

A DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) ALKALMAZÁSA IPARI PARKOK HATÉKONYSÁGÁNAK VIZSGÁLATÁRA¹

FÜLÖP JÁNOS – TEMESI JÓZSEF
MTA SZTAKI – BKÁE Operációkutatás Tanszék

A Data Envelopment Analysis hatékonysági modelljeinek megalapozása (természetesen még nem ezzel az elnevezéssel) Farrell (1957) agrárközgazdasági elemző cikkében jelent meg. Hosszú évek teltek el, amíg elsősorban Charnes, Cooper, Rhodes és Banker úttörő cikkei új megvilágításban, a lineáris programozás egy speciális közgazdasági alkalmazási lehetőségeként egy egész model család kifejlesztését indították el: Charnes, A., W.W. Cooper és E. Rhodes (1978), Banker, R.D., A. Charnes és W.W. Cooper (1984), Charnes, A., W.W. Cooper, B. Golany, L. Seiford és J. Stutz (1985). A nyolcvanas és kilencvenes évek egyértelműen ennek az elemzési eszköznek a világméretű elterjedését mutatják, összefoglaló művek és a továbbfejlesztés irányait meghatározó könyvek és cikkgyűjtemények sora jelenik meg: Norman, M. és B. Stoker (1991), Charnes A., W. W. Cooper, A. Y. Lewin és L. M. Seiford (1994), Hammer, P. L. (1996), Lewin, A. Y. és L. M. Seiford (1997).

Megszületnek azok a programcsomagok is, amelyekkel a számítások könnyen elvégezhetők, s egyre nő a felhasználási területek száma: Ali, A. I. (1994), Coelli, T., D. S. Prasada Rao és G. E. Battese (1998). Hatékonysági elemzések jelennek meg kórházakról, Chilingerian, J. A. és H. D. Sherman (1997), Byrnes P. és Valdmanis, V. (1994), bankokról, English, M., S. Grosskopf, K. Hayes és S. Yaisawarng (1993), egyetemekről, Finlay, P. N. és G. Gregory (1994), egyéb termelési és szolgáltató egységekről, Ganley, J. A. és J. S. Cubbin (1992), Zeng, G. (1996). A nemzetközi operációkutatási és programozási konferenciák állandó szekcióit alkotják a DEA elméleti továbbfejlesztései és alkalmazásai.

Magyarországon a módszer ismert ugyan (lásd pl. Danyi, P. és Varró, Z. (1995)), de a valós alkalmazások száma csekély. Ezért találtuk jó alkalomnak azt a felkérést, amely a Gazdasági Minisztériumból érkezett és a magyar ipari parkok értékelésére vonatkozott.

Cikkünkben először röviden az alkalmazási feladatot mutatjuk be. A második részben aránylag részletesen foglalkozunk a DEA modellek ismeretetésével. Ezt azért is tesszük, hogy az érdeklődők (egyetemi hallgatók, kutatók, alkalmazók) magyar nyelven is találjanak egy bevezetést a DEA modellek módszertanába – ezt egészíti ki a legfontosabb szakirodalmi hivatkozások jegyzéke. A cikk harmadik része az ipari parkok elemzéséhez felhasznált adathalmaz néhány statisztikai jellemzőjét mutatja be, majd a

¹Beérkezett: 2001. április 3. E-mail: fulop@sztaki.hu, temesi@pegasus.bke.hu

negyedik és ötödik rész foglalkozik a DEA modellek eredményeivel és a levonható következtetésekkel.

1 Ipari parkok és értékelési lehetőségeik

A nemzetgazdasági szintű gazdasági célkitűzések között alapvető prioritásként jelentkezik a magyar ipari és agrárgazdasági múlt örökségeként megmaradt regionális egyenlőtlenségek felszámolása. Az Európai Unióba készülő Magyarország számára ugyanakkor kiemelt jelentősége van a termékek és szolgáltatások minősége növelésének, egy olyan exportképes árualap létrehozásának, amely a külkereskedelmi mérleg javításán keresztül hozzájárul a fizetési mérleg egyensúly közeli állapotának eléréséhez.

Az 1990-es évek végére a magyar tulajdonosi szerkezet nagyfokú változáson ment keresztül. A magyar ipar szerkezetváltásában meghatározó jelentőségű a külföldi működőtőke jelenléte. Ennek a tőkének megfelelő működési feltételeket kell teremteni, azaz olyan termelői és szolgáltatási infrastruktúrát kell létrehozni, amely vonzóerőt jelent a tartós letelepedésre, s ezáltal munkahelyteremtő beruházások terepéül szolgálhat.

Mindezen gazdaságpolitikai célok megvalósításához járul hozzá a Gazdasági Minisztérium részéről 1996 végén elindított *Ipari Park Pályázati Program*. A program első lépcsőjében az ország legkülönbözőbb részein működő szervezetek, illetve területek pályáznak az „Ipari Park” címre. A cím elnyeréséhez egy olyan fejlesztési elképzelést kell bemutatni, amely egy már meglévő, bizonyos infrastruktúrával ellátott területen, vagy anélkül — „zöldmezős beruházásként” — lehetővé teszi a hazai és külföldi vállalkozások betelepülését és gyors fejlődését.

Az „Ipari Park” cím elnyerésével együtt járó kedvezmények és pályázati lehetőségek több vállalkozás és önkormányzat figyelmét is felkeltették. 1997-ben a Gazdasági Minisztérium 28, 1998-ban pedig 47 címet ítelt meg, azaz 1998 végére 75 terület volt jogosult a cím viselésére. A címet elnyert parkoknak lehetőségük van arra, hogy a gazdaságfejlesztési céltámogatások speciálisan erre elkülönített részét megpályázzák *infrastrukturális fejlesztések* kivitelezésére. 1996 és 1998 között 25 ipari park kapott összesen 1.6 milliárd forintot a gazdaságfejlesztési, illetve területfejlesztési céltámogatási alapokból. Az infrastrukturális pályázatok speciálisak abból a szempontból, hogy a más alapokból elnyerhető célzott támogatásokkal ellentétben itt többféle külső infrastruktúra együttes kialakításához kapnak segítséget: csatornázás, víz-elvezetés, elektromos hálózat és gázvezeték kiépítése, úthálózat kiépítés és bővítése szerepelhet a célok között. Nyilvánvaló, hogy ezen beruházások sikeres megvalósításával olyan működő infrastruktúra jön létre, amely kedvez a vállalkozások, szolgáltató egységek betelepülésének.

A Gazdasági Minisztérium 1999-ben értékelni kívánta az Ipari Park Pályázati Program addigi állását. Az értékelés nyilvánvalóan csak a meglévő adatokra támaszkodhatott. Az „Ipari Park” cím elnyerésére benyújtott pályázatokban öt évre, éves ütemezésben kellett megadniuk a pályázóknak a leg-

fontosabb mutatókban célul kitűzött értékeket. Ez az adatbázis szolgáltathat alapadatokat arra nézve, hogy helyi, regionális és országos szinten milyen várakozások lehetnek az ipari parkokkal szemben.

Az elmúlt évek teljesítéseiről ugyanakkor már tényadatok is rendelkezésre állnak. Ezek a tényadatok önmagukban is elemezhetők és összevethetők a tervezett adatokkal is. Az idő előrehaladtával a *tényadatok dinamikája* is vizsgálható.

Elvileg lehetőség lenne arra, hogy *az ipari parkok teljesítményét összevessük az ipari parkokon kívül folyó termelés számaival, trendjeivel*. Itt a fő gondot az okozza, hogy az ilyen jellegű összehasonlításhoz *speciális összehasonlítható adatokra lenne szükség*, azonban ilyenek előállítása különleges feladatot jelentene. Egy-egy ipari park ugyanis összességében ítélandó meg, s ezáltal a vállalati összehasonlításokra vagy a szokásos regionális (megyei, területi) egybevetésekre alkalmas statisztikai adatok nem használhatók fel direkt módon. Az ipari parkokba betelepült sokszínű, egy helyen koncentrálódó tevékenység megítélésére az iparági vagy országos átlagokkal való összehasonlítás nem alkalmazható, éppen az ipari park jellegzetes összetétele miatt.

Ezért választottuk azt a lehetőséget, hogy az ipari parkok számának növekedésével és az egész országra kiterjedő hálózat kialakulásával létrejött adatállomány segítségével az alapvető statisztikai elemzések mellett az ipari parkokat önmagukban és önmagukhoz mérve végezzünk el egy újfajta összehasonlító és értékelő elemzést.

A gazdálkodástani szakirodalomban egyre inkább elterjedő módszer az úgynevezett benchmarking, azaz a legjobb teljesítményt nyújtó egységek meghatározása, és a többi egység hozzájuk viszonyított értékelése. Sokféle technikát dolgoztak ki erre a feladatra, a versenytársak véleményének formalizálásától kezdve a vállalat önmagáról alkotott képének elemzéséig. A „best practice”, a legjobb gyakorlat felderítése és követése persze nem csak a különböző termelő egységek számára lényeges, más területeken is hódít ez a szemléletmód, például a közigazgatásban, az egészségügyben vagy az oktatási intézmények értékelésénél is.

A szakirodalomban az utóbbi húsz évben egyre több olyan publikáció jelent meg, amelyek erre a feladatra egy *speciális modellt* fogalmaznak meg. Mivel az értékelések egyik legnehezebb problémája a sokszor egymással is ellentétes célok kielégítésének mértékéül szolgáló mutatószámok közös nevezőre hozása, a több tényező alapján történő összehasonlítás, olyan módszer kialakítása és alkalmazása indult el, amely végső soron egyetlen tulajdonságot, a hatékonyságot állítja a középpontba: Charnes, A., W. W. Cooper és E. Rhodes (1978), Färe, R. és C. A. K. Lovell (1978), Banker, R. D., A. Charnes és W. W. Cooper (1984), Charnes, A., W. W. Cooper és R. M. Thrall (1991), Ali, M. és L. M. Seiford (1993), Cooper, W. W., R. G. Thompson és R. M. Thrall (1996), Coelli, T., D. S. Prasada Rao és G. E. Battese (1998).

Ez a módszertan — a Data Envelopment Analysis — a gazdasági egységek közül kiválasztja azokat, amelyek a súlyozott output/input arány szempontjából a leghatékonyabbak, s a többi gazdasági egységet ezekhez a (bizonyos értelemben legjobb, „hatékony”) egységekhez viszonyítja. Az ipari parkokra

alkalmazott DEA segítségével megkíséreljük az ipari parkok egymás közötti viszonyát, élenjáró vonásaikat vagy lemaradásukat számszerűsíteni, s ezáltal hasznos információkra tehetünk szert a pótlólagos erőforrások allokálásának vonatkozásában. Mielőtt ebbe belefognánk, a fentebb hivatkozott alapirodalmakra támaszkodva áttekintjük a DEA főbb modelljeit és tulajdonságait.

2 Hatékonyság-elemzés a DEA módszertannal

A hatékonyság-elemzés olyan társadalmi-gazdasági egységek hatékonyságának vizsgálatával foglalkozik, amelyek tevékenységük során egy vagy több input felhasználásával egy vagy több outputot hoznak létre. Ilyenek nemcsak cégek és termelőegységek lehetnek, hanem bankok, iskolák, stb. Ezeket az egységeket *Decision Making Unit (DMU, döntéshozó egység)* elnevezéssel látjuk el. A cikkünkben vizsgálandó ipari parkokat is döntéshozó egységként fogjuk kezelni, hiszen inputnak tekinthetjük például a befektetett tőkét, a különböző állami és önkormányzati támogatásokat, és outputként kezelhetjük a foglalkoztatottsági létszám, a beépítettség, az árbevétel, az exporthányad és a naturális fejlesztési adatok (csatorna, út, gáz, stb.) közvetlen értékét vagy pedig növekményét.

Egyetlen inputtal és egyetlen outputtal leírható döntéshozó egységek hatékonyságának leírására elfogadott technikai mérőszám az output/input hányados. Több input vagy output esetén az *outputok súlyozott összegének és az inputok súlyozott összegének a hányadosa* használható ilyen célból, a megfelelő súlyok meghatározása azonban nem magáról értendő, hanem fontos módszertani kérdés.

Tekintsünk döntéshozó egységeket, amelyek két inputból (x_1, x_2) egyetlen outputot (y) hoznak létre. Feltesszük, hogy konstans skálahozadékkal (CRS, constant return to scale) számolhatunk, azaz pl. kétszeres input mennyiségek esetén kétszeres output keletkezik. *Egy egységet akkor tekintünk hatékonynak, ha nem létezik egy másik olyan egység, melynek legalább az egyik egységnyi outputra eső input értéke kisebb, de a másik sem nagyobb, mint a vizsgálté.*

Az *input-orientált* technikai hatékonysági mérték arra ad választ, hogy mennyire lehet az input mennyiségeket arányosan csökkenteni az output mennyiségek változatlanul hagyása mellett. Ennek természetesen felmerülő alternatívájául szolgál az *output-orientált mérték*, amely azt méri, hogy mennyire lehet az output mennyiségeket arányosan növelni az input mennyiségek megváltoztatása nélkül.

A több inputtal és outputtal leírható döntéshozó egységek technikai hatékonyságának numerikus meghatározására ad eljárásokat a Data Envelopment Analysis (DEA) módszertan. Lényege az, hogy az adatokból kiindulva lineáris programozási technikával tudja előállítani a hatékony pontok többdimenziós, részenként lineáris felületét, majd egy adott pont hatékonysági mutatóját e felülethez viszonyítva határozza meg.

Tegyük fel, hogy a hatékonyság-elemzésben szereplő N döntéshozó egység mindegyike K számú inputtal és M számú outputtal írható le. Az i -edik

döntéshozó egység legyen az inputok x_i oszlopvektorával és az outputok y_i oszlopvektorával reprezentálva. Az egyszerűség kedvéért feltesszük, hogy az input és output mennyiségek nemnegatívak, és hogy legalább egy pozitív input és output adat szerepel minden egység esetén. Az összes N egységre vonatkozó input és output adatokat egymás mellé írva elkészíthetjük az input adatok $K \times N$ -es X mátrixát és az output adatok $M \times N$ -es Y mátrixát.

A DEA alapötlete az úgynevezett *hányados formán* keresztül érthető meg legkönnyebben. Egyetlen input és output esetén azt az egységet tekintenénk hatékonynak, amelynél az output/input hányados maximális. Több input és output esetén az outputok valamilyen súlyozott összegét kell az inputok valamilyen súlyozott összegével osztani, és ezeket a hányadosokat kellene összehasonlítani. A súlyokról egyelőre feltesszük, hogy azok nemnegatívak. Végtelen sokféleképpen választhatunk súlyokat, és a súlyok különböző megválasztása különböző fontosságot rendel az egymással nem összehasonlítható input és output értékekhez. Azonban annyit elvárhatunk egy magát hatékonynak tekintő döntéshozó egységtől, hogy tudjon olyan súlyokat mondani, hogy azokkal véve a súlyozott összegek hányadosát, ő legyen a legjobb. Amennyiben tehát létezik olyan u M -elemű és v K -elemű nemnegatív súlyvektor, amelyre

$$u^T y_i / v^T x_i = \max\{u^T y_j / v^T x_j : j = 1, \dots, N\}, \quad (1)$$

ahol T a transzponálást jelöli, akkor az i -edik döntéshozó egységet hatékonynak tekintjük. Ha egy döntéshozó egységre (1) semmilyen u és v esetén nem érhető el, azaz az egység nem hatékony, akkor is fontos kérdés, hogy (1) bal oldala mikor lesz relatíve legközelebb (1) jobb oldalához. Ez a

$$\max_{u \geq 0, v \geq 0} \frac{u^T y_i / v^T x_i}{\max\{u^T y_j / v^T x_j : j = 1, \dots, N\}} \quad (2)$$

optimalizálási feladat megoldását jelenti. A (2) feladat optimum-értéke 0 és 1 közé esik, és ezt az értéket tekintjük az i -edik döntéshozó egység technikai hatékonysági mértékének. Mivel bármely u , v és pozitív α esetén αu és v az u és v által adott hányados értékek α -szorosát adja, a hányadosok értékét korlátozhatjuk 0 és 1 közé. A (2) feladatot tehát átírhatjuk az ekvivalens

$$\begin{aligned} & \max_{u, v} (u^T y_i / v^T x_i), \\ & u^T y_j / v^T x_j \leq 1, \quad j = 1, \dots, N, \\ & u \geq 0, \quad v \geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

matematikai programozási feladatra. Az eddigi feladatok hiperbolikus programozási feladatok, amelyek megoldása azonban visszavezethető lineáris programozásra.

A (3) feladatnak is végtelen sok optimális megoldása van még, és mivel a számlálókról feltételezzük, hogy nem nullák, az általánosság megszorítása nélkül elég az optimális megoldást a $v^T x_i = 1$ feltételnek eleget tevő pontok

között keresni. Ezért a (2) feladat az ekvivalens

$$\begin{aligned} & \max_{\mu, \nu} \mu^T y_i, \\ & \nu^T x_i = 1, \\ & \mu^T y_j - \nu^T x_j \leq 0, \quad j = 1, \dots, N, \\ & \mu \geq 0, \quad \nu \geq 0 \end{aligned} \quad (4)$$

alakra hozható. Ez (2)-től eltérően már egy lineáris programozási feladat, és ezt az új μ és ν változók bevezetésével is hangsúlyozzuk. Ennek a feladatnak is jól interpretálható közgazdasági jelentés adható. A (4) feladatot szokták *szorzó alakú DEA lineáris programozási feladatnak* is nevezni, egyrészt mivel itt az inputoknak és az outputoknak az i -edik döntéshozó egység értékeléséhez szükséges optimális súlyait, szorzóit határozzuk meg, másrészt ez az elnevezés a (3)-ra használt *hányados alak* elnevezésnek mintegy az ellentéte.

A lineáris programozás dualitás elméletét használva, (4) duál feladatát a következő alakban írhatjuk fel:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta, \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0, \end{aligned} \quad (5)$$

ahol θ egy skalár változó, λ pedig változóknak egy N -elemű vektora. Az elméletből tudjuk, hogy (5) optimum-értéke azonos az (1)-(4) feladatok mindegyikének optimum-értékével, tehát szintén 0 és 1 közé esik, és az optimum-érték az i -edik döntéshozó egység technikai hatékonysági mértéke. Hangsúlyozzuk, azonban hogy minden döntéshozó egység számára egy önálló (4) vagy (5) feladatot kell megoldani, tehát összesen N számút.

Az $X\lambda$ és $Y\lambda$ vektorokat geometriailag tekinthetjük úgy, mint a vizsgált döntéshozó egységekből λ -beli nemnegatív súlyokkal vett lineáris kombinációval előállított *képzetes* döntéshozó egységet, amelynek $X\lambda$ az input, $Y\lambda$ pedig az output vektora. Csak olyan képzetes döntéshozó egységek érdekelnek minket, amelyek legfeljebb annyi inputból legalább annyi outputot állítanak elő, mint az i -edik döntéshozó egység, azaz $x_i \geq X\lambda$ és $Y\lambda \geq y_i$. Ilyen nyilván van, például amikor λ éppen az i -edik egységvektor, tehát a képzetes és az i -edik döntéshozó egység azonos. A kérdés most az, hogy van-e olyan képzetes döntéshozó egység, amelyre $x_i > X\lambda$ és $Y\lambda \geq y_i$, azaz amelynél az inputfelhasználás határozottan kisebb. Ilyen pontosan akkor van, ha az x_i vektort egy 1-nél kisebb θ -val való szorzással radiálisan tudjuk csökkenteni úgy, hogy (5) feltételei teljesüljenek. Az (5) feladat megoldása geometriailag úgy interpretálható, hogy az input-output térben az összes képzetes döntéshozó által alkotott konvex kúpban fekvő i -edik döntéshozó egység által meghatározott pontot a kúp határán fekvő $(X\lambda, Y\lambda)$ pontra vetítjük. Az $(X\lambda, Y\lambda)$ pont ilyen módon tovább nem vetíthető, ő már biztosan hatékony a technikai hatékonysági mérték szerint. Mivel ebben a modellben az input vektorokat vetítjük, ezt a feladatot az input-orientált jelzővel is szokták illetni.

A DEA programban az i -edik döntéshozó egységet a technikailag hatékony $(X\lambda, Y\lambda)$ pontba vetítjük. Az $(X\lambda, Y\lambda)$ pont egy képzetes döntéshozó egység, amely a valódi döntéshozó egységek nemnegatív súlyokkal vett lineáris kombinációja. A nemnegatív súlyok között persze nullák is lehetnek, és az ezekhez tartozó döntéshozó egységek nem játszanak szerepet a vetített pont előállításában. A DEA módszertan során viszont fontos információtartalma van annak, hogy mely döntéshozó egységek szerepelnek pozitív súllyal. Ezekből áll elő ugyanis 'szintetikus' úton a technikailag hatékony vetített pont. Ezek a meghatározó döntéshozó egységek a DEA irodalomban *peer* néven szerepelnek.

A DEA programcsomagok miközben minden döntéshozó egységre kiszámítják a hatékonysági mértékeket, általában megadják a megfelelő meghatározó döntési egységeket és a hozzájuk tartozó súlyokat is. Annak a statisztikának is fontos információtartalma van, hogy melyik döntéshozó egység volt egyáltalán meghatározó (*peer*) és háányszor.

A konstans skálahozadékú modelleknél azt feltételeztük, hogy minden döntéshozó egység mindig optimális skálán működik. Így az input vektorokat valamilyen nemnegatív számmal szorozva várhattuk, hogy az output vektorok automatikusan ezzel a számmal szorozódnak. Ezt azonban nem minden gazdasági környezetben tehetjük fel, ezért a konstans skálahozadékú modellel megfelelően, változó skálahozadékú (variable return to scale, VRS) modellel is át kell alakítani.

Az (5) modellben az esetleg nem hatékony i -edik döntéshozó egységet a nemnegatív súlyokkal előállított, technikailag hatékony $(X\lambda, Y\lambda)$ képzetes döntéshozó egységgel hasonlítottuk össze. Itt azonban a λ komponensei bármilyen nagyok lehetnek, a képzetes döntéshozó egység nagyságrendileg nagyon eltérhet azoktól, amelyekből képezzük őt, ezért a változó skálahozadékú környezetben ez irreális eredményekhez vezethet. Annak biztosítására, hogy a $(X\lambda, Y\lambda)$ képzetes döntéshozó egység nagyjából olyan nagyságrendű legyen, mint amiből képződik, a DEA módszertan a

$$\sum_{j=1}^N \lambda_j = 1$$

konvexitási feltétel (5)-höz való csatolását javasolja. A konvexitási feltétel vektor alakban $1_N^T \lambda = 1$, ahol 1_N a csupa egyesből álló N -elemű vektort jelöli. A konvexitási feltétel a nemnegativitási feltétellel együtt biztosítja, hogy minden λ_j komponens 0 és 1 közötti, így változó skálahozadékú környezetben nem hasonlítjuk össze a tekintett döntéshozó egységet irreálisan képzett döntéshozó egységgel.

A változó skálahozadék esetére szóló VRS DEA modell tehát

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta, \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & 1_N^T \lambda = 1, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{6}$$

alakban írható fel. Jelölje TE_{VRS} a (6), illetve TE_{CRS} az (5) feladat optimum-értékét. Könnyen látható, hogy

$$0 \leq TE_{CRS} \leq TE_{VRS} \leq 1 .$$

A konstans skálahozadék szerint technikailag hatékony döntéshozó egységek tehát a változó skálahozadék szerint is technikailag hatékonyak lesznek, fordítva azonban ez nem feltétlenül igaz. A konstans, illetve a változó skálahozadékú technikai hatékonysági mértékek hányadosát *skála hatékonyságnak* (SE, scale efficiency) nevezzük, azaz

$$SE = TE_{CRS}/TE_{VRS} .$$

A fenti definícióból közvetlenül kapjuk a

$$TE_{CRS} = TE_{VRS} \times SE$$

összefüggést, amely szerint a konstans skálahozamú technikai hatékonysági mérték felbontható a változó hozamú technikai hatékonysági mérték és a skála hatékonyság szorzatára, ahol az utóbbi azt jelzi, hogy milyen messze van a vizsgált döntéshozó egység az optimális működési szintjétől.

A skála hatékonysági mérték egyik hátránya az, hogy nem ad információt arról, hogy a döntéshozó egység növekvő vagy pedig csökkenő skálahozamú tartományban működik. Egy kiegészítő lineáris programozási feladat megoldásával azonban erre is választ lehet kapni. Tekintsük az alábbi *nem-növekvő skálahozamú* (NIRS, non-increasing returns to scale) *DEA modellt*, amelyet úgy kapunk, hogy (6) $1_N^T \lambda = 1$ konvexitási feltételét a $1_N^T \lambda \leq 1$ feltételre cseréljük:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta , \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0 , \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0 , \\ & 1_N^T \lambda \leq 1 , \\ & \lambda \geq 0 . \end{aligned} \tag{7}$$

A $1_N^T \lambda \leq 1$ feltétel is biztosítja, hogy az i -edik döntéshozó egység ellenében konstruált képzetes döntéshozó egység előállításában ne vegyen részt a vizsgálnál lényegesen nagyobb döntéshozó egység, kisebb viszont megengedett. Jelölje TE_{NIRS} a (7) feladat optimum-értékét. Nyilván

$$0 \leq TE_{CRS} \leq TE_{NIRS} \leq TE_{VRS} \leq 1 ,$$

és az is megmutatható, hogy a második és harmadik egyenlőtlenség közül legalább az egyik egyenlőségként teljesül.

Az eddig bemutatott input-orientált modellekhez hasonlóan a megfelelő *output-orientált modelleket* is fel lehet írni. Tekintsük először az i -edik döntéshozó egységre vonatkozó *konstans skálahozadékú (CRS) output-orientált*

DEA modellt:

$$\begin{aligned} & \max_{\phi, \lambda} \phi, \\ & -\phi y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0. \end{aligned} \tag{8}$$

Azt már tudjuk, hogy van olyan képzett döntéstámogató egység, melyre $x_i \geq X\lambda$ és $Y\lambda \geq y_i$ teljesül, pl. amikor λ az i -edik egységvektor. Az output-orientáció esetén a kérdés az, hogy van-e olyan is, melyre $x_i \geq X\lambda$ és $Y\lambda > y_i$, és ha igen, akkor az y_i output vektort mennyire tudjuk radiálisan növelni úgy, hogy még $Y\lambda \geq \phi y_i$ teljesüljön. A (8) feladat éppen erre ad választ, az optimális ϕ értékre $1 \leq \phi < \infty$ teljesül, és azt jelzi, hogy $(\phi - 1)$ -szeres az output értékek arányos növelésének a lehetősége az input értékek változatlanul hagyása mellett. Output orientáció esetén is bevezethető a változó skáláhozadékú DEA modell, amely

$$\begin{aligned} & \max_{\phi, \lambda} \phi, \\ & -\phi y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \mathbf{1}_N^T \lambda = 1, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{9}$$

alakú. A konstans skáláhozadékú modellekre vonatkozó összefüggések itt már nem érvényesek.

A többkritériumú döntéshozatalban megszokott módon az i -edik döntéshozó egységet akkor tekintjük hatékornak, ha bármely λ -val képzett mesterséges döntéshozó egységre az $x_i \geq X\lambda$ és $y_i \leq Y\lambda$ egyenlőtlenségek teljesüléséből $x_i = X\lambda$ és $y_i = Y\lambda$ következik. Ez azt jelenti, hogy csak úgy tudnánk valamelyik input mennyiséget csökkenteni, vagy valamelyik output mennyiséget növelni, ha közben valamelyik másik inputot növelnénk, vagy valamelyik másik outputot csökkentenénk.

Ha egy döntéshozó egység technikai hatékonysági mutatója nem 1, azaz őt radiális vetítéssel javítani lehet, akkor a fenti értelemben biztosan nem hatékony. A technikai hatékonysági mérték 1 értékéből azonban még nem következik a fenti értelmű hatékonyság.

A hatékonyság ellenőrzésének, illetve a hatékony pontba való lépésnek több módja is van, az egyik a holtjátékok (slackek) összegének a maximalizálása. Tekintsük a következő lineáris programozási feladatot:

$$\begin{aligned} & \max_{\lambda, s^I, s^O} \mathbf{1}_M^T s^O + \mathbf{1}_K^T s^I, \\ & -y_i + Y\lambda - s^O = 0, \\ & \theta x_i - X\lambda - s^I = 0, \\ & \lambda \geq 0, \quad s^O \geq 0, \quad s^I \geq 0, \end{aligned} \tag{10}$$

ahol s^O az output slack változók M -elemű vektora, s^I az input slack változók K -elemű vektora, 1_M és 1_K pedig a csupa 1 elemből álló M , illetve K -elemű vektor. A (10) modellben θ nem változó, hanem konstans. *A (10) modell az (5) konstans skáláhozadékú input-orientált DEA modellhez tartozó kiegészítő, második fázisú feladat.* Az i -edik döntéshozó egység pontosan akkor hatékony, ha

- (5) optimum-értéke, azaz a döntéshozó egység technikai hatékonysági mértéke 1, és
- (10) optimum-értéke 0.

Az is igaz, hogy a (10) optimális megoldásából nyert $(X\lambda, Y\lambda)$ pont mindig hatékony. A változó skáláhozadékú esetre vonatkozó (6) input-orientált modellel hasonló állítás érvényes, csak most a (10) feladatot is ki kell egészíteni a $1_N^T \lambda = 1$ konvexitási feltétellel.

A (8), konstans skáláhozadékú output-orientált modellhez tartozó második fázisú lineáris programozási feladat az alábbi:

$$\begin{aligned} \max_{\lambda, s^I, s^O} \quad & 1_M^T s^O + 1_K^T s^I, \\ & -\phi y_i + Y\lambda - s^O = 0, \\ & x_i - X\lambda - s^I = 0, \\ & \lambda \geq 0, \quad s^O \geq 0, \quad s^I \geq 0. \end{aligned} \tag{11}$$

Az állítás hasonló. Az i -edik döntéshozó egység pontosan akkor hatékony, ha

- (8) optimum-értéke, azaz a döntéshozó egység technikai hatékonysági mértéke 1, és
- (11) optimum-értéke 0.

A változó skáláhozadékú környezetre vonatkozó (9) output-orientált modell esetén hasonló állítás érvényes, mindössze a (11) feladatot ki kell egészíteni a $1_N^T \lambda = 1$ konvexitási feltétellel.

Hangsúlyozzuk, hogy *mind a konstans, mind pedig a változó skáláhozadékú környezetben a fent bemutatott input- illetve output-orientált technika ugyanazokat a döntési egységeket minősíti hatékonynak.* A két orientáció közötti választás függ a konkrét elemzéstől, aszerint, hogy az input csökkentése vagy pedig az output növelése kézenfekvőbb az adott elemzési feladatnál. Változó skáláhozadék esetén gyakran mindkét orientációval elvégzik az elemzést.

A két fázis feladatát egyetlen feladatban végzik el a továbbiakban bemutatandó DEA modellek. Nagyon sok ilyen modellvariáns található ma már az irodalomban különféle jelzőkkel (CCR, BCC, input-orientált, output-orientált, primál, duál) ellátva. Ezek ma már külön taxonómiával rendelkeznek, és gyakran elrettentik a Data Envelopment Analysis-szel ismerkedő kezdő olvasót. Hangsúlyozzuk azonban, hogy mind levezethető az egyszerű, geometriailag is könnyen értelmezhető (2) illetve (3) hányados modellből.

Tekintsük először az *input-orientált CCR* (Charnes-Cooper-Rhodes) modellt:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda, s^I, s^O} \quad & \theta - \varepsilon 1_M^T s^O - \varepsilon 1_K^T s^I, \\ & -y_i + Y\lambda - s^O = 0, \\ & \theta x_i - X\lambda - s^I = 0, \\ & \lambda \geq 0, \quad s^O \geq 0, \quad s^I \geq 0, \end{aligned} \quad (12)$$

ahol ε egy megfelelően választott kis pozitív konstans. Könnyen látható, hogy (12) tulajdonképpen az (5) és (10) feladatokból van összerakva. Az eddigiekhez hasonlóan látható, hogy (12) optimum-értéke nem vehet fel 1-nél nagyobb értéket. Megmutatható, hogy van olyan $\varepsilon_0 > 0$, hogy bármely $0 < \varepsilon < \varepsilon_0$ esetén (12) optimum-értéke pontosan akkor 1, ha $\theta = 1$, $s^O = 0$ és $s^I = 0$. Ez pedig azzal ekvivalens, hogy (5) optimum-értéke 1, és (10) optimum-értéke 0. Tehát kellően kicsi, de pozitív ε esetén az i -edik döntéshozó egység pontosan akkor hatékony, ha (12) optimum-értéke 1. Nem hatékony döntéshozó egység esetén az (5) által szolgáltatott technikai hatékonysági mérték eltérhet (12) optimum-értékétől, de mivel ε a gyakorlatban kicsi, az eltérés elfogadható.

Az *output-orientált CCR modell* a következő:

$$\begin{aligned} \max_{\phi, \lambda, s^I, s^O} \quad & \phi + \varepsilon 1_M^T s^O + \varepsilon 1_K^T s^I, \\ & -\phi y_i + Y\lambda - s^O = 0, \\ & x_i - X\lambda - s^I = 0, \\ & \lambda \geq 0, \quad s^O \geq 0, \quad s^I \geq 0. \end{aligned} \quad (13)$$

A párhuzam megint nyilvánvaló, (13) a (8) és (11) feladatokból van összerakva. Továbbá kellően kicsi, de pozitív ε esetén az i -edik döntéshozó egység pontosan akkor hatékony, ha (13) optimum-értéke 1.

A (12) és (13) modellek nyilván konstans skáláhozadékú környezetben használhatók, akár csak a (5), (8), (10) és (11) feladatok, amelyekből összerakhatók. Szokás még a (12) és (13) feladatok duálját is felírni, de ezektől itt eltekintünk, mert semmilyen lényeges geometriai vagy közgazdasági jelentéssel nem rendelkeznek.

A következő, *BCC* (Banker-Charnes-Cooper) rövidítésű modellek szintén közvetlenül levezethetők a korábban a változó skáláhozadékú esetre bemutatott kétfázisú modellekből. Az input-orientált BCC modell az alábbi:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda, s^I, s^O} \quad & \theta - \varepsilon 1_M^T s^O - \varepsilon 1_K^T s^I, \\ & -y_i + Y\lambda - s^O = 0, \\ & \theta x_i - X\lambda - s^I = 0, \\ & 1_N^T \lambda = 1, \\ & \lambda \geq 0, \quad s^O \geq 0, \quad s^I \geq 0, \end{aligned} \quad (14)$$

az output-orientált BCC változat pedig

$$\begin{aligned} \max_{\phi, \lambda, s^I, s^O} \quad & \phi + \varepsilon 1_M^T s^O + \varepsilon 1_K^T s^I, \\ & -\phi y_i + Y\lambda - s^O = 0, \\ & x_i - X\lambda - s^I = 0, \\ & 1_N^T \lambda = 1, \\ & \lambda \geq 0, \quad s^O \geq 0, \quad s^I \geq 0. \end{aligned} \tag{15}$$

Látható, hogy akárcsak a kétfázisú modelleknél, a változó skáláhozadék esetére vonatkozó BCC modelleket a konstans skáláhozadék esetére vonatkozó CCR modellekből nyerhetjük a $1_N^T \lambda = 1$ konvexitási feltétel csatolásával. De levezethetjük a BCC modelleket közvetlenül a megfelelő kétfázisú modellekből is.

Az állítás a változó skáláhozadékú BCC modellek esetén is hasonló. E szerint kellően kicsi, de pozitív ε esetén az i -edik döntéshozó egység pontosan akkor hatékony, ha (14) illetve (15) optimum-értéke 1.

A CCR és BCC modelleken alapuló DEA elemzés kulcskérdése az, hogy miként válasszuk meg az elég kicsi, de még pozitív ε értékét. Elméletileg létezik olyan $\varepsilon_0 > 0$, hogy bármely $0 < \varepsilon < \varepsilon_0$ megfelelő, de az ilyen ε_0 numerikus meghatározása sokkal több ráfordítást igényel, mint a DEA elemzés a többfázisú módszertan használatával.

A DEA programcsomagok egy része eleve többfázisú modelleket alkalmaz. Ilyenkor minden döntéshozó egység kiértékeléséhez kettő vagy több lineáris programozási feladatot kell megoldani. A programcsomagok egy másik része előre beállított nagyon kicsi, pl. $\varepsilon = 10^{-20}$ értékkel számol. Ez kevesebb számú lineáris programozási feladat megoldását igényli, de elméletileg mindig konstruálható olyan feladat, ahol a szoftver egy hatékony döntéshozó egységet nem-hatékonyra minősít. A nagyon kicsi ε a lineáris programozási feladaton belül is jelenthet numerikus nehézségeket. Ezért a legújabb szoftverek általában a többfázisú megközelítést alkalmazzák, akkor is, ha a felhasználó felé a kompaktabb CCR vagy BCC modelleket kínálják.

A Data Envelopment Analysis a hatékonyság-elemzésre szolgáló módszerek közül az egyik. Számos előnye van más módszerekkel szemben, de bizonyos korlátokkal is rendelkezik.

Az előnyök:

- A hatékonyságot egyetlen mérőszámmal jellemzi.
- A nem-hatékony pontokat - az orientációtól függően - a hatékony pontok felületére vetíti, ezzel irányt mutat a hatékonyság javítására.
- Teljesen eltérő mértékegységű inputok és outputok kezelését teszi lehetővé.
- A legjobban teljesítő döntéshozó egységek által kifeszített felülethez viszonyít, nem pedig az átlagos teljesítményhez, miként azt a regresszió-elemzés tenné.

- Nincs függvényszerű kapcsolat feltéve az inputok és az outputok között.

A módszertan *korlátjai*:

- A módszertan nem tesz megkülönböztetést a hatékony döntési egységek között, azaz nem rangsorolja őket.
- Az adott adathalmazhoz viszonyítva határozza meg relatív hatékonysági mértékeket, nem pedig valamilyen elméleti optimális felülethez viszonyítva, ezért egyetlen kiugró adat, egyes inputok vagy outputok vizsgálatból való kihagyása, vagy újak bevonása is lényegesen befolyásolhatja a hatékonysági mértékeket.

3 Az ipari parkok célkitűzéseinek és azok megvalósulásának elemzése

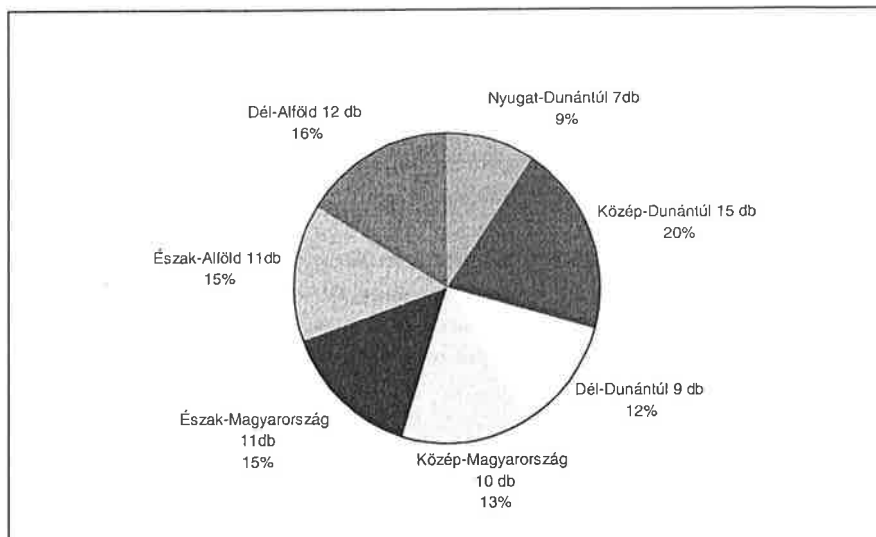
A DEA elemzés előtt röviden tekintsük át az ipari parkokat az elemzésben majd felhasználandó input és output adatok statisztikai jellemzőinek oldaláról.

Az Ipari Parkok a címpályázat beadásakor öt évre előre tervet készítenek a park teljesítményének megítélésére leginkább alkalmas gazdasági mutatók értékéről. Ezek az alábbiak:

- betelepülő vállalatok száma,
- foglalkoztatottak száma,
- a fejlesztésbe bevont terület nagysága,
- a fejlesztésbe bevont terület nagyságának aránya a teljes rendelkezésre álló területhez,
- az árbevétel értéke,
- a beruházások nagysága.

Az 1. ábra az ipari parkok számának eloszlását mutatja 1998-ban régiók szerint az ország területén. Azt látjuk, hogy az ipari parkok nagyjából egyenletesen vannak szétszórva az ország különböző régióiban, talán Közép-Dunántúlt tekinthetjük némileg túlréprezentálnak. Ez az eredmény azért lényeges, mert mint látni fogjuk, ez a nagyjából egyenletes számszerű eloszlás nagymértékben eltérő jellemzőkkel rendelkező ipari parkokat takar.

Az 1. táblázat 1997 és 2001 között kíséri végig a kiemelt mutatókban történt vállalásokat. Ez a táblázat nem csak az alapadatokat, hanem az alapadatok átlagát és relatív szórását is tartalmazza.



1. ábra. Az ipari parkok száma és regionális megoszlása 1998-ban

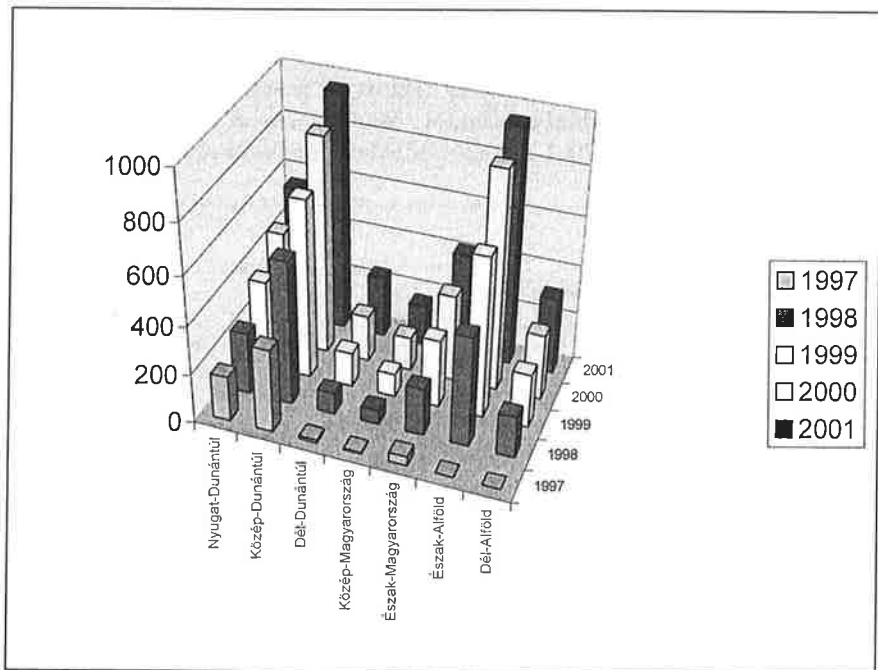
Ezek az alapstatisztikák jól mutatják azt a problémát, amely további elemzéseinkben is figyelembe veendő: az egyes ipari parkok méretükben és teljesítményükben nagyon eltérő képet mutatnak. Megfigyelhető, hogy egyes mutatóinknál a relatív szórás magas értékeket vesz föl – jelezve, hogy az ipari parkok az egyes mutatókban igen heterogének.

	Betel. vállalkozás (db)	Fogl. lét-szám (fő)	Össz-terület (ha)	Beép. terület (ha)	Beruh. érték (MFt)	Ár-bevétel (MFt)	Export (MFt)
1997							
Összeg	346	31788	2291.5	581.9	160141	632922	492520
Átlag	12.36	1177.3	81.8	20.8	5719	22604	17590
Rel. szórás	1.60	1.70	0.87	1.49	1.97	2.69	3.17
1998							
Összeg	838	63238	4785.8	1791.3	300387	848893	609342
Átlag	11.17	843.2	63.8	23.9	4005	11319	8125
Rel. szórás	1.33	1.74	1.29	1.76	2.41	3.44	4.38
1999							
Összeg	1183	86151	4785.8	2482.3	383652	994050	711806
Átlag	15.77	1148.7	63.8	33.1	5115	13254	9491
Rel. szórás	1.01	1.45	1.29	1.74	2.03	2.98	3.83
2000							
Összeg	1536	109690	4785.8	3193.2	486563	1197684	859467
Átlag	20.48	1462.5	63.8	42.6	6488	15969	11460
Rel. szórás	0.86	1.28	1.29	1.74	1.83	2.54	3.25
2001							
Összeg	1844	122735	4785.8	3646.1	526314	1398480	1001038
Átlag	24.59	1636.5	63.8	48.6	7018	18646	13347
Rel. szórás	0.81	1.24	1.29	1.55	1.73	2.24	2.85
2001/1998 arány	2.20	1.94	1.00	2.04	1.75	1.65	1.64

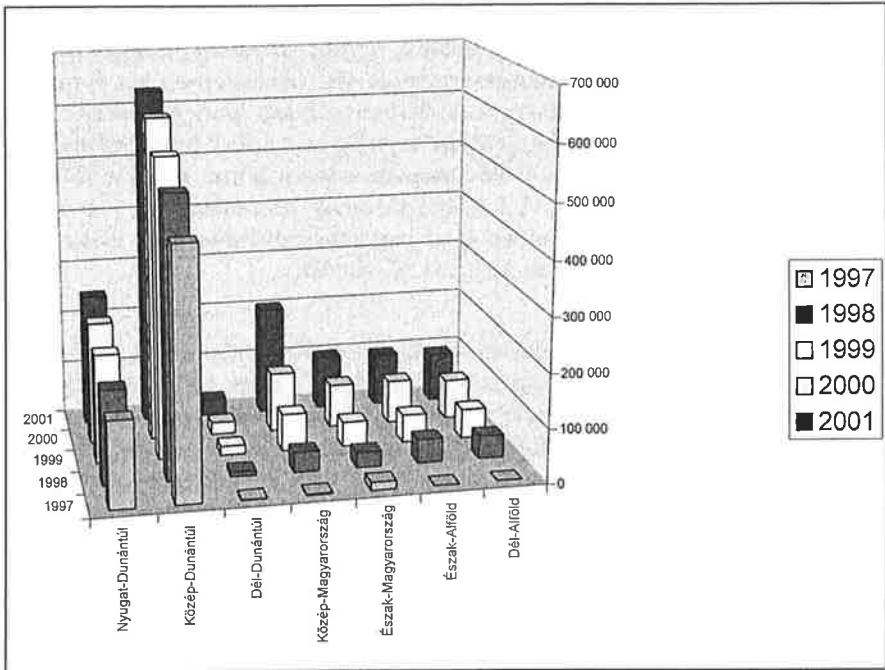
1. táblázat. Ipari parkok országos statisztikája

Fordítsuk most figyelmünket a vállalásokban megmutatkozó fejlődési trendekre. A táblázat utolsó sorában találjuk a 2001-re vállalt mutatókban az 1998-as állapothoz képest felmutatandó fejlődést. (Azért erre a két évre számoljuk a fejlődési mutatót, mert az 1998-ban pályázó ipari parkoknak még nincs 1997-es adata, az 1997-ben pályázók pedig nem adtak meg 2002-es adatot. Az 1998 és 2001 közötti évekre vannak a teljes körre, mind a 75 ipari parkra vonatkozó adataink.) A foglalkoztatottak számában 194, a beruházási értékben 175, az árbevételben és az exportárbevételben 165, illetve 164 százalék a négy éves periódusra kitűzött növekedés.

Bár az országos adatok is lényegesek, hasznosabb azonban, ha az adatokat megnézzük regionális bontásban is. Az országot 7 nagy területre felosztva (Nyugat-Dunántúl, Közép-Dunántúl, Dél-Dunántúl, Közép-Magyarország, Észak-Magyarország, Észak-Alföld, Dél-Alföld) az 1998-ról 2001-re ígért fejlődés mindegyik régióban magas, egyes régiókban az országos növekedési átlagot is meghaladja. A 2. és 3. ábra a beépített összterület és az árbevétel régiónkénti vállalásainak dinamikáját mutatja.

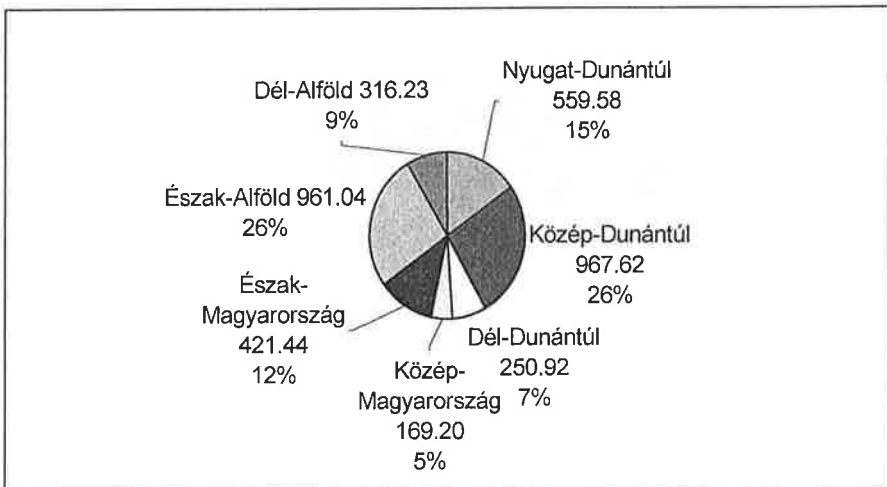


2. ábra. Beépített összterület régiónként a vállalások alapján (ha)

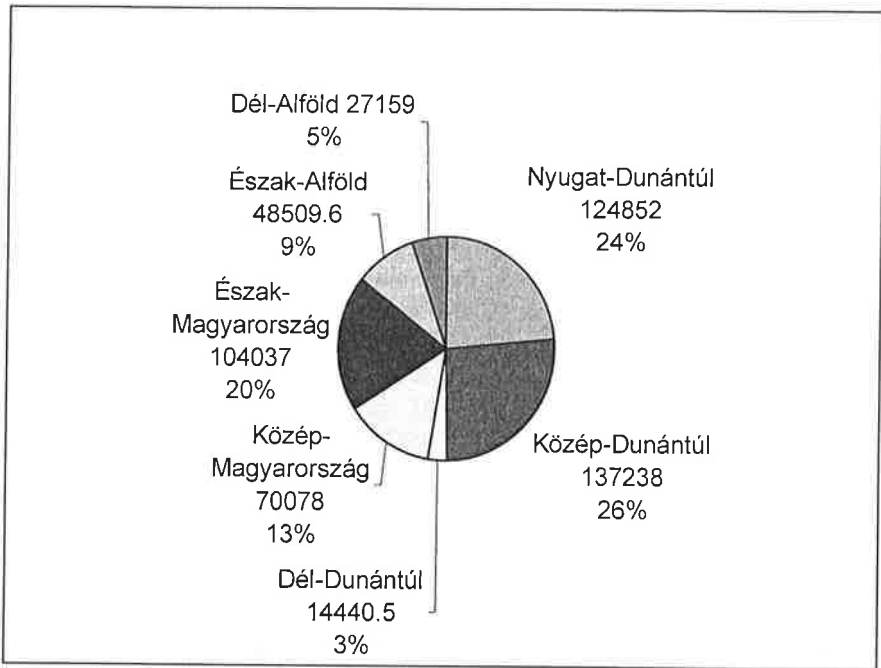


3. ábra. Árbevétel régióként a vállalatok alapján (MFT)

Ha mutatóként a 2001 évet célnak tekintve elemezzük az ígért fejlődést, akkor a 4. és 5. ábrák például a beépített összterületre és a beruházási összértékre vonatkozó adatok 2001-re bekövetkező regionális eloszlást illusztrálják.



4. ábra Beépített összterület és megoszlásuk régióként 2001-ben a vállalatok alapján (ha)



5. ábra. Beruházási összértékek és megoszlásuk régióként 2001-ben a vállalatok alapján (MFT)

Ha az összes hasonló ábrát tekintjük, akkor azt látjuk, hogy Közép-Dunántúl minden mutatóban „tarol”: bár a betelepülő vállalatok száma az összvállalatszámnak csak 19%-a (ugyanannyi, mint amit például Észak-Magyarország tervez), de a beruházási összértékben és a beépített összterületben már az ország összes ipari parkja beruházásának és foglalkoztatottjának 26%-át tervezi, a foglalkoztatottak számában 37%, az árbevételben 45%, az export árbevételben pedig 52% lesz a részaránya! A másik nagy részesedésű terület a Nyugat-Dunántúl. Itt a betelepülő vállalatok 11%-a a beruházási összérték 24%-ával az árbevétel és az export árbevétel 18, illetve 19%-át termeli majd.

Ha az ország keleti és nyugati felét tekintjük, akkor a betelepülő vállalatok számában, a beépített összterületben (Dunántúl: 48%), a foglalkoztatottak számában (Dunántúl: 55%) még kiegyensúlyozottság tapasztalható, az igazán lényeges jellemzőkben azonban már elbillennek az arányok (beruházási összérték: 53%), vagy egyértelmű koncentrálódás van az ország nyugati felére: az árbevételben 65%, az export árbevételben 72%. Tovább árnyalja a képet, hogy az ipari parkok teljesítményét tekintve a Dunántúl is kétfelé szakad: Dél-Dunántúl – ahová 9 ipari parkban a betelepülő vállalkozások 9%-a települ 2001-ben, árbevételben és export árbevételben nem fogja elérni a 2, illetve 1%-ot.

Tudva azt, hogy ezekben a számokban egy-egy kivételes potenciállal rendelkező ipari park is benne van, és ezek „húzzák” Nyugat-Dunántúl és Közép-Dunántúl teljesítményét, mégis érdemes arra felhívni a figyelmet, hogy az ipari parkok esetében sem hagyhatjuk az országban „szokásos” kettészakadást

továbbélni, s a regionális gazdaságpolitikai céloknak —akár speciális támogatásokkal— érvényt kell szerezni.

A DEA elemzésben megjelenő ipari parkok alaphalmazának kialakításához megnéztük azt, hogy a vállalatok és teljesítések hogyan viszonyulnak egymáshoz. A régiónkénti teljesítéseknél a Közép-Dunántúl domináló szerepéről hasonlókát mondhatunk el, mint amit a vállalatoknál tettünk. Meglepő volt viszont, hogy Észak-Magyarország ipari parkjai milyen jól teljesítettek.

A 75 ipari park közül azokat tudtuk a számításokba bevonní, amelyek 1998-ban teljesítéssel rendelkeztek. Összesen 50 ilyen tulajdonságú ipari parkot találtunk. Ezek közül 19 az 1997-es évben nyerte el az ipari park címet, 31 pedig 1998-ban. A két csoportot külön kezeltük, mert míg az egyiknek két év, a másiknak egyetlen év állt rendelkezésére, hogy önmagát „hatékony” egységgé tegye. Külön-külön futtatásokat végeztünk el tehát az 1997-es és az 1998-as indulású ipari parkokra, ezáltal a csoportokon belüli homogenitást biztosítva.

4 Az ipari parkokra vonatkozó DEA számítások

Modelljeink output-orientáltak, mind konstans, mind változó skálahozadék mellett kiszámolják a hatékony egységeket és a súlyokat. Számításaink során a DEAP programcsomagot használtuk fel: Coelli, T., D.S. Prasada Rao és G.E. Battese (1998).

A DEA esetében a leglényegesebb kérdés az inputok és az outputok meghatározása. Közgazdasági megfontolások alapján inputnak tekintettünk két mutatót:

- Beruházási érték
- GFC+TFC támogatás

(az első az általános, a második a speciális céltámogatás nagysága). Outputnak a szűkebb esetben két mutatót vettünk:

- Exportárbevétel
- A beépített terület %-os nagysága

Ezen választás logikája az volt, hogy az inputként választott mutatók hatására történik egyrészt a betelepült vállalatok eredményességét mutató árbevétel elérése (itt a beruházás a meghatározó), másrészt az ipari park infrastrukturális fejlesztése (itt a támogatás a másik befolyásoló tényező).

A két output-két input változat mellé felvettünk egy négy output-két input mutatókkal operáló másik változatot is, ahol az újabb output-értékek:

- Teljes árbevétel
- Foglalkoztatottak száma

Az 1997-ben a címet elnyert ipari parkok 2 output-2 input futtatásainak jelölése a további elemzésben 1997/a, ugyanezekre az ipari parkokra a 4 output-2 input változat jelzője 1997/b. Az 1998-ban a címet elnyert ipari parkoknál a 2 output-2 input változat az 1998/a, a 4 output-2 input változat az 1998/b.

Számításaink során az alábbi kérdésekre kerestünk választ:

1. Melyek az adott futtatási változatban szereplő mutatók szerint „hatékony” ipari parkok?
2. Mekkora az egyes ipari parkok technikai hatékonysága?
3. A „nem-hatékony” egységek milyen súlyokkal „keverhetők ki” a hozájuk legközelebb eső „hatékony” egységekből? Hányszor szerepel egy adott hatékony egység az ilyen típusú előállításokban?

Az eredmények értelmezése nagyfokú óvatosságot igényel és csak a felhasznált módszertan feltételeinek és korlátainak szem előtt tartásával lehetséges.

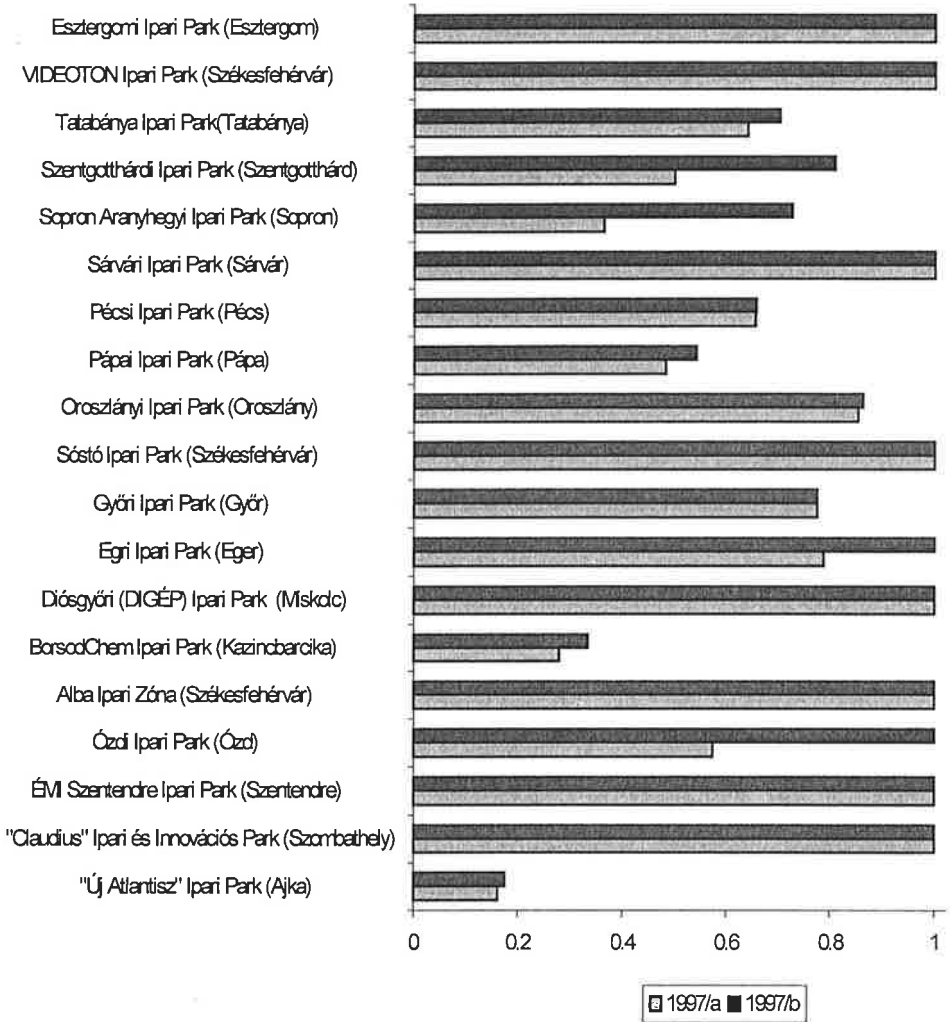
Az első és második kérdésre adandó válaszok a 6. és 7. ábrából olvashatók ki. Az ábrákban az 1 értékek jelzik azt, hogy az adott ipari park az outputok és inputok súlyozott hányadosa alapján hatékonynak tekinthető. A többi ipari parknál a 0-1 közötti értékek a hatékonyság mértékét jelzik. Látható, hogy már a 2 output-2 input változat is jól jellemzi a sokaságot, mert a 2 újabb output hozzávételével nem történik jelentős változás.

Mi okozza a „kiemelkedőnek” számító ipari parkok jó szereplését? Ennek a kérdésnek a megválaszolásához vissza kell térnünk a DEA geometriájához. Mint a DEA leírásában láttuk, a módszer megkeresi a térben azokat a nem-dominált pontokat, amelyekhez képest a többiek (output-orientált esetben) a hatékony felület „alatt” helyezkednek el. Eközben nincs arról szó, hogy ez a „hatékonyság” milyen szinten következett be: lehetséges, hogy egy egység hatékony besorolású alacsony szintű input-output kombináció esetében, míg egy másik —valamely outputban kiemelkedőt produkáló— egység egy másik output relatív rossz helyzete miatt nem kerül a hatékony felületre. Ennek oka az, hogy itt a hatékony input-felhasználásról van szó: ez utóbbi egységnek a felhasznált input segítségével illett volna „többet kihoznia” magából.

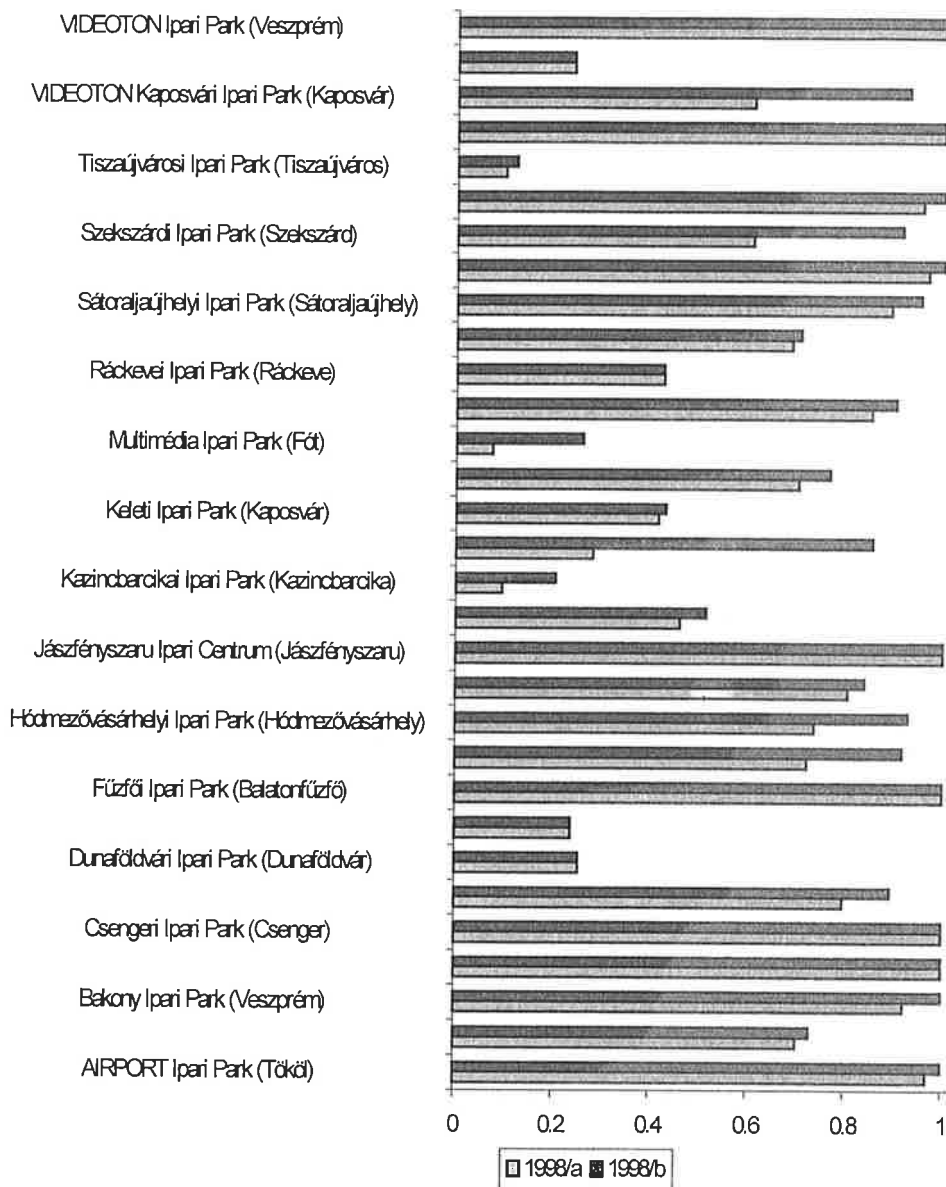
Az ábrák a hatékonysági értékeket teszik vizuálisan érzékletesebbé. Leolvasható, hogy 1997-ben a tizenkilenc ipari parkból nyolc (a b. változat szerint tíz) lett hatékony. Ezeknél a VRS (Variable Return to Scale) technikai hatékonysági együttható értéke 1. Igazán gyengén szereplő ipari parkként mindössze 2 ipari parkot hoznak ki a számítások: ezek az „Új Atlantisz” Ipari Park (Ajka) és a BorsodChem Ipari Park (Kazincbarcika).

Jól láthatóan érdemes volt elkülönítenünk egymástól az 1997-es és 1998-as csoportot. Míg az 1997-es csoportban már látható volt némi „megállapodottság”, az 1998-ban ipari címet elnyert egységek még a kezdeti teljesítés stádiumában lévén nagyon szétszórt hatékonysági képet mutatnak – illetve a többség még nem érte utól a jó helyzethez indulókat. A 2 outputos a. változatban a 31 ipari parkból 6 bizonyul hatékonynak, a 4 outputot számításba

vevő b. változatban a hatékony ipari parkok száma 10. További 9 ipari park együtthatója nagyobb, mint 0.8. Itt is megállapítható, hogy nagyon gyenge teljesítményt mindössze 6 ipari park nyújt. Ezek: Dunaföldvári Ipari Park, Első Szegedi Ipari Park, Kazincbarcikai Ipari Park, Multimédia Ipari Park (Fót), Tiszaújvárosi Ipari Park és a Záhonyi Város Ipari Park.



6. ábra. Az 1997/a és 1997/b futtatásból kapott technikai hatékonysági VCR értékek



7. ábra. Az 1998/a és 1998/b futtatásokból kapott technikai hatékonysági VCR értékek

Firm	Peer			Súlyok			n
1	18	3	5	0.002	0.929	0.069	2
2	2			1.000			
3	3			1.000			6
4	14	3		0.170	0.830		6
5	5			1.000			
6	14	5	3	0.031	0.624	0.345	
7	7			1.000			
8	18	5		0.021	0.979		6
9	18	5	14	0.600	0.160	0.240	
10	10			1.000			
11	14	3		0.050	0.950		5
12	5	3		0.490	0.510		
13	18	5		0.010	0.990		
14	14			1.000			
15	3	2		0.582	0.418		5
16	18	2		0.613	0.387		
17	14			1.000			
18	18			1.000			5
19	19			1.000			

2. táblázat. A nem-hatékony elemek peer-jei

A futtatási eredményekből a 3. kérdésünkre adandó válaszhoz emelünk még ki néhány adatot. A 2. táblázat a nem-hatékony ipari parkok peer-jeit és az előállítás súlyait adja meg. Az utolsó oszlop azt mondja meg, hogy az 1997/b változatú modellben az egyes kiemelkedő (hatékony, "peer") ipari parkok hányszor szerepeltek egy nem-hatékony ipari park előállításában. A táblázat a DEAP program eredménytábláiból készült.

A táblázat értelmezésénél vegyük figyelembe a DEA alap gondolatát. Ha tehát arról beszélünk, hogy egy „peer” egy másik egység számára mintául szolgál, akkor ezt úgy értjük, hogy az adott szinten őt tekintve példaképnek a másik egység is jobb eredményt érhetne el. Mivel tudjuk, hogy az általunk figyelembe vett inputok és outputok mellett még nagyon sok hatással kell számolni egy adott ipari park teljesítményének megítélésénél (honnan indult, melyek a regionális feltételek, stb.) ezért számításaink technikai jellegűek. Nem azt mondjuk tehát, hogy például Egernek Szombathelyhez kellene hasonlítania a szó szoros értelmében, hanem azt, hogy az erőforrások felhasználásában kell példaként szolgálnia – vagy még egyszerűbben: teljesítményben egymáshoz ők vannak (a leolvasható súlyszám által meghