

# **A kutatás-fejlesztési aktivitás mérési módszerei, különös tekintettel a K+F Teljesítmény Indexre (R&D-PERFIND) és a K+F Hatékonyság Indexre (R&D-EFFIND)**

*Molnár László*

egyetemi tanársegéd

*Miskolci Egyetem, Marketing Intézet*

## **Absztrakt**

Az országok teljesítményét összehasonlító összetett mutatószámok iránt egyaránt növekvő érdeklődés tapasztalható a politikai döntéshozók és a közvélemény részéről. Az országok egyszerű összehasonlítását lehetővé tevő mutatószámok olyan komplex és nehezen megfogható területek bemutatására alkalmasak, mint a technológiai fejlődés, az innováció és a kutatás-fejlesztés. Ezekkel az indikátorokkal könnyebb a közvélemény tájékoztatása, mint megtalálni a közös trendet a sok különálló mutatószám között és bizonyítottan hasznosak az országok teljesítményének benchmarkingjában. Ugyanakkor az összetett mutatószámok félrevezető politikai üzeneteket is küldhetnek, ha rosszul alkották meg vagy félreértelmezték azokat. A tanulmány első részében nemzetközi és hazai szakirodalom alapján vizsgáljuk a kutatás-fejlesztési aktivitás különböző mérési módszereit. A második részben pedig a kutatás-fejlesztési aktivitás mérésére megalkotott K+F Teljesítmény Indexet (R&D-PERFIND) és a K+F Hatékonyság Indexet (R&D-EFFIND) mutatjuk be részletesen. Az újonnan kifejlesztett összetett mutatószámok lehetővé teszik a K+F aktivitás mikroszintű nyomon követését, monitoringját, aggregálva pedig makrogazdasági vagy nemzetközi versenyképességi vizsgálatoknak is alapját képezhetik.

An increasing interest is shown from both the political decision-makers and the public opinion regarding the complex indices that compare the performance of the countries. The indices that allow comparing the countries in an easy way are suitable for demonstrating the very complex and elusive fields, like technological development, innovation and research and development. It is easier to inform the public opinion with these indicators than finding a common trend from lots of single indices and they are proved to be useful in the benchmarking countries' performance. Complex indices can send a misleading political message at the same time if they were created in a wrong way or misunderstood. In the first part of the study we examine the different measurement methods of research and development activity. In the second part we introduce the R&D Performance Index (R&D-PERFIND) and the R&D Efficiency Index (R&D-EFFIND) in details. The newly developed composite indicators allow monitoring R&D activity on a micro level, and in aggregation they serve a base for macro and international competitive analysis as well.

## **1. A kutatás célja**

A kutató munkánk alapvető célja megalkotni egy olyan *integrált kutatás-fejlesztési modellt*, amelynek segítségével egyrészt kifinomult módszertan alapján válik mérhetővé a vállalati K+F aktivitás, másrészt meghatározhatók a tevékenységet befolyásoló szervezeti tényezők által kifejtett hatások iránya és erőssége. Az integrált kutatás-fejlesztési modell részét képezi a K+F aktivitás mérésének elméleti modelljei, amelyek megalkotására két aspektusból tettünk kísérletet:

- Az első változat szerint a K+F aktivitás mérésének modellezésében objektív, mennyiségi adatokra támaszkodunk, amelyek természetes mértékegység (millió forint, fő, darab) formájában vannak kifejezve – ez a verzió az ún. kvantitatív mérési rész-modell (Quantitative Measurement Model, QN-MM).
- A második változatban a mennyiségi adatokkal ellentétben minőségi jellemzők dominálnak. Ebben a verzióban – az ún. kvalitatív mérési részmodellben (Qualitative Measurement Model, QL-MM) – viszony-számok jelentik a rendszer alapját.

A mérési részmodellek közötti legfőbb különbség a felhasznált változók típusa, amelyek között megkülönböztetünk mennyiségi adatokat és minőségi jellemzőket. A legfőbb hasonlóság pedig az információk forrása, hiszen mindkét változat olyan változókkal dolgozik, amelyek csak és kizárólag vállalati megkérdezésből származhatnak.

## 2. A kutatás módszere

A tanulmány tudományos mivolta megköveteli a kitűzött célok elérése érdekében alkalmazott módszertan nemzetközi és hazai közgazdaságtudományi normákhoz történő igazítását. Ennek megfelelően mindvégig nagy hangsúlyt fektettünk a feladat igényének leginkább megfelelő kutatási módszerek, kvalitatív és kvantitatív technikák, matematikai és statisztikai elemzések megválasztására.

- Első körben a kutatás-fejlesztési szakirodalom minél teljesebb körű összegyűjtését, feldolgozását, elemzését és értékelését végeztük el, annak érdekében, hogy vizsgálat konkrét céljai minél jobban körvonalazódjanak.
- Ezt követte a témával kapcsolatos nemzetközi, hazai és regionális statisztikai adatforrások feltérképezése, adatok összegyűjtése, elemzése és értékelése – más szavakkal kifejezve a szekunder kutatás.
- Az integrált kutatás-fejlesztési modell megalkotásában nem hagyatkozhattunk kizárólag a szakirodalmi és szekunder adatokra, ezért mélyinterjú segítségével biztosítottuk azt, hogy releváns tényezőt vagy belső kapcsolatot ne hagyjunk figyelmen kívül az általunk felállított elméleti koncepcióban. A felkért szakértők közül öten a központi kormányzati, öten pedig a nagyvállalati szektor prominens képviselői közül kerültek ki, akiknek ezúton szeretnénk kifejezni köszönetünket az értékes véleményükért.
- Végezetül a vállalati megkérdezés következett, amelyet kérdőív próbakérdezése vezetett be azon kutatás-fejlesztési vezetők körében, akik már a modellalkotás fázisában segítettek munkánkat. A kvantitatív primer kutatás során összesen 276 magyarországi nagyvállalatot kérdeztünk meg a végleges kérdőív segítségével, telefonos interjú formájában. A teljes minta pontossági szintje 95 százalékos megbízhatóság mellett  $\pm 4,9$  százalékpont.<sup>1</sup> Az adatok elemzését Excel és SPSS szoftverek segítségével hajtottuk végre.

## 3. A kutatás fejlesztés mérési módszerei

Az országok teljesítményét összehasonlító összetett mutatószámok iránt egyaránt növekvő érdeklődés tapasztalható a politikai döntéshozók és a közvélemény részéről. Az országok egyszerű összehasonlítását lehetővé tevő mutatószámok olyan komplex és nehezen megfogható területek bemutatására alkalmasak, mint a technológiai fejlődés, az innováció és a kutatás-fejlesztés. Ezekkel az indikátorokkal könnyebb a közvélemény tájékoztatása, mint megtalálni a közös trendet a sok különálló mutatószám között és bizonyítottan hasznosak az

<sup>1</sup> A kutatás-fejlesztési tevékenységet folytató nagyvállalatok részmintája már jóval szerényebb, összesen 67 elemű, amely 95 százalékos megbízhatóság mellett  $\pm 8,8$  százalékpontos általánosítást tesz lehetővé. Ezúton is hálás köszönet illeti a kérdőív valamennyi kitöltőjét.

országok teljesítményének benchmarkingjában. Ugyanakkor az összetett mutatószámok félrevezető politikai üzeneteket is küldhetnek, ha rosszul alkották meg vagy félreértelmezték azokat. Az indikátorok által mutatott összkép gyakran készíti a felhasználókat – különösképpen a politikai döntéshozókat – végtelenségig leegyszerűsített elemzési vagy politikai következtetések levonására, ahelyett, hogy a kompozit indikátorok vitaindítók és a közvélemény érdeklődése felkeltésének kezdőpontjai lennének. Megfelelőségüket pedig az általuk érintett területek figyelembevételével lehet csak értékelni (Nardo *et al.* [2005]).

