének mérésére szolgál. Kiindulópontunk szerint a fejlettebb vállalkozói környezet a humántőkében rejlő tudás új vállalkozásokba való erőteljesebb kiáramlásának bázisán nagyobb termelékenységet eredményez (Acs et al. 2008).

### 3 Teljes tényező termelékenység a magyarországi megyékben

A teljes tényező termelékenység meghatározására több módszert is javasol a szakirodalom, bár konszenzus abban a tekintetben, hogy melyik módszer képes ennek a lehető legpontosabb meghatározására, ezidáig nem született (Van Beveren 2007).

Jelen modell a TFP értékeket egy Cobb-Douglas típusú termelési függvény alapján számszerűsíti:

$$Y_{i,t} = A_{i,t} K_{i,t}^{1-\alpha} L_{i,t}^{\alpha}, \quad (1)$$

ahol  $Y$  a regionális GDP,  $K$  a regionális tőkeállomány,  $L$  a regionális foglalkoztatottság,  $\alpha$  a munka parciális termelési rugalmassága,  $i$  a régióindex,  $t$  pedig az időindex. A részmodell szempontjából a termelési függvény talán legfontosabb változója az  $A$ -val jelölt TFP, a függvény technológiai változója. Az (1) összefüggés segítségével a regionális TFP értékek a különböző évekre meghatározhatók, amennyiben a Solow-maradékok számításait elvégezzük:

$$A_{i,t} = \frac{Y_{i,t}}{K_{i,t}^{1-\alpha} L_{i,t}^{\alpha}}. \quad (2)$$

A (2) formula értelmében a regionális TFP nagyságok meghatározásához a regionális GDP, foglalkoztatottság, tőke, valamint a tőke és/vagy a munka parciális termelési rugalmasságára van szükség (mivel a két rugalmasság összege eggyel kerül közelítésre, így az egyik kiszámítása azonnal determinálja a másik elaszticitás nagyságát).

A változók, illetve a számításhoz szükséges adatok forrásai a Központi Statisztikai Hivatal Stadat táblái voltak, melyek leírását az 1. táblázat tartalmazza (az adattáblák neve előtt látható legfeljebb 4 osztályú, ponttal elválasztott azonosító a STADAT tábla KSH által megadott táblázatának azonosítója).

A fenti adatok esetében csak a foglalkoztatottságot volt módunkban nyers formában használni a TFP meghatározásához, a többi esetben korrekciókra és módosításokra volt szükség. A számítások megkezdése előtt az azonos árak alkalmazásának céljából a megyei GDP adatokat a fogyasztói árindex, míg a beruházások nagyságát a beruházási árindex segítségével 2000-es árakra konvertáltuk.

A legtöbb számítást a megyei tőkeállomány kalkulációja igényelte, hiszen erre vonatkozóan nem állnak rendelkezésre statisztikák. Schalk, Varga (2004) tanulmányát követve a beruházási adatokból 2001 és 2005 között meghatározásra kerültek a megyei beruházási növekedési ráták, melyeket a beruházások megyénkénti növekedési ütemének a 2001–2005-ös időszakon megfigyelt értékei átlagával közelítettük. Ennek felhasználásával 2005-re meghatároztuk a regionális becsült tőkeállományok számított nagyságát<sup>4</sup>. Az így előálló 2005. évi regionális tőkeállományok összege adja a számított országos tőkeállomány nagyságát. A számított regionális tőkeállományt minden régió esetében elosztottuk a számított országos tőkeállomány nagyságával, mely megadta a tőkeállomány országon belüli számított megoszlását a 2005. évre. Ez a művelet sor azért volt szükséges, mert a tőkeállomány közelítésére vonatkozó statisztika csak országos szinten érhető el, így technikai úton, az országos adatsor dezaggregálásával tudtunk megyei tőkeállomány adatokat előállítani. A 2005-ös országos nettó állóeszközállományt (forrás: KSH, lásd 1. táblázat) a számított megoszlási mutatók szerint leosztottuk, ezzel megkapva az induló regionális tőkeállományok nagyságait.

Változó	KSH adattábla
GDP	6.3.1.1. Bruttó hazai termék (GDP) (2000–) [piaci beszerzési áron, millió Ft] 3.6.1. A fogyasztóiár-index (1985–) [előző év = 100,0%]
Foglalkoztatottság	6.2.1.3. A foglalkoztatottak száma (2000–) [ezer fő]
Munka parciális termelési rugalmassága	2.2.1.1. Az összes háztartás adatai jövedelmi tizedek (decilisek), régiók és a települések típusa szerint
Tőkeállomány	3.1.34. A nettó állóeszköz-állomány értéke (1995–) [folyó áron, milliárd Ft] 6.3.3.1. Beruházások teljesítményértéke anyagi-műszaki összetétel szerint (2008–) [millió Ft] 3.6.23. Beruházásiár-index anyagi-műszaki összetétel szerint (1991–)

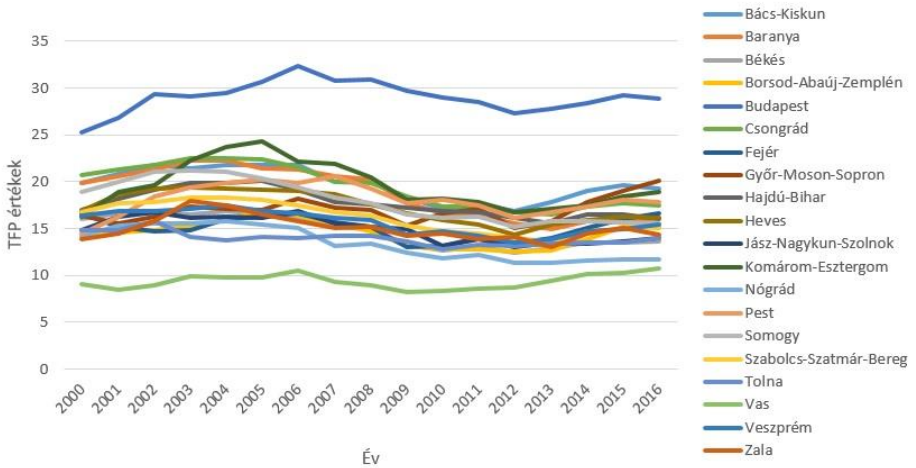
1. táblázat. A TFP értékek számításához tartozó változók és adatforrásaik

Az induló regionális tőkeállományok meghatározása után ( $K_{2005,r}$ ) a megyei tőkeállományok idősorának számítása PIM módszerrel történt (Hall – Jones, 2009): 2005-től amortizálva, majd a beruházásokat hozzáadva a meglévő tőkeállományhoz, míg 2000-ig „visszafelé”, a beruházásokat levonva, és az amortizációt hozzáadva a megelőző évek regionális tőkeállományaihoz, megyénként. Az amortizáció nagyságát az állóeszköz-felhasználás nettó állóeszköz-állományhoz való viszonyításából nyertük minden évre vonatkozóan.

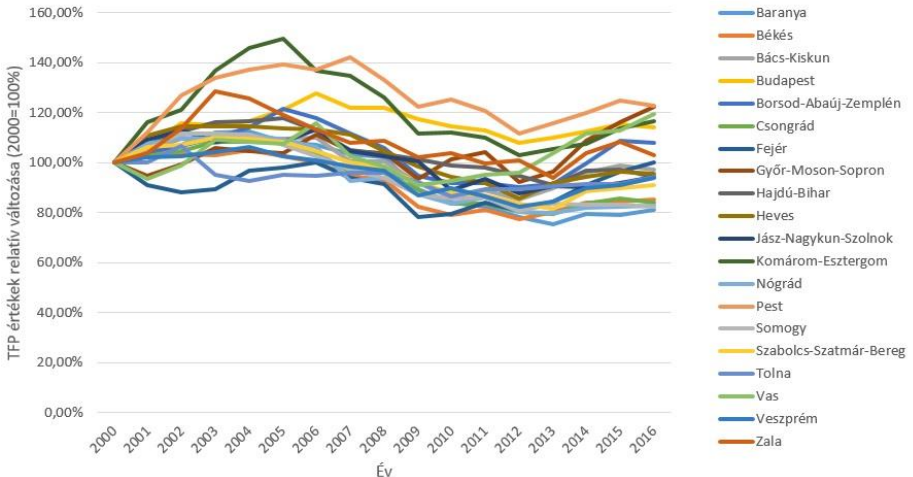
A munka parciális termelési rugalmassága, mely az (1) kifejezésben az  $\alpha$  jelölést kapta, a jövedelmek GDP-n belüli évenkénti arányából adódik. Minden évre kiszámítottuk, hogy a jövedelmek mekkora részarányt képviselnek a GDP-n belül, majd vettük az így képzett idősor átlagát. Az értékek használatához azt az elméleti megközelítést vettük alapul, miszerint versenyzői

<sup>4</sup>A regionális tőkeállomány 2005-ös értékének meghatározásához szintén Schalk, Varga (2004) útmutatását követve a formula a következőképp adható meg:  $\frac{I_{2005,r}}{g_r+d}$ , ahol a szám-láló az  $r$ -edik régió beruházása,  $g_r$  az  $r$ -edik régió növekedési üteme, míg  $d$  a tőke amor-tizációja, melyet külön számítással határoztunk meg, lásd a későbbiekben.

piacokon a munka és a tőke parciális termelési rugalmasságai közelítőleg megegyeznek azok jövedelmen belüli részesedésével (Bessenyei, 2007). Az előállított változók segítségével a (2) összefüggést felhasználva kiszámítottuk a Solow-maradékok regionális értékeit, melyek egyúttal a regionális TFP értékek is.



