

BORSI BALÁZS–TELCS ANDRÁS

**A K+ F-tevékenység nemzetközi összehasonlítása  
országstatisztikák alapján**

A szerzőpáros bemutatja, hogy a kutatás-fejlesztési tevékenység statisztikáik alapján milyen módszerekkel rangsorolhatók az egyes országok. A kiinduló problémát az jelenti, hogy ahány mutató, annyiféle nemzetközi rangsor állítható össze, s egységes statisztikai módszerek hiányában teljesen önkényes lehet, hogy ezek közül ki melyiket részesíti előnyben. A szerzők megoldásként főkomponens-elemzés segítségével, illetve genetikus algoritmussal meghatározott összetett rangsorokat javasolnak. A rangsorolásokat példák segítségével mutatják be, s ezek szemléltetésével hívják fel a figyelmet az adott módszer előnyeire, illetve hátrányaira.\*  
Journal of Economic Literature (JEL) kód: O00, O38.

Az OECD által alkalmazott statisztikai mutatószámokon kísérletezve, a Financial Times 2001 végén meglepő országgrangsort közölt (*Magyarország a high-tech...* [2001]). E szerint a tudásalapú iparágak legsikeresebb országainak sorában Magyarországnak az előkelő 6. hely jutott, Svájc, Svédország, az Egyesült Államok, Írország és Hollandia mögött. Magyarország olyan ipari nagyhatalmakat előz meg ezen a listán, mint Németország, Japán, Franciaország vagy az Egyesült Királyság.<sup>1</sup> A közelmúltban az OECD és az Európai Bizottság is megkezdte tagországaik különböző innovációs összehasonlító indikátorainak rendszeres publikálását (*OECD* [1999], *EC* [2001a], [2001b]). Ezeknek a rangsorolásoknak két apró hiányosságát észleltük: egyrészt a statisztikai elemzés adta lehetőségeket nem használják ki kellően, másrészt a hiányos innovációs statisztikai adatbázisok miatt kizárólag a tagországokra terjednek ki.<sup>2</sup> Az első problémára *Niwa–Tomizawa* [1995] évekkel korábban már megoldást adott: több indikátorral dolgozva főkomponens-elemzéssel határozták meg a japán, amerikai, német, francia és brit K+ F-pozíciót. A második problémát *Török* [2000] úgy hidalta át, hogy négy indikátor segítségével a fejlett

\* A cikk a Veszprémi Egyetem A magyar K+ F nemzetközi versenyképessége címmel végzett NKFP-OM 52/001. sz. kutatás részanyagán alapszik. Kutatásvezető: Török Ádám.

<sup>1</sup> A Financial Times újságírói nem véletlenül használtak egy mutatószámrendszert a tudásalapú gazdaságok minősítésére. Az egyes fejlett ipari országok innovatív teljesítményének – és így a saját fejlesztési potenciál, a technológiaáramlás, az innovatív emberi erőforrások, a tudásáramlás – bemutatására egyre gyakrabban használnak ugyanis komparatív statisztikákat, s állítanak fel különböző országgrangsorokat. A makrogazdasági versenyképességet vagy például a korrupciót érzékeltető országgrangsorok publikálásának szintén nagy hagyománya van. Ezek közül mindenképpen megemlítendők a *World Competitiveness Yearbook*, illetve a *Transparency International* éves rendszerességgel publikált jelentései. A továbbiakban szűkebb témánkra, a kutatás-fejlesztési tevékenységre koncentrálnunk.

<sup>2</sup> Kétségtelen tény az is hogy az OECD-országok kutatás-fejlesztési tevékenysége a világ összes K+ F-tevékenységének döntő részét adja.

országokon túlmutató elemzést készített Magyarország K+ F pozíciójáról. A jelen tanulmányban arra vállalkoztunk, hogy bemutatjuk: miként lehetséges egyrészt egyedi mutatók, másrészt genetikus algoritmussal, illetve főkomponensekből képzett összetett mutatók alapján rangsorolni az egyes országokat kutatás-fejlesztési tevékenységük alapján.

Az adatok összegyűjtésekor rögtön szembesültünk azzal a problémával, hogy abszolút vagy fajlagos mutatókat használjunk. *Niwa–Tomizawa* [1995] például öt input- és nyolc output-indikátort használt, kizárólag abszolút mutatókat. Az ipari nagyhatalmakat elemezték, s nem volt jelentősége a kis országokat jobban jellemző fajlagos mutatószámoknak. A kérdésben nem kívánunk állást foglalni, csupán megjegyezzük, hogy az abszolút és a fajlagos mutatók használata eltérő értelmezésekre ad lehetőséget. Az abszolút mérőszámok „súlyozott pontként” jelenítik meg az egyes országokat a K+ F világtérképén, míg a fajlagos mutatók egyfajta „K+ F-versenyképességet”, illetve „hatékonyságot” jellemeznek. Az 1. táblázat a felhasznált mutatókat foglalja össze.

### 1. táblázat

A K+ F statisztikai adatbázis mutatói

	Input jellegű	Output jellegű
Abszolút statisztikák	Kutatók létszáma (2000) 1996-os GERD* (1990-es vásárlóerő-paritáson, ECU) Mérőműszerek importja (dollár, 2000)	Belföldi szabadalmak száma (2000) Tudományos cikkek száma (1999) Csúcstechnológiai export (dollár, 2000)
Fajlagos statisztikák	K+ F kiadások a GNP-ből (százalék) Az üzleti szektor részesedése a K+ F-kiadásokból (százalék), BERD (százalék)** Egy kutatóra jutó GERD* 1996-ban (1990-es vásárlóerő-paritáson, ECU) Egymillió lakosra jutó kutató	Egymillió lakosra jutó tudományos cikkek száma Ezer kutatóra jutó tudományos cikkek száma Egymillió lakosra jutó szabadalom Ezer kutatóra jutó szabadalom Csúcstechnológiai export a GDP százalékában

\* GERD = Gross Domestic Expenditure on R&D, vagyis a bruttó hazai K+ F-kiadások.

\*\* Business Expenditure on R&D, vagyis az üzleti szektor K+ F kiadásai.

Rögtön az elején le kell szögeznünk, hogy az OECD-országokon túlmutató K+ F statisztikai adatok olykor nem megbízhatók, és nem is voltak mindig elérhetők. E néhány esetben a legutóbbi ismert év adatával dolgoztunk.<sup>3</sup> A továbbiakban felhasznált adatokat az *F1. táblázat* tartalmazza.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Mentségünkre szolgál, hogy a K+ F-képesség nemzetközi összehasonlításban csak nagyon lassan változik.

<sup>4</sup> A jelentősebb K+ F-fel rendelkező országok közül kimaradt Azerbajdzsán, Belarusz, Bulgária, Grúzia, Irán, Jugoszlávia, Kazahsztán, Moldova, Pakisztán, Szlovénia, Tajvan, Üzbegisztán és Vietnám. Ennek elsődleges oka, hogy a vásárlóerő-paritáson mért, és a további számításokban is fontosnak tartott abszolút GERD-mutató ezen országok esetében nem volt elérhető.

## Rangsorok az egyes mutatók alapján

A kérdést úgy tesszük fel, hogy az országoknak mely csoportja számít Magyarországnak közvetlen versenytársának a kutatás-fejlesztésben, illetve mi lehet a valódi magyar (de akár cseh, japán vagy venezuelai) pozíció a kutatás-fejlesztésben.<sup>5</sup> Előzetesen azt várjuk, hogy egy kis ország esetében az abszolút és a fajlagos statisztikák eltérő rangszámokhoz vezethetnek. Ezért a továbbiakban külön-külön tárgyaljuk az abszolút, illetve fajlagos mutatókat.

### *Az abszolút rangsorok*

*Kutatói létszám.* Az input jellegű mutatók közül a magyar kutatók száma mindig 20 ezer fő alatt és 10 ezer fő felett volt. Mivel friss statisztika nem mindig érhető el, vannak olyan kevésbé reflektorfényben álló országok, amelyeknek vélhetően több kutatójuk van, mint Magyarországnak: lajstromokról Dél-Afrika, Egyiptom és Indonézia ide tartozik. Akikkel versenyzünk: Ausztria, Bulgária, Csehország, Dánia, Görögország, Norvégia, Portugália, Szingapúr, Szlovákia. Őket két csoportra oszthatjuk. Az erősebb csoportból Ausztria, Dánia, Norvégia, Szingapúr és Portugália biztosan több kutatót foglalkoztat. A gyengébb csoportból Görögországban biztosan több a kutató, Csehországban pedig szinte hajszálpontosan ugyanannyi, a többi jelzett országban kevesebb. Így az összkutatói létszám alapján Magyarország 35. helye reálisnak látszik.

