

FARKAS RICHÁRD–BACZUR ROLAND

## Először térben vagy panelban?

A térbeli panelmodellek felépítési stratégiájának egy sarkalatos problémája

Kutatásunk célja, hogy felhívjuk a figyelmet egy olyan problémára, amellyel a kutatók az empirikus ökonometriai modellek konstruktív, specifikációs tesztek alapján történő építése során találkozhatnak. Munkánkban az Európai Parlament FP5, FP6 és FP7 keretprogramjainak a regionális innovációra gyakorolt hatásának modellezésével megmutatjuk, hogy a különböző megközelítések alkalmazásával a preferáltként illesztett modell különböző lehet. Rámutatunk arra, hogy a specifikációs teszteljárások alkalmazási sorrendjének nincsen egyértelműen követhető módszertana. Ezért a kutatói intuíció függvényében ugyanaz a kiindulási modell különböző preferált modellekhez vezethet, ami mind tudományos, mind szakpolitikai szempontból különösen problémás lehet.\*

Journal of Economic Literature (JEL) kód: C21, C22, C23.

### Bevezetés

Az ökonometriai modellezés során a megfelelő (preferált) modell kiválasztásához különböző döntések sorozatát kell meghoznunk: a modell komplexitásának függvényében változik a döntések mennyisége. Az egyszerűbb technikákat alkalmazó keresztmetszeti módszerek (például legkisebb négyzetek módszere, LNM) esetén az adott magyarázó változóról kell „csupán” eldöntenünk – valamilyen kritériumrendszer alapján –, hogy az adott modellben szükségünk van-e rájuk, illetve a tulajdonságaik megfelelnek-e a szükséges kritériumoknak. Amennyiben továbblépünk,

\* Szeretnénk hálánkat kifejezni *Czaller Lászlónak*, a Magyar Közgazdaságtudományi Egyesület 2022. évi konferenciája résztvevőinek, továbbá anonim lektorainknak értékes meglátásaikért és hozzászólásaikért. A TKP2021-NKTA-19 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

*Farkas Richárd*, PTE Közgazdaságtudományi Kar Közgazdaságtan és Ökonometria Intézet (e-mail: farkasr@ktk.pte.hu).

*Baczur Roland*, PTE Közgazdaságtudományi Kar Regionális Politika és Gazdaságtan Doktori Iskola; PTE Rektori Kabinet (e-mail: baczur.roland@pte.hu).

A kézirat első változata 2023. január 12-én érkezett szerkesztőségünkbe.

DOI: <https://doi.org/10.18414/KSZ.2023.7-8.828>

s vizsgálódásunk tárgyává az idősoros módszereket tesszük, akkor a döntések halmaza tovább bővül az időbeli dinamikát kifejező tényezőkkel (időbeli késleltetés vagy időbeli hiba). A keresztmetszeti és idősoros technikákat ötvöző panelmódszerek esetében az individuumok időben fix hatásainak kezelése válhat szükségessé, illetve szükség esetén az idő fix hatások modellbe emelése keresztmetszetenként.

A megfelelő becslési eljárás kiválasztásához a szakirodalom kimagasló támogatást nyújt. Teszteljárások tárháza segíti a kutató munkáját annak eldöntésében, hogy milyen tulajdonságú modell a megfelelő az adott kérdéskör esetében. Természetesen minden eljárás célja, hogy a modell exogén legyen, vagyis a vizsgált változók között érzékelt összefüggés valamiféle oksági kapcsolatként értelmezhető legyen (*Wooldridge* [2012]).

Adott inferencia- és/vagy endogenitási problémák feltérképezésére különböző lehetőségek állnak rendelkezésre. Észszerű elvárás lehet, hogy a különböző módszerek alkalmazása során a konklúzió azonos legyen: függetlenül az elvégzett tesztektől és azok sorrendjétől a megfelelő végső modell formája ugyanaz legyen, konzisztenssé téve magát a folyamatot.

A paneljeljárásokat alkalmazó becslések során a megfelelően rendezett adatállomány struktúráját elemezve a megfelelően elvégzett tesztek megmutatják, hogy az adatállományban van-e olyan jelentős mennyiségű egyéni és/vagy időbeli fix hatás, amely indokolja a panelmódszer modellbe vonását (*Baltagi és szerzőtársai* [1999]). Amennyiben igen, a módszertan segít annak eldöntésében is, hogy milyen típusú panelhatás (fix vagy véletlen), illetve annak milyen módú kezelése [például fix hatás esetén differenciaképzés, belső (*with-in*) transzformáció stb.] szükséges (*Hausman* [1978], *Wooldridge* [2001]).

Amennyiben az adatstruktúra a térbeli heterogenitás valamely formáját tartalmazza, az idősoros módszerek analógiája alapján használhatunk térbeli modelleket is (*Varga* [2002]). Figyelmünket az adatstruktúrában megjelenő térbeli függőségre irányítva, ezek modellkörbe vonását a megfelelő szakirodalom szintén meglehetősen sokrétűen támogatja. Az alkalmazott térbeli súlymátrix kiválasztása után<sup>1</sup> különböző specifikációk segítenek annak eldöntésében, hogy a térbeli késleltetés, térbeli hiba vagy más térbeli modell felé kell-e elmozdulnunk az eljárás során (*Anselin* [1988], *Elhorst* [2010]).

Természetesen adódik, hogy a fentiek ötvözetével is találkozhat a kutató munkája során. Amennyiben a keresztmetszeti, idősoros és térbeli módszereket is magában foglaló térbeli panelmodelleket tekintjük, lényegesen több dologról kell döntenünk: a térbeli súlymátrixok típusáról, az időbeli és a térbeli hatásokról, arról, hogy fix vagy véletlen panelhatású-e a modell, valamint a hibatag és a térbeli-időbeli késleltetés struktúrájáról is – hogy csak néhány dolgot említsünk (*Kopczewska és szerzőtársai* [2017]).

A munkánkban felvetett probléma ezen a ponton válik megkerülhetetlenné. A kérdéskör könnyebb áttekintése érdekében az alkalmazott teszteljárások funkcióit igyekeztünk röviden összefoglalni (lásd *1. táblázat*). A kutatónak a modellezés

<sup>1</sup> Jelenleg a térökonometria szakirodalma a megfelelő térbeli súlymátrix kiválasztásához nem tud megfelelő támaszt nyújtani, így az minden esetben korábbi kutatásokon, illetve a kutató intuíciónján nyugszik (*LeSage–Pace* [2009]).

során saját intuíciója szerint kell döntenie abban a tekintetben, hogy először az adatállományon a panelstruktúra meglétét teszteli-e, és abban az irányban kezdi a modell építést, vagy a térstruktúrát teszteli elsőként. Ennek oka, hogy erre vonatkozó tesztet és/vagy iránymutatást (akár csak egy „hüvelykujjszabályt”) napjainkig még nem dolgoztak ki. Tanulmányunkban a két út közötti választás következményeire igyekszünk felhívni a figyelmet.