2. ábra. Regionális TFP értékek



3. ábra. Relatív regionális TFP értékek

A 2. és 3. ábra tartalmazza a számított TFP értékeit regionális szinten. Míg a 2. ábra az abszolút nagyságokat mutatja be, addig a 3. ábra az értékek relatív változását szemlélteti bázisként a 2000-es évet használva. Jól látható

a fővárosi régió vezető szerepe a termelékenységben, továbbá a hagyományosan fejlettebbnek tekintett régiók, mint például Komárom-Esztergom vagy Pest megye, melyek szintén a magasabb TFP-vel rendelkező régiók között foglalnak helyet. A várakozásoknak megfelelően alacsonyabb termelékenységgel rendelkeznek a jellemzően fejletlenebb régiók közé sorolt megyék, mint például Borsod-Abaúj-Zemplén vagy Nógrád megye. Az egymáshoz való viszonyításon túlmenően mind a 2., mind a 3. ábra jól érzékelteti a 2008-2009-es világgazdasági válság hatását. Az addig érezhető növekedés a TFP-ben lassuló ütemet vesz a válság kezdeti éveiben, majd azután csökkenő tendenciát kezd mutatni minden régió esetében.

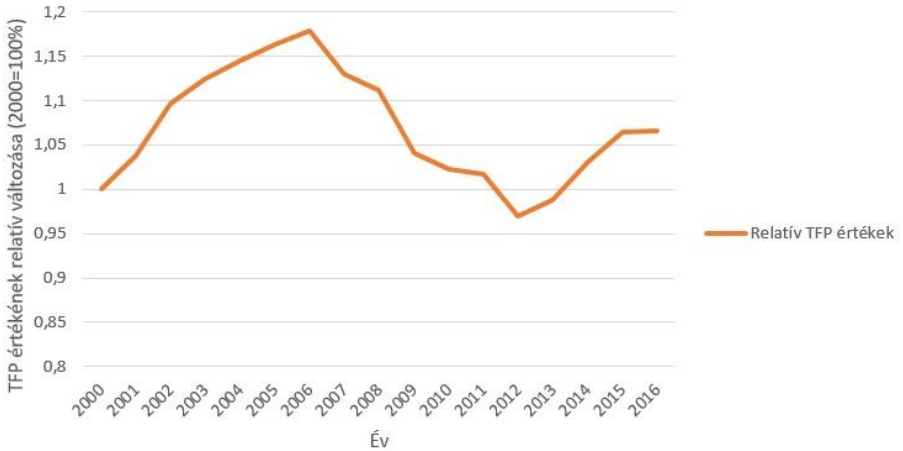
A 2. táblázat jól szemlélteti a régiók közötti viszonyokat, mely egy sorrendet állít fel a regionális TFP értékek átlaga alapján. Itt is kiemelkedik Budapest vezető szerepe, ugyanakkor a főváros és a fejlettebb régiók mellett foglalnak helyet azok a megyék, melyek székhelyei tipikusan egyetemvárosok, így azok várhatóan az innovációs tevékenységben is jeleskednek. Baranya és Csongrád megye mellett megjelenik Somogy is ebben a körben. Valamelyest meglepő lehet, hogy Vas megye az utolsó helyre szorult, annak ellenére, hogy nem sorolható a fejletlenebb régiók közé.

A 4. ábra a TFP értékek országos alakulását mutatja, ahol a termelékenységet a regionális TFP értékek súlyozott átlagával közelítettük<sup>5</sup>. Itt is jól érzékelhetők a fentebb jelzett tendenciák, ugyanakkor az is elmondható, hogy az eredmények konzisztensnek tekinthetők mind Obláth (2014), mind Kónya (2015) megelőző, országos szintű vizsgálatainak eredményeivel.

Pozíció	Régió	Átlagos TFP érték
1	Budapest	29,02150050
2	Bács-Kiskun	19,70137443
3	Komárom-Esztergom	19,53177890
4	Csongrád	19,49460680
5	Baranya	18,72792385
6	Pest	18,09549023
7	Somogy	17,94268652
8	Hajdú-Bihar	17,66164408
9	Heves	17,29876678
10	Győr-Moson-Sopron	17,00549376
11	Szabolcs-Szatmár-Bereg	16,14181789
12	Veszprém	15,63250880
13	Fejér	15,07359249
14	Zala	15,03313397
15	Jász-Nagykun-Szolnok	14,91692924
16	Békés	14,70949787
17	Borsod-Abaúj-Zemplén	14,48543844
18	Tolna	13,94260114
19	Nógrád	13,39136243
20	Vas	9,34689751

2. táblázat. A régiók között kialakuló sorrend a regionális TFP értékek időbeli átlagának alapján

<sup>5</sup>A súlyok a régió méretére igyekeznek reflektálni, és a régió GDP-jének országos GDP-n belüli részarányából származnak.



4. ábra. Az országos relatív TFP értékek alakulása

## 4 A TFP blokk egyenletei

### 4.1 Az egyenletek ökonometriai becslése

A TFP részmodell 1. ábrában vázolt hatásmechanizmusának feltárása egy szimultán egyenletrendszer ökonometriai becslésével indul. Ennek eredményei szolgáltatnak inputot a modellblokk kalibrációs eljárásához, mely szintén a regionális különbségek megragadását segíti elő. Az így előálló regionális szintű egyenletrendszerek segítségével végezhető el a regionális TFP-t meghatározó faktorokban beálló változások hatáselemzései.

A TFP részmodell két egyenletre épül, melyek:

$$\begin{aligned} \text{Regionális szabadalmak száma} &= \\ &= f(\text{nemzeti szabadalmi állomány}, K+F \text{ kiadások}, ENQ, \text{munkaerő}) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{Regionális TFP} = f(\text{humántőke}, REDI, \text{regionális szabadalmi állomány}) \quad (4)$$

A (3) és (4) összefüggés között a kapcsolatot explicit módon a tudástermelés teremti meg. Az első egyenlet a régióként évente létrejövő szabadalmakat adja meg, mely tulajdonképpen a tudástermelési összefüggés reprezentálódása. Az új tudás hatással van a TFP értékekre, hiszen az új technológiák a termelékenység növekedését indukálják. Ennek hatását transzferálja közvetlenül a regionális szabadalmi állomány változója a TFP-be, mely mellett megjelennek addicionális hatásként az agglomerációs externhatások, valamint a humántőke termelékenységben betöltött szerepe.



A két egyenlet a következő formulákat követi:

$$\begin{aligned} Patent_{i,t} = & \beta_0 + \beta_1 RD_{i,t-1} + \beta_2 RD_{i,t-1} * ENQ_{i,t-1} + \beta_3 PatStock_{i,t-1} + \\ & + \beta_4 EMP_{i,t-1} + \beta_5 SoDum_{i,t} + \beta_6 SzaDum_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} TFP_{i,t} = & \beta_0 + \beta_1 HumCap_{i,t-1} + \beta_2 HumCap_{i,t-1} * REDI_{i,t-1} + \\ & + \beta_3 RegPatStock_{i,t-1} + \beta_4 BpPeDum_{i,t} + \\ & + \beta_5 RegPatStock_{i,t-1} * BpPeDum_{i,t-1} + \\ & + \beta_6 KeDum_{i,t} + \beta_7 VaDum_{i,t} + \vartheta_{i,t} \end{aligned} \quad (6)$$

A (5) és (6) összefüggés mindegyike tartalmaz a standard regressziós változókon felül interakciós tagokat is. A (5) egyenlet esetében a szorzat azt hivatott vizsgálni, hogy a kutatói hálózat minősége miképpen befolyásolja a K+F kiadások felhasználásának hatékonyságát. Hasonlóan, a (6) regresszióban pedig annak megfigyelését célozza, hogy a vállalkozói környezet miképpen járul hozzá a humántőke állományának hasznosulásához.

Ökonometriai becslések tekintetében a módszertan jellemzően azt tanácsolja, hogy interakciós változó alkalmazása során célszerű nem csupán a szorzatot, hanem annak mindkét tagját önálló tagként is szerepeltetni a regressziós egyenletben. Vannak esetek, amikor ezektől el lehet, illetve célszerű eltérni. Ilyen többek között, amikor az egyik változó zérus értéke speciális abban az értelemben, hogy ekkor független az interaktáló másik változótól (Nelder 1998). E feltétel mindkét összefüggés esetén érvényesül. Elsőként, amikor a K+F kiadások nagysága zérus, akkor az annak hatását erősítő ENQ-val való kapcsolata megszűnik. Hasonló logika mentén, a humántőke állomány, annak zérus nagysága mellett a REDI értékével nem kerül kapcsolatba. Nelder (1998) bemutatja, hogy ilyen esetben a (5) és (6) összefüggéshez hasonlóan alkalmazható az interakció a regresszióban, csak az egyik főhatás megjelenítése mellett.