*Bruttó hazai K+ F-ráfordítások.* A GERD (*Gross Domestic Expenditure on Research and Development*) vásárlóerő-paritáson számolt mutatója alapján Magyarország hátulról a 7., így abszolút értelemben K+ F-re az egyik legkevesebbet költő ország.<sup>6</sup>

*Mérőműszerek importja.* Ez a mérőszám nagyfokú koncentrációt mutat. Az első 10 ország importálja az analitikai műszerek csaknem kétharmadát, a második 10 az egyötödét, a harmadik 10 pedig 7 százalékát. Magyarország a 33.

*Belföldi szabadalmak.* Az output jellegű mutatók tekintetében 20 olyan ország van, amelynek kutatói-fejlesztői-feltalálói évente stabilan több mint 500 belföldi szabadalmat képesek bejegyeztetni: Japán, Egyesült Államok, Oroszország, Németország, Franciaország, Dél-Korea, Egyesült Királyság, Svájc, Románia, Lengyelország, Svédország, Kína, Ausztria, Hollandia, Ukrajna, Belgium, Kanada, Olaszország és Spanyolország. Bár számos ország nem képes stabilan évi 500 belföldi szabadalomra, ma már jó páran közülük bizonyosan több szabadalmat jegyeztetnek be, mint Magyarország (például Norvégia, Belarusz, Új-Zéland, Izrael és Dánia). A 2000. évi mutató alapján Magyarország 28. a listánkon.<sup>7</sup>

*Tudományos közlemények száma.*<sup>8</sup> Az abszolút publikációs teljesítményre vonatkozó számadatok azt mutatják, hogy Magyarország ma már viszonylag szép helyezést ér el (a 33. pozíciót).

<sup>5</sup> Ezzel folytatjuk Török [2000] cikkének gondolatmenetét.

<sup>6</sup> Elvben persze a meglévő UNESCO-adatok alapján a GERD-nek egy meglehetősen jó közelítését volna lehetséges visszaszámolni. Ehhez azonban el kellene fogadnunk, hogy a GNP és a GDP szintje a legtöbb országban azonos, így erről egyelőre le kellett mondanunk.

<sup>7</sup> A nem tárgyalt országokat itt fontos megemlítenünk: a dinamikájában romló magyar adatok mellett Moldova és Grúzia teljesítménye lassan javul, ma már Magyarország elé kerültek. 2000-re a kiegyensúlyozott szlovén mutató is jobb, mint a magyar.

<sup>8</sup> Az Institute for Scientific Information statisztikái alapján a National Science Foundation (Arlington) teszi közzé évente.

2. táblázat  
Lineáris korreláció az abszolút statisztikák között, illetve a magyar helyezés

Megnevezés	A kutatói létszám	A GERD értéke (millió euró 1990-es vásárlóerő-paritáson)	A mérőműszerek importja (ezer dollár)	A belföldi szabadalmak száma	A tudományos közlemények száma	A csúcstechnológiai export (ezer dollár)
A kutatói létszám	1	0,854	0,774	0,793	0,834	0,767
GERD (millió euró, 1990-es vásárlóerő-paritáson)		1	0,902	0,843	0,979	0,879
A mérőműszerek importja			1	0,695	0,922	0,936
A belföldi szabadalmak száma				1	0,752	0,802
A tudományos közlemények száma					1	0,853
A csúcstechnológiai export (ezer dollár)						1
A magyar helyezés sorszáma	35.	43.	33.	28.	33.	24.

*Forrás:* saját számítások az *F1. táblázat* alapján.

*A csúcstechnológiai export.* A csúcstechnológiát képviselő termékek exportja a (műszaki) K+ F legfontosabb outputja lehet egy olyan kis, nyitott gazdaságú ország esetében, mint Magyarország. Ugyanakkor azt is tudnunk kell, hogy a hazai K+ F és a csúcstermékek exportja között csak nagyon kevés kapcsolódás van, hiszen ezeknek az exporttermékeknek a döntő hányadát olyan külföldi vállalatok adják, amelyek vajmi kevés kutatás-fejlesztési ráfordítással járulnak hozzá a hazai K+ F-kiadásokhoz.<sup>9</sup> A műszakilag legfejlettebb technológiákat képviselő árucsoport exportjának országonkénti megoszlását még a mérőműszerekénél is valamivel magasabb koncentráció jellemzi. A 2000. évi adatok alapján az első tíz ország bonyolítja az összes csúcstechnológiai export több mint 70 százalékát, a második tíz az egyötödét. Az első csoportban Magyarországhoz a népességszám alapján hasonló, illetve kisebb ország található: Írország, Belgium, Svédország és Svájc. A harmadik csoportban, az előkelő 24. helyen található Magyarország, ha hajszállal is, de megelőzve Ausztriát. Ez a „volt keleti blokk” legjobb helyezése. A csoportot vezető finnek csúcstechnológiai exportjához képest 57 százalékos a magyar teljesítmény, ami kifejezetten kedvező. A hasonló kisebb méretű országok közül Izrael és Dánia pozíciója Magyarországénál kedvezőbb, Hongkongé (!) viszont nem. A 2. táblázat bemutatja mind a magyar helyezést, mind az abszolút mérőszámok közötti lineáris korrelációt.

Az abszolút mutatókból nyert egyedi rangsorok áttekintése már rávilágít a rangsorolási probléma lényegére: egyetlen ország, Magyarország esetében a 49 ország közötti pozíció valahol a 24-43. helyezések között található, attól függően, hogy melyik mutatót választjuk.

### *A fajlagos rangsorok*

*A GERD aránya a GNP-ből, illetve a BERD aránya a GERD-ből.* A világ országai nemzeti jövedelmüknek (a GNP-nek) átlagosan 0,9 százalékát költik K+ F-re,<sup>10</sup> s az üzleti szektor átlagosan 43 százalékkal részesedik a nemzeti K+ F kiadásokból.<sup>11</sup> Az utóbbi évek magyar adatai mindkét esetben az átlag körül mozogtak, ezzel Magyarország a nemzetek rangsorában a 29.

*Az egy kutatóra vetített K+ F-ráfordítás.* Az egy kutatóra jutó, éves szinten mintegy 27 ezer euró K+ F-ráfordítás a 40. pozíciót jelenti (a 9. legalacsonyabbat a világon), Románia és a Fülöp-szigetek között.

*A kutatók aránya a népességben.* Az egymillió lakosra jutó kutatók számának tekintetében némileg jobb a helyzet: Magyarországon egymillió lakosra 1445 kutató jut (2000. évi adat), amely gyakorlatilag megegyezik a világtátlaggal,<sup>12</sup> s a 27. helyre elég a rangsorban.

*A tudományos közlemények népességre vetített száma.* Az egymillió lakosra jutó tudományos cikkek évenkénti száma Svájcban és Svédországban a legmagasabb, 900 darab feletti. A harmadik helyezett Izrael, még mindig 800 feletti mutatóval. E mutató az Egyesült Államok esetében 600 alatti, s ez „csak” a 12. helyre elég. Görögország és Tajvan mutatója stabilan az évi 200 felett jár, míg mi ezt még nem értük el.

<sup>9</sup> Az IBM tipikusan ilyen cég volt. Ugyanakkor vannak kivételek is, a legjelentősebb köztük az Ericsson Magyarország Kft. Azt, hogy a csúcstechnológiai export mennyire elszakadt a hazai K+ F-folyamatoktól, semmi sem jelzi jobban, mint hogy az üzleti szektor K+ F-ének csaknem felét adó gyógyszeripar – amely nyilvánvalóan exportorientált – az összes hazai csúcstechnológiai exportból csupán 4,3 százalékkal részesedett 2000-ben. Ráadásul egy-egy cég (IBM, Philips stb.) bezárása egyik évről a másikra lerombolja az egyébként tényleg jó magyar pozíciót.

<sup>10</sup> Súlyozatlan átlag valamennyi olyan országra, amelyre ez a mutató elérhető (tehát a 49 országot tartalmazó adattáblán túlmutatóan). Ha a GDP-vel (a GNP helyett!) súlyozunk, a mutató 2,1 százalék.

<sup>11</sup> Súlyozatlan átlag. Ha a BERD részarányát a GERD értékével súlyozzuk, az arány valójában 69 százalék.

<sup>12</sup> A „világtátlaggal” kapcsolatosan lásd az előző lábjegyzeteket.