### 1. táblázat

A teszteljárások funkcióinak rövid összefoglalása

| Teszteljárás   | Teszteljárás hipotézisei  |   |  |  |
|--|---|---|--|--|
|  | térbeli struktúra   |   | panelstruktúra   |  |
|  | nullhipotézis   | alternatív hipotézis  | nullhipotézis  | alternatív hipotézis   |
| Anselin-féle Lagrange-multiplikátor-teszt, térbeli késleltetés ( <i>LM-lag</i> )                           | Nincs térbeli összefüggés   | A magyarázott változóban térbeli struktúra figyelhető meg. Térbeli késleltetés modellje becslendő |  |  |
| Anselin-féle Lagrange-multiplikátor-teszt, térbeli hiba ( <i>LM-error</i> )                                | Nincs térbeli összefüggés   | Az LNM-becslés reziduumaiban térbeli struktúra figyelhető meg. Térbeli hiba modellje becslendő    |  |  |
| Anselin-féle robusztus Lagrange-multiplikátor-teszt, térbeli késleltetés ( <i>Robust LM-lag</i> )          | Nincs térbeli összefüggés, ha az <i>LM-lag</i> - és <i>LM-error</i> -tesztek mindegyike szignifikáns volt | A magyarázott változóban térbeli struktúra figyelhető meg. Térbeli késleltetés modellje becslendő |  |  |
| Anselin-féle robusztus Lagrange-multiplikátor-teszt, térbeli hiba ( <i>Robust LM-error</i> )               | Nincs térbeli összefüggés, ha az <i>LM-lag</i> - és <i>LM-error</i> -tesztek mindegyike szignifikáns volt | Az LNM-becslés reziduumaiban térbeli struktúra figyelhető meg. Térbeli hiba modellje becslendő    |  |  |
| Breusch-Pagan-teszt panelstruktúra jelenlétére az LNM-becslés reziduumaiban heteroszkedaszticitása alapján |   |   | A hibatagok struktúrája egyesített ( <i>pooled</i> ) típusú becslésre utal | A hibatagok egyéni és/vagy idő fix hatás jelenlétére utalnak |

## Az 1. táblázat folytatása

| Teszteljárás   | Teszteljárás hipotézisei               |  |  |                                      |
|--|--|--|--|--------------------------------------|
|  | térbeli struktúra                      |  | panelstruktúra   |                                      |
|  | nullhipotézis                          | alternatív hipotézis   | nullhipotézis  | alternatív hipotézis                 |
| Breusch–Pagan-teszt idő fix hatásra ( <i>Breusch-Pag for time fixed</i> )                          |  |  | Egyéni fix hatás, ha Breusch–Pagan-próba szignifikáns volt                   | Idő fix hatás                        |
| Breusch–Pagan-teszt együttes egyéni és idő fix hatásra ( <i>Breusch-Pagan for two ways fixed</i> ) |  |  | Idő fix hatás, ha Breusch–Pagan-féle próba idő fix hatásra szignifikáns volt | Együttes egyéni és idő fix hatás     |
| Hausman-féle panelteszt  |  |  | Fix hatásos panelmodell  | Véletlen hatásos panelmodell         |
| Hausman-féle térbeli panelteszt  |  |  | Fix hatásos térbeli panelmodell  | Véletlen hatásos térbeli panelmodell |
| Lagrange-arányteszt térbeli késleltetésre ( <i>LR-lag Durbin</i> )                                 | Az eddig feltérképezett térbeli modell | Az eddig feltérképezett térbeli modell „Durbin-féle változata” |  |                                      |
| Lagrange-arányteszt térbeli hibára ( <i>LR-error Durbin</i> )                                      | Az eddig feltérképezett térbeli modell | Az eddig feltérképezett térbeli modell „Durbin-féle változata” |  |                                      |

Ennek megmutatásához a tudásáramlás folyamatát igyekszünk felhasználni, amihez *Varga–Sebestyén* [2016] modelljét használjuk kiindulásként. A modellezés során először az általánosan kiindulási alapként használt legkisebb négyzetek módszerén alapuló becslést alkalmazzuk, amelynek eredményeit alapul véve haladunk tovább, hogy a megfelelő végső modellhez érjünk. Eredményeink igyekeznek felhívni a figyelmet egy meglehetősen nagy problémára: az elvégzett tesztek sorrendjének függvényében a tesztek által javasolt végső modell eltérő lehet. Ennek fényében szükségszerűvé válik olyan teszteljárás vagy logikai út kidolgozása, amely irányt mutat abban a tekintetben, hogy a modellezés során elsőként az adatokban megjelenő tér- vagy panelstruktúra kezelése szükséges-e.

Megjegyezzük, hogy a térökonometriai modellezés sok kutató szerint önmagában nem alkalmas arra, hogy oksági viszonyokat vizsgáljon (*Gibbons–Overmann* [2011]). Ennek egyik okaként például megjelölhető az a reflexiós probléma, miszerint a szomszédsági viszonyok nem identifikálhatók megfelelően (*Manski* [2000]). Szeretnénk ugyanakkor felhívni a figyelmet arra, hogy egyrészt a módszertan ezen problémáiról az ökonometria vezető kutatói között jelenleg nincs konszenzus. Másrészt jelen munka nem kívánja a térbeli módszerek ilyen irányú értékelését elvégezni. Vitathatatlan, hogy a térökonometria modelljeit egyre szélesebb körben alkalmazzák az empirikus vizsgáltok során. Célunk annak bemutatása, hogy a szakirodalomban igen nagy számban előforduló, konstruktív alapokon készített térbeli panelmodellek előállításánál a korábban megjelölt, meglehetősen fontos problémával találkozhatnak a kutatók, amelynek kezelése nem minden esetben tűnik kielégítőnek.

E probléma bemutatásához tanulmányunk a következőképpen épül fel. Először ismertetjük a felhasznált adatokat és azok tulajdonságait. Majd bemutatjuk az eljárásba vont empirikus modellt és az általunk alkalmazott modellépítési technikákat, amit a becslési eredmények tárgyalása követ. Végül a munkát a kutatás konklúziói zárják.

## Adatok és az alkalmazott módszertan

A modellezés során alkalmazott keretrendszer elméleti alapjául a *Romer* [1990] által kifejlesztett, majd *Jones* [1995] által továbbfejlesztett tudástermelési függvény szolgál:

$$\frac{dA_i}{dt} = \delta H_{A_i} A_i, \quad (1)$$

ahol  $dA_i/dt$  a (technológiai) tudásban bekövetkező időbeli változás,  $H_{A_i}$  az emberi tőke mennyiségét jelöli,  $A_i$  a már meglévő tudományos és technológiai tudás állományát jelenti, az  $i$  pedig a térbeli egység indexe.

Az (1) modell empirikus vizsgálatát *Varga–Sebestyén* [2016] végezte el a következő formában:

$$ICT\_PAT_i = a_0 + a_1 ICT\_PAT\_STOCK_i + a_2 RD\_TOTAL_i + Z_i + \varepsilon_i, \quad (2)$$

ahol  $ICT\_PAT_i$  jelentése az infotechnológiai szektorban keletkezett szabadalmak száma a vizsgálati időszakban,  $ICT\_PAT\_STOCK_i$  jelöli az összesen keletkezett infotechnológiai szabadalmi állományt,  $RD\_TOTAL_i$  a K + F-kiadások összege,  $Z_i$  az extraregionális tudásforrásokat jelöli, míg az  $i$  a régió indexe.

A (2) általános specifikációt *Varga–Sebestyén* [2016] részletesen becsülte, különböző szempontok figyelembevételével.<sup>2</sup> A (2) egyenlet alapján eljárásukat követve becsüljük a (3)–(5) egyenleteket.

<sup>2</sup> Jelen tanulmány nem kíván részletesen hozzájárulni az interregionális tudástermelés szakirodalmához, csak egy, a modellezés során jelentkezett „ellentmondást” kíván elemezni.

$$ICT\_PAT_i = a_0 + a_1 ICT\_PAT\_STOCK_i + a_2 RD\_TOTAL_i + \varepsilon_i, \quad (3)$$

$$ICT\_PAT_i = a_0 + a_1 ICT\_PAT\_STOCK_i + a_2 RD\_TOTAL_i + \alpha_3 RD\_TOTAL_i \times ENQ_i + \varepsilon_i, \quad (4)$$

$$ICT\_PAT_i = a_0 + a_1 ICT\_PAT\_STOCK_i + a_2 RD\_TOTAL_i + \alpha_3 RD\_TOTAL_i \times ENQ_i + \alpha_4 HT\_EMP_i + \varepsilon_i, \quad (5)$$

ahol  $HT\_EMP_i$  a csúcstechnológiai iparágakban alkalmazottak száma, míg  $ENQ_i$  az  $i$ -edik régió  $ENQ$  indexe, amely a régió nemzetközi tudományos beágyazottságát méri (Sebestyén–Varga [2013a], [2013b]). A (3)–(5) egyenletek esetében elsőként panelhatásoktól mentesen a legkisebb négyzetek módszerével becslést végzünk, minden egyes új modell esetén egy-egy újabb magyarázó változót bevonva – ezzel növelve a modell magyarázó erejét.