Az egyenlet többi tagját tekintve  $\varepsilon$  a szabadalmi egyenlet, míg  $\vartheta$  a TFP egyenlet hibatagja,  $i$  a régiók,  $t$  pedig az idő indexe. A TFP részmodell alapvetően a fenti két egyenletre épül, működését is ezek struktúrája határozza meg.

Az 1. táblázatban összegzett adatok előkészítése után az (5) és (6) egyenletek ökonometriai becslését végezzük el, melynek eredményét a 4. táblázat szemlélteti. A szabadalmi egyenletet a 2001-2011-es időszakra, a TFP egyenletet pedig a 2000-2013 periódusra becsültük, 20 magyarországi régióra (19 megye és Budapest). A jobb oldalon szereplő változók (a dummy változókat kivéve) a tudástermelési vizsgálatokban hagyományosan alkalmazott időbeli (esetünkben egyéves) késleltetésekkel szerepelnek.

A becslési eredmények a várakozásokat tükrözik: a kutatás-fejlesztési kiadások, az országos szabadalmi állomány és az agglomerációs hatások proxiként szereplő foglalkoztatottság pozitív és szignifikáns kapcsolatban van a szabadalmak számával, a humán tőke és a regionális szabadalmi állomány

pedig pozitív és szignifikáns kapcsolatban áll a TFP-vel. A kutatás-fejlesztési kiadások hatásait erősíti a régiók európai kutatási együttműködésekől származó tudáshoz való hozzáférés mértéke, a humán tőke hatását pedig felnagytja a régió vállalkozási rendszerének fejlettsége. Az egyenletek illeszkedése (figyelembe véve, hogy panel adatokon történt a becslés) kifejezetten jó. A dummy változók az egyenletek által becsült átlagos szabadalmi és TFP kapcsolatokról eltérő összefüggéseket mutató megyékre kontrollálnak. A regionális szabadalmi állomány Budapesten erősebb kapcsolatban áll a TFP-vel, mint a többi megyében.

Jelölés	Változó leírása
Patent	Szabadalmak száma régióként az OECD PatStat adatbázisa alapján
RD	Regionális kutatás-fejlesztési (K+F) kiadások, 2000-es reálértékre konvertálva, forrás: KSH
ENQ	Az ENQ index az EU Keretprogramokban való részvételből a régiók által kinyerhető tudást méri. NUTS2-es szintű ENQ értékek, hozzárendelve a megfelelő megyékhez, így képezve a regionális NUTS3-as szintű ENQ értékeket.
PatStock	Nemzeti szabadalmi állomány. Számítása szabadalom akkumulációval 13%-os amortizáció mellett <sup>6</sup> , illeszkedve a regionális szabadalmi állományok összegéhez
EMP	Regionális foglalkoztatottság, forrás: KSH
TFP	Regionális TFP értékek, TFP kalkulációval (később részletezve)
HumCap	Regionális humántőke állomány. Mérése a különböző régiókban a felsőfokú végzettséggel rendelkezők arányával történt. Forrás: KSH.
REDI	A vállalkozási ökoszisztémák fejlettségét mérő REDI index regionális értéke, forrás: Szerb et al. (2017)
RegPatStock	Regionális szabadalmi állomány. Számítása szabadalomakkumulációval, 13%-os amortizációs ráta feltételezésével, illeszkedve a régebbi számításokhoz.
SoDum	Somogy megye dummy változója. 1, amennyiben a megfigyelési sor Somogy megyéhez tartozik, egyébként 0.
SzaDum	Szabolcs-Szatmár-Bereg megye dummy változója. 1, amennyiben a megfigyelési sor Szabolcs-Szatmár-Bereg megyéhez tartozik, egyébként 0.
BpPeDum	Budapest és Pest megye együttes dummy változója. 1, amennyiben a megfigyelési sor Budapesthez vagy Pest megyéhez tartozik, egyébként 0.
KeDum	Komárom-Esztergom megye dummy változója. 1, amennyiben a megfigyelési sor Komárom-Esztergom megyéhez tartozik, egyébként 0.
VaDum	Vas megye dummy változója. 1, amennyiben a megfigyelési sor Vas megyéhez tartozik, egyébként 0.

3. táblázat. A TFP részmodell változói és adatforrásaik

<sup>6</sup>A nemzetközi szakirodalomban általánosan használt amortizációs ráta a szabadalmak tekintetében 13% (Varga et al. 2014).

Patent egyenlet		TFP egyenlet	
Változó	Paraméter	Változó	Paraméter
Konstans	-21,836*** (1,236)	Konstans	1,618*** (0,134)
RD	0,243*** (0,046)	HumCap	0,076*** (0,012)
RD*ENQ	$0,27 * 10^{-10}$ *** (0,000)	HumCap*REDI	0,001*** (0,000)
PatStock	0,421** (0,170)	RegPatStock	0,049*** (0,005)
Emp	1,489*** (0,057)	BPPEDEM	-1,243** (0,069)
SoDum	-0,339*** (0,080)	RegPatStock*BPPEDEM	0,214*** (0,014)
Szadum	-0,847*** (0,142)	KEDUM	0,250*** (0,019)
		VADUM	-0,542*** (0,020)
Korrigált $R^2$	0,894	Korrigált $R^2$	0,842
Megfigyelések	220	Megfigyelések	280

4. táblázat. A TFP részmodell ökonometriai becsléseinek eredményei

## 4.2 A trend értékek meghatározása és a modell kalibrálása

A TFP modellblokk következő lépésében meghatároztuk a fentebb ismertetett változók alapforgatókönyv („baseline”) értékeit, a regionális és az országos szabadalmi állomány kivételével. A baseline-ok kialakítása lineáris trend illesztésével történt minden esetben, régióspecifikusan, hasonlóan a Varga et al. (2018) által alkalmazott módszerhez. A trendek illesztésének oka kettős: egyrészt hagyományosan a hosszú távú egyensúlyi értékek meghatározásának tipikus közelítési módszere a gazdasági változók esetében valamilyen trend illesztése az adatokra. Másrészt, az adatok több esetben oszcilláló jelleget mutattak, melynek kezelése nemlineáris esetekben problémás lehet. Speciális jellegükből fakadóan a szabadalmi bejelentésekhez köthető regionális állományi változók trend értékeinek számítása a lineáris trend illesztése helyett PIM algoritmussal történt, Varga et al. (2018) modellezési eljárásához hasonlóan. Ezeket az értékeket alapul véve adódtak a nemzeti szabadalmi állomány trend értékei, melyek évenként a regionális szabadalmi állományok trend értékeinek összegeként realizálódtak.

A becslés után tehát meghatároztuk mind a magyarázó, mind pedig a két magyarázott változó lineáris trendjét<sup>7</sup>, mellyel előállítottuk a hosszú távú

<sup>7</sup>A fővárosi régiót kivéve az adatokra illesztett trend értékek alapján előálló TFP pályája konstans, ennek ellenére a modell által reprodukált TFP értékek növekvő pályát mutatnak. A különbség oka sokkal inkább a nemzetközi viszonyokban, mint a modell felépítésében keresendő. A termelési függvényekhez kapcsolódó elméletekből az következik, hogy a TFP nagysága – teoretikusan szemlélve – nem lehet időben csökkenő. Ez az állítás intuitíven is helytállónak tekinthető, hiszen a paraméter tulajdonképpen a technológiai és eljárásbeli fejlettség szintjét hivatott mutatni. Ez logikailag sem lehet csökkenő, hiszen amely technológia ismerete jelenleg a rendelkezésünkre áll, biztosan ismerni fogjuk a jövőben is. A nemzetközi viszonyok ugyanakkor mégis egy paradox jelenséget tártak

egyensúlyi (trend szerinti) értékeket mind a mintán belül, mind a mintán kívül. Mintán belüli időtartamnak tekintjük a 2000–2013-as időperiódust a szabadalmi egyenlet, míg 2000–2016-os időperiódust a TFP egyenlet esetében az adatok ellátottsága okán. A további előrejelzési periódusra (2014–2029 a szabadalmak és 2017–2029 a TFP vonatkozásában) vonatkozó becsléseket az ökonometriában szokásos szóhasználattal azonosan a mintán kívülivel azonosítjuk. A magyarázó változók előállított trendértékeit behelyettesítve szimultán módon az (5) és (6) összefüggésekbe az ökonometriailag becsült paraméterek felhasználásával, a modelltől endogén módon számított becslést kaptunk a TFP és a szabadalmak számának hosszú távú egyensúlyi pályáira. Így tehát a TFP és a szabadalmak tekintetében rendelkezésünkre állt az adatokra illesztett „baseline”, illetve a modell által becsült hosszú távú egyensúlyi pálya.