### 3.1. Summary Innovation Index

Az *összesített innovációs mutató (Summary Innovation Index, SII)* az aggregált nemzeti innovációs teljesítmény kompozit indikátora, amely a harminc EIS mutatóból tevődik össze. Első lépésben mind a hét alcsoportra (humán erőforrások, pénzügyek és támogatás, vállalati befektetés, kapcsolatok és vállalkozás, kimenetek, innovátorok, valamint gazdasági hatások) kiszámolnak egy ún. alcsoport kompozit innovációs indexet (Dimension Composite Innovation Index, DCII), amely az adott alcsoportba tartozó változók transzformált értékeinek súlyozatlan átlaga. Második lépésben mind a három csoportra („*hajtóerők*”, „*vállalati aktivitás*” és „*outputok*”) meghatároznak egy ún. csoport kompozit innovációs indexet (Block Composite Innovation Index, BCII), amely az adott csoportba tartozó változók transzformált értékeinek súlyozatlan átlaga. Harmadik lépésben pedig az összesített innovációs mutatót hozzák lére, amely súlyozatlan átlaga mind a harminc mutató transzformált értékeinek. Az összesített innovációs mutató alapján hierarchikus klaszterelemzés (csoportok közötti átlagos lánc módszer, négyzetes euklideszi távolság) segítségével négy csoportba sorolják a vállalatokat („*innovációs vezetők*”, „*innovációs követők*”, „*mérsékelt innovátorok*” és „*felzárkózó országok*”) (Hollanders és van Cruysen [2008], EC [2009]).

### 3.2. Global Innovation Scoreboard Index

A globális innovációs eredménytábla mind a három dimenziójára kiszámolnak egy ún. dimenzió kompozit innovációs indexet, amely egyszerű átlaga az adott dimenzióba tartozó indikátoroknak. A *globális innovációs eredménytábla indexe (Global Innovation Scoreboard Index, GIS Index)* pedig a három dimenzió kompozit innovációs indexből (Dimension Composite Innovation Index, DCII) tevődik össze. Amióta az innovációs eredménytábla kihangsúlyozza a vállalatok innovációs aktivitását, azóta az első dimenzió („*vállalati aktivitás és outputok*”) 40 százalékos súllyal vesz részt az GIS Index megalkotásában, miközben a másik két dimenzió („*humán erőforrások*” és „*infrastruktúra és befogadó képesség*”) 30-30 százalékban. A globális innovációs eredménytábla indexe alapján szintén hierarchikus klaszterelemzés segítségével (csoportok közötti teljes lánc módszer) négy csoportba sorolják az országokat (Archibugi *et al.* [2009]).

### 3.3. Revealed Regional Summary Innovation Index

A regionális innovációs eredménytábla kompozit indikátora az *átfogó regionális összesített innovációs index (Revealed Regional Summary Innovation Index, RRSII)*, amely mind az Európai Unió, mind pedig az adott országon belüli relatív innovációs teljesítmény alapján azonosítja a vezető régiókat. Az utolsó módszertan szerint az RRSII a regionális nemzeti összesített innovációs index (Regional National Summary Innovation Index, RNSII) és a regionális európai összesített innovációs index (Regional European Summary Innovation Index, REUSII) súlyozott átlaga (Hollanders [2007]). Első lépésben az RNSII és az REUSII mutatókat transzformációnak vetik alá, mielőtt felhasználják azokat az RRSII mutató

kiszámításához. Második lépésben pedig meghatározzák az RRSII mutató, amely az RNSII és az REUSII mutatók transzformált értékeinek súlyozott átlaga.

### 3.4. *Technological-Advance Index*

A *technológiai fejlettség indexe (Technological-Advance Index, Tech-Adv)* az egyike annak a két indikátornak, amelyek az ipari-technológiai fejlettség indexét (Industrial-cum-Technological-Advance Index, ITA) alkotják. Az ITA-t az *ENSZ Iparfejlesztés Szervezete (United Nations Industrial Development Organisation, UNIDO)* által szerkesztett Iparfejlesztési Jelentésben (Industrial Development Report) tartalmazza. A mutató két részmutatónak az eredője: az ipari fejlettség indexének (Industrial-Advance Index, Ind-Adv) és a Tech-Adv-nak. A Tech-Adv részmutató a medium-tech és high-tech ipar hozzáadott értékének és az ipari export számtani átlaga. Az előbbi az országok termelékenységi struktúrájának koncentrációs fokát fejezi ki a medium-tech és high-tech iparágakban, az utóbbi pedig a nemzeti gazdasági rendszerek versenyképességét a fejlett szektorok nemzetközi piacain (*UNIDO [2005]*).

### 3.5. *Technological Activity Index*

A *technológiai aktivitás indexe (Technological Activity Index, TAI)* az egyike annak a két indikátornak, amelyek az innovációs képességek indexét (Innovation Capability Index, UNICI) alkotják. Az UNICI-t az *ENSZ Kereskedelmi és Fejlesztési Konferencia (United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD)* fejlesztette ki és a globális befektetési jelentésben (World Investment Report) publikálja. A mutató két részmutató számtani átlaga: a TAI-nak és humán tőke indexnek (Human Capital Index, HCI). A TAI részmutató a technológiai aktivitás input és output oldalát egyaránt méri, amelyeket a K+F tevékenységben foglalkoztatott munkaerővel, valamint a szabadalmak és a tudományos publikációk számával fejez ki (*UNCTAD [2005]*).

### 3.6. *ArCo Technology Index*

Az *ArCo technológia index (ArCo Technology Index, ArCoTI)* egy összetett mutató, amely a technológiai fejlődés három dimenziójához kapcsolódó változókat vesz figyelembe. Az első az országok gazdasági rendszerének innovációs aktivitása, amelyet a szabadalmak és a tudományos publikációk számával fejez ki. A második dimenzió a régi és az új technológiák (internet, vezetékes és mobil telefon) elterjedését tartalmazza, míg a harmadik dimenzió a humán tőke fejlettségét. Az ArCoTI a három részmutatónak a számtani átlaga, amelyek szintén számtani átlagai az őket alkotó változóknak (*Archibugi és Coco [2004]*).

### 3.7. *A Világgazdasági Fórum indexe*

A *Világgazdasági Fórum (World Economic Forum, WEF)* szakértői által kifejlesztett globális versenyképességi index (Global Competitiveness Index, GCI) tizenkettedik pillére egy innovációs index, amely hét változót tartalmaz: innovációs kapacitás, tudományos kutatóintézetek színvonala, vállalatok K+F ráfordításai, egyetemek és üzleti szféra kutatási együttműködései, fejlett technológiájú termékek kormányzati beszerzése, tudósok és mérnökök rendelkezésre állása és szabadalmak bejegyzése (*WEF [2009]*).

### 3.8. A Világbank indexe

A Világbank (World Bank, WB) munkatársai által kidolgozott *tudásgazdaság index (Knowledge Economy Index, KEI)* és *tudás index (Knowledge Index, KI)* harmadik pillére szintén egy innovációs index, amely a licencdíjakat, mint inputváltozót és az USPTO szabadalom bejegyzéseket, valamint a tudományos és műszaki folyóiratcikkeket, mint outputváltozókat foglalja magában. Ezek a mutatók abszolút értékben és népességhez viszonyítva egyaránt rendelkezésre állnak (WB [2009]).