A regressziós elemzéshez vizsgálati körbe vont adatok az Európai Unió FP5, FP6 és FP7 keretprogramjai szerint keletkeztek, és éves bontásban a 2000–2009-es időszakot ölelik fel. A kutatás megfigyelési egységei az európai NUTS2 régiók. A jelen vizsgálat adatállománya teljes mértékben megegyezik a Varga–Sebestyén [2016] által használt adatállománnyal, a változók leírását a 2. táblázat tartalmazza.

## 2. táblázat

A változók leírása

| A változó neve    | Leírás   | Adatforrás  |
|-------------------|--|---|
| $ICT\_PAT$        | A keletkezett szabadalmak száma régióként az infotechnológiai szektorban                                 | Eurostat-adatállomány   |
| $ICT\_PAT\_STOCK$ | Regionális szabadalmi állományok az infotechnológiai szektorban  | Varga–Sebestyén [2016] számításai Eurostat-adatállomány alapján             |
| $RD\_TOTAL$       | Regionális K + F-kiadások 1995-ös árakon mérve, vásárlóerő-paritáson                                     | Eurostat-adatállomány   |
| $ENQ$             | A regionális tudás és tudományos beágyazottság átfogó mérőszáma Sebestyén–Varga [2013a], [2013b] alapján | Varga–Sebestyén [2016] számítása FP 5–7 adminisztratív adatállomány alapján |
| $HT\_EMP$         | Regionális foglalkoztatottság a csúcstechnológiai iparágakban az Eurostat klasszifikációja alapján       | Eurostat-adatállomány   |

Varga–Sebestyén [2016] az európai FP 5–7 keretprogramok hatásosságának vizsgálatához adatállományát kettébontotta. Az egyik részhalmazt a kelet-közép-európai (KKE) FP programok szerinti Objective 1 régiók alkották, míg a másik részhalmazt a nyugat-európai (NYE) régiók. Az adatok leíró statisztikái a 3. táblázatban láthatók, részhalmazonként különböztetve.

## 3. táblázat

A változók leíró statisztikája

|                                  | <i>ICT_PAT</i> | <i>ECT_PAT_STOCK</i> | <i>RD_TOTAL</i> | <i>ENQ</i> | <i>HT_EMP</i> |
|----------------------------------|----------------|----------------------|-----------------|------------|---------------|
| KELET-KÖZÉP-EURÓPAI (KKE) RÉGIÓK |                |                      |                 |            |               |
| <i>N</i>                         | 540            | 540                  | 540             | 540        | 540           |
| Átlag                            | 0,2523         | 1,7228               | 4,1809          | 6,1036     | 2,9838        |
| Szórás                           | 1,2199         | 0,9412               | 1,2330          | 9,3014     | 0,6329        |
| Minimum                          | -2,8134        | -0,4943              | 1,4484          | -7,9443    | 1,6993        |
| Maximum                          | 3,7412         | 5,0378               | 7,0499          | 13,1864    | 4,8354        |
| NYUGAT-EURÓPAI (NYE) RÉGIÓK      |                |                      |                 |            |               |
| <i>N</i>                         | 2080           | 2080                 | 2080            | 2080       | 2080          |
| Átlag                            | 2,8691         | 4,5627               | 5,7782          | 7,5955     | 3,0930        |
| Szórás                           | 1,9019         | 1,8879               | 1,5010          | 8,7073     | 1,0862        |
| Minimum                          | -2,9957        | -1,9661              | -1,8499         | -7,9443    | -0,2614       |
| Maximum                          | 7,5635         | 8,9336               | 9,5046          | 13,2547    | 6,1628        |

Megjegyzés: az adatok logaritmizáltak.

## Empirikus eredmények

A (3)–(5) specifikációk átvétele után elvégeztük azok empirikus becslését.<sup>3</sup> A modellezés során a korábbiakban felvázolt minden lehetőséget megvizsgáltunk – egy egyszerű hasonlattal élve, két különböző kutató „bőrébe” bújunk, akik más-más megközelítéssel kezelik ugyanazt a problémát. A tér- és panelhatásoktól mentes legkisebb négyzetek módszerével végzett becslés eredményeit a 4. táblázat szemlélteti a kelet-középeurópai, míg az 5. táblázat a nyugat-európai régiók esetén.

Az elemzést ökonometriai tesztek alapján folytató kutatónak ezen a ponton kell döntenie, hogy a fent említettek közül kinek a „bőrébe bújik”:

1. KUTATÓ: a fenti legkisebb négyzetek módszere szerinti becslési eredményeket először térhatásokra teszteli, majd az eredmények figyelembevételével halad tovább a „panelosítás” felé, vagy

2. KUTATÓ: a fenti legkisebb négyzetek módszere szerinti becslési eredményeket először panelhatásokra teszteli, majd az eredmények figyelembevételével halad tovább a „teresítés” felé.

Jelen munkában célunk mind a két utat bejárni, hogy megmutassuk, milyen konklúziók vonhatók le a két eljárás alapján. Először megvizsgáltuk azt az eshetőséget, amikor munkánk során elsőként a térbeli hatásokat teszteljük,<sup>4</sup> s a már felépített

<sup>3</sup> Az elemzéshez az RStudio 4.2.2. programverzióját használtuk minden modell esetében.

<sup>4</sup> Ahhoz, hogy eredményeink minél robusztusabbak legyenek, a modellek térbeli kiterjesztésének lehetőségét minden esetben négy különböző térbeli súlymátrix esetén elvégeztük. Ezek rendre: inverz távolságalapú (*INV*), inverz távolságnégyzet alapú (*INV*<sup>2</sup>), elsőszomszéd-alapú (1. szomszéd), negyedikszomszéd-alapú (4. szomszéd).

## 4. táblázat

Az LNM-bebecslés eredményei a kelet-közép-európai régiók esetén

Függő változó: *ICT\_PAT*

|                              | 1. MODELL            | 2. MODELL            | 3. MODELL            |
|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Konstans                     | -2,160***<br>(-9,47) | -2,090***<br>(-9,08) | -2,181***<br>(-6,72) |
| <i>ICT_PAT_STOCK</i>         | 0,643***<br>(9,77)   | 0,612***<br>(8,53)   | 0,614***<br>(8,65)   |
| <i>RD_TOTAL</i>              | 0,312***<br>(5,62)   | 0,291***<br>(5,26)   | 0,259***<br>(4,30)   |
| <i>RD_TOTAL</i> × <i>ENQ</i> |                      | 0,003**<br>(2,03)    | 0,002**<br>(2,03)    |
| <i>HT_EMP</i>                |                      |                      | 0,075<br>(0,57)      |
| Korrigált $R^2$              | 0,509                | 0,514                | 0,513                |

*Megjegyzés:* a zárójelben a *t*-értékek; a standard hibák robusztusak a heteroszkedaszticitásra és autokorrelációra.

*Forrás:* saját számítás.

## 5. táblázat

Az LNM-bebecslés eredményei a nyugat-európai régiók esetén

Függő változó: *ICT\_PAT*

|                              | 1. MODELL             | 2. MODELL             | 3. MODELL             |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Konstans                     | -2,331***<br>(-12,71) | -2,390***<br>(-12,74) | -2,278***<br>(-12,68) |
| <i>ICT_PAT_STOCK</i>         | 0,715***<br>(20,05)   | 0,724***<br>(19,88)   | 0,690***<br>(17,76)   |
| <i>RD_TOTAL</i>              | 0,335***<br>(6,57)    | 0,360***<br>(6,91)    | 0,238***<br>(4,19)    |
| <i>RD_TOTAL</i> × <i>ENQ</i> |                       | -0,003***<br>(-8,60)  | -0,003***<br>(-8,48)  |
| <i>HT_EMP</i>                |                       |                       | 0,239***<br>(3,24)    |
| Korrigált $R^2$              | 0,894                 | 0,894                 | 0,897                 |

*Megjegyzés:* a zárójelben a *t*-értékek; a standard hibák robusztusak a heteroszkedaszticitásra és autokorrelációra.

*Forrás:* saját számítás.



térbeli modell reziduumaikat vizsgáljuk panelhatások szempontjából. A becslések eredményét a *Függelék F1. és F2. táblázata* mutatja.