A változók hosszú távú egyensúlyi értékeinek meghatározása után a modell kalibrálása következett, melynek célja kettős: egyrészt a modell lehető legjobb illeszkedését hivatott szolgálni, másrészt a kalibráció segítségével az (5) és (6) regressziós egyenletben szereplő interakciós tagokon túlmenően további regionális különbségek jeleníthetők meg a modellben. A két cél között természetesen az összefüggés: a regionális különbségek mélyebb megragadásával egyszersmind a modell által számított értékek eredeti adatokhoz való illeszkedése is javul. A kalibrálást továbbá az adatok ellátottságának problémája indokolja, mely nem újszerű a területen (Varga, 2016). Regionális bontású adatok 2000-től állnak rendelkezésre, ott is csak éves frekvencián, mely azt is jelenti, hogy az alkalmazható idősor meglehetősen rövid. Így a regionális különbségek becslése a szabadságfokok száma miatt ökonometria úton nem kivitelezhető megfelelő hatásfokkal, melyre az alkalmazott módszer nyújt megoldást.

A kalibráció intuitíven a regionális különbségek mélyebb modellbe való bevezetését jelenti az illeszkedés javításán keresztül. Eszerint a modell megfelelő paramétereinek adatokra kalibrálása addig folytatódott, amíg a (7) összefüggés szerinti minimalizálandó hibafüggvény el nem éri a lehetséges minimumát, amellyel az illeszkedés a modellen belül a lehető legjobbá válik. A (7) összefüggés alapján látható, hogy egy átlagos abszolút százalékos hiba (MAPE) típusú függvény kerül minimalizálásra. Az optimum elérésekor minden régióra különálló egyenlet áll rendelkezésre mind a TFP, mind a szabadalmak számának tekintetében a további eljárásokhoz. A (7) kifejezésből a hibaminimalizáció célja egyértelműen adódik. A TFP és a Patent változó esetében a cél az adatokra illesztett hosszú távú pálya, valamint a modell által számí-

---

elénk: a kalkulációk során Budapestet leszámítva minden megyéhez tartozó TFP értékek időbeli trendje csökkenő. Ennek oka a 2007-2008-as világgazdasági válság hatásaiban keresendő. Ahogy az Kónya (2015) eredményeiben is jól látszik, a válság okozta GDP csökkenés több évben olyan jelentőssé vált, mely a termelési függvény koncepcióján alapuló TFP kalkulációkban ilyen paradox helyzetet idézett elő. Ennek kezelésére, ugyanakkor amennyire csak lehet, ragaszkodva a megfigyelt adatokon alapuló számításokra, egy olyan megoldást választottunk, amely hidat képezhet az ellentmondás tényezői között. Abban az esetben, ha az elmélet szerinti növekvő termelékenységi pályát figyeltünk meg, elfogadtuk azt. Ugyanakkor amennyiben csökkenő trend rajzolódott ki egy megye esetében, akkor, közelítve az elméletekhez és az intuícióhoz, a csökkenő trendet a számított TFP értékek időbeli átlagával helyettesítettük.

tott hosszú távú pálya közötti eltérés minimalizálása annak érdekében, hogy a modell által végzett futtatások a hatáselemzések során a lehető legpontosab-  
bak legyenek. Eközben további cél volt a regionális különbségek bevezetése,  
mely a konstansokon, továbbá egy magyarázó változón keresztül történik.  
E paraméterek ugyanakkor szintén helyet kaptak a célfüggvényben, hogy a  
különbségek modellezése mellett a koefficiensek a lehető legközelebb marad-  
janak az empirikusan megfigyelt nagyságaikhoz. A konstansok kalibrálását a  
régiospecifikumok megragadása indokolja, míg a regionális szabadalmi állomá-  
nyra a modell illeszkedése miatt esett a választás a magyarázó változók  
közül.

$$\begin{aligned}
 \min : & \sum_{i=1}^{20} \sum_{t=2017}^{2030} \left| \frac{Patent_{it} - \widetilde{Patent}_{it}}{Patent_{it}} \right| + \sum_{i=1}^{20} \sum_{t=2017}^{2030} \left| \frac{TFP_{it} - \widetilde{TFP}_{it}}{\widetilde{TFP}_{it}} \right| + \\
 & + \sum_{i=1}^{20} \sum_{t=2017}^{2030} \left| \frac{RegPatStock_{it} - \widetilde{RegPatStock}_{it}}{RegPatStock_{it}} \right| + \\
 & + \sum_{i=1}^{20} \left| \frac{Patent\_Constant_i - \widetilde{Patent\_Constant}_i}{Patent\_Constant_i} \right| + \\
 & + \sum_{i=1}^{20} \left| \frac{TFP\_Constant_i - \widetilde{TFP\_Constant}_i}{TFP\_Constant_i} \right|
 \end{aligned} \tag{7}$$

A kalibrációs eljárás során a regressziós egyenletek eredeti paraméterei az  
5. és 6. táblázat szerint kerültek beépítésre az (5) és (6) egyenletek esetén.

Paraméter	Modellezés jellege
$\beta_0$	kalibrált
$\beta_1$	ökonometriailag becsült
$\beta_2$	ökonometriailag becsült
$\beta_3$	ökonometriailag becsült
$\beta_4$	ökonometriailag becsült
$\beta_5$	ökonometriailag becsült
$\beta_6$	ökonometriailag becsült

5. táblázat. Az (5) egyenletből származó paraméterek modellezése

Paraméter	Modellezés jellege
$\beta_0$	kalibrált
$\beta_1$	ökonometriailag becsült
$\beta_2$	ökonometriailag becsült
$\beta_3$	kalibrált
$\beta_4$	ökonometriailag becsült
$\beta_5$	ökonometriailag becsült
$\beta_6$	ökonometriailag becsült
$\beta_7$	ökonometriailag becsült

6. táblázat. A (6) egyenletből származó paraméterek modellezése

A modell illeszkedése elfogadható egy-két kiugró érték mellett, melynek gyökerei az adathiányosságban keresendők. Ennek vizsgálatát külön a termelékenységi változóra, illetve külön a szabadalmakra számított átlagos abszolút hiba (MAE) és átlagos abszolút százalékos hiba (MAPE) mutatók áttekintésével végeztük, mely számítások eredményét a 7. táblázat szemlélteti. Jól látszik, hogy a szabadalmak esetében a MAPE értékek a szokásosnál magasabbak, ennek ellenére elfogadtuk az illeszkedést. Ennek oka, hogy a szabadalmak száma megyei szinten meglehetősen kicsi, sok esetben 1-2 szabadalmas nagyságrendekről beszélhetünk. Ekkor viszont egy számszerűen jelentéktelennek tűnő (például egynegyed nagyságú szabadalmi torzítás) kiugró átlagos abszolút százalékos hiba értéket ad. Szintén érzékelhető, hogy a más skálán mozgó TFP értékeknél ez a probléma nem jelentkezik, továbbá úgy tűnik, hogy a TFP egyenletekkel a szabadalmi torzítások meglehetősen jól korrigálódnak.

Régió	MAPE		MAE	
	PAT (%)	TFP (%)	PAT	TFP
_BA	20,10	0,47	2,018514	0,052026
_BE	8,33	0,29	0,249627	0,025045
_BK	17,76	0,42	1,707728	0,064318
_BP	12,51	2,19	8,917776	0,587937
_BR	16,99	0,33	0,962891	0,047286
_CS	7,38	3,82	0,591526	0,598832
_FE	14,95	0,40	0,531164	0,045414
_GY	11,77	1,48	0,658815	0,198370
_HB	0,58	2,06	0,039126	0,291027
_HE	57,25	2,68	0,704438	0,259091
_JA	12,71	0,59	0,260011	0,070389
_KE	4,10	0,63	0,094758	0,099468
_NO	46,86	0,05	0,300285	0,004899
_PE	0,04	10,28	0,090686	1,467374
_SO	18,75	1,96	0,187922	0,208206
_SZ	6,90	0,05	0,097232	0,004441
_TL	33,30	1,41	0,658772	0,156835
_VA	10,81	1,90	0,308576	0,138503
_VE	10,87	0,40	0,469324	0,044549
_ZA	8,95	0,51	0,348017	0,059825

7. táblázat. A TFP blokk illeszkedésvizsgálatának eredményei

### 4.3 Érzékenységvizsgálatok

A TFP-blokk felépítésének elengedhetetlen eleme a működés érzékenységének vizsgálata, mely a modell kompaktságát, robusztusságát igyekszik a figyelem középpontjába helyezni. Célja annak megállapítása, hogy a modellben adottságként kezelt tényezők és összefüggések változása esetén a modell működése zavartalan-e. Ez tulajdonképpen a stabil modellek alapvető kritériuma. Az érzékenységvizsgálatok eredménye számos szimuláció eredményének összegzése. A felvetődő kérdés ebben az esetben, hogy az induló feltételek megváltozása, különösen a policy változókhoz (K+F kiadások, ENQ, humántőke, REDI) tartozó paraméterekben, hogyan érintik a modell hatékonyságát. Ennek vizsgálatához a megfelelő paraméterek változtatására került sor. A 4. táblázat

tartalmazza az induló regressziós becsléseket, ahol láthatók a négy fő változóhoz tartozó koefficiensek. Az érzékenységvizsgálatok során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy amennyiben e regressziós paraméterekben 5%-os<sup>8</sup> mesterséges változást generálunk, az hogyan érinti a modell illeszkedését, ami tulajdonképpen az ökonometriában a modell „jóságának” egy mérőfoka. A módosított paraméterű modellek futtatása után ezek eredményeit két külön úton is vizsgáltuk annak érdekében, hogy az eredeti modell robusztusságára vonatkozó következtetéseket vonjunk le.