### 3.9. Főkomponens-elemzés

Borsi és Telcs [2004] (Török [2005]) arra kereste a választ, hogy a K+F statisztikák jól értelmezhető csoportjaira, azaz a mutatószámokra konstruálható-e olyan összetett mutató, amely a lehető legtöbb információt hordozza, azaz a mutatók szórásából kellően nagy hányadot megmagyaráz. A kérdésre *főkomponens-elemzéssel (principal component analysis, PCA)* adtak választ (ld. Niwa és Tomizawa [1995]). Megállapításuk szerint ennek a módszernek a segítségével felállított, több mérőszámot együttesen figyelembe vevő kompozit rangsorok jól értelmezhetőek.

### 3.10. Genetikus algoritmusok

Borsi és Telcs [2004] arra is választ keresett, hogy kialakítható-e kutatás-fejlesztési mutatószámok esetében olyan nem önkényes súlyozás, amellyel egy statisztikailag konzisztens összetett rangsor alakítható ki. A kérdésre a ma egyre szélesebb körben elterjedt heurisztikus optimumkeresési megoldások egyikével, a *genetikus algoritmus (genetic algorithm, GA)* adtak választ és megállapították, hogy a vizsgált országokra egyértelmű pozíció határozható meg a módszer segítségével.

### 3.11. Fuzzy halmazok elmélete

A *fuzzy halmazok elméletét (fuzzy set theory, FST)*, amelyet a menedzsment tudományok területén (Tran et al. [2002], Tsaour et al. [2002], Moon és Kang [1999], Sohn et al. [2001]) gyakran alkalmaznak, először Moon és Lee [2005] használták fel kompozit tudományos és technológiai indexek készítéséhez. A vizsgálatba vont tudományos és technológiai indikátorokat szekunder és primer kutatás alapján jelölték ki, majd ezt követően különböző területek (akadémiai szektor, közszektor, ipar, természettudomány és társadalomtudomány) szakértőit kérték meg, hogy jelzők segítségével fejezzék ki véleményüket az indikátorok relatív fontosságáról. Az indikátorokból – a szakértők válaszait fuzzy halmazok elmélete segítségével meghatározott értékekkel súlyozva – három kompozit indikátort hoztak létre „K+F input” (K+F dolgozók, K+F ráfordítások, K+F alaptőke), „K+F output” (szabadalmak, publikációk, technológia kereskedelem) és „gazdasági output”, amelyeket keresztmetszeti és longitudinális vizsgálatokhoz használtak fel.

### 3.12. Burkológörbe-elemzés

A *burkológörbe-elemzést (data envelopment analysis, DEA)* a hazai szakirodalomban (ld. Bunkóczi és Pitlik [1999], Fülöp és Temesi [2001], Koty [1997], Tibenszky [2007], Tóth [1999]) elsőként Borsi [2005] (Török [2005]) használta a K+F hatékonyságának vizsgálatára Färe et al. [1994] alapján. A nemzetközi szakirodalomban (Nardo et al. [2005]) azonban nem új ez az alkalmazási terület. A burkológörbe-elemzésben input mutatóként a K+F

ráfordításokat és a K+F dolgozókat, outputként pedig a publikációk és a szabadalmak számát használták. A burkológörbe-elemzés a többváltozós térben kiszámítja azokat a pontokat, amelyek a legjobban teljesítő országokat reprezentálják. A pontok meghatározzák a hatékonysági lehetőségek burkológörbéjét. A burkológörbe alatt elhelyezkedő országok nem hatékonyak, ugyanakkor a hozzájuk közel eső hatékony országok hatékonysági mutatóiból, egyértelműen meg lehet adni a nem hatékony országok pozícióját.

### 3.13. Egyéb mutatószámok

Az országok kutatás-fejlesztési és innovációs teljesítményének összetett mutató-számokkal történő mérésére olyan szervezetek tettek kísérletet, mint például a *Nemzetközi Menedzsment és Fejlesztési Intézet (International Institute for Management and Development, IMD)*, az *Egyesült Államok Nemzeti Tudományos Bizottsága*, a *RAND*, vagy az *ENSZ Fejlesztési Programja (United Nations Development Programme, UNDP)*. Ezek a próbálkozások azonban csak egy évre szóltak és nem folytatódtak tovább (*IMD [2009]*, *Wagner et al. [2001]*, *Wagner et al. [2001]*, *NSB [2008]*, *UNDP [2007]*). Érdekes-képpen még meg lehet említeni a kifejezetten csak az ipari és a szolgáltatási szektorok innovációs aktivitásának (*Hollanders és Kanerva [2009]*) és a kutató-fejlesztő tevékenység alapjául szolgáló kreativitás (*Hollanders és van Cruysen [2008]*, *Hui et al. [2005]*) és a gazdasági globalizáció (*OECD [2005]*) mérésére tett első próbálkozásokat.

Összefoglalva elmondható, hogy a különálló mutatószámok olyan kvantitatív vagy kvalitatív mérési módszerei a megfigyelhető tényeknek, amelyek segítségével meghatározható az országok relatív pozíciója egy adott területen és kijelölhető a változás térbeli vagy időbeli iránya. Az indikátorok hasznosak továbbá a trendek meghatározásában, egy adott téma iránti figyelem felkeltésében, politikai prioritások felállításában és a teljesítmény benchmarkingjában vagy monitoringjában. Kompozit indikátorról akkor beszélünk, amikor a különálló mutatószámok egy önálló indexet alkotnak valamilyen matematikai vagy számítási modell alapján. Az összetett mutatószám elméletileg olyan többdimenziós fogalmakat képes mérni, amelyeket a különálló mutató-számok nem tudnak megragadni (*Nardo et al. [2005]*). A kompozit indikátorok legfontosabb előnyei: alkalmasak komplex vagy többdimenziós témák összesítésére, össz-képet adnak egy adott témáról, könnyebb interpretálni, mint megtalálni a közös trendet a sok különálló mutatószámokban, megkönnyítik az országok rangsorolását, segítenek a köz-vélemény figyelmének a felkeltésében, összesítik az országok teljesítményét és annak időbeli változását, csökkentik a mutatószám listák terjedelmét, több információt tartalmaznak. Hátrányai: félrevezető politikai információkat küldhetnek, ha rosszul alkotják meg vagy félreértelmezik, végletekig leegyszerűsített politikai következtetések levonására vezethetnek, használhatatlanok, ha a felépítésük átláthatatlan és helytelen statisztikai elveken alapulnak, a részmutatók és a súlyok kiválasztását befolyásolhatja a politika, növekszik az adatigény a részmutatók és a statisztikailag szignifikáns elemzések készítéséhez (*Saisana és Tarantola [2002]*).

## 4. K+F Teljesítmény Index és K+F Hatékonyság Index

### 4.1. Kvantitatív mérési részmodell

A kvantitatív mérési részmodell négy főkomponens-elemzés: „*K+F teljesítmény*”, „*input teljesítmény*”, „*folyamat teljesítmény*” és „*output teljesítmény*” összefüggő rendszere. A továbbiakban ezeket a főkomponens-elemzéseit mutatjuk be részletesen.