Az *F1. táblázatból* a kelet-közép-európai régiók esetében látható, hogy az első három modell bővítése során az újabb magyarázó változók beépítésével sikeresen tudtuk növelni a magyarázó erőt. A 3. MODELLEN elvégzett térbeli tesztek (*LM-lag* és *LM-error*, különböző súlymátrixok felhasználásával) azonban azt az eredményt adják, hogy a modellünkben nincsenek térhatások, így nem szükséges az ilyen irányú specifikáció használata. Ezt követően teszteltünk panelhatásra is, és a Breusch–Pagan-teszt már szignifikáns hatást jelzett. Így a végső modellünk egy egyéni véletlen hatásokat tartalmazó panelmodell lett. A paraméterbecslésekből jól látszik, hogy mind a regionális tudásbázist mérő szabadalmi állomány, a kutatás-fejlesztési kiadások, valamint a tudományos beágyazottság szignifikáns pozitív hatást fejt ki a szabadalmi tevékenységre. A csúcstechnológiai iparágban foglalkoztatottak száma – amely az emberitőke-ellátottság egy speciális mérőszáma – esetünkben viszont nem gyakorol pozitív hatást a szabadalmi tevékenységre. Mindeközben felmerülhet a kérdés, hogy a végső modell „jobb” modellnek tekinthető-e, hiszen a komplexebb becslési módszer ellenére a magyarázó ereje elmarad az „egyszerűbb” 3. MODELLETŐL (ami természetesen természetesen is köszönhető lehet a véletlenhatás-transzformációnak is).

Az eljárást hasonlóan folytattuk le a nyugat-európai régiók esetében is (*F2. táblázat*). Itt jól látható, hogy a Lagrange-féle multiplikátortesztek minden alkalmazott súlymátrix esetében jeleznek térhatást. *Anselin-Rey* [1991] modellépítési stratégiáját követve a térbeli hiba modellje a racionális választás (4. MODEL). A következő lépésben e modell eredményeit teszteltük a lehetséges panelhatásokra. A választott modell eredményeit megfigyelve arra a következtetésre jutottunk, hogy a kelet-közép-európai régiókkal szemben a szabadalmi állománynak, a kutatás-fejlesztési kiadásoknak, valamint a tudományos beágyazottságnak csekélyebb hatása van a szabadalmi tevékenységre, miközben az emberitőke-ellátottság szignifikáns hatást fejt ki. A térbeli hiba modellspecifikációjának a szükségessége arra enged következtetni, hogy a hibátag olyan térbeli struktúrát tartalmaz, amelyet valamely nem mérhető változó által hordozott térbeli összefüggés vált ki, ami miatt más térbeli modellel nem tudjuk a hatást elemzési körbe vonni.

A tesztek alapján jól látható, hogy a nyugat-európai régiókat egy individuális és idő fix hatásokat tartalmazó térbeli hiba panelmodellje írja le megfelelően. Így a végső specifikációt a kelet-közép-európai régiók esetén a (6), míg a nyugat-európai régiók esetén a (7) egyenlet adja, ahol  $W_{iq}$  a térbeli sorstandardizált súlymátrix, míg  $\varphi_{qt}$  a  $q$ -edik régió megfigyeléséhez tartozó becslési hibátag.

$$ICT\_PAT_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 ICT\_PAT\_STOCK_{it} + \alpha_2 RD\_TOTAL_{it} + \alpha_3 RD\_TOTAL_{it} \times ENQ_{it} + \alpha_4 HT\_EMP_{it} + \mu_i + \varepsilon_t, \quad (6)$$

$$ICT\_PAT_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 ICT\_PAT\_STOCK_{it} + \alpha_2 RD\_TOTAL_{it} + \alpha_3 RD\_TOTAL_{it} \times ENQ_{it} + \alpha_4 HT\_EMP_{it} + \rho \sum_{q=1}^Q W_{iq} \times \varphi_{qt} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}. \quad (7)$$

A vizsgálat második fázisban megnéztük, milyen specifikációs eredményre jutunk, amennyiben elsőként a panelhatások jelenlétét teszteljük a legkisebb négyzetek módszere szerinti becslés reziduumaiban. E regressziók eredménye látható a *Függelék F3. és F4. táblázatában*.

Az *F3. táblázat* méretéből is látható, hogy teljesen más eredményekhez jutottunk a kelet-közép-európai régiók esetében. A korábbiaknak megfelelően a panelhatás tesztelése eredményeként a 4. modellünk egy egyéni randomhatásos panelmodell lett. Ezt követően a térhatást teszteltük (*LM-lag* és *LM-error*). Nem szabad elfelejteni, hogy jelen esetben nincs semmiféle *a priori* tudásunk a térrel kapcsolatban, arról most szeretnénk döntést hozni. Azt az eredményt kaptuk, hogy a panelmodellünkben szignifikáns térhatás figyelhető meg (inverz súlymátrix használatával) térbeli késleltetés esetén. Ennek megfelelően az 5. MODELLÜNK egy térben késleltetett, egyéni véletlen hatású panelmodell lett. A teljesség igényével megvizsgáltuk a specifikációt: szükséges-e a magyarázó változókat is térben késleltetni (Durbin). Azt az eredményt kaptuk, hogy igen, így a végső modellünk (6. MODEL) egy egyéni véletlen hatású térbeli Durbin-féle panelmodell lett. A teljesség igényéhez igazodva, amely esetekben lehetséges, a térbeli modellek hatásszétválasztását is elvégeztük *LeSage–Pace* [2009] alapján.

Jól látható, hogy az egyes paraméterbecslések értékei valamelyest csökkentek ebben a specifikációban, ami valószínűleg a modell formájának és a magyarázó változók magasabb számának tudható be. A térbeli késleltetés paramétere ebben az esetben nem szignifikáns, ami meglehetősen gyenge kapcsolatra utal a magyarázott változó megfigyelései között. Ezzel ellentétben a magyarázó változók módosulása a térbeli kapcsolati háló miatt sok esetben szignifikáns hatást gyakorol más régiók megfigyeléseire a függő változók tekintetében. A térbeli modellek adatgeneráló folyamatainak struktúrájából következően a magyarázó változók magyarázott változóra kifejtett hatásában a mechanizmusok pontosabb megfigyelése érdekében szétválasztás végezhető, ahogy arra fent is utaltunk. A közvetlen hatások esetében azt figyelhetjük meg, hogy a független változó adott régióbeli megfigyelésének változása mekkora módosulást okoz közvetlenül ugyanabban a régióban a magyarázott változó esetében, s ez az interpretáció analóg módon értelmezhető a tér nélküli modellek béta paramétereinek értelmezéseivel. A közvetett hatások azt mérik, hogy az adott magyarázó változó megfigyelésében beállt változások milyen hatást gyakorolnak a magyarázott változó más régiókban fellelhető megfigyeléseire a térstruktúrán keresztül. A közvetett hatások ebben az esetben úgy is értelmezhetők, mint a paraméterbecslések azon részei a magyarázó változók esetében, amelyek a térhatásoknak köszönhetőek. Értelemszerűen a kettő összege adja a teljes hatást, amelyet az adott független változó az eredményváltozóra gyakorol. Érdemes azt is megjegyeznünk, hogy ennek a specifikációnak a magyarázó ereje jóval meghaladja az előző modellépítési technikából származót a kelet-közép-európai régiók esetén.

A nyugat-európai régióknál ezzel ellentétben egy „kívánatos” eredményt kaptunk – azaz az eltérő megközelítések ugyanazon végső konklúzióhoz vezetnek. A tesztek alapján látható, hogy ebben az esetben elsőként jelölődik ki a véletlen hatásos panelmodell, amelyet később szükséges térbeli hiba modell környezetbe implementálni.