Első lépésben az eredeti, illetve a módosított modell illeszkedésbeli különbségét elemeztük az eredeti, illetve a módosított paraméterű modellek MAPE mutatóinak összehasonlításán keresztül<sup>9</sup>. Megközelítésünk szerint, amennyiben a MAPE mutatók értékében nem, vagy csak minimális eltérést tapasztalunk, a célváltozók modell által kalkulált egyensúlyi pályái az elsődleges exogén adottságokra nézve (a policy változók induló regressziós koefficiensei) robusztusnak tekinthetők.

A második lépésben pedig az eredeti, illetve módosított modell célváltozóiban (TFP, szabadalmak száma) beálló változásokat analizáltuk. Ugyan e második módszer nem közvetlenül a modell illeszkedésének változását vizsgálja, azonban a modell robusztusságára hasonló következtetések vonhatók le, mint az első esetben: amennyiben a modell célváltozóinak a modell által kalkulált egyensúlyi pályáiban nem, vagy minimális mértékű változás áll be, akkor a modell az elsődleges exogén adottságokra nézve stabilnak tekinthető.

Az érzékenységvizsgálatok során a négy policy változó ökonometriailag becsült paraméterét változtattuk 5%-kal, mind pozitív, mind negatív irányban külön-külön, illetve együttesen is, és így újrafuttattuk a modellt az összes kombináció esetében. A fentiek szerint a kapott eredmények alapján mind a MAPE értékek, mind a célváltozók értékeinek különbsége alapján vizsgáltuk a modell stabilitását.

Technikailag az érzékenységvizsgálat első modellfuttatása során megemeltük az RD változó koefficiensét 5%-kal, és lefuttattuk a modellt, majd összehasonlítottuk az illeszkedéseket az eredeti és a módosított modell között. A megfelelő MAPE mutatókat párosítottuk az eredeti és a módosított paraméterű modellek esetén, majd kiszámítottuk a százalékos eltéréseket. A következő lépésként mind a TFP mind a szabadalmi értékek esetén (hasonlóan az első módszerhez) párba állítottuk a megfelelő értékeket az eredeti és a módosított modell között, majd kiszámítottuk a páronkénti százalékos eltéréseket. Ezt követően az RD változó koefficiensét visszaállítottuk, és az ENQ változóét emeltük meg, majd a fenti vizsgálatot újra elvégeztük. A következő lépésben az RD és az ENQ változók koefficienseinek együttes emelésével végeztük a

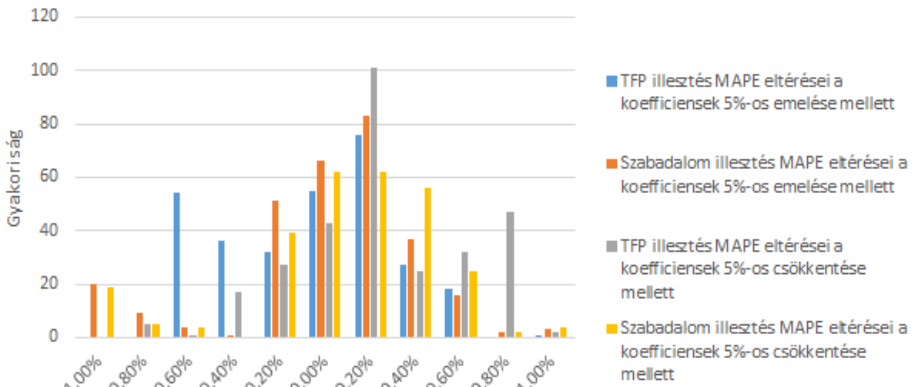
<sup>8</sup>Választásunk a becsült paraméterek 5%-os változtatására esett. A szakirodalom sajnálatos módon ebben az esetben nem ad fogódzót abban a tekintetben, hogy a robusztusságvizsgálatokat milyen mértékű változtatások mellett érdemes vizsgálni. Ennek fényében az ökonometriában sok helyütt hagyományosan vagy „hüvelykujj-szabályként” megjelenő 5%-os értéket választottuk (Gujarati, 2003).

<sup>9</sup>Az illeszkedési mutatók közül a MAPE egy relatív viszonyokat kifejező normalizált nagyság, így az összehasonlítást az érzékenységvizsgálatok esetében ez alapján célszerűbb elvégezni.

vizsgálatot, majd az eljárást addig ismételtük, amíg az összes változókombinációval végig nem futtattuk a modelleket (míg mind a négy változó koefficiense együttesen 5%-os emelésre került). Az érzékenységvizsgálatok második körében a fentiekhez hasonló módszerrel elemeztük, hogyan változik a modellek illeszkedése, amennyiben a koefficiensek értékében nem emelkedést, hanem 5%-os csökkenést generálunk mesterségesen.

A MAPE mutató alapján végzett érzékenységvizsgálatok eredményeit összesítik az 5. ábrán megjelenített hisztogramok, míg a TFP és szabadalmi értékek alapján előálló eredményeket reprezentálja a 6. ábra. Az érzékenységvizsgálatok során 30 modellvariáns került lefuttatásra (15 modell a koefficiensek csökkentése, és szintén 15 a koefficiensek emelése mellett), melyek mindegyikének esetében páronként összehasonlításra kerültek az eredeti, illetve a változtatott paraméterű modellek által kalkulált MAPE, valamint szabadalmi és TFP értékek.

A MAPE mutatók vizsgálata esetén modellfuttatásonként 20 eredeti-módosított értékpár került összevetésre (a 20 régió szerint), mind a TFP, mind a szabadalmi eredmények alapján. Így összesen 1200 MAPE érték állt rendelkezésünkre a módosított variánsok esetén.<sup>10</sup> A második lépésben minden modellvariáns esetén 280 TFP és 280 szabadalmi érték került összehasonlításra az eredeti modell által számított értékekkel.<sup>11</sup> Így összesen 8400 TFP érték, valamint 8400 szabadalmi érték állt rendelkezésünkre az eredeti modellel való összevetéshez.<sup>12</sup>



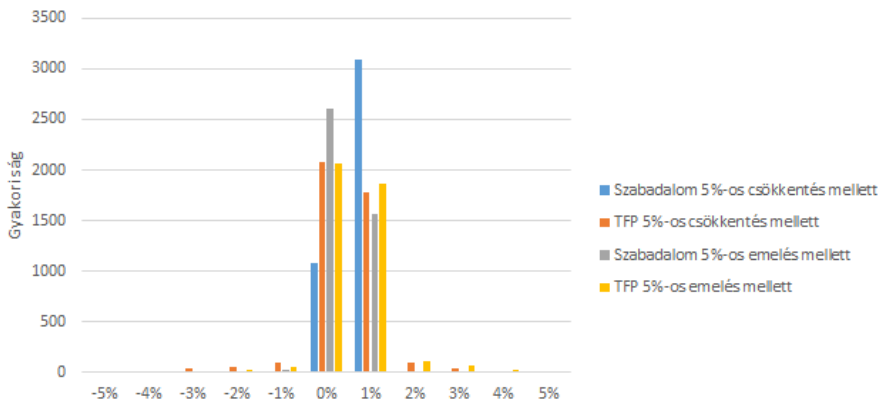
5. ábra. Az érzékenységvizsgálatok eredményei a TFP és szabadalmi illesztések MAPE értékeltérései alapján

<sup>10</sup>20 MAPE érték a TFP egyenlet, míg 20 érték a szabadalmi egyenlet alapján minden módosított variáns esetén. A 15 modellváltozatot tekintve így összesen  $40 \cdot 15 = 600$  MAPE érték a módosított modellek eredményeiből a koefficiensek emelése esetén, és szintén 600 a koefficiensek csökkentése esetén.

<sup>11</sup>Ahogy a (7) egyenletben látható, a minimalizálandó hibafüggvény idődimenziója 2017–2030 időszakot öleli fel. Ez 14 időperiódust jelent, mely a 20 magyarországi régió esetén 280 TFP és 280 szabadalmi értéket eredményez modellvariánsenként.

<sup>12</sup>280 érték modellvariánsenként, 15 modellváltozat emelt, valamint 15 változat csökkentett koefficiensértékek mellett. Így összesen  $280 \cdot 15 \cdot 2 = 8400$  TFP, és 8400 szabadalmi érték a módosított modellek eredményeiből.





6. ábra. Az érzékenységvizsgálatok eredményei a TFP és szabadalmi értékek eltérése alapján

A MAPE értékek esetén – ahogy az az 5. ábrán is jól látszik – a százalékos eltérések meglehetősen alacsonyak, a modellvariánsok túlnyomó többségében abszolút értékben 1% alattiak. Az eltérések minimuma -3,56%, míg a maximum 9,38%. Ugyanakkor az eltérések terjedelmének két határa kiugró értékek is számít: az 1200 MAPE eltérésértékből összesen 70 haladja meg az egy százalékot abszolút értékben, 1130 esetben pedig ennél kisebb eltérést tapasztalhatunk. Jól látható, hogy a koefficiensek emelése esetén az eltérések inkább negatív irányúak, míg a koefficiensek csökkentése esetén a pozitív tartományban találunk több értéket.

A TFP és szabadalmi értékek alapján készített érzékenységvizsgálatok eredményeit reprezentálja a 6. ábra. Az eltérések a legtöbbször minimálisak: az összes 16800 esetből 16113-nál -1% és 1% közé kerültek, amely azt jelenti, hogy az eredeti és a módosított modell által számított értékek között az esetek 95,91%-ában 1% vagy az alatti elmozdulást tapasztalhatunk. Ezek közül 8157 szimuláció során (48,55%) a különbség 0,001% alatti volt.

Az érzékenységvizsgálatok során arra is fény derült, hogy a két egyenlet közül a szabadalmakat leíró tűnik robusztusabbnak. A (5) egyenlet koefficienseinek változtatása során ugyanis egy esetben sem tapasztalunk 2% feletti eltérést. Jelen körülmények között nagyobbnak mutatózó eltérést a (6) összefüggés paramétereinek módosítása során figyeltünk meg, azonban ezek száma elenyésző: mindössze 12 alkalommal jelzett a modell 5% feletti eltérést, amely 0,071%-os aránynak felel meg. A legnagyobb különbséget a paraméterek csökkentésekor találtunk a TFP értékek között, amely 10,42%-os volt. Összességében tehát a modell kifejezetten robusztus a becsült regressziós egyenletek paramétereiben beálló változásokra, akár az illeszkedési mutatókat, akár a célváltozókat tekintjük, így alkalmasnak ítéltük hatáselemzések elvégzésére.

## 5 Hatáselemzés a TFP blokk egyenleteivel

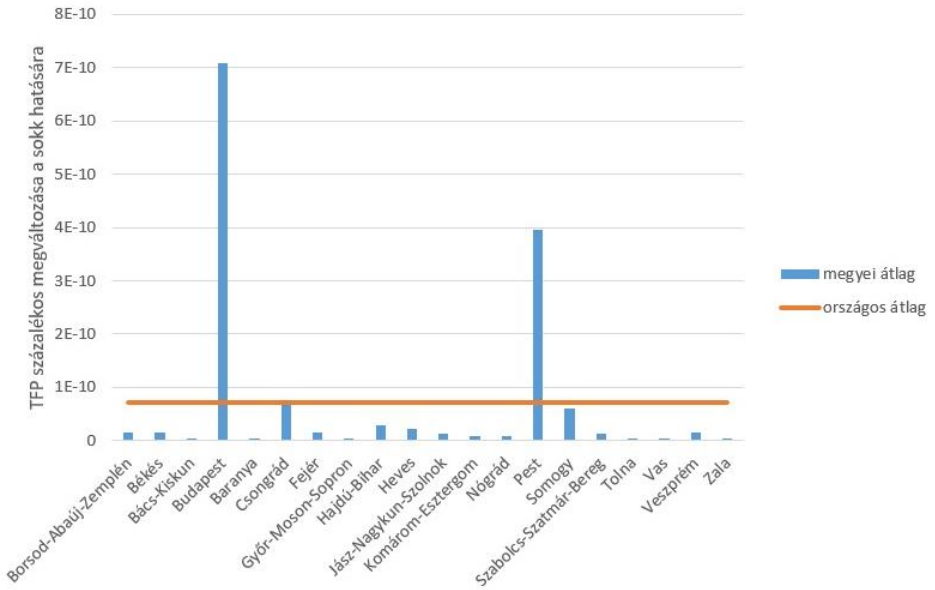
A TFP modellblokk felépítését követően a továbbiakban a policy változókban beálló változások hatáselemzésére került sor. Az innovációs tevékenység és az innovációs politika a modell négy policy változóját érintik, melyek a K+F kiadások, az ENQ, a humántőke és a REDI index. A hatáselemzés, a sokkok vizsgálata révén juthatunk közelebbi eredményekre azzal kapcsolatban, hogy a fő magyarázó változókban beálló módosulások hogyan érintik a produktivitást és a tudástermelést a különböző régiókban.

A sokkok vizsgálatára két különböző úton került sor. Elsőként megvizsgáltuk, hogy amennyiben a négy változóban külön-külön beáll egy olyan változás, miszerint a nemzeti átlag egy százalékkal emelkedik az értékük, az milyen hatással lesz az eredményváltozókra. Elsőként tekintve a K+F kiadásokat, kiszámítottuk az első megfigyelt mintán kívüli periódusra (mely esetünkben 2017) a trend értékek alapján az országos átlagot, és vettük annak egy százalékát. Ezzel az értékkel megnövelve minden régió K+F kiadásának nagyságát, és kumulálva azt a következő évekre (a K+F esetében Varga et al. (2018)-t követve 5 időperiódusra, a többi változónál az előrejelzési minta végéig) újrafuttattuk a TFP modellblokkot, és összehasonlítottuk az eredményváltozók új pályáját, valamint a baseline pályát, a kettő különbségét görcső alá véve. A vizsgálat után ugyanezt megtettük a másik három változóval is.

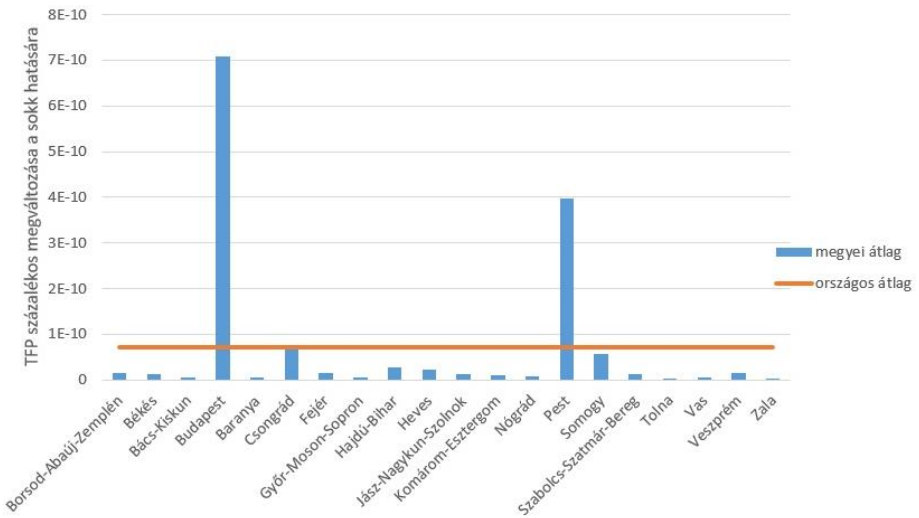
A második vizsgálat módszerében hasonló az elsőhöz, attól csak közgazdasági vonatkozásában tér el. Ebben az esetben a sokk mértéke régióspecifikus, megyénként eltérő. Első lépésben az elemzésbe vont változó értékeinek regionális, időbeli átlagát vettük, így minden megye esetében különböző érték állt rendelkezésünkre. Ennek az értéknek egy százalékát véve megkaptuk a régióspecifikus sokkhatásokat. Ezzel az értékkel növelve minden régióban az adott policy változó nagyságával újrafuttattuk a modellt, és az első sokkhatásvizsgálathoz hasonlóan elemeztük az eredményeket.

A két különböző vizsgálat eredményét a 7a–7h ábrák összegezik. Az eredményekből jól látszik, hogy a kétfajta sokkhatás vizsgálatának eredménye hasonló. A TFP változása ugyan különböző megyénként a két esetben, de a régiók sorrendje minden esetben vagy nagyon hasonló, vagy teljesen azonos. A modell tehát a sokkhatások típusára nézve robusztusnak tekinthető.

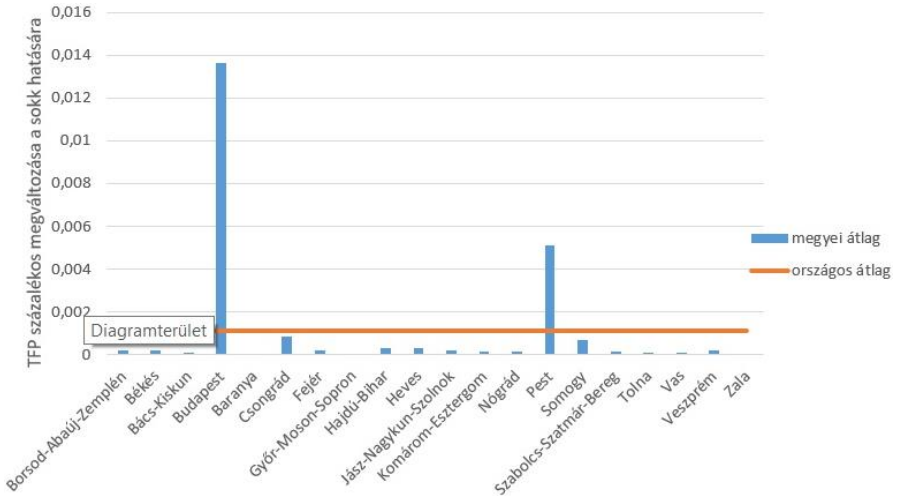
Jól látszik, hogy a kutatás-fejlesztéshez kapcsolódó változók esetében (K+F kiadások, ENQ) a fővárosi régió, valamint Pest megye mutatja a legnagyobb hatást, a termelékenység emelkedése itt a legnagyobb. Szintén megfigyelhető, hogy az országos átlagot meghaladó, vagy a régiók sorrendjében elől álló megyék azok, amelyek tipikusan a hagyományosan vett magyar egyetemvárosok, nemzetközi viszonylatban is jó hírű felsőoktatási intézményekkel, mint például Csongrád megye (Szegedi Tudományegyetem), Hajdú-Bihar megye (Debreceni Egyetem) vagy Somogy megye (Kaposvári Egyetem).



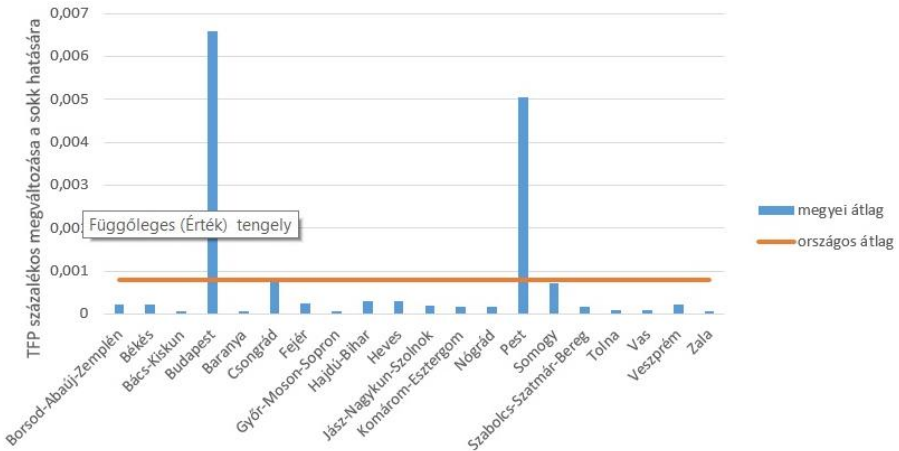
7a. ábra. ENQ sokk hatása az országos átlag 1%-ával



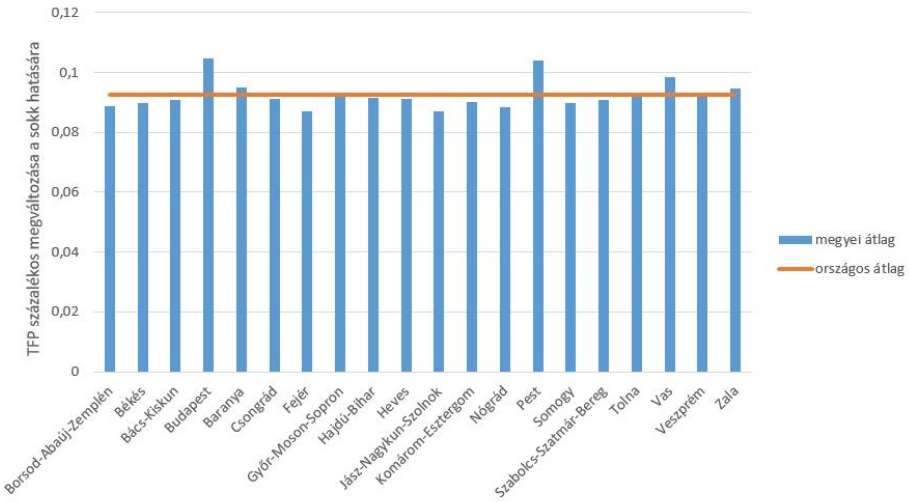
7b. ábra. ENQ sokk hatása a regionális átlag 1%-ával



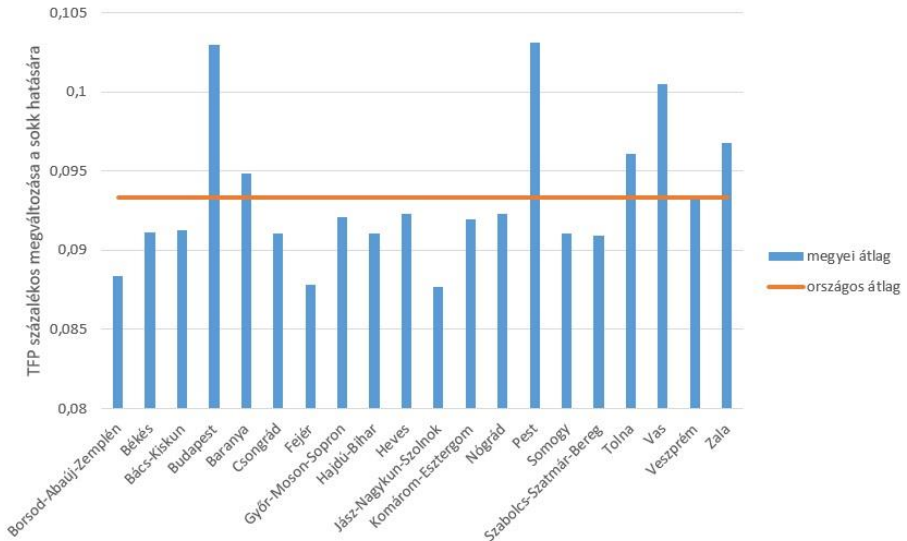
7c. ábra. K+F sokk hatása az országos átlag 1%-ával



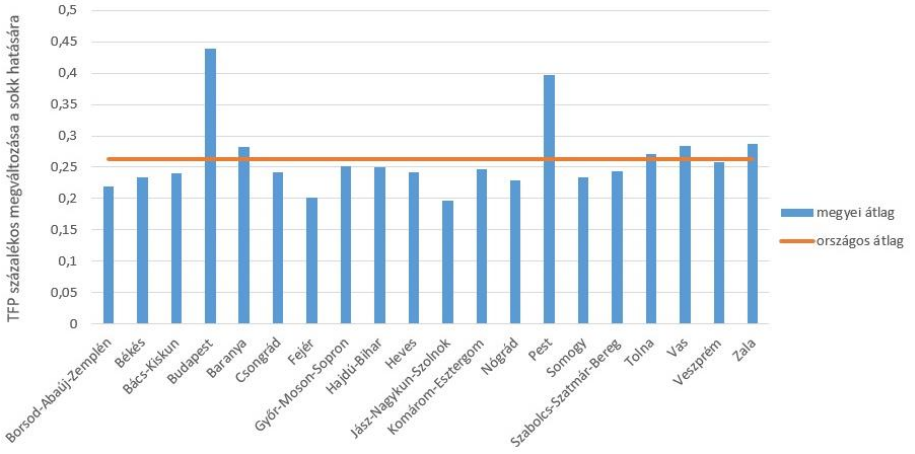
7d. ábra. K+F sokk hatása a regionális átlag 1%-ával



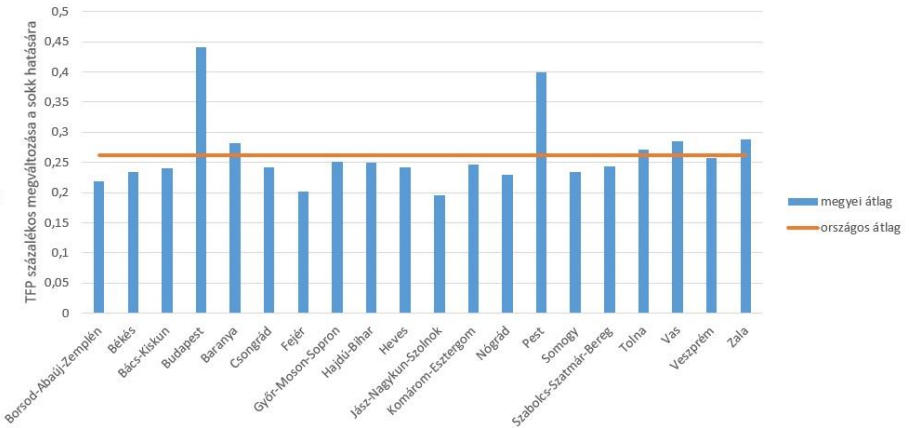
7e. ábra. Humántőke sokk hatása az országos átlag 1%-ával



7f. ábra. Humántőke sokk hatása a regionális átlag 1%-ával



7g. ábra. REDI sokk hatása az országos átlag 1%-ával



7h. ábra. REDI sokk hatása a regionális átlag 1%-ával

A vállalkozás- és humántőke fejlesztéssel kapcsolatos változók (humántőke, REDI) esetén elmondható, hogy a fővárosi régió és Pest megye adja a legnagyobb termelékenységnövekedést egy ilyen jellegű beavatkozás esetén, mely a várakozásoknak megfelelő a főváros és környéke központi szerepe miatt. Az ezeket követő megyék rendre a tipikusan fejlett iparral rendelkezők (pl. Győr-Moson-Sopron, Komárom-Esztergom vagy Vas megye). A modell eredményei azt is megmutatják, hogy a legkevésbé fejlett régiók nem tudnak olyan intenzíven reagálni az ilyen jellegű fejlesztésekre, annak ellenére, hogy a termelékenység az ő esetükben is növekszik.