## 3. táblázat

Lineáris korreláció a fajlagos statisztikák között, illetve a magyar helyezés\*

Megnevezés	A GERD a GNP százalékában	A BERD az összes K+ F-ből (százalék)	Egy kutatóra jutó GERD (ezer euró)	Egymillió lakosra jutó kutató	Egymillió lakosra jutó publikáció	Ezer kutatóra jutó publikáció	Egymillió lakosra jutó szabadalom	Ezer kutatóra jutó szabadalom	Csúcstechnológiai export a GDP százalékában
A GERD a GNP százalékában	1	0,722	0,137	0,798	0,822	0,023	0,571	0,523	0,047
A BERD az összes K+ F-ből (százalék)		1	-0,082	0,654	0,591	-0,172	0,422	0,400	0,020
Egy kutatóra jutó GERD (ezer euró)			1	-0,046	0,240	0,917	0,111	0,272	0,000
Egymillió lakosra jutó kutató				1	0,737	-0,103	0,502	0,345	0,069
Egymillió lakosra jutó publikáció					1	0,194	0,300	0,265	0,020
Ezer kutatóra jutó publikáció						1	-0,054	0,088	-0,048
Egymillió lakosra jutó szabadalom							1	0,851	-0,077
Ezer kutatóra jutó szabadalom								1	-0,051
Csúcstechnológiai export a GDP százalékában									1
<i>A magyar helyezés</i>	29.	29.	40.	27.	25.	19.	25.	29.	6.

\* A jelentősnek mondható kapcsolatokat dőlt számmal jeleztük. Saját számítások az 1. sz. melléklet adatai alapján.

A tudományos közlemények kutatókra vetített száma. A rangsort Hongkong vezeti (közel 600 kutatójuk 1400 cikket írt). Ezer magyar kutató évente körülbelül 155 referált tudományos közleményt jelentet meg, ez 19. hely az országgrangsorban. A közvetlen regionális versenytársak között ez a helyezés a legjobb, a csehek (148) a 22. helyen szerepelnek. A szlovák (33.) és a lengyel mutató (36.) 100 alatti. Az ír adat is hasonló a magyarhoz, s úgy tűnik, hogy az Egyesült Államok kutatóinak publikációs aktivitása a magyar alá esett.

A szabadalmak népességre vetített száma. Az egymillió lakosra jutó magyar szabadalmak száma 2000-re a 17–18. közötti értékre zuhant (25. helyezés). A lengyel adat például a 20. hely feletti (23. hely).

A belföldi szabadalmak kutatókra vetített száma. Ha a kutatói létszámra vetítve nézzük meg a szabadalmak számának alakulását, akkor Magyarország az ezer kutatóra jutó belföldi szabadalmak esetében még rosszabb helyen (29.) áll, mint a népességre számolt mutató esetében. A kutatói eredményesség e fontos mutatójának lajstromát Dél-Korea vezeti 200 feletti értékkel, s 100 feletti mutatót is csak Japán tud felmutatni. Magyarország legtöbb regionális versenytársa esetében lényegesen jobb az ezer kutatóra jutó szabadalmak száma. Egyaránt 40 felett jegyez be belföldi szabadalmakat Ukrajna (47) és Románia (42). Csehország 20-hoz közeli értéke a 23., a lengyel 17 szabadalom a 24. helyre elég.

A csúcstechnológiai export GDP-hez mért aránya. Speciális mutatószám: éppúgy magas értéket mutat a kicsi, ám gazdag országokban, mint nagyobb népességű, csúcstechnológiai exportra specializált, ám esetleg szegény országokban. Magyarország e mutató tekintetében (17 százalék) az előkelő 6. helyet foglalta el 2000-ben – mindössze Szingapúr, Malajzia, a Fülöp-szigetek, Írország Thaiföld állt előrébb. A fejlettebb országokhoz történő felzárkózás kapcsán az ír példát szokták kiemelni: a csúcstechnológiai exportban úgy tűnik, Magyarország jó úton jár. A regionális versenytársak közül a csehek 7 százalékkal a 15. helyezést érték el.

A fajlagos statisztikák az abszolút mérőszámokhoz képest jobban „széthúzzák” a magyar pozíciót: 6–40. helyek találhatók közöttük, míg az abszolút számok alapján 24–43. helyezések.

### **Rangsor-optimalizálás főkomponens-elemzéssel, illetve genetikus algoritmussal**

A rangsorolási probléma ellenére szeretnénk hozzávetőleg valós képet kapni egy-egy ország K+ F-pozíciójáról. A nagyszámú mutató megléte több megoldást is lehetővé tesz, ugyanakkor egyes mutatók kiemelése vagy súlyokkal kialakított összetett indikátorokból nyert rangsorok és helyezési pozíciók önkényes és vitatható következtetésekre vezetnének. Két kérdés vetődik fel:

1. A K+ F-statisztikák egyes jól értelmezhető csoportjaira, azaz  $n$  mutatószámra konstruálható-e olyan  $m < n$  összetett mutató, amely a lehető legtöbb információt hordozza  $n$ -ből, azaz a mutatók szórásából „kellően nagy” hányadot megmagyaráz?

2. Kialakítható-e  $n$  mutatószám esetében olyan nem önkényes súlyozás, amellyel egy statisztikailag konzisztens összetett rangsor alakítható ki?

Az első kérdésre több mint 100 éve matematikailag egzakt választ adott *Pearson* [1901]. Mintegy harminc évvel később *Hotelling* [1933] fejlesztette tovább az úgynevezett főkomponens-elemzési technikát. A klasszikus főkomponens-elemzést esetünkben rangsorállításra kívánjuk felhasználni. A második kérdésre *Spearman* [1904] rangkorrelációs együtthatója alapján a heurisztikus módszerek egy új megoldásával genetikus algoritmus segítségével adunk választ.



### Összetett rangsorok képzése főkomponens-elemzéssel

A főkomponensek az  $x_j$  ( $j = 1, \dots, n < N$ ) megfigyelt változókkal megadott  $n$ -dimenziós tér változóinak olyan  $k_t$  ( $t = 1, \dots, n$ ) lineáris kombinációi, amelyek páronként korrelálatlanok, és segítségével az  $x_j$  változók origó körüli szóródását teljes egészében reprodukálni tudjuk. A főkomponensek meghatározása tehát többváltozós statisztikai módszer, célja az adatredukció:

- a változók szórásának jelentős részét magyarázhatjuk kisszámú főkomponenssel; illetve

- a változók viszonylag homogén, jól magyarázható csoportjait alkotják az egyes főkomponensek.

A főkomponensek a változók súlyozott átlagai. A súlyok nem önkényesek, a számítás során úgy alakulnak ki, hogy a főkomponensek minél jobban írják le a bennük szereplő változókat. Ez a módszer tehát kiküszöböli az önkényes súlyválasztás problémáját, és bár a súlyok mérésről mérésre változhatnak, a csoporttagok és a főkomponens közötti korrelációt is figyelembe véve, jól interpretálható eredményhez jutunk. Továbbra is probléma azonban, hogy a jelentős kapcsolatot mutató korrelációs együtthatókat kivéve a  $K+F$ -mutatók közötti lineáris kapcsolatot nem támasztják alá meggyőző „elméleti” érvek.<sup>13</sup>

Hogyan lesz a főkomponensekből rangsor? Tételezzük fel, hogy két főkomponens már jelentősen magyaráz négy változót.<sup>14</sup> Adatbázisunknál maradván, a főkomponens-elemzés kialakítja a két főkomponens-változó együtthatóit ( $\alpha_1 - \alpha_4, \beta_1 - \beta_4$ ), és az egyes országokhoz hozzárendel két számot, azaz a főkomponens-értékeket ( $F_1, F_2$ ). A regresszió az  $F_1, F_2$  értékekre optimalizál úgy, hogy:

$$\begin{aligned}\alpha_1^* F_1 + \beta_1^* F_2 &\approx \text{a 1. változó értéke,} \\ \alpha_2^* F_1 + \beta_2^* F_2 &\approx \text{a 2. változó értéke,} \\ \alpha_3^* F_1 + \beta_3^* F_2 &\approx \text{a 3. változó értéke,} \\ \alpha_4^* F_1 + \beta_4^* F_2 &\approx \text{a 4. változó értéke.}\end{aligned}$$

A cél tehát az, hogy a két főkomponens-változó ( $F_1, F_2$ ) minél jobban helyettesíteni tudja a négy változót. Ha megkaptuk az  $F_1, F_2$  értékeket, az országok ezek szerint sorba is rendezhetők. Felhívjuk a figyelmet, hogy a módszer saját maga választja ki a főkomponensek darabszámát. Ha például erős lineáris kapcsolat van az eredeti változók között, akkor elképzelhető, hogy egyetlen főkomponens elegendő. Több főkomponens esetén a főkomponens-változók között kevés a statisztikai kapcsolat, s általában jól szétválasztják az eltérő jellegű jelenségeket.