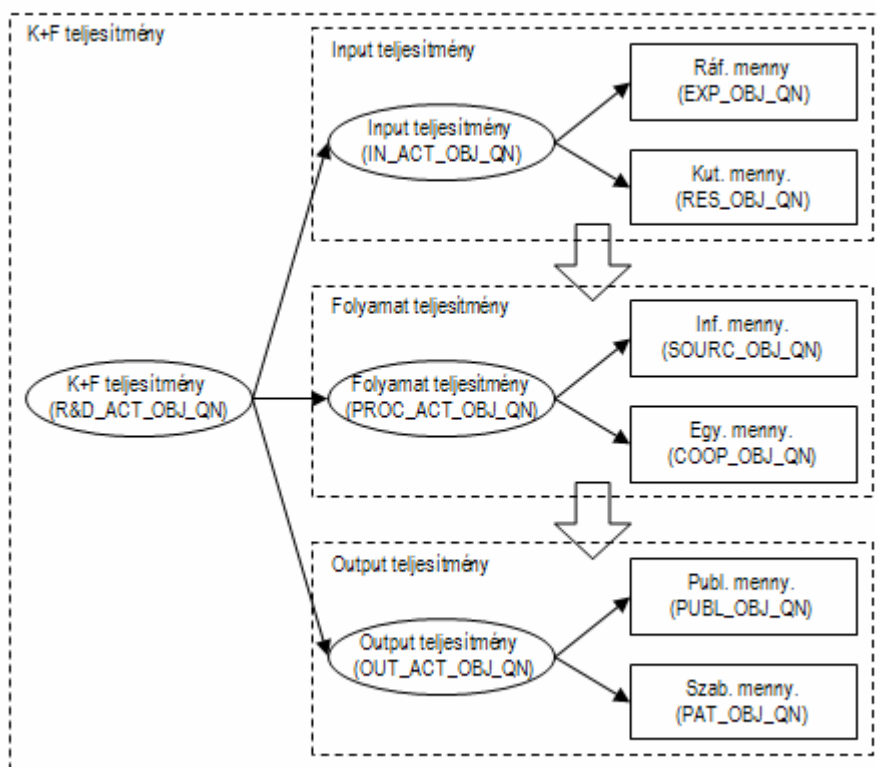
A „*K+F teljesítmény*” főkomponens-elemzés első látens változója az „*input teljesítmény*”, amely a kutató-fejlesztő tevékenység bemeneti oldalán jelentkező objektív, mennyiségi adatokon alapuló anyagi és személyi erőforrás-használatának intenzitását foglalja magában. A főkomponens-elemzés második látens változója a „*folyamat teljesítmény*”, amely a vállalati K+F helyek által kifejtett kutató-fejlesztő tevékenység folyamata során jelentkező, objektív, mennyiségi adatokon alapuló aktivitást jelenti. Tipikus megjelenési formái az információforrások igénybe vétele és együttműködés más K+F helyekkel. Az elemzés harmadik látens változója az „*output teljesítmény*”, amely a vállalatok által kifejtett K+F tevékenység kimentési oldalán jelentkező kézzel fogható eredményeinek, publikációknak és szabadalmaknak mennyiségi adatait foglalja magában.

Az „*input teljesítmény*” főkomponens-elemzésének első manifeszt változója a ráfordítások mennyiségi adatai, amely a vállalat K+F költségeinek és K+F beruházásainak együttes összege, bármilyen hazai és külföldi forrásból származik és független attól, hogy a pénzforrás eredetileg kutatásra, fejlesztésre vagy más célra állt rendelkezésre (KSH [2004]). Az elemzés második manifeszt változója a K+F személyi állomány mennyiségi adatai, amely kutatásra, fejlesztésre alkalmazott személyek, akik közvetlenül K+F tevékenységet végeznek, valamint azok, akik közvetlen szolgáltatást nyújtanak, K+F vezetők, menedzserek, adminisztrátorok, és egyéb fizikai és nem fizikai foglalkozásúak (KSH [2004]).

A „*folyamat teljesítmény*” főkomponens-elemzésének első manifeszt változója az információforrások mennyiségi adatai, amely a kutató-fejlesztő tevékenység hatékonyságának növelése érdekében igénybe vett fizetős információforrások, jelentések, adatbázisok igénybevételét jelenti. Az elemzés második manifeszt változója az együttműködések mennyiségi adatai, amely K+F helyekkel való kooperációkat jelenti, függetlenül attól, hogy a partner az akadémiai, a felsőoktatási vagy a vállalati szféra képviselője.

Az „*output teljesítmény*” főkomponens-elemzésének első manifeszt változója a publikációk mennyiségi adatai, amely a vállalati K+F hely dolgozója által írt, Magyarországon vagy külföldön, nyomtatott vagy elektronikus formában megjelent tudományos mű (KSH [2004]). Az elemzés második manifeszt változója a szabadalmak mennyiségi adatai, amely a vállalatok által bejelentett találmányok, bejelentett szabadalmak a kutatás-fejlesztési tevékenységgel összefüggésben, egyéni vagy társszerzői kollektívában létrehozott eredmények függetlenül attól, hogy belföldre vagy külföldre vonatkozik (KSH [2004]).

Az előzőekben ismertetett főkomponens-elemzések összekapcsolását jelentő, vagyis a „*K+F teljesítmény*” objektív, mennyiségi adatokon alapuló mérését lehetővé tevő kvantitatív mérési részmodellt az 1. ábra tartalmazza. Látens főkomponense a „*K+F teljesítmény*”, látens változói az „*input*”, a „*folyamat*” és az „*output teljesítmény*”, manifeszt változói pedig a ráfordítások, a kutatók, az információforrások, az együttműködések, a publikációk és a szabadalmak mennyiségi adatai.



**1. ábra: Kvantitatív mérési részmodell**  
**Quantitative Measurement Model**

Forrás: saját szerkesztés

#### 4.2. Kvalitatív mérési részmodell

A kvalitatív mérési részmodell – a kvantitatív mérési részmodellhez hasonlóan – négy főkomponens-elemzés: „K+F hatékonyság”, „input hatékonyság”, „folyamat hatékonyság” és „output hatékonyság” összefüggő rendszere. A továbbiakban a kvalitatív mérési részmodell főkomponens-elemzéseit mutatjuk be részletesen.

A „K+F hatékonyság” főkomponens-elemzésének első látens változója az „input hatékonyság”, amely a kutató-fejlesztő tevékenység bemeneti oldalán jelentkező objektív, minőségi jellemzőkön alapuló anyagi és személyi erőforrás-használatának intenzitását foglalja magában. A főkomponens-elemzés második látens változója a „folyamat hatékonyság”, amely a vállalászási K+F helyek által kifejtett kutató-fejlesztő tevékenység folyamata során jelentkező, objektív, minőségi jellemzőkön alapuló aktivitást jelenti. Tipikus megjelenési formái az információforrások igénybe vétele és együttműködés más K+F helyekkel. Az elemzés harmadik látens változója az „output hatékonyság”, amely a vállalatok által kifejtett K+F tevékenység kimentési oldalán jelentkező kézzel fogható eredményeinek, publikációknak és szabadalmaknak minőségi jellemzőit foglalja magában.