Ennek megfelelően a kelet-közép-európai régiókra vonatkozó kiválasztott specifikáció nagymértékben változott, amit a (8) egyenlet is érzékeltet:

$$\begin{aligned}
 ICT\_PAT_{it} = & \delta \sum_{q=1}^Q W_{iq} \times ICT\_PAT_{qt} + \alpha_0 + \alpha_1 ICT\_PAT\_STOCK_{it} + \\
 & + \alpha_2 RD\_TOTAL_{it} + \alpha_3 RD\_TOTAL_{it} \times ENQ_{it} + \alpha_4 HT\_EMP_{it} + \beta_1 \sum_{q=1}^Q W_{iq} \times \\
 & \times ICT\_PAT\_STOCK_{qt} + \beta_2 \sum_{q=1}^Q W_{iq} \times RD\_TOTAL_{qt} + \beta_3 \sum_{q=1}^Q W_{iq} \times \\
 & \times RD\_TOTAL_{qt} \times ENQ_{qt} + \beta_4 \sum_{q=1}^Q W_{iq} \times HT\_EMP_{qt} + \mu_i + \varepsilon_{it}. \quad (8)
 \end{aligned}$$

Mindeközben a nyugat-európai régiók esetében a kiválasztott változat ugyanaz maradt [(7) egyenlet], méghozzá oly módon, hogy a becült koefficiensek változása sem figyelhető meg. Érdeemes azonban megfigyelni a magyarázó erő kiugróan magas voltát, ami mindenképpen gondolkodásra ad okot, azonban jelen vizsgálatban ebbe az irányba nem kívánunk elkanyarodni.

## Összefoglalás és következtetések

Munkánk során igyekeztünk bemutatni, hogy amennyiben egy kutatás során az ökonometriai modellezés eszköztárához nyúlunk, a specifikációs tesztek alapján kiválasztott modellek felépítése során milyen problémába ütközhet a kutató. A kérdéskör azért is kiemelten fontos, mert a vonatkozó módszereket alkalmazó szakirodalom kisebb hányadának áttekintése után is azt láthatjuk, hogy sok esetben ez a diszkrepancia nincs megfelelően körüljárva, ami súlyos kétségekhez vezet a konklúziók levonása során.

Látható, hogy ugyanazon probléma (az Európai Unió keretprogramjainak hatása a regionális innovációra) vizsgálatára/számszerűsítésére tett kísérletünk végeredménye nagyban függ a probléma megközelítésétől, ez pedig további komoly problémákhoz vezet mind a specifikáció, mind a gazdaságpolitikai ajánlások szempontjából. A bejárt különböző utak eredményei nem csupán a változókhoz tartozó paraméterek értékében vagy szignifikanciaszintjében adtak különböző eredményeket. Olyan példát mutattunk be, ahol a kiválasztott modell struktúrája és formája alapvetően különbözött akkor, amikor ugyanolyan formát „kellene öltenie”.

Sajnálatos módon a szakirodalomban nincs egyértelmű állásfoglalás arra vonatkozóan, hogy mikor melyik hatást kell először vizsgálni: minden kutató saját preferenciával rendelkezik. Munkánk eredményei alapján arra kívánjuk elsődlegesen felhívni a figyelmet, hogy az itt részletezett probléma sürgető megoldást kíván mind tudományos, mind szakpolitikai szempontból.

*Hivatkozások*

- ANSELIN, L. [1988]: *Spatial Econometrics: Methods and Models*. Kluwer Academic, Boston, MA, <https://doi.org/10.1007/s43071-021-00016-1>.
- ANSELIN, L.–REY, S. [1991]: Properties of Tests for Spatial Dependence in Linear Regression Models. *Geographical Analysis*, Vol. 23. No. 2. 112–131. o. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1991.tb00228.x>.
- BALTAGI, B. H.–CHANG, Y. J.–LI, Q. [1999]: Testing for random individual and time effects using unbalanced panel data. *Advances in Econometrics*, Vol. 13. 1–20. o. [https://doi.org/10.1108/s0731-9053\(1999\)0000013003](https://doi.org/10.1108/s0731-9053(1999)0000013003).
- ELHORST, J. P. [2010]: Spatial Panel Data Models. Megjelent: *Fischer, M.–Getis, A. (szerk.): Handbook of Applied Spatial Analysis*. Springer, Berlin–Heidelberg, 377–407. o. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03647-7>.
- GIBBONS, S.–OVERMAN, H. G. [2012]: Mostly Pointless Spatial Econometrics? *International Regional Science*, Vol. 52. No. 2. 172–191. o. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2012.00760.x>.
- HAUSMAN, J. [1978]: Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, Vol. 46. No. 6. 1251–1271. o. <https://doi.org/10.2307/1913827>.
- JONES, C. [1995]: R&D-based Models of Economic Growth. *Journal of Political Economy*, Vol. 103. No. 4. 759–784. o. <https://doi.org/10.1086/262002>.
- KOPCZEWSKA, K.–KUDEŁA, J.–WALCZYK, K. [2017]: Strategy of Spatial Panel Estimation: Spatial Spillovers Between Taxation and Economic Growth. *Applied Spatial Analysis*, Vol. 10. 77–102. o. <https://doi.org/10.1007/s12061-015-9170-2>.
- LESAGE, J.–PACE, R. [2009]: *Introduction to Spatial Econometrics*. Chapman and Hall/CRC Press, Oxfordshire, <https://doi.org/10.1201/9781420064254>.
- MANSKI, C. F. [2000]: Economic Analysis of Social Interactions. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 14. No. 3. 115–136. o. <https://doi.org/10.1257/jep.14.3.115>.
- ROMER, P. M. [1990]: Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, Vol. 98. No. 5. 71–102. o. <https://doi.org/10.1086/261725>.
- SEBESTYÉN TAMÁS–VARGA ATTILA [2013a]: Research productivity and the quality of interregional knowledge networks. *Annals of Regional Science*, Vol. 51. No. 1. 155–189. o. <https://doi.org/10.1007/s00168-012-0545-x>.
- SEBESTYÉN TAMÁS–VARGA ATTILA [2013b]: A novel comprehensive index of network position and node characteristics in knowledge networks: Ego Network Quality. Megjelent: *Scherngell, T. (szerk.): The geography of networks and R&D collaborations*. Springer, series: *Advances in Spatial Science*. 71–97. o. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02699-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02699-2_5).
- VARGA ATTILA [2002]: Térökonometria. *Statistikai Szemle*, 80. évf. 4. sz. 354–370. o.
- VARGA ATTILA–SEBESTYÉN TAMÁS [2016]: Does EU Framework Program Participation Affect Regional Innovation? The Differentiating Role of Economic Development. *International Regional Science Review*, Vol. 40. No. 4. 1–35. o. <https://doi.org/10.1177/0160017616642821>.
- WOOLDRIDGE, J. M. [2001]: *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. MIT Press Books. The MIT Press, Cambridge, <https://doi.org/10.1007/s00712-003-0589-6>.
- WOOLDRIDGE, J. M. [2012]: *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. 5th Edition. South-Western, Cengage Learning, Mason, OH.

## Függelék

## F1. táblázat

Modellspecifikációs eredmények, ha a térhatást teszteljük elsőként a kelet-közép-európai régiók esetében

Függő változó: *ICT\_PAT*

|  | 1. MODELL            | 2. MODELL            | 3. MODELL            | 4. MODELL             |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Becslés módszere                         | LNМ                  | LNМ                  | LNМ                  | Egyéni véletlen hatás |
| Konstans                                 | -2,160***<br>(-9,47) | -2,090***<br>(-9,08) | -2,181***<br>(-6,72) | -2,041***<br>(-6,09)  |
| <i>ICT_PAT_STOCK</i>                     | 0,643***<br>(9,77)   | 0,612***<br>(8,53)   | 0,614***<br>(8,65)   | 0,515***<br>(7,05)    |
| <i>RD_TOTAL</i>                          | 0,312***<br>(5,62)   | 0,291***<br>(5,26)   | 0,259***<br>(4,30)   | 0,298***<br>(4,61)    |
| <i>RD_TOTAL</i> × <i>ENQ</i>             |                      | 0,003**<br>(2,03)    | 0,002**<br>(2,03)    | 0,003***<br>(2,89)    |
| <i>HT_EMP</i>                            |                      |                      | 0,075<br>(0,57)      | 0,024<br>(0,16)       |
| <i>Theta</i>                             |                      |                      |                      | 0,489                 |
| Korrigált $R^2$                          | 0,509                | 0,514                | 0,513                | 0,308                 |
| <i>LM-lag</i> ( <i>INV</i> )             |                      |                      | 1,98                 |                       |
| <i>LM-lag</i> ( $INV^2$ )                |                      |                      | 1,21                 |                       |
| <i>LM-lag</i> (1. szomszéd)              |                      |                      | 0,39                 |                       |
| <i>LM-lag</i> (4. szomszéd)              |                      |                      | 0,29                 |                       |
| <i>LM-error</i> ( <i>INV</i> )           |                      |                      | 0,22                 |                       |
| <i>LM-error</i> ( $INV^2$ )              |                      |                      | 0,20                 |                       |
| <i>LM-error</i> (1. szomszéd)            |                      |                      | 1,06                 |                       |
| <i>LM-error</i> (4. szomszéd)            |                      |                      | 0,48                 |                       |
| Robusztus <i>LM-lag</i> ( <i>INV</i> )   |                      |                      |                      |                       |
| Robusztus <i>LM-lag</i> ( $INV^2$ )      |                      |                      |                      |                       |
| Robusztus <i>LM-lag</i> (1. szomszéd)    |                      |                      |                      |                       |
| Robusztus <i>LM-lag</i> (4. szomszéd)    |                      |                      |                      |                       |
| Robusztus <i>LM-error</i> ( <i>INV</i> ) |                      |                      |                      |                       |
| Robusztus <i>LM-error</i> ( $INV^2$ )    |                      |                      |                      |                       |
| Robusztus <i>LM-error</i> (1. szomszéd)  |                      |                      |                      |                       |
| Robusztus <i>LM-error</i> (4. szomszéd)  |                      |                      |                      |                       |
| Breusch-Pagan                            |                      |                      | 96,30***             |                       |
| Breusch-Pagan idő fix hatás              |                      |                      | 0,00                 |                       |

## Az F1. táblázat folytatása

|  | 1. MODELL | 2. MODELL | 3. MODELL | 4. MODELL                |
|--|-----------|-----------|-----------|--------------------------|
| Becslés módszere                             | LNM       | LNM       | LNM       | egyéni<br>véletlen hatás |
| Breusch–Pagan<br>(egyéni és idő fix hatásra) |           |           |           |                          |
| Hausman-féle panelteszt <sup>a</sup>         |           |           |           | 8,69*                    |
| LR-lag (Durbin)                              |           |           |           |                          |
| LR-error (Durbin)                            |           |           |           |                          |

<sup>a</sup> A Hausman-teszt nem térbeli változatát alkalmaztuk.

Megjegyzés: a becült  $t$ -értékek a zárójelben, a standard hibák robusztusak a heteroszkedaszticitásra és az autokorrelációra; a térbeli súlymátrixok sorstandardizáltak;  $W_{\cdot}$  jelöli a térben késleltetett (függő és független) változót. LNM = általános legkisebb négyzetek módszere; LM = Lagrange-multiplikátor; LR = likelihood arány.

\*\*\*  $p < 0,01$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*  $p < 0,1$ .

Forrás: saját számítás.

## F2. táblázat

Modellspecifikációs eredmények, ha a térhatást teszteljük elsőként – nyugat-európai régiók

Függő változó:  $ICT\_PAT$

|                        | 1. MODELL             | 2. MODELL             | 3. MODELL             | 4. MODELL                                    | 5. MODELL                                       | HATÁSSZÉTVÁLASZTÁS<br>(5. modell)  |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|---|--|
| Becslés módszere       | LNM                   | LNM                   | LNM                   | térbeli hiba<br>(inverz)<br>egyesített<br>ML | térbeli hiba<br>(inverz)<br>együttes<br>hatásra | közvetlen hatás<br>közvetett hatás<br>teljes hatás                                 |
| Konstans               | -2,331***<br>(-12,71) | -2,390***<br>(-12,74) | -2,278***<br>(-12,68) | -2,285***<br>(-18,27)                        |   | a térbelihiba-modell típusa<br>nem teszi lehetővé közvetett<br>hatások kimutatását |
| Térbeli késleltetés    |                       |                       |                       |  |   |  |
| Térbeli hiba           |                       |                       |                       | 0,891***<br>(31,79)                          | 0,559***<br>(6,94)                              |  |
| $ICT\_PAT\_STOCK$      | 0,715***<br>(20,05)   | 0,724***<br>(19,88)   | 0,690***<br>(17,76)   | 0,645***<br>(45,55)                          | 0,087**<br>(2,23)                               |  |
| $RD\_TOTAL$            | 0,335***<br>(6,57)    | 0,360***<br>(6,91)    | 0,238***<br>(4,19)    | 0,186***<br>(8,39)                           | 0,165***<br>(3,27)                              |  |
| $RD\_TOTAL \times ENQ$ |                       | -0,003***<br>(-8,60)  | -0,003***<br>(-8,48)  | 0,001**<br>(2,28)                            | 0,000<br>(0,45)                                 |  |
| $HT\_EMP$              |                       |                       | 0,239***<br>(3,24)    | 0,297***<br>(10,31)                          | 0,159**<br>(2,48)                               |  |

## Az F2. táblázat folytatása

| Becslés módszere                            | 1. MODEL | 2. MODEL | 3. MODEL  | 4. MODEL                                     | 5. MODEL  | HATÁSSZÉTVÁLASZTÁS<br>(5. modell) |                    |                 |
|---|----------|----------|-----------|--|---|-----------------------------------|--------------------|-----------------|
|   | LN       | LN       | LN        | térbeli hiba<br>(inverz)<br>egyesített<br>ML | térbeli hiba<br>(inverz)<br>együttes<br>hatásra | közvetlen<br>hatás                | közvetett<br>hatás | teljes<br>hatás |
| <i>W<sub>JCT_PAT_STOCK</sub></i>            |          |          |           |  |   |                                   |                    |                 |
| <i>W<sub>RD_TOTAL</sub></i>                 |          |          |           |  |   |                                   |                    |                 |
| <i>W<sub>(RD_TOTAL × ENQ)</sub></i>         |          |          |           |  |   |                                   |                    |                 |
| <i>W<sub>HT_EMP</sub></i>                   |          |          |           |  |   |                                   |                    |                 |
| <i>Theta</i>                                |          |          |           |  |   |                                   |                    |                 |
| Korrigált $R^2$                             | 0,894    | 0,894    | 0,897     | 0,881  | 0,959   |                                   |                    |                 |
| <i>LM-lag (INV)</i>                         |          |          | 227,23*** |  |   |                                   |                    |                 |
| <i>LM-lag (INV<sup>2</sup>)</i>             |          |          | 211,83*** |  |   |                                   |                    |                 |
| <i>LM-lag (1. szomszéd)</i>                 |          |          | 60,18***  |  |   |                                   |                    |                 |
| <i>LM-lag (4. szomszéd)</i>                 |          |          | 194,04*** |  |   |                                   |                    |                 |
| <i>LM-error (INV)</i>                       |          |          | 681,35*** |  |   |                                   |                    |                 |
| <i>LM-error (INV<sup>2</sup>)</i>           |          |          | 365,31*** |  |   |                                   |                    |                 |
| <i>LM-error (1. szomszéd)</i>               |          |          | 89,55***  |  |   |                                   |                    |                 |
| <i>LM-error (4. szomszéd)</i>               |          |          | 231,68*** |  |   |                                   |                    |                 |
| Robusztus <i>LM-lag (INV)</i>               |          |          | 54,63***  |  |   |                                   |                    |                 |
| Robusztus <i>LM-lag (INV<sup>2</sup>)</i>   |          |          |           |  |   |                                   |                    |                 |
| Robusztus <i>LM-lag (1. szomszéd)</i>       |          |          |           |  |   |                                   |                    |                 |
| Robusztus <i>LM-lag (4. szomszéd)</i>       |          |          |           |  |   |                                   |                    |                 |
| Robusztus <i>LM-error (INV)</i>             |          |          | 508,75*** |  |   |                                   |                    |                 |
| Robusztus <i>LM-error (INV<sup>2</sup>)</i> |          |          |           |  |   |                                   |                    |                 |
| Robusztus <i>LM-error (1. szomszéd)</i>     |          |          |           |  |   |                                   |                    |                 |
| Robusztus <i>LM-error (4. szomszéd)</i>     |          |          |           |  |   |                                   |                    |                 |
| Breusch–Pagan                               |          |          |           | 1901,90***                                   |   |                                   |                    |                 |
| Breusch–Pagan idő fix hatás                 |          |          |           | 463,45***                                    |   |                                   |                    |                 |
| Breusch–Pagan (egyéni és idő fix hatásra)   |          |          |           | 2365,40***                                   |   |                                   |                    |                 |
| Hausman-féle panelteszt                     |          |          |           | 210,86***                                    |   |                                   |                    |                 |
| <i>LR lag (Durbin)</i>                      |          |          |           |  | 7,38  |                                   |                    |                 |
| <i>LR-error (Durbin)</i>                    |          |          |           |  |   |                                   |                    |                 |

*Megjegyzés:* a becslt  $t$ -értékek a zárójelben; a térbeli súlymátrixok sorstandardizáltak, a standard hibák robusztusak a heteroszkedaszticitásra és az autokorrelációra;  $W_$  jelöli a térben késleltetett (függő és független) változót. LNM = általános legkisebb négyzetek módszere; LM = Lagrange-multiplikátor; LR = likelihood arány.

\*\*\*  $p < 0,01$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*  $p < 0,1$ .

*Forrás:* saját számítás.

F3. táblázat

Modellspecifikációs eredmények, ha a panelhatást teszteljük elsőként a kelet-közép-európai régiók esetében

Függő változó: *ICT\_PAT*

|   | 1.<br>MODELL         | 2.<br>MODELL         | 3.<br>MODELL         | 4.<br>MODELL                | 5.<br>MODELL   | 6.<br>MODELL  | HATÁSSZÉTVALASZTÁS<br>(6. MODELL) |                     |                    |
|---|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|--|---|-----------------------------------|---------------------|--------------------|
| Becslés módszere                                | LNМ                  | LNМ                  | LNМ                  | egyéni<br>véletlen<br>hatás | térbeli<br>késleltetés<br>(inverz)<br>egyéni<br>véletlen<br>hatással | térbeli<br>Durbin<br>(inverz)<br>egyéni<br>véletlen<br>hatással | közvetlen<br>hatás                | közvetett-<br>hatás | teljes<br>hatás    |
| Konstans  | -2,160***<br>(-9,47) | -2,090***<br>(-9,08) | -2,181***<br>(-6,72) | -2,041***<br>(-6,09)        | -2,086***<br>(-7,16)   | -1,826***<br>(-3,10)  |                                   |                     |                    |
| Térbeli késleltetés                             |                      |                      |                      |                             | 0,212**<br>(2,10)  | 0,090<br>(0,79)   |                                   |                     |                    |
| Térbeli hiba                                    |                      |                      |                      |                             |  |   |                                   |                     |                    |
| <i>ICT_PAT_STOCK</i>                            | 0,643***<br>(9,77)   | 0,612***<br>(8,53)   | 0,614***<br>(8,65)   | 0,515***<br>(7,05)          | 0,483***<br>(7,25)   | 0,480***<br>(7,12)  | 0,480***<br>(7,29)                | 0,047<br>(0,82)     | 0,527***<br>(5,42) |
| <i>RD_TOTAL</i>                                 | 0,312***<br>(5,62)   | 0,291***<br>(5,26)   | 0,259***<br>(4,30)   | 0,298***<br>(4,61)          | 0,278***<br>(3,47)   | 0,292***<br>(3,65)  | 0,292***<br>(3,26)                | 0,029<br>(0,74)     | 0,320***<br>(2,87) |
| <i>RD_TOTAL</i> × <i>ENQ</i>                    |                      | 0,002**<br>(2,03)    | 0,002**<br>(2,03)    | 0,003***<br>(2,89)          | 0,002**<br>(2,27)  | 0,002**<br>(1,98)   | 0,002*<br>(1,85)                  | 0,000<br>(0,64)     | 0,002*<br>(1,79)   |
| <i>HT_EMP</i>                                   |                      |                      | 0,075<br>(0,57)      | 0,024<br>(0,16)             | 0,076<br>(0,53)  | 0,062<br>(0,43)   | 0,062<br>(0,41)                   | 0,006<br>(0,20)     | 0,068<br>(0,39)    |
| <i>W_ICT_PAT_STOCK</i>                          |                      |                      |                      |                             |  | -0,314***<br>(-2,49)  |                                   |                     |                    |
| <i>W_RD_TOTAL</i>                               |                      |                      |                      |                             |  | 0,056<br>(0,46)   |                                   |                     |                    |
| <i>W_(RD_TOTAL</i> × <i>ENQ)</i>                |                      |                      |                      |                             |  | 0,003<br>(0,42)   |                                   |                     |                    |
| <i>W_HT_EMP</i>                                 |                      |                      |                      |                             |  | -0,002<br>(-0,01)   |                                   |                     |                    |
| <i>Theta</i>                                    |                      |                      |                      | 0,489                       | 0,294***<br>(3,42)   | 0,294***<br>(3,43)  |                                   |                     |                    |
| Korrigált <i>R</i> <sup>2</sup>                 | 0,509                | 0,514                | 0,513                | 0,308                       | 0,505  | 0,516   |                                   |                     |                    |
| Breusch–Pagan                                   |                      |                      | 96,30***             |                             |  |   |                                   |                     |                    |
| Breusch–Pagan idő<br>fix hatás                  |                      |                      | 0,00                 |                             |  |   |                                   |                     |                    |
| Breusch–Pagan<br>(egyéni és idő fix<br>hatásra) |                      |                      |                      |                             |  |   |                                   |                     |                    |
| Hausman-féle<br>véletlen hatás                  |                      |                      | 8,69*                |                             |  |   |                                   |                     |                    |
| <i>LM-lag</i> ( <i>INV</i> )                    |                      |                      |                      | 5,33**                      |  |   |                                   |                     |                    |
| <i>LM-lag</i> ( <i>INV</i> <sup>2</sup> )       |                      |                      |                      | 2,48                        |  |   |                                   |                     |                    |



## Az F3. táblázat folytatása

|   | 1.     | 2.     | 3.     | 4.                    | 5.  | 6.   | HATÁSSZÉTVÁLASZTÁS<br>(6. MODELLEL) |                 |              |
|---|--------|--------|--------|-----------------------|---|--|-------------------------------------|-----------------|--------------|
|   | MODELL | MODELL | MODELL | MODELL                | MODELL  | MODELL   |                                     |                 |              |
| Becslés módszere                                      | LNM    | LNM    | LNM    | egyéni véletlen hatás | térbeli késleltetés (inverz) egyéni véletlen hatással | térbeli Durbin (inverz) egyéni véletlen hatással | közvetlen hatás                     | közvetett-hatás | teljes hatás |
| <i>LM-lag</i><br>(1. szomszéd)                        |        |        |        | 0,00                  |   |  |                                     |                 |              |
| <i>LM-lag</i><br>(4. szomszéd)                        |        |        |        | 1,40                  |   |  |                                     |                 |              |
| <i>LM-error (INV)</i>                                 |        |        |        | 0,20                  |   |  |                                     |                 |              |
| <i>LM-error (INV<sup>2</sup>)</i>                     |        |        |        | 0,03                  |   |  |                                     |                 |              |
| <i>LM-error</i><br>(1. szomszéd)                      |        |        |        | 0,92                  |   |  |                                     |                 |              |
| <i>LM-error</i><br>(4. szomszéd)                      |        |        |        | 0,17                  |   |  |                                     |                 |              |
| Robusztus <i>LM-lag</i><br>( <i>INV</i> )             |        |        |        |                       |   |  |                                     |                 |              |
| Robusztus <i>LM-lag</i><br>( <i>INV<sup>2</sup></i> ) |        |        |        |                       |   |  |                                     |                 |              |
| Robusztus <i>LM-lag</i><br>(1. szomszéd)              |        |        |        |                       |   |  |                                     |                 |              |
| Robusztus <i>LM-lag</i><br>(4. szomszéd)              |        |        |        |                       |   |  |                                     |                 |              |
| Robusztus<br><i>LM-error (INV)</i>                    |        |        |        |                       |   |  |                                     |                 |              |
| Robusztus<br><i>LM-error (INV<sup>2</sup>)</i>        |        |        |        |                       |   |  |                                     |                 |              |
| Robusztus <i>LM-error</i><br>(1. szomszéd)            |        |        |        |                       |   |  |                                     |                 |              |
| Robusztus <i>LM-error</i><br>(4. szomszéd)            |        |        |        |                       |   |  |                                     |                 |              |
| <i>LR-lag</i> (Durbin)                                |        |        |        |                       | 6,35  |  |                                     |                 |              |
| <i>LR-error</i> (Durbin)                              |        |        |        |                       | 10,21**   |  |                                     |                 |              |

*Megjegyzés:* a becslt *t*-értékek a zárójelben, a standard hibák robusztusak a heteroszkedaszticitásra és az autokorrelációra; a térbeli súlymátrixok sorstandardizáltak; *W*\_ jelöli a térben késleltetett (függő és független) változót. LNM = általános legkisebb négyzetek módszere; LM = Lagrange-multiplikátor; LR = likelihood arány.

\*\*\*  $p < 0,01$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*  $p < 0,1$ .

*Forrás:* saját számítás.

F4. táblázat

Modellspecifikációs eredmények, ha a panelhatást teszteljük elsőként nyugat-európai régiók

Függő változó: *ICT\_PAT*

| Becslés módszere                          | 1.                    | 2.                    | 3.                    | 4.                | 5.                 | HATÁSSZÉTVALASZTÁS<br>(5. MODELL)   |                 |              |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|---|-----------------|--------------|
|   | MODELL                | MODELL                | MODELL                | MODELL            | MODELL             | közvetlen hatás   | közvetett hatás | teljes hatás |
| Konstans                                  | -2,331***<br>(-12,71) | -2,390***<br>(-12,74) | -2,278***<br>(-12,68) |                   |                    | A térbelihiba-modell típusa nem teszi lehetővé közvetett hatások kialakulását |                 |              |
| Térbeli késleltetés                       |                       |                       |                       |                   |                    |   |                 |              |
| Térbeli hiba                              |                       |                       |                       |                   | 0,559***<br>(6,94) |   |                 |              |
| <i>ICT_PAT_STOCK</i>                      | 0,715***<br>(20,05)   | 0,724***<br>(19,88)   | 0,690***<br>(17,76)   | 0,034<br>(0,57)   | 0,087**<br>(2,23)  |   |                 |              |
| <i>RD_TOTAL</i>                           | 0,335***<br>(6,57)    | 0,360***<br>(6,91)    | 0,238***<br>(4,19)    | 0,097<br>(0,94)   | 0,165***<br>(3,27) |   |                 |              |
| <i>RD_TOTAL</i> × <i>ENQ</i>              |                       | -0,003***<br>(-8,60)  | -0,003***<br>(-8,48)  | -0,000<br>(-1,27) | 0,000<br>(0,45)    |   |                 |              |
| <i>HT_EMP</i>                             |                       |                       | 0,239***<br>(3,24)    | 0,158<br>(0,09)   | 0,159**<br>(2,48)  |   |                 |              |
| <i>W ICT_PAT_STOCK</i>                    |                       |                       |                       |                   |                    |   |                 |              |
| <i>W RD_TOTAL</i>                         |                       |                       |                       |                   |                    |   |                 |              |
| <i>W (RD_TOTAL × ENQ)</i>                 |                       |                       |                       |                   |                    |   |                 |              |
| <i>W HT-EMP</i>                           |                       |                       |                       |                   |                    |   |                 |              |
| <i>Theta</i>                              |                       |                       |                       |                   |                    |   |                 |              |
| Korrigált $R^2$                           | 0,894                 | 0,894                 | 0,897                 | -0,105            | 0,959              |   |                 |              |
| Breusch-Pagan                             |                       |                       | 1901,90***            |                   |                    |   |                 |              |
| Breusch-Pagan idő fix hatás               |                       |                       | 463,45***             |                   |                    |   |                 |              |
| Breusch-Pagan (egyéni és idő fix hatásra) |                       |                       | 2365,40***            |                   |                    |   |                 |              |
| Hausman-féle véletlen hatás               |                       |                       | 314,84***             |                   |                    |   |                 |              |
| <i>LM-lag (INV)</i>                       |                       |                       |                       | 235,33***         |                    |   |                 |              |
| <i>LM-lag (INV<sup>2</sup>)</i>           |                       |                       |                       | 136,29***         |                    |   |                 |              |
| <i>LM-lag (1. szomszéd)</i>               |                       |                       |                       | 38,84***          |                    |   |                 |              |
| <i>LM-lag (4. szomszéd)</i>               |                       |                       |                       | 69,14***          |                    |   |                 |              |
| <i>LM-error (INV)</i>                     |                       |                       |                       | 253,31***         |                    |   |                 |              |
| <i>LM-error (INV<sup>2</sup>)</i>         |                       |                       |                       | 134,40***         |                    |   |                 |              |
| <i>LM-error (1. szomszéd)</i>             |                       |                       |                       | 37,46***          |                    |   |                 |              |
| <i>LM-error (4. szomszéd)</i>             |                       |                       |                       | 65,30***          |                    |   |                 |              |

## Az F4. táblázat folytatása

| Becslés módszere                                      | 1. MODELL |     | 2. MODELL |     | 3. MODELL        |  | 4. MODELL       |                 | 5. MODELL    |  | Hatásszétválasztás (5. MODELL) |  |  |
|---|-----------|-----|-----------|-----|------------------|--|-----------------|-----------------|--------------|--|--------------------------------|--|--|
|   | LNM       | LNM | LNM       | LNM | együttes hatásra | térbeli hiba (inverz) együttes hatásra | közvetlen hatás | közvetett hatás | teljes hatás |  |                                |  |  |
| Robusztus <i>LM-lag</i> ( <i>INV</i> )                |           |     |           |     | 4,12**           |  |                 |                 |              |  |                                |  |  |
| Robusztus <i>LM-lag</i> ( <i>INV</i> <sup>2</sup> )   |           |     |           |     |                  |  |                 |                 |              |  |                                |  |  |
| Robusztus <i>LM-lag</i> (1. szomszéd)                 |           |     |           |     |                  |  |                 |                 |              |  |                                |  |  |
| Robusztus <i>LM-lag</i> (4. szomszéd)                 |           |     |           |     |                  |  |                 |                 |              |  |                                |  |  |
| Robusztus <i>LM-error</i> ( <i>INV</i> )              |           |     |           |     | 22,10***         |  |                 |                 |              |  |                                |  |  |
| Robusztus <i>LM-error</i> ( <i>INV</i> <sup>2</sup> ) |           |     |           |     |                  |  |                 |                 |              |  |                                |  |  |
| Robusztus <i>LM-error</i> (1. szomszéd)               |           |     |           |     |                  |  |                 |                 |              |  |                                |  |  |
| Robusztus <i>LM-error</i> (4. szomszéd)               |           |     |           |     |                  |  |                 |                 |              |  |                                |  |  |
| <i>LR-lag</i> (Durbin)                                |           |     |           |     |                  |  |                 |                 | 4,23         |  |                                |  |  |
| <i>LR-error</i> (Durbin)                              |           |     |           |     |                  |  |                 |                 |              |  |                                |  |  |

Megjegyzés: a becült *t*-értékek a zárójelben, a standard hibák robusztusak a heteroszkedaszticitásra és az autokorrelációra; a térbeli súlymátrixok sorstandardizáltak; *W*<sub>·</sub> jelöli a térben késleltetett (függő és független) változót. LNM = általános legkisebb négyzetek módszere; LM = Lagrange-multiplikátor; LR = likelihood arány.

\*\*\*  $p < 0,01$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*  $p < 0,1$ .

Forrás: saját számítás.