### Optimális rangsor keresése genetikussal

Példánkat folytatva, a rangsorállítás elképzelhető úgy is, hogy nem az eredeti négy változóban meglévő szórás minél nagyobb hányadát kívánjuk megmagyarázni négy-nél kevesebb főkomponenssel (lehetőleg eggyel), hanem eleve egyetlen rangsor létrehozására törekszünk. Hogyan lehetséges ez? Nyilvánvaló, hogy az egyetlen „szuperrangsornak”

<sup>13</sup> Természetesen a főkomponens-elemzéshez a változóknak azonos mértékegységgel kell rendelkezniük, vagy standardizálnunk kell őket, emellett a szórások is lényegesen eltérhetnek stb. Ma már a népszerűbb statisztikai programcsomagok (például SPSS, SAS stb.) tartalmazzák a korrekt főkomponens-elemzéshez szükséges modulokat, ezért a vázolt problémák kezelésére szolgáló algoritmusok részletesebb matematikai bemutatástól itt eltekintünk (magyarul megtalálható például *Hajdú–Hunyadi* [1996] könyvében).

<sup>14</sup> Négy főkomponenssel természetesen az összes változó maradéktalanul leírható, ám példánkban „az utolsó két” főkomponensnek már nincs szignifikáns magyarázó ereje, ezért esnek ki.



köze kell legyen a négy változóból külön-külön képezhető rangsorokhoz. Legyenek  $w_1, w_2, \dots, w_{n=4} > 0$  a választott súlyok, és tegyük fel, hogy összegük egy. A négy súly segítségével elkészítjük a kompozit indikátort, majd az  $e$  szerint kialakuló országgrangsort. Tétélezzük fel, hogy Argentína a 25. helyet kapja! Számítsuk ki, hogy mekkora a sor-számokban az eltérések összege!  $(25 - 21)^2 + (25 - 31)^2 + (25 - 30)^2 + (25 - 27)^2 = 81$ , azaz gyököt vonva 9. Ha valamennyi országra kiszámoljuk a négyzetes rangeltérések összegét, és ezeket összeadjuk, nyilvánvaló, hogy az a  $w_1, w_2, \dots, w_{n=4}$  súlyrendszer lesz a „legjobb”, amelyekre ez az összeg a lehető legkisebb. Vagy ami ezzel matematikailag ekvivalens, az a „szuperrangsor” lesz optimális, amely az eredeti változók szerint felállított rangsorokkal a legmagasabb rangkorrelációt mutatja.

Elképzeltető természetesen a változóknak, illetve az országoknak olyan halmaza, amelyek esetében nem található meg egyetlen „szuperrangsor”.<sup>15</sup> A problémának ebben az általánosságban nincsen feltétlenül egyértelmű matematikai megoldása. A maximális rangkorrelációhoz optimalizált súlyok egyértelműségének hiánya ugyanakkor nem jelenti azt, hogy maga az optimális rangsor ne lenne egyértelmű. Apró technikai módosítással a súlyrendszer egyértelművé tehető, ennek részleteire itt nem térünk ki.

A lehető legjobb rangsor megkeresésére legjobb tudomásunk szerint nincsen egzakt matematikai megoldás, ezért a ma egyre szélesebb körben elterjedt heurisztikus optimumkeresési megoldások egyikéhez, a genetikus algoritmushoz folyamodunk (lásd *Goldberg* [1989]). A megoldás technikai részletei közömbösek az eredmény és annak értelmezése tekintetében, ezért csak röviden ismertetjük a megoldás elvét. A  $w$  súlyok egy populáció egyedeinek génjei. Az az egyed sikeresebb, amelyik nagyobb rangkorrelációt produkál. Az algoritmus a sikeres egyedek megadott generációs szám alatti kiválasztódásán alapul. A génállomány minden egyes következő generációban kétféleképpen is módosul. A sikeres egyedek a generációváltásnál egyrészt kereszteződnek, másrészt bizonyos arányú mutációt is fellép. Az új génállomány megmértetik, azaz jelen esetben a program megnézi, hogy sikerült-e növelni a rangkorrelációk összegét. Innen az algoritmus ismétli az előző eljárást. Kellően nagyszámú generáció után a génállomány lényegében stabilizálódik, és már csak a lehető legsikeresebb egyedek alkotják a populációt, azaz a kapott  $w$  súlyrendszer maximalizálja a rangkorrelációt (legalább is igen jó közelítéssel). Az általunk használt genetikus algoritmus lényegéről, kialakításának technikai kérdéseiről, paraméterezéséről lásd *Turkkan* [1999] programját.<sup>16</sup> Az így nyert rangsorok és különösen a kapott súlyrendszer értelmezése azonban néhány megjegyzést kíván.

A súlyrendszer időbeli és a választott objektumok részcsoportjai (például országcsoportok) szerinti esetleges állandósága, illetve változása fontos információt hordoz. Ha a súlyrendszer időben és „térben” homogénnek tekinthető részeken kellő állandóságot mutat, akkor jó reményünk van rá, hogy a módszer nagyobb és összetettebb mintákon is jól értelmezhető eredményt ad. Ha viszont a súlyrendszer nagyon labilis, akkor nem várható, hogy a módszer igazán hasznos legyen.

A kapott egyetlen rangsor egy művi mérőszám (a rangkorreláció) alapján készül, és az algoritmus futása közben változó súlyokat használ, ezért a rangsor értelmezése nem kézenfekvő, az utolsó generáció súlyátlaga viszont jól mutatja, milyen arányban veszi figyelembe a „szuperrangsor” az egyes mutatószámokat.

<sup>15</sup> Ezt három országra és három változóra magunk is könnyen ellenőrizhetjük.

<sup>16</sup> A program algoritmusát *Turkkan* [2003] is tárgyalja.

### Összetett K+ F-rangsorok az abszolút mérőszámokra

Az előzőkben ismertetett klasszikusnak tekinthető főkomponens-elemzés és a genetikus algoritmus egyaránt alkalmas összetett K+ F-ország-rangsorok kialakítására. A két eljárás együttes szemléltetése azért is indokoltnak tűnik, mert a módszerek az eredményként adódó „kompozit” rangsorban az eredeti statisztikák különböző vetületét emelik ki: a főkomponens-elemzés a mutatók tartalmát (a változóknak meglévő szórását), a genetikus algoritmus pedig kizárólag az adott változóból adódó rangszámot figyelembe véve optimalizálja egy-egy ország pozícióját az összetett rangsorban.

Az abszolút mérőszámok közötti erős lineáris korreláció (lásd a 2. táblázatot) miatt mind a hat változó egyetlen, a teljes szórás 87 százalékát megmagyarázó főkomponensbe sűrítendő. A genetikus algoritmussal szintén kiszámítottuk a kompozit rangsort. Az eredményeket a 4. táblázat összegzi.

#### 4. táblázat

A főkomponens szerinti ország-rangsor és a genetikus algoritmus rangsornak az ettől való eltérése\* (a hat abszolút mérőszámra)

Főkomponens-rangsor	<i>G</i>	Főkomponens-rangsor	<i>G</i>	Főkomponens-rangsor	<i>G</i>
1. Egyesült Államok	0	18. Ausztrália	4	35. Csehország	1
2. Japán	0	19. Svájc	3	36. Norvégia	7
3. Németország	0	20. Belgium	3	37. Indonézia	-6
4. Egyesült Királyság	0	21. Brazília	1	38. Argentína	5
5. Kína	-1	22. Írország	-9	39. Portugália	1
6. Franciaország	1	23. Ausztria	2	40. Görögország	3
7. Korea (Dél)	0	24. Ukrajna	-2	41. Románia	1
8. Kanada	0	25. Hongkong	-5	42. Új-Zéland	6
9. Oroszország	0	26. Finnország	2	43. Egyiptom	2
10. Olaszország	0	27. Thaiföld	-12	44. Szlovákia	-1
11. Szingapúr	-8	28. Lengyelország	6	45. Venezuela	-1
12. Hollandia	1	29. Izrael	6	46. Chile	2
13. Mexikó	-5	30. Fülöp-szigetek	-12	47. Bulgária	0
14. Malajzia	-13	31. Dánia	6	48. Izland	0
15. Spanyolország	2	32. Törökország	4	49. Ciprus	0
16. India	4	33. Magyarország	-2		
17. Svédország	2	34. Dél-Afrika	2		

\**G* = A genetikus rangsor és a főkomponens-rangsor közti különbség.

A kétféle rangsor érdekes következtetésekre ad lehetőséget. A főkomponens-rangsorhoz képest a genetikus algoritmussal kapott rangsor egy speciális országcsoporthoz „büntet”. Szingapúr az első kiugró példa:<sup>17</sup> a főkomponens-rangsor a 11. helyre sorolja, a genetikus rangsor pedig a 19. helyre. Az eltérést egyértelműen a „kereskedelmi” mutatók magyarázzák: az egyedi rangsorokban Szingapúr mérőműszerimportja alapján a 10., csúcstechnológiai exportja alapján pedig az 5. helyen, a többi abszolút mutató szerint pedig a 30. hely után található. Mexikónak a mérőműszerimport a 9., a csúcstechnológi-

<sup>17</sup> Az egy-két helyezés eltéréssel a genetikus algoritmus „logikája” miatt nem szabad foglalkoznunk. Ilyen kicsi eltérések ugyanis a genetikus algoritmus futtatásai között is adódhatnak (az egy hely eltérésre sok, a két hely eltérésre valamivel kevesebb példát magunk is láttunk a különböző futtatásokkor). A három-négy helyezéssel való eltérést sem tekintjük jelentősnek. Az ennél nagyobb eltérések azonban figyelmet érdemelnek.

ai export a 11. helyet biztosítja, miközben a többi mutató alapján jóval gyengébb teljesítményt nyújt. Malajzia (13., 9.), Írország (27., 13.), Hongkong (14., 29.), Thaiföld (22., 17.), Fülöp-szigetek (39., 15.) és Indonézia (37., 26.) esete sem kivétel: a kereskedelmi mutatók „felhúzzák” őket, elsősorban a főkomponens-rangsorban. A genetikus algoritmus által „jutalmazott” csoport azokból az országokból áll, amelyeknél nincs ekkora eltérés a kereskedelmi és a többi mutató között (India, Ausztrália, Lengyelország stb.). Magyarország esetében a genetikus algoritmus némileg „büntet” (a csúcstechnológiai export miatt), ám ez semmiképpen sem szignifikáns.

A kapott eredményeket természetesen ellenőriztük. A kereskedelmi mutatók nélkül a négy abszolút mérőszámra kiszámolt kompozit rangsorok a két módszer szerint gyakorlatilag megegyeznek.<sup>18</sup>

További kérdésként felmerült, hogy vajon az abszolút méretben értelmezett rangsorok esetében van-e eltérés input-, illetve outputoldalon. A hat abszolút statisztika esetében semmilyen eltérést nem találtunk. Vagyis a hat mérőszámból képzett kompozit rangsorok megegyeztek mind az input-, mind az output-statisztikákból külön-külön számolt kompozit rangsorokkal, mind a két módszer esetében (ebből következően az input és az output rangsor is egyezik).

Két mutatószámból a főkomponens-rangsor triviális megoldást ad. Ebben az esetben ugyanis a főkomponensben a két mutató egyforma súllyal szerepel, vagyis az egyszerű számtani átlagok alapján áll fel a kompozit rangsor. A két mutatószámból képzett rangsor esetére a genetikus algoritmus elvben tehát szebb megoldást ad. Mindazonáltal a két inputoldali mutatót tekintve a főkomponens- és a genetikusalgoritmus-rangsorok között négy helynél nagyobb különbség sehol sem adódott (a rangkorreláció 0,992). Outputoldalon azonban Ukrajnát 5, Romániát 8 hellyel „jutalmazza” a genetikus rangsor.<sup>19</sup> Mind a két esetben igen nagy az eltérés a szabadalmak, illetve publikációk szerinti rangsor között: Ukrajna esetében 22 hely, Románia esetében 24 hely a szabadalmak javára. Érdekes módon nem sokkal kisebb, de ellenkező előjelű rangeltéréseknél (Dél-Afrika –16 hely, Finnország –20, Görögország –16, Törökország –17) legfeljebb egy-két hely eltérést mutat a két kompozit rangsor. Ennek az az oka, hogy a genetikus algoritmussal kapott kompozit rangsorban a szabadalmak nagyobb súlyt kapnak, s mivel a főkomponens-rangsorban egyformák a súlyok, ezen országok esetében a mutatók számtani átlagolásával, illetve a szabadalmak javára történt súlyozással felállított rangsorok közt nem mutatkozik jelentős eltérés.

### *A fajlagos statisztikákból kialakítható összetett rangsorok*

Az 1. táblázatban bemutatott fajlagos statisztikák a kutatás-fejlesztési tevékenység két különböző oldalára hívják fel a figyelmet: egyrészt olyan mutatókat találunk közöttük, amelyek egy-egy ország általános K+ F-állapotára, a kutatás-fejlesztés gazdasági jelentőségére utalnak, másrészt a kutatók helyzetének mérőszámait is külön csoportba rendezhetjük. Az általános K+ F-állapot mutatói a következők:

- a K+ F-kiadások a GNP-ből (százalék);
- az üzleti szektor részesedése a K+ F-kiadásokból (százalék);
- az egymillió lakosra jutó kutató;

<sup>18</sup> A Spearman-féle rangkorrelációs együtharó értéke 0,996. Ez a mutatószám egyébként a hat statisztika esetében sem volt rossz (0,948).

<sup>19</sup> Az előzőhöz hasonlóan magas, 0,991-es rangkorreláció mellett.

- az egymillió lakosra jutó tudományos közlemény és
- az egymillió lakosra jutó szabadalom.

A kutatók helyzetének mérőszámai pedig:

- az egy kutatóra jutó GERD;
- az egy kutatóra jutó publikáció és
- az egy kutatóra jutó szabadalom mutatói.

A főkomponensek segítségével mind az öt- (általános K+ F-állapot), mind a három- (kutatók helyzete) változós esetben sikerült olyan szemléletes összetett rangsorokat létrehozni, mint az abszolút statisztikák esetében. Az első esetben egyetlen főkomponens magyarázza az öt mutatószámában meglévő szórás 70 százalékát, a második esetben ez a mutató 66 százalék.

#### 5. táblázat

A főkomponens szerinti ország-rangsor és a genetikus algoritmus rangsorának az ettől való eltérése [öt fajlagos mérőszáma: GERD/GNP, BERD százalék, egymillió lakosra jutó a) kutató, b) szabadalom, illetve c) publikáció]

Főkomponens-rangsor	<i>G</i>	Főkomponens-rangsor	<i>G</i>	Főkomponens-rangsor	<i>G</i>
1. Japán	0	18. Ausztrália	2	35. Bulgária	1
2. Svédország	0	19. Ausztria	1	36. Brazília	1
3. Finnország	-2	20. Oroszország	-1	37. Törökország	-1
4. Svájc	1	21. Írország	-1	38. India	1
5. Egyesült Államok	1	22. Új-Zéland	2	39. Románia	3
6. Izrael	-1	23. Spanyolország	0	40. Mexikó	-3
7. Korea (Dél)	1	24. Csehország	0	41. Chile	-1
8. Németország	0	25. Szlovákia	-1	42. Argentína	1
9. Dánia	0	26. Olaszország	1	43. Venezuela	-1
10. Izland	-4	27. Magyarország	-1	44. Hongkong	5
11. Hollandia	1	28. Ukrajna	1	45. Ciprus	0
12. Norvégia	0	29. Kína	-3	46. Malajzia	0
13. Egyesült Királyság	0	30. Dél-Afrika	-3	47. Thaiföld	-1
14. Franciaország	3	31. Lengyelország	2	48. Egyiptom	1
15. Belgium	0	32. Görögország	2	49. Fülöp-szigetek	0
16. Szingapúr	-3	33. Portugália	2		
17. Kanada	0	34. Indonézia	-6		

\* *G* = A genetikus rangsor és a főkomponens-rangsor közti különbség.

Az általános K+ F-helyzet jellemzésére használt fajlagos statisztikákból a két módszerrel ismét nagyon hasonló rangsorokat állíthatunk össze (a rangkorreláció 0,996). A genetikus algoritmus két ország esetében tesz kiigazítást. Indonéziát hat hellyel bünteti, Hongkongot öt hellyel jutalmazza. Indonézia GDP-jének 7 ezrelékét fordítja K+ F-re, viszont azon belül olyan magas a BERD aránya, hogy mintánkban e mutató szerint az első helyre ugrik. Az összes többi mutatóban viszont a 40. hely után található. Hongkong a népességre vetített szabadalmak és publikációk száma alapján számított rangsorokban van jóval előrébb, mint a másik három mutató esetében.

Bár kevesebb mérőszámot gyúrunk egybe, a kutatók helyzetét bemutató rangsor esetében a genetikus algoritmus érdekes módon több különbséget mutat, mint az általános K+ F-helyzet rangsorolásakor.<sup>20</sup> Japánt például hat hellyel bünteti: az ország 2. az egy

<sup>20</sup> A rangkorreláció a két rangsor között itt is magas: 0,97.

kutatóra vetített belföldi szabadalom, 18. az egy kutatóra jutó GERD és 38. az egy kutatóra jutó publikációk alapján. Venezuela 9 helyet csúszik vissza a genetikus algoritmus szerint, a nagy volumenű olajkutatások miatt az egy kutatóra jutó GERD mutatóját (2. helyezés a mintában) ugyanis a főkomponens-elemzés „nagyra értékeli”, csakúgy, mint a 7. helyen „büntetett” Malajzia és Thaiföld esetében. Új-Zéland hat hellyel előrébb kerül, a módszer a kutatói outputok előkelőbb helyezéseit (publikációk: 4. hely, szabadalmak: 13. hely) díjazza, csakúgy, mint Ausztrália, Spanyolország és Brazília esetében. A genetikus algoritmus Indiát és Romániát eltérő okok miatt sorolja hátrább: az előbbi esetében a gyenge outputmutatók, az utóbbi esetében a szerény egy kutatóra jutó finanszírozás és publikációk miatt.

6. táblázat

A főkomponens szerinti ország-rangsor és a genetikus algoritmus rangsornak az ettől való eltérése [három fajlagos mérőszámra: egy kutatóra jutó a) GERD, b) szabadalom, illetve c) publikáció]

Főkomponens-rangsor	<i>G</i>	Főkomponens-rangsor	<i>G</i>	Főkomponens-rangsor	<i>G</i>
1. Hongkong	0	18. Dánia	3	35. Görögország	3
2. Izrael	0	19. Belgium	1	36. Izland	-4
3. Korea (Dél)	-3	20. Írország	1	37. Portugália	3
4. Olaszország	1	21. Chile	0	38. Szlovákia	3
5. Svájc	1	22. Ausztrália	5	39. Lengyelország	0
6. Japán	-6	23. Norvégia	-1	40. Argentína	2
7. Hollandia	2	24. Thaiföld	-7	41. Bulgária	0
8. Franciaország	0	25. Csehország	0	42. Ukrajna	-1
9. Svédország	2	26. Spanyolország	6	43. Brazília	6
10. Ausztria	0	27. Mexikó	-3	44. Dél-Afrika	0
11. Egyesült Államok	-2	28. Finnország	2	45. Indonézia	-3
12. Egyesült Királyság	3	29. Törökország	1	46. Oroszország	1
13. Németország	-1	30. Ciprus	3	47. Egyiptom	1
14. Venezuela	-9	31. India	-5	48. Fülöp-szigetek	-1
15. Malajzia	-7	32. Magyarország	3	49. Kína	2
16. Kanada	0	33. Szingapúr	0		
17. Új-Zéland	6	34. Románia	-8		

\* *G* = A genetikus rangsor és a főkomponens-rangsor közti különbség.

A fajlagos mutatókból összeállítható kompozit rangsorokhoz nem használtuk fel a GDP arányában számolt csúcstechnológiai export mutatóját, elsődlegesen azért, mert a többi mutatóval egyáltalán nem tükrözött (lineáris) kapcsolatot (lásd a 3. táblázatot). Ennek vélhető okai közt egyrészt azt kell megemlítenünk, hogy a csúcstechnológiai export és a K+ F közötti kapcsolat csak bizonyos országok esetében igaz. Másrészt, és ez esetünkben döntő jelentőségű, a mutató magas értéket tükröz a kicsi, ám gazdag országokban éppúgy, mint nagyobb népességű, csúcstechnológiai exportra specializált, ám esetleg szegény ország esetében. Úgy tűnik, hogy a mutatószám, illetve a belőle képezhető rangsor meglehetősen sok, K+ F-en kívüli információt is tartalmaz, míg a többi fajlagos mutató többé-kevésbé ugyanazt a jelenséget írja le. Ennek megfelelően a mutató szerepeltetése bármelyik fent bemutatott összetett rangsorban összezavarta az egyébként tiszta képet.

## Záró megjegyzések

A kutatás-fejlesztés a gazdaság és tudomány határterületein végzett társadalmi tevékenység, amelynek módszertanilag egységes mérése (OECD [1993]) a fejlett országokban sem régóta biztosított. Így már a kiinduló, országonként összehasonlítható adatok biztosítása sem volt egyszerű feladat, összesen öt statisztikai forrásból kellett dolgoznunk (Eurostat, NSF, UNESCO, UNCTAD, WIPO).<sup>21</sup> Ugyanakkor az adatok vélelmezett megbízhatatlansága ellenére a rangsorállítás eredményei viszonylag stabilnak tűnnek, és többé-kevésbé megfelelnek egy előzetesen várt képnek.

A rangsorállítással kapcsolatos kutatómunka során fontos módszertani tapasztalatokat szereztünk. Mind a főkomponens-elemzés, mind a genetikus algoritmus segítségével felállított, több mérőszámot együttesen figyelembe vevő „kompozit” rangsorok jól értelmezhetőnek bizonyultak, s a vizsgált országok nagy többségére – így például Magyarországra esetére is – egyértelmű pozíciót határoztak meg. Az abszolút mérőszámok esetében meglehetősen stabil rangsorokat kaptunk. Mégis, a változók tartalmától (a méretérzékletlenség miatt) elvonatkoztatni képes genetikus algoritmus – a főkomponens-rangsorokhoz viszonyítva – kiugrasztott egy speciális országcsoportot, nevezetesen azokat az országokat, amelyek gazdaságában a csúcstechnológiai kereskedelem a K+ F-től független, ám meghatározó szerepet játszik. Az országok többségében azonban összhang mutatkozik a kereskedelmi mutatók és a közvetlenebb K+ F-mutatók *volumene* között, a kereskedelmi jellegű mutatók nélkül számított rangsorok pedig lényegében egyeznek a két módszer szerint. Fontos tapasztalat továbbá, hogy míg a főkomponens-rangsorok egyeznek az input- és outputoldali abszolút mérőszámokra külön számított rangsorok esetében (és ezek egyeznek a hat mutatót szintetizáló főkomponens-rangsorral is), a genetikus algoritmus némi különbséget tesz közöttük. A problémafelvetés az input/output önálló és mélyebb elemzésének lehetőségére mutat rá, ez azonban meghaladja a jelen tanulmány kereteit.

A fajlagos mutatókból összeállított rangsorok esetében a fentiekhez hasonló módszertani tapasztalatokat szereztünk. A genetikus algoritmussal számított rangsor felhívja a figyelmet azokra az országokra, amelynek mutatói külön-külön valamiért egymástól messzi pozíciókat eredményeznek. Amennyiben a genetikus algoritmus nem „ugraszt ki” egy adott országot, akkor annak K+ F-rangsorbeli helyzetével kapcsolatban többé-kevésbé biztosak lehetünk. Ezenkívül megerősíthető az a tapasztalat is, hogy minél kevesebb mutatót veszünk figyelembe, annál inkább képes a genetikus algoritmus felhívni a figyelmet egyes speciális helyzetű országokra.

A módszertani tapasztalatok mellett fontos K+ F-politikai (szélesebb értelemben: innovációpolitikai) tanulságokat is megfogalmazhatunk. Az abszolút statisztikák esetében a két kereskedelmi mutató nélkül számított rangsorok egyértelműen megadják egy-egy ország súlyozott pontként értelmezhető helyzetét a K+ F „világtérképén”. Az Egyesült Államok, Németország és Japán vezető szerepét eddig sem kérdőjelezte meg senki. Kína 4–5. helye azonban mindenképpen figyelemre méltó – akárcsak Dél-Korea 8. pozíciója. Magyarország 35–36. helyezése szintén elgondolkodtató, hiszen ezzel – részben – megválaszolhatjuk a *Török* [2000] tanulmány címében feltett kérdést: ma már a 30. hely sem reális Magyarország számára, legalábbis az abszolút számok tükrében. A sereghajtók tekintetében sem sok kétségünk marad: Izland és Ciprus minden bizonnyal a legkisebb államok, ahol még érdemleges K+ F folyik.

A fajlagos mutatók két csoportjából számolt rangsorok differenciált képet mutatnak. Az általános K+ F-helyzet összesített rangsora – Hongkong és Indonézia kivételével –

<sup>21</sup> NSF = The National Science Foundation (az Egyesült Államok Nemzeti Tudományos Alapja), WIPO = The World Intellectual Property Organization (Szellemi Tulajdon Világszervezete).



egyértelműen elhelyezi az országokat. Meglepetést talán csak Izrael biztos első tizedi, illetve Hongkong 40. hely utáni pozíciója jelent. Magyarország 27–28. helye egyrészt megerősíti, hogy „fajlagosan” jelentősebb a magyar K+ F, mint abszolút méretét tekintve, másrészt ismét csak nemleges választ ad *Török* [2000] címében szereplő kérdésre,<sup>22</sup> és – mivel dinamikát egyáltalán nem vizsgáltunk, s a használt statisztikák 3-4 évesek – sajnos azt tételezi, hogy a magyar esetben ma már a 30. helyezés realitását kell vizsgálnunk.<sup>23</sup> A kutatók K+ F-helyzetének mutatóit összegyűrva, Hongkong és Izrael elsőségét nem nagyon kérdőjelezhetjük meg. Miközben a hongkongi gazdaságnak nem a K+ F a motorja, kutatói jó helyzetben vannak: sok forrásból sok eredményt érnek el. Az egy kutatóra jutó magas K+ F-ráfordítások miatt Malajzia és Venezuela előkelő helyen szerepel. Érdekes az is, hogy a thai helyezés egyértelműen a magyar előtt van (főkomponens-rangsor), vagy legalábbis azzal egyenrangú (genetikus rangsor). Figyelmet érdemel Oroszország sereghajtó pozíciója is, ennek oka, hogy csak az egy kutatóra jutó belföldi szabadalom mutatója tükröz valamelyest kedvező helyzetet (19. hely), míg a másik két mutató (egy kutatóra jutó GERD – 49. hely, egy kutatóra jutó publikáció – 45. hely) meglehetősen kedvezőtlen fényben tünteti fel az egykor szebb napokat látott orosz kutatás-fejlesztést.

A rangsorokból kiolvasható további gazdaságpolitikai összefüggéseket az olvasóra bízunk. Érdekes probléma például a kutatás-fejlesztés (tágabb értelemben: a technológiai fejlődés), illetve a gazdasági növekedés (tágabb értelemben: fejlődés) közötti kapcsolat vizsgálata, amelyhez a rangsorok – különösen ha több évre rendelkezésre állnak – jó kiindulópontot adhatnak. Egyébként a K+ F esetében szinte bizonyosan jelentős késleltetett hatásokkal is számolni kell, ráadásul a magyar (és számos további) esetben külön torzító tényezőként lép fel az 1989–1990-ben kezdődött gazdasági átalakulás is, amelynek hatása nehezítheti a kapcsolat kimutatását.

Végül, de nem utolsósorban a keresztmetszeti adatokkal kapott rangsorok megalapozzák a jövőbeli kutatási irányokat is. Első lépésben a most bemutatottakat szeretnénk legalább két korábbi időpontra visszamenőleg megismételni. Mindenekelőtt a kétféle módszerrel megkonstruálható rangsorok időbeli stabilitását kívánjuk ellenőrizni.<sup>24</sup> Ha a stabilitást meg tudjuk erősíteni, szemléletes és megbízható K+ F és innováció-politikai mérőeszköz áll majd rendelkezésünkre. Másodszor részletesen meg kívánjuk vizsgálni a „hatékonyság” problémáját. Az egy publikációra, illetve szabadalomra számolt K+ F-kiadások alapján a magyar pozíció például a 4., illetve 16. Az egy kutatóra jutó K+ F-kiadást és az egy kutatóra jutó publikáció/szabadalom mutatókat megnézve pedig sajátos kép tárulhat elénk.

<sup>22</sup> *Deli* [2003] tanulmányában részletesen elemzi a magyar pozíciót, különböző rangsorok alapján. Ismeretése szerint az OECD-országokon túlmutató – s így a jelen cikk megközelítésmódjához leginkább hasonlító – az ENSZ által készített technológiai fejlettségi rangsorban a magyar pozíció a 29. (ha az ENSZ lajstromában is csak azokat az országokat vesszük figyelembe, amelyek cikkünk Függelékében közölt adatbázisban is megtalálhatók). A használt indikátorok között megtaláljuk a GERD-et, a K+ F-személyzetet, a csúcstechnológiai export összexporton belüli arányát (a csúcstechnológiai exportnak mi egy másik fajlagos mutatójával dolgoztuk), illetve az általunk nem használt (korosztályon belül értelmezett) felsőoktatási beiskolázási mutatót. Esetenként (például a hetediknek rangsorolt Írország esetében) lényegesen különbözik az ENSZ rangsora és az általunk számított pozíció. Mivel az ENSZ által használt súlyokról nincs információnk, a két rangsor ilyen értelmű tartalmi összevetésére sincs módunk.

<sup>23</sup> Ez a lecsúszás, illetve térvészítés azt is jelenti, hogy az OECD-országokon belül Magyarország minden bizonnyal a sereghajtók között található. Ha a tendencia tartós marad, hosszú távon a magyar K+ F elveszítheti annak lehetőségét is, hogy – akár csak egyes speciális területeken – érdemi beleszólása legyen az élvonalban folyó gazdasági versenybe.

<sup>24</sup> Például a főkomponensek irányát vagy a genetikus algoritmus kevert súlyait.



*Hivatkozások*

- DELI ZSUZSA [2003] K+ F tevékenység alapján készített országgrangsorok. Kézirat, az NKFP-OM 52/001 sz. kutatás részanyaga.
- EC [1997]: Second European Report on S&T Indicators. Appendix, European Commission, Brüsszel.
- EC [2000]: Towards a European Research Area. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, European Commission, Brüsszel.
- EC [2001a]: Towards a European Research Area. Key Figures 2001. Special Edition. Indicators for benchmarking of national policies. European Commission, Research Directorate General, Brüsszel.
- EC [2001b]: Innovation Scoreboard 2001. European Commission Innovation/SME Programme, Brüsszel, 2001. október.
- GOLDBERG, D. E. [1989]: Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addison-Wesley,
- HAJDÚ OTTÓ–HUNYADI LÁSZLÓ [1996]: Statisztikai elemzések I. Oktatási segédlet a FEFA IV. támogatásával.
- HOTELLING, H. [1933]: Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of Educational Psychology*, 24. 417–441., 498–520. o.
- MAGYARORSZÁG A HIGH-TECH... [2001]: Magyarország a high-tech élvonalban. Népszabadság, október 30.
- NIWA, F–TOMIZAWA, H. [1995]: Composite indicators: international comparison of overall strengths in Science and Technology. National Institute of Science and Technology Policy, Report 37.
- OECD [1993]: Frascati Manual. OECD, Párizs. Magyarul: Frascati kézikönyv, OMFB Budapest, 1996.
- OECD [1995]: Financing National Systems for Innovation. Szerk.: *Jean Guinet*, OECD, Párizs.
- OECD [1997]: Oslo Manual, OECD, Párizs. Magyarul: Oslo kézikönyv (még az előző, 1993-as kiadás), Miniszterelnöki Hivatal (1994) Budapest.
- OECD [1999]: Science, Technology and Industry Scoreboard 1999. Benchmarking knowledge-based economies, OECD, Párizs.
- OECD [1999]: Science, Technology and Industry Scoreboard 1999. Benchmarking knowledge-based economies, OECD, Párizs.
- OECD [2003]: Basic Science and Technology Statistics. OECD, Párizs.
- PEARSON, K. [1901]: On lines and planes of closest fit to system of points in space. *Philosophical Magazine*, 2. (VI series) 559–572. o.
- SCIENCE AND ENGINEERING ... [2002]: Science and Engineering Indicators. National Science Board, National Science Foundation, Arlington, VA.
- SPEARMAN, C. E. [1904]: Proof and measurement of association between two things. *American Journal of Psychology*, 15. 72–101. o.
- TÖRÖK ÁDÁM [2000]: Reális-e a magyar tudomány 20. helye a (képzelt) világranglistán? *Magyar Tudomány*, november.
- TURKKAN, N. [1999]: GENETIK. Floating point genetic algorithm for minimization problems. Excel file, V2 1999, június, School of Engineering, Université de Moncton, Kanada.
- TURKKAN, N. [2003]: Discrete Optimization of Structures Using a Floating-Point Genetic Algorithm. Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering, Moncton, N.B., Kanada, június 4–7.
- YULE, G. U.–KENDALL, M. G. [1965]: Bevezetés a statisztika elméletébe, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.
- UNESCO [1999]: Statistical Yearbook, 1998. New York.

## Függelék

*F1. táblázat*  
A K+ F statisztikai adatbázis

Ország	Kutatói létszám (ezer fő, 2000)	A GERD 1996-ban (PPP millió ECU, 1990)	Mérőműszer- import 2000-ben (e USD)	Belföldi szabadalmak száma (2000)	Publikációk száma (1999)	Csúcstechnológiai export 2000-ben (ezer dollár)	GERD a GNP %-ában
Forrás	UNESCO	Eurostat	UNCTAD	WIPO	NSF	UNCTAD	UNESCO
Argentína	26 420	780	263 331	145	2 361	849 695	0,45
Ausztrália	62 790	4 588	1 012 185	1 301	12 525	4 340 161	1,51
Ausztria	18 715	2 030	796 812	1 122	3 580	7 861 895	1,8
Belgium	30 219	2 610	1 098 002	750	4 896	21 467 226	1,96
Brazília	55 103	959	945 674	400	5 144	6 958 558	0,77
Bulgária	10 580	237	38 228	144	801	224 336	0,57
Chile	5 629	549	112 078	32	879	123 615	0,54
Ciprus	278	13	15 892	0	46	52 675	0,25
Csehország	13 852	926	393 603	272	2 005	3 737 315	1,35
Dánia	18 438	1 587	414 339	313	4 131	9 196 935	2,09
Dél-Afrika	37 192	943	377 241	0	2 018	1 133 099	0,7
Egyesült Államok	1 114 100	142 488	13 295 848	85 071	163 526	226 000 000	2,69
Egyesült Királyság	157 662	18 203	5 040 529	4 170	39 711	86 281 529	1,87
Egyiptom	26 000	575	72 024	53	1 198	74 479	0,19
Finnország	26 162	1 707	400 264	25	4 025	13 737 644	3,37
Franciaország	160 424	22 538	3 421 968	10 303	27 374	71 602 930	2,15
Fülöp-szigetek	9 960	263	210 070	8	164	25 584 985	0,3
Görögország	14 828	429	234 152	3	2 241	864 265	0,67
Hollandia	40 623	4 907	1 945 014	2 820	10 441	51 200 614	2,02
Hongkong	574	352	1 490 173	41	1 817	6 027 014	0,44
India	149 326	10 049	497 729	600	9 217	2 102 291	1,23
Indonézia	21 160	793	246 232	0	142	7 405 065	0,07
Írország	8 217	689	475 140	34	1 237	32 294 676	1,21

Az F1. táblázat folytatása

Ország	Kutatói létszám (ezer fő, 2000)	A GERD 1996-ban (PPP millió ECU, 1990)	Mérőműszer- import 2000-ben (e USD)	Belföldi szabadalmak száma (2000)	Publikációk száma (1999)	Csúcstechnológiai export 2000-ben (ezer dollár)	GERD a GNP %-ában
Forrás	UNESCO	Eurostat	UNCTAD	WIPO	NSF	UNCTAD	UNESCO
Izland	1 578	72	39 475	2	114	29 326	2,33
Izrael	9 161	1 252	520 474	455	5 025	10 229 554	3,62
Japán	647 572	60 295	4 756 835	112 269	47 826	152 000 000	2,98
Kanada	90 200	8 834	4 346 120	1 117	19 685	35 467 747	1,84
Kína	695 062	11 746	3 002 327	6 475	11 675	56 006 711	1
Korea (Dél)	108 370	13 212	3 180 852	22 943	6 675	61 822 698	2,68
Lengyelország	55 174	1 324	457 787	939	4 523	2 562 169	0,7
Magyarország	14 406	395	374 913	176	1 958	7 914 250	0,82
Malajzia	3 415	451	1 642 629	52	416	51 685 646	0,4
Mexikó	21 879	1 741	2 782 714	113	2 291	46 928 104	0,43
Németország	259 214	29 431	5 679 813	16 901	37 308	103 000 000	2,48
Norvégia	18 295	1 399	278 523	395	2 598	2 166 714	1,7
Olaszország	64 886	9 432	2 630 595	618	17 149	27 723 113	1,04
Oroszország	506 420	4 039	518 554	14 444	15 654	2 436 499	1
Portugália	15 752	553	361 305	49	1 508	2 105 108	0,71
Románia	20 476	589	134 346	865	785	772 916	0,37
Spanyolország	76 670	3 544	1 354 069	1 730	12 289	11 562 212	0,94
Svájc	25 755	3 819	1 021 269	1 345	6 993	19 989 671	2,64
Svédország	39 921	4 745	1 073 815	2 082	8 326	21 205 527	3,8
Szingapúr	16 633	659	2 695 652	40	1 653	81 124 903	1,88
Szlovákia	9 955	304	138 149	83	871	794 403	0,69
Thaiföld	4 409	415	648 782	153	470	21 279 950	0,1
Törökország	20 065	1 210	480 063	26	2 761	2 149 526	0,63
Új-Zéland	8 264	463	118 895	547	2 375	397 684	1,11
Ukrajna	104 970	1 045	88 629	4 921	2 194	581 013	0,95
Venezuela	4 688	702	196 973	14	448	100 329	0,34

Az F1. táblázat folytatása

Ország	BERD a GERD %-ában	Egy kutatóra jutó GERD (ezer euró)	Egymillió lakosra jutó kutató	Egymillió lakosra jutó publikáció	Ezer kutatóra jutó publikáció	Egymillió lakosra jutó szabadalom	Ezer kutatóra jutó szabadalom	Csúcs- technológiai export/GDP (%)
Forrás	UNESCO	UNESCO	NSF/UN	NS/UN	WIPO/UN	WIPO/UN	UNCTAD	
Argentína	11,3	29,52	713	65	90,8	3,9	5,5	0,3
Ausztrália	45,57	73,07	3353	662	195,1	68	22,3	1,12
Ausztria	63,55	108,47	2313	443	194	138,9	71,4	4,17
Belgium	71,61	86,37	2953	479	162	73,2	34,8	9,38
Brazília	40	17,4	323	31	104,1	2,3	7,3	1,17
Bulgária	22,83	22,4	1331	100	75,7	18,1	19,3	1,87
Chile	17,98	97,53	370	59	158,4	2,1	5,7	0,18
Ciprus	17,38	46,76	358	59	165,5	0	0	0,61
Csehország	59,96	66,85	1349	195	148,1	26,5	19,6	7,36
Dánia	63,41	86,07	3476	779	224,1	58,8	19,2	5,65
Dél-Afrika	54,4	25,35	859	47	59,3	0	0	0,9
Egyesült Államok	75,33	127,9	4099	583	147	300,4	55,4	2,3
Egyesült Királyság	67,82	115,46	2666	670	249,4	70,2	30,7	6,04
Egyiptom	10	22,12	383	18	46	0,8	2	0,08
Finnország	71,11	65,25	5059	779	158,5	4,8	1	11,32
Franciaország	64,03	140,49	2718	464	170,6	173,9	71,7	5,53
Fülöp-szigetek	1,9	26,41	132	2	13,6	0,1	0,8	34,23
Görögország	28,5	28,93	1398	212	151,1	0,3	0,5	0,77
Hollandia	56,37	120,79	2572	661	257	177,8	72,9	13,86
Hongkong	2,8	613,24	84	269	2390,2	6	43,6	3,71
India	24	67,3	157	9	59,2	0,6	2,4	0,46
Indonézia	76,4	37,5	102	1	6,7	0	0	4,83
Írország	73,08	83,85	2184	329	150,5	8,9	30,2	33,88
Izland	46,67	45,63	5695	412	72,2	7,2	3,8	0,34
Izrael	72,72	136,67	1517	850	580,8	75,3	52,2	9,27
Japán	70,71	93,11	5095	377	72,6	883,3	173,4	3,19
Kanada	56,78	97,94	2985	646	215,3	36,3	12,4	5,06

Az F1. táblázat folytatása

Ország	BERD a GERD %-ában	Egy kutatóra jutó GERD (ezer euró)	Egymillió lakosra jutó kutató	Egymillió lakosra jutó publikáció	Ezer kutatóra jutó publikáció	Egymillió lakosra jutó szabadalom	Ezer kutatóra jutó szabadalom	Csúcs- tehnológiai export/GDP (%)
Forrás	UNESCO		UNESCO	NSF/UN	NS/UN	WIPO/UN	WIPO/UN	UNCTAD
Kína	60	16,9	545	9	22	5,2	9,3	5,19
Korea (Dél)	71,39	121,92	2319	144	66,6	490,9	211,7	13,52
Lengyelország	36,09	24	1429	117	80,2	24,3	17	1,62
Magyarország	44,32	27,42	1445	195	155,7	17,7	12,2	17,34
Malajzia	8,29	132,06	160	19	98,4	2,3	19,6	57,65
Mexikó	27,22	79,57	225	24	104,7	1,1	5,5	8,17
Németország	70,47	113,54	3161	455	146,2	206,1	65,2	5,53
Norvégia	55,96	76,47	4112	584	142	88,4	23,6	1,34
Olaszország	52,8	145,36	1128	298	264,3	10,7	99,9	2,58
Oroszország	70,64	7,98	3481	107	31,5	99,3	28,5	0,97
Portugália	22,68	35,11	1575	151	95,7	4,9	5,6	1,98
Románia	23,1	28,77	913	35	33,4	38,6	42,2	2,11
Spanyolország	53	46,22	1921	308	199,6	43,4	22,6	2,06
Svájc	70,67	148,28	3592	975	282,8	187,6	52,2	8,35
Svédország	75,03	118,86	4511	941	208,6	235,5	63,3	9,26
Szingapúr	62,5	39,62	4140	422	131,2	10	2,4	87,94
Szlovákia	65,81	30,54	1844	161	94,6	15,4	8,3	4,15
Thaiföld	18,45	94,13	74	8	80,7	2,4	6,4	17,42
Törökország	38,09	60,3	306	42	137,6	0,4	1,6	1,08
Új-Zéland	28,22	56,03	2197	634	279,3	144,8	44,5	0,78
Ukrajna	31,45	9,96	2118	44	21,5	99,3	46,9	1,83
Venezuela	25,64	149,74	194	19	101	0,6	3	0,08