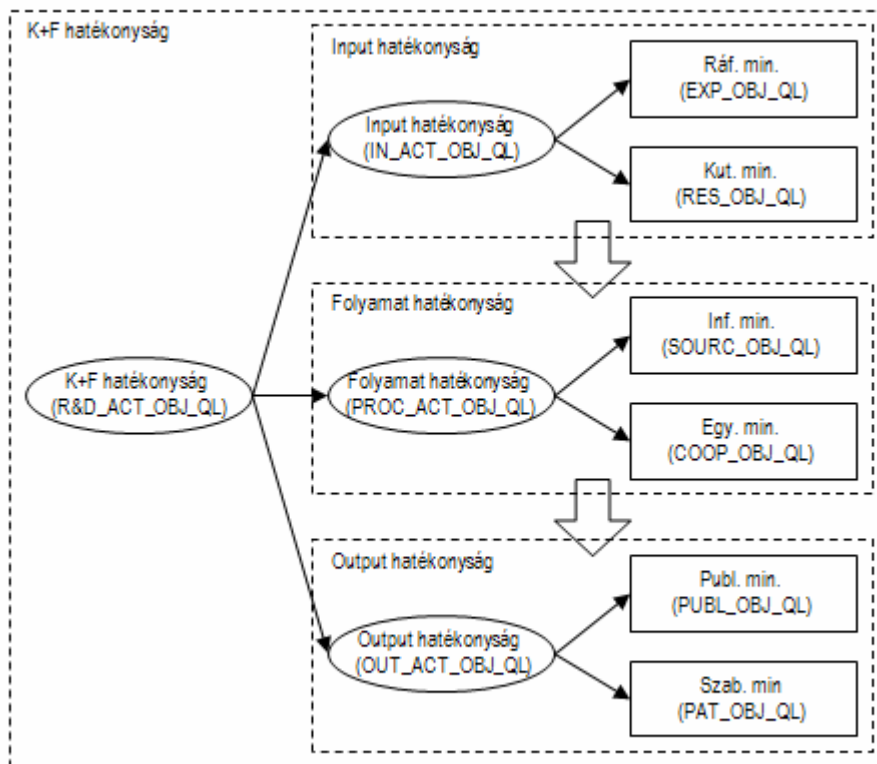
Az „input hatékonyság” főkomponens-elemzés első manifeszt változója a ráfordítások minőségi jellemzői, amelyet a külföldről származó, bármilyen K+F célra fordított összeg K+F ráfordításokhoz viszonyított arányával fejezünk ki. A második manifeszt változó a K+F személyi állomány minőségi jellemzői, amelyet külföldi ösztöndíjasok/vendég-kutatók vállalászási K+F helyen dolgozók összes létszámához viszonyított arányával fejezünk ki.



A „*folyamat hatékonyság*” főkomponens-elemzés első manifeszt változója az információforrások minőségi jellemzői, amely a külföldi információforrások aránya az összes igénybevett fizetős információ-forráshoz viszonyítva. A második manifeszt változó az együttműködések minőségi jellemzői, amely a külföldi kooperációk aránya az összes kooperációhoz viszonyítva.

Az „*output hatékonyság*” főkomponens-elemzés első manifeszt változója a publikációk minőségi jellemzői, amely a külföldi publikációk aránya az összes tudományos műhez viszonyítva. A második manifeszt változó a szabadalmak minőségi jellemzői, amely a külföldi szabadalmak aránya az összes szabadalomhoz viszonyítva.

Az előzőekben ismertetett főkomponens-elemzések összekapcsolását jelentő, vagyis a „*K+F hatékonyság*” objektív, minőségi jellemzőkön alapuló mérését lehetővé tevő kvalitatív mérési részmodellt a 2. ábra tartalmazza. Látens főkomponens a „*K+F hatékonyság*”, látens változói az „*input*”, a „*folyamat*” és az „*output hatékonyság*”, manifeszt változói pedig a ráfordítások, a kutatók, az információforrások, az együttműködések, a publikációk és a szabadalmak minőségi jellemzői.



**2. ábra: Kvalitatív mérési részmodell**

**Qualitative Measurement Model**

Forrás: saját szerkesztés

## 5. A mutatószámok tesztelése

A K+F Teljesítmény Index és a K+F Hatékonyság Index bemutatás után a K+F aktivitás mérési részmodelljeinek tesztelése következik. Ebben a részben a kvantitatív mérési részmodellt és a kvalitatív mérési részmodellt egyaránt górcső alá vesszük, majd pedig összegezzük a levonható következtetéseket.

### 5.1. Kvantitatív mérési részmodell tesztelése

A kvantitatív mérési részmodell tesztelése négy főkomponens-elemzés (input, folyamat, output és K+F teljesítmény) végrehajtását jelenti. A ráfordítások és dolgozók mennyiségi adatai szorosan összefüggnek egymással, amelyet a Kaiser-Meyer-Olkin-féle megfelelőségi mutató (KMO=0,500) és Bartlett-féle szférikus próba szignifikancia értéke (Sig.=0,000) egyaránt tanúsít, vagyis van relevanciája a főkomponens-elemzésnek. Az első főkomponens sajátértéke 1,688; vagyis az eredeti változók által hordozott információ-mennyiség 84,4 százalékát sikerült egy főkomponensbe tömöríteni. A faktorsúlyok nagyon magasak (0,92), akárcsak az eredeti változók végső kommunalitásai (0,84), vagyis megvalósítottuk az input teljesítményre vonatkozó elképzelést.

Az információforrások száma és az együttműködések száma közötti korrelációt mind a KMO (0,500), mind pedig a Bartlett-próba (Sig.=0,003) igazolja. A folyamat teljesítmény főkomponens sajátértéke 1,404; vagyis a magyarázott teljes varianciahányad 70,2 százalék. A faktorsúlyok ezúttal is magasak (0,84), akárcsak a vizsgálatba vont változók végső kommunalitásai (0,70). A fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy az információforrásokból és az együttműködésekkel aggregált változó hozható létre folyamat teljesítmény néven.

Az output teljesítmény látens főkomponens létrehozása a magyarországi nagyvállalatok gyenge publikációs és a szabadalmi gyakorlata következtében vitatható. A Kaiser-Meyer-Olkin-féle megfelelőségi mutató ugyan elfogadható (KMO=0,500), viszont a Bartlett-féle szfericitás hipotézisét el kell fogadni (Sig.=0,948). Az első főkomponens sajátértéke 1,009, vagyis a teljes variancia több mint felét (50,5 százalék) magyarázza. Az eredeti változók faktorsúlyai erős (0,71) korrelációra utalnak a főkomponenssel, amely által magyarázott variancia aránya 0,51.

A K+F teljesítmény főkomponens-elemzésének megfelelősége (KMO=0,695) „mérsékelt” (mediocre), a Bartlett-próba szignifikancia értéke pedig 0,000. Az értékekből következik, hogy a főkomponens-elemzés megfelelő módszer a látens főkomponenseken és a változók nem korrelálatlanok páronként. Az első főkomponens sajátértéke 2,097, vagyis az eredeti változók által hordozott információ-mennyiség kétharmadát (69,9 százalék) sikerült egy főkomponensbe sűríteni. A magyarázott varianciahányad alapján egy főkomponensnek van létjogosultsága.

#### **K+F teljesítmény főkomponens-elemzése (komponens mátrix)** Principal component analysis of R&D performance (component matrix)

1. táblázat

**Komponens mátrix<sup>a</sup>**

	Komponens
	1
IN_ACT_OBJ_QN	,802
PROC_ACT_OBJ_QN	,849
OUT_ACT_OBJ_QN	,856

Előállítási módszer: Főkomponens Elemzés.

a. 1 előállított komponens

Forrás: saját szerkesztés

Az 1. táblázatból láthatjuk, hogy az input teljesítmény faktorsúlya 0,802; a folyamat teljesítményé 0,849; az output teljesítményé pedig 0,856. A magas faktorsúlyok a K+F teljesítmény kompozit indikátor és az eredeti változók közötti szignifikáns, pozitív irányú erős kapcsolat egyértelmű kifejezői.

**K+F teljesítmény főkomponens-elemzése (kommunalitások)**  
Principal component analysis of R&D performance (communalities)

2. táblázat

**Kommunalitások**

	<i>Kezdő</i>	<i>Előállítás</i>
<i>IN_ACT_OBJ_QN</i>	1,000	,643
<i>PROC_ACT_OBJ_QN</i>	1,000	,721
<i>OUT_ACT_OBJ_QN</i>	1,000	,733

*Előállítási módszer: Főkomponens elemzés.*

Forrás: saját szerkesztés

A 2. táblázatból láthatjuk, hogy a látens főkomponens (K+F teljesítmény) által magyarázott variancia aránya 64,4 százalék az input teljesítmény, 72,1 százalék a folyamat teljesítmény és 73,3 százalék az output teljesítmény esetében, vagyis a főkomponens-elemzéssel létrehozott kompozit indikátor a teljes információmennyiség többségét tartalmazza. A kvantitatív mérési részmodellre vonatkozó főkomponens-elemzések eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy a részmodell verifikálása az elvárt eredményeket hozta: sikerült paraméterezni a vállalatok K+F teljesítményt kifejező mérési módszert. Nevezzük ezt a kompozit indikátort K+F Teljesítmény Indexnek (R&D Performance Index, R&D-PERFIND)

A K+F Teljesítmény Index kiszámításához első lépésben a mennyiségi mutatókat standardizálásnak vetjük alá, mielőtt felhasználjuk azokat.

$$\overline{\text{EXP\_OBJ\_QN}_i} = \frac{\text{EXP\_OBJ\_QN}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{EXP\_OBJ\_QN}_i}{n}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \text{EXP\_OBJ\_QN}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{EXP\_OBJ\_QN}_i}{n} \right)^2}{n-1}}}$$

$$\overline{\text{RES\_OBJ\_QN}_i} = \frac{\text{RES\_OBJ\_QN}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{RES\_OBJ\_QN}_i}{n}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \text{RES\_OBJ\_QN}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{RES\_OBJ\_QN}_i}{n} \right)^2}{n-1}}}$$

$$\overline{\text{SOURC\_OBJ\_QN}_i} = \frac{\text{SOURC\_OBJ\_QN}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{SOURC\_OBJ\_QN}_i}{n}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \text{SOURC\_OBJ\_QN}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{SOURC\_OBJ\_QN}_i}{n} \right)^2}{n-1}}}$$

$$\overline{\text{COOP\_OBJ\_QN}}_i = \frac{\text{COOP\_OBJ\_QN}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{COOP\_OBJ\_QN}_i}{n}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \text{COOP\_OBJ\_QN}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{COOP\_OBJ\_QN}_i}{n} \right)^2}{n-1}}}$$

$$\overline{\text{PUBL\_OBJ\_QN}}_i = \frac{\text{PUBL\_OBJ\_QN}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{PUBL\_OBJ\_QN}_i}{n}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \text{PUBL\_OBJ\_QN}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{PUBL\_OBJ\_QN}_i}{n} \right)^2}{n-1}}}$$

$$\overline{\text{PAT\_OBJ\_QN}}_i = \frac{\text{PAT\_OBJ\_QN}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{PAT\_OBJ\_QN}_i}{n}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \text{PAT\_OBJ\_QN}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{PAT\_OBJ\_QN}_i}{n} \right)^2}{n-1}}}$$

Második lépésben meghatározzuk az input, folyamat és output teljesítmény mutatóit, amelyek a standardizált mennyiségi mutatók faktorérték-együtthatókkal súlyozott összege.

$$\text{IN\_ACT\_OBJ\_QN}_i = W_{\text{EXP\_OBJ\_QN}} \cdot \overline{\text{EXP\_OBJ\_QN}}_i + W_{\text{RES\_OBJ\_QN}} \cdot \overline{\text{RES\_OBJ\_QN}}_i$$

$$\text{PROC\_ACT\_OBJ\_QN}_i = W_{\text{SOURC\_OBJ\_QN}} \cdot \overline{\text{SOURC\_OBJ\_QN}}_i + W_{\text{COOP\_OBJ\_QN}} \cdot \overline{\text{COOP\_OBJ\_QN}}_i$$

$$\text{OUT\_ACT\_OBJ\_QN}_i = W_{\text{PUBL\_OBJ\_QN}} \cdot \overline{\text{PUBL\_OBJ\_QN}}_i + W_{\text{PAT\_OBJ\_QN}} \cdot \overline{\text{PAT\_OBJ\_QN}}_i$$

A magyarországi nagyvállalatok esetében a következő faktorérték-együtthatókkal kell súlyozni a standardizált mennyiségi mutatókat.

$$W_{\text{EXP\_OBJ\_QN}}=0,54; W_{\text{RES\_OBJ\_QN}}=0,54$$

$$W_{\text{SOURC\_OBJ\_QN}}=0,60; W_{\text{COOP\_OBJ\_QN}}=0,60$$

$$W_{\text{PUBL\_OBJ\_QN}}=0,70; W_{\text{PAT\_OBJ\_QN}}=0,70$$

A K+F Teljesítmény Index, amely az input, folyamat és output teljesítménymutatók faktorérték-együtthatókkal súlyozott összege.

$$\text{R \& D - PERFIND}_i = W_{\text{IN\_ACT\_OBJ\_QN}} \cdot \text{IN\_ACT\_OBJ\_QN}_i + W_{\text{PROC\_ACT\_OBJ\_QN}} \cdot \text{PROC\_ACT\_OBJ\_QN}_i + W_{\text{OUT\_ACT\_OBJ\_QN}} \cdot \text{OUT\_ACT\_OBJ\_QN}_i$$

A következő súlyokat kell alkalmazni az input, folyamat és output teljesítménymutatók esetében a vállalati megkérdezés alapján.

$$W_{IN\_ACT\_OBJ\_QN}=0,38; W_{PROC\_ACT\_OBJ\_QN}=0,41; W_{OUT\_ACT\_OBJ\_QN}=0,41$$

## 5.2. Kvalitatív mérési modell tesztelése

A kvalitatív mérési modell szintén négy főkomponens-elemzés (input, folyamat, output és K+F hatékonyság) elvégzését foglalja magában. A ráfordítások és a dolgozók minőségi jellemzői szorosan összefüggnek egymással – derül ki a főkomponens-elemzés eredményeiből. A főkomponens-elemzés megfelelősége elfogadható (KMO=0,500) és Bartlett-hipotézis is elvethető (Sig.=0,001). Az első főkomponens saját értéke 1,420; vagyis az általa magyarázott teljes varianciahányad 70,9 százalék. A faktorsúlyok nagyon magasak (0,84), akárcsak az eredeti változók végső kommunalitásai (0,71), amely a közös faktor által magyarázott magas variancia arányra utal.

A folyamat hatékonyság főkomponens létrehozása még az input hatékonyságnál is jobban sikerült. A Kaiser-Meyer-Olkin-féle megfelelőségi mutató (KMO=0,500) és a Bartlett-féle szférikus-próba szignifikancia értéke (Sig.=0,000) egyaránt a főkomponens-elemzés létjogosultságára utal. Az első főkomponens sajátértéke ezúttal 1,493; vagyis az eredeti változók által hordozott információmennyiség háromnegyedét (74,6 százalék) sűríti magában a főkomponens. Mind a faktorsúlyok (0,86), mind pedig a végső kommunalitások (0,75) nagyon magasak.

A kutatás-fejlesztési tevékenység kimeneti oldalát jelentő publikációk és szabadalmak minőségi jellemzői szintén szignifikáns, pozitív irányú közepesen erős kapcsolatban állnak egymással. A főkomponens-elemzés megfelelő módszer (KMO=0,500), a változók közötti korrelációs mátrix nem egységmátrix (Sig. 0,008). 1,398 az első főkomponens sajátértéke, 69,9 százalék az általa magyarázott teljes varianciahányad. Az eredeti változók (publikációk és szabadalmak minőségi jellemzői) faktorsúlya 0,84; végső kommunalitása pedig 0,70.

Az utolsó főkomponens-elemzés, amely az eddigi három összefoglalását jelenti „szánalmas” (miserable) a Kaiser-Meyer-Olkin-féle megfelelőségi mutató alapján (KMO=0,585), és a Bartlett-teszt is kiállta a próbát (Sig.=0,001). Az első főkomponens sajátértéke 1,818; vagyis az eredeti változók által hordozott információmennyiség 60,6 százalékát sikerült egy változóba tömöríteni. Mivel a másik két főkomponens sajátértéke kisebb mint 1,000; ezért magától értetődik, hogy csak az elsőt szükséges megtartanunk.

### K+F hatékonyság főkomponens-elemzése (komponens mátrix) Principal component analysis of R&D efficiency (component matrix)

3. táblázat

Komponens mátrix<sup>a</sup>

	Komponens
	1
IN_ACT_OBJ_QL	,616
PROC_ACT_OBJ_QL	,829
OUT_ACT_OBJ_QL	,866

Előállítási módszer: Főkomponens Elemzés.

a. 1 előállított komponens

Forrás: saját szerkesztés

Az input hatékonyság faktorsúlya 0,62; vagyis ez a változó vesz részt legkisebb súllyal a főkomponens létrehozásában (3. táblázat). A folyamat hatékonyság faktorsúlya 0,83; az

output hatékonyságé pedig 0,87. Ezek a változók dominálnak a K+F hatékonyság kompozit indikátorában.

**K+F hatékonyság főkomponens-elemzése (kommunalitások)**  
**Principal component analysis of R&D efficiency (communalities)**

4. táblázat

**Kommunalitások**

	<i>Kezdő</i>	<i>Előállítás</i>
<i>IN_ACT_OBJ_QL</i>	1,000	,380
<i>PROC_ACT_OBJ_QL</i>	1,000	,687
<i>OUT_ACT_OBJ_QL</i>	1,000	,751

*Előállítási módszer: Főkomponens elemzés.*

Forrás: saját szerkesztés

Az eredeti változók végső kommunalitásait megvizsgálva megállapítható, hogy az input hatékonyság kivételével (0,38), a folyamat (0,69) és az output hatékonyság (0,75) varianciájának meghatározó többségét magyarázza a közös faktor, vagyis a K+F hatékonyság kompozit indikátora (4. táblázat). A kvalitatív mérési részmodellre vonatkozó főkomponens-elemzések eredményei alapján kijelenthetjük, hogy sikerült paraméterezni a vállalatok K+F hatékonyságát kifejező mérési módszert: a részmodell verifikálása az elvárt eredményeket hozta. Nevezzük ezt a kompozit indikátort K+F Hatékonyság Indexnek (R&D Efficiency Index, R&D-EFFIND).

A K+F Hatékonyság Index kiszámításához első lépésben a minőségi mutatókat standardizálásnak vetjük alá, mielőtt felhasználjuk azokat.

$$\overline{\text{EXP\_OBJ\_QL}_i} = \frac{\text{EXP\_OBJ\_QL}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{EXP\_OBJ\_QL}_i}{n}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \text{EXP\_OBJ\_QL}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{EXP\_OBJ\_QL}_i}{n} \right)^2}{n-1}}}$$

$$\overline{\text{RES\_OBJ\_QL}_i} = \frac{\text{RES\_OBJ\_QL}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{RES\_OBJ\_QL}_i}{n}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \text{RES\_OBJ\_QL}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{RES\_OBJ\_QL}_i}{n} \right)^2}{n-1}}}$$

$$\overline{\text{SOURC\_OBJ\_QL}_i} = \frac{\text{SOURC\_OBJ\_QL}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{SOURC\_OBJ\_QL}_i}{n}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \text{SOURC\_OBJ\_QL}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{SOURC\_OBJ\_QL}_i}{n} \right)^2}{n-1}}}$$

$$\overline{\text{COOP\_OBJ\_QL}_i} = \frac{\text{COOP\_OBJ\_QL}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{COOP\_OBJ\_QL}_i}{n}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \text{COOP\_OBJ\_QL}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{COOP\_OBJ\_QL}_i}{n} \right)^2}{n-1}}}$$

$$\overline{\text{PUBL\_OBJ\_QL}_i} = \frac{\text{PUBL\_OBJ\_QL}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{PUBL\_OBJ\_QL}_i}{n}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \text{PUBL\_OBJ\_QL}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{PUBL\_OBJ\_QL}_i}{n} \right)^2}{n-1}}}$$

$$\overline{\text{PAT\_OBJ\_QL}_i} = \frac{\text{PAT\_OBJ\_QL}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{PAT\_OBJ\_QL}_i}{n}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( \text{PAT\_OBJ\_QL}_i - \frac{\sum_{i=1}^n \text{PAT\_OBJ\_QL}_i}{n} \right)^2}{n-1}}}$$

Második lépésben meghatározzuk az input, folyamat és output hatékonyság mutatóit, amelyek a standardizált minőségi mutatók faktorérték-együtthatókkal súlyozott összege.

$$\text{IN\_ACT\_OBJ\_QL}_i = W_{\text{EXP\_OBJ\_QL}} \cdot \overline{\text{EXP\_OBJ\_QL}_i} + W_{\text{RES\_OBJ\_QL}} \cdot \overline{\text{RES\_OBJ\_QL}_i}$$

$$\text{PROC\_ACT\_OBJ\_QL}_i = W_{\text{SOURC\_OBJ\_QL}} \cdot \overline{\text{SOURC\_OBJ\_QL}_i} + W_{\text{COOP\_OBJ\_QL}} \cdot \overline{\text{COOP\_OBJ\_QL}_i}$$

$$\text{OUT\_ACT\_OBJ\_QL}_i = W_{\text{PUBL\_OBJ\_QL}} \cdot \overline{\text{PUBL\_OBJ\_QL}_i} + W_{\text{PAT\_OBJ\_QL}} \cdot \overline{\text{PAT\_OBJ\_QL}_i}$$

A magyarországi nagyvállalatok esetében a következő faktorérték-együtthatókkal kell súlyozni a standardizált minőségi mutatókat.

$$W_{\text{EXP\_OBJ\_QL}}=0,59; W_{\text{RES\_OBJ\_QL}}=0,59$$

$$W_{\text{SOURC\_OBJ\_QL}}=0,58; W_{\text{COOP\_OBJ\_QL}}=0,58$$

$$W_{\text{PUBL\_OBJ\_QL}}=0,60; W_{\text{PAT\_OBJ\_QL}}=0,60$$

A K+F Hatékonyság Index, amely az input, folyamat és output hatékonyság mutatók faktorérték-együtthatókkal súlyozott összege.

$$R \& D - \text{EFFIND}_i = W_{\text{IN\_ACT\_OBJ\_QL}} \cdot \text{IN\_ACT\_OBJ\_QL}_i + W_{\text{PROC\_ACT\_OBJ\_QL}} \cdot \text{PROC\_ACT\_OBJ\_QL}_i + W_{\text{OUT\_ACT\_OBJ\_QL}} \cdot \text{OUT\_ACT\_OBJ\_QL}_i$$

A következő súlyokat kell alkalmazni az input, folyamat és output hatékonyság mutatók esetében a vállalati megkérdezés alapján.

$$W_{\text{IN\_ACT\_OBJ\_QL}}=0,34; W_{\text{PROC\_ACT\_OBJ\_QL}}=0,46; W_{\text{OUT\_ACT\_OBJ\_QL}}=0,48$$

## 6. Következtetés

A K+F aktivitás mérési részmodelljeinek tesztelése (verifikálás, paraméterezés) után a kutatási eredmények összegzésével zárjuk.

A K+F aktivitás mérésére megalkotott kvantitatív mérési részmodell (QN-MM) a mennyiségi adatok közötti összefüggés alapján képez kompozit indikátort, a K+F Teljesítmény Indexet (R&D-PERFIND). A kutatás-fejlesztési aktivitás mérésére létrehozott kvalitatív mérési részmodell (QL-MM) a minőségi jellemzők közötti kapcsolatból kiindulva eredményez kompozit indikátort, K+F Hatékonyság Indexet (R&D-EFFIND).

A K+F Teljesítmény Index és a K+F Hatékonyság Index egyaránt három részből tevődik össze. Ezek a részek a kutatás-fejlesztési folyamat input, folyamat és output teljesítményéről, valamint hatékonyságáról adnak tájékoztatást, de önmagukban is lényeges információkat hordoznak. Az újonnan kifejlesztett összetett mutatószámok lehetővé teszik a K+F aktivitás mikroszintű nyomon követését, monitoringját, aggregálva pedig makrogazdasági vagy nemzetközi versenyképességi vizsgálatoknak is alapját képezhetik. Ezek a tevékenységek a végrehajtásért felelős döntéshozók, menedzserek munkájának szerves részét képezik, amelyben nagy segítséget jelentenek a komplex módszertanra épülő szigorú ellenőrzési technikák.

## Hivatkozások

1. Archibugi, D., Coco, A. [2004]: A New Indicator of Technological Capabilities for Developed and Developing Countries (ArCo). In: *World Development*. Vol. 32, No. 4, pp. 629-654.
2. Archibugi, D., Denni, M., Filippetti, A. [2009]: *Global Innovation Scoreboard 2008*. Brussels, Pro Inno Europe/Inno Metrics
3. Borsi B. [2005]: *Tudás, technológia és a magyar versenyképesség*, Budapest, Ph.D. értekezés
4. Borsi B., Telcs A. [2004]: A K+F-tevékenység nemzetközi összehasonlítása országstatisztikák alapján. In: *Közgazdasági Szemle*. Vol. 51, No. 2, pp. 153-172.
5. Bunkóczi L., Pitlik L. [1999]: *A DEA (Data Envelopment Analysis) módszer felhasználási lehetőségei üzemhatékonyságok méréséhez*. Debrecen, Agrárinformatika
6. European Commission [2009]: *European Innovation Scoreboard*. Brussels
7. Färe, R., Grosskopf, S., Knox Lovell, C.A. [1994]: *Production Frontiers*. Cambridge, Cambridge University Press
8. Fülöp J., Temesi J. [2001]: A Data Envelopment Analysis (DEA) alkalmazása ipari parkok hatékonyságának vizsgálatára. In: *Sigma*. Vol. 32, No. 3-4, pp. 85-109.



9. Hollanders, H. [2007]: *Regional Innovation Scoreboard 2006*. Brussels, Pro Inno Europe/Inno Metrics
10. Hollanders, H., Kanerva, M. [2009]: *Service Sector Innovation – Measuring Innovation Performance for 2004 and 2006 Using Sector Specific Innovation Indexes*. Brussels, Pro Inno Europe/Inno Metrics
11. Hollanders, H., van Cruysen, A. [2008]: *Design, Creativity and Innovation – A Scoreboard Approach*. Brussels, Pro Inno Europe/Inno Metrics
12. Hollanders, H., van Cruysen, A. [2008]: *Rethinking the European Innovation Scoreboard – A New Methodology for 2008-2010*. Brussels, Pro Inno Europe/Inno Metrics
13. Hui, D., Ng, C., Mok, P., Fong, N., Chin, W., Yuen, C. [2005]: *A Study on Creativity Index*. Hong Kong Home Affairs Bureau, The Hong Kong Special Administrative Region Government
14. International Institute for Management and Development [2009]: *World Competitiveness Yearbook 2009*. Lausanne
15. Koty, L. [1997]: A gazdasági hatékonyság számítása DEA lineáris programmal. In: *Statisztikai Szemle*. Vol. 75, No. 6, pp. 515-524.
16. Központi Statisztikai Hivatal [2004]: *A K+F statisztika módszertana*. Budapest
17. Moon, H.S., Lee, J. D. [2005]: A Fuzzy Set Theory Approach to National Composite S&T Indices. In: *Scientometrics*. Vol. 64, No. 1, pp. 67-83.
18. Moon, J. H., Kang, C. S. [1999]: Use of Fuzzy Set Theory in the Aggregation of Expert Judgments. In: *Annals of Nuclear Energy*. Vol. 26, No. 1, pp. 461-469.
19. Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., Giovannini, E. [2005]: *Handbook on Constructing Composite Indicators – Methodology and User Guide*. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development
20. National Science Board [2008]: *Science and Engineering Indicators 2008*. Arlington
21. Niwa, F., Tomizawa, H. [1995]: *Composite Indicators – International Comparison of Overall Strengths in Science and Technology*. Tokyo, National Institute of Science and Technology Policy
22. Organisation for Economic Co-operation and Development [2005]: *Measuring Globalization – OECD Handbook on Economic Globalisation Indicators 2005*. Paris
23. Saisana, M., Tarantola, S. [2002]: *State-of-the-art Report on Current Methodologies and Practices for Composite Indicator Development*. Ispa, Joint Research Centre
24. Sohn, K. Y., Yang, J. W., Kang, C. S. [2001]: Assimilation of Public Opinions in Nuclear Decision-making Using Risk Perception. In: *Annals of Nuclear Energy*. Vol. 28, No. 6, pp. 553-563.
25. Tibenszkyné F. K. [2007]: Az oktatás hatékonyságának mérése a ZMNE 2006-ban végzett hallgatóin Data Envelopment Analysis (DEA) módszer használatával. In: *Hadmérnök*. Vol. 2, No. 2, pp. 149-165.
26. Tóth, Á. [1999]: *Kísérlet a hatékonyság empirikus elemzésére*. Budapest Magyar Nemzeti Bank
27. Török Á. [2005]: *Competitiveness in Research and Development – Comparisons and Performance*. Cheltenham, Edward Elgar Publishing
28. Tran, L. T., Knight, C. G., O'Neill, R. V., Smith, E. R., Riitters, K. H., Wickham, J. [2002]: Fuzzy Decision Analysis for Integrated Environmental Vulnerability Assessment of the Mid-Atlantic Region. In: *Environmental Management*. Vol. 29, No. 6, pp. 845-859.
29. Tsaour, S. H., Chang, T. Y., Yen, C. H. [2002]: The Evaluation of Airline Service Quality by Fuzzy MCDM. In: *Tourism Management*. Vol. 23, No. 2, pp. 107-115.
30. United Nations Conference on Trade and Development [2005]: *World Investment Report 2005*. New York

31. United Nations Development Programme [2007]: *Human Development Report 2007/2008*. New York
32. United Nations Industrial Development Organization [2005]: *Industrial Development Report 2005*. Vienna
33. Wagner C. S., Brahmakulam, I., Jackson, B., Wong, A., Yoda, T. [2001]: *Science and Technology Collaboration – Building Capacity in Developing Countries*. Santa Monica, RAND
34. Wagner C. S., Horlings, E., Dutta, A. [2001]: *Can Science and Technology Capacity be Measured?* Santa Monica, RAND
35. World Bank [2009]: *World Development Indicators 2009*. Washington
36. World Economic Forum [2008]: *The Global Competitiveness Report 2008-2009*. Geneva