## 6 Összegzés

Tanulmányunkban a GMR-Magyarország gazdasági hatáselemző modell TFP (termelékenységi) blokkját mutattuk be. A blokk a GMR modellekben központi szerepet tölt be, hiszen a tudásalapú gazdaságfejlesztés kulcs szakpolitikai változóinak (kutatás-fejlesztés, humán tőke, vállalkozás, tudáshálózati bekapcsoltság) termelékenységi hatásait vizsgálja. Ezek a termelékenységi hatások kerülnek be a GMR modell többi blokkjába, hogy a beavatkozások várható regionális és a nemzeti szintű gazdasági eredményeit megbecsüljék.

Ismertettük a modellblokk szerkezetét, a TFP becslését magyarországi megyékre, a blokkot alkotó szimultán szabadalmi és termelékenységi egyenletek szerepét, az egyenletek ökonometriai becslését és kalibrálását, valamint megvizsgáltuk az egyenletek illeszkedését. A modell robusztusnak bizonyult: a policy paraméterekben beálló exogén változások az esetek igen nagy részében csak kicsit változtatták meg az egyenletek illeszkedését és a becsült szabadalom- és TFP értékeket.

A tanulmányban a TFP blokk viselkedését is megvizsgáltuk minta policy szimulációk révén, melyekben a kutatás-fejlesztés, a humán tőke, a hálózati tudáshoz való hozzáférés (ENQ) és a vállalkozási ökoszisztéma (REDI) értékeiben beállt változásoknak a termelékenységre gyakorolt hatásait elemeztük. A beavatkozások hatásai a megyei TFP értékekre a várakozásokkal összhangban alakultak, ami újabb fontos információ abban a vonatkozásban, hogy a modell megbízható becsléseket szolgáltat a „valós” szakpolitikai elemzések során is.

A bemutatott TFP blokk beépítésre került az újrabecslült GMR-Magyarország modellbe (Varga et al. 2020b) és több vizsgálatban már fel is használtuk. Legújabb elemzéseinkben az EU új innovációs politikájának, az intelligens szakosodásnak a gazdasági hatásait elemezzük (Varga et al. 2020a).

## Köszönetnyilvánítások

A szerzők ezúton is kifejezik köszönetüket Járosi Péternek, Abaligeti Gallusznak és Csajkás Annának a TFP modell korábbi változatainak fejlesztésében való szignifikáns közreműködésükért. A kutatás az „EFOP-3.6.2-16-2017-00017 Fenntartható, intelligens és befogadó regionális és városi modellek” projekt, az Emberi Erőforrások Minisztériumának Felsőoktatási Intézményi

Kiválósági Programja, a Pécsi Tudományegyetem 4. tématerületi „A hazai vállalatok szerepének növelése a nemzet újraiparosításában” programja (szerződés száma: 20765-3/2018/FEKUTSTRAT) és az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-4-II. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

## Irodalom

1. Acs, Z. – Braunerhejm, P. – Audretsch, D. B. – Carlsson, B. (2008): The Knowledge Spillover Theory of Entrepreneurship. *Small Business Economics*, 32(1), 15–30.
2. Bessenyei, I. (2007): *A makroökonómia és makrogazdasági politika újabb elméletei*. PTE-KTK, Pécs.
3. Gujarati, D. N. (2003): *Basic Econometrics*. The McGraw-Hill Companies. Boston.
4. Kónya, I. (2015): Több gép vagy nagyobb hatékonyság? Növekedés, tőkeállomány és termelékenység Magyarországon 1995–2013 között. *Közgazdasági Szemle*, 42, 1117–1139.
5. Nelder, J. A. (1998): The Selection of Terms in Response-Surface Models – How Strong is the Weak-Heridity Principle? *The American Statistician*, 52(4), 315–318.
6. Obláth, G. (2014): Gazdasági átalakulás, nekilendülés és elakadás. Magyarország makrogazdasági konvergenciája az Európai Unió fejlett térségéhez az 1990-es évek elejétől 2013-ig. In: Kolosi, T. – Tóth, I. Gy. (szerk.): *Társadalmi R riport 2014*. 1. fejezet, Társi, Budapest.
7. Schalk, H.-J. – Varga, A. (2004): The economic effects of EU Community Support Framework interventions. An ex-ante impact analysis with EcoRET, a macroeconomic model for Hungary. Center of Applied Economic Research Münster (CAWM), University of Münster, Münster.
8. Sebestyén, T. – Varga, A. (2013): A Novel Comprehensive Index of Network Position and Node Characteristics in Knowledge Networks: Ego Network Quality. In: Scherngell, T. (ed.): *The Geography of Networks and R&D Collaborations*. Advances in Spatial Science. Springer, Switzerland, 71–97.
9. Szerb, L. – Acs, Z. – Autio, E. – Ortega-Argilés, R. – Komlósi, É. (2013): REDI: The Regional Entrepreneurship and Development Index – Measuring Regional Entrepreneurship. Final Report 14/11/2013 financed by the European Union represented by the European Commission Directorate-General Regional and Urban Policy under contract number NO 2012.CE.16.BAT.057 DSGE lit.
10. Szerb, L. – Laufente, E. – Horváth, K. – Páger, B. – Sanders, M. – Stam, E. (2017): Cross-sectional analysis of REDI and regional growth performance measures. FIRES Project Report, grant agreement number: 649378.
11. Van Beveren, I. (2007): Total Factor Productivity Estimation: A Practical Review. LICOS Discussion Paper No. 182/2007.
12. Varga, A. (2016): *Regionális fejlesztéspolitikai hatáselemzés*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
13. Varga A. (2020) A tudástermelési függvényről a fejlesztéspolitikai hatáselemzésig. *Közgazdasági Szemle*, 67, 537–556.



14. Varga, A. – Pontikakis, D. – Chorafakis, G. (2014): Metropolitan Edison and cosmopolitan Pasteur? Agglomeration and interregional research network effects on European R&D productivity. *Journal of Economic Geography*, 14, 229–263 (doi:10.1093/jeg/lbs041).
15. Varga, A. – Sebestyén, T. – Szabó, N. – Szerb, L. (2018): Economic Impact assessment of Entrepreneurship policies with the GMR-Europe Model. FIRES Project Report. Grant agreement number: 649378.
16. Varga, A. – Szabó, N. – Sebestyén, T. (2020a): Economic impact modeling of smart specialization policy: Which industries should prioritization target? *Papers in Regional Science*, 99, 1367–1388. <https://rsaiconnect.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/pirs.12529>
17. Varga, A., Szabó, N., Sebestyén, T., Farkas, R., Szerb, L., Komlósi, É., Járosi, P., Andor, K., Csajkás, A. (2020b): The GMR-Hungary multiregion – multisector economic impact model. RIERC Research Report 2020-01. Regional Innovation and Entrepreneurship Research Center, Faculty of Business and Economics University of Pécs. [https://ktk.pte.hu/sites/ktk.pte.hu/files/uploads/rierc/The%20GMR\\_HU%20multisector-multiregion%20model%20final.pdf](https://ktk.pte.hu/sites/ktk.pte.hu/files/uploads/rierc/The%20GMR_HU%20multisector-multiregion%20model%20final.pdf)

#### THE TFP MODEL BLOCK OF THE GMR-HUNGARY IMPACT ASSESSMENT MODEL

The present paper introduces the TFP (Total factor productivity) block of the GMR-Hungary impact model. The TFP blocks have an essential role in the functioning of GMR-models since they examine the productivity effects of the key variables of the knowledge-based economic policy (R&D expenditures, embeddedness in scientific networks, entrepreneurial attitudes, human resources). These productivity effects are going to be included in the other blocks of the GMR-model to estimate the expected regional and national economic effects of the key variables. The TFP block contains two equations that are simultaneously estimated by regression analysis. On the one hand, it includes an equation that estimates how new patents come into existence. On the other hand, an equation that describes the evolution of productivity in the model.

As the first step, we determined the regional Solow-residuals of a Cobb-Douglas production function, which will serve the dependent variable of the second equation. After Solow-residuals were calculated, each variable became available to carry out the regression analysis. Both equations include interaction terms, which control for regional heterogeneity. After the estimation, certain coefficients of the equations came through a calibration process. The purpose of the calibration is twofold. Firstly, it ensures a better goodness-of-fit of the model to the observed data. Secondly, the calibration assures an additional factor that helps to analyze the differences in the effectiveness among regions. Applying the TFP model to assess the effectiveness of the variables to be of interest, many conclusions can be drawn. On the one hand, the effect of an increase in the variables that support R&D activities (R&D expenditures, embeddedness in scientific networks) seems to be the most effective in the capital and those regions where the leading universities of Hungary are located. On the other hand, the effect of an increase in the variables that reflects the development of entrepreneurship and human resources seems to be the most effective in the capital and those regions that are typically regarded as industrial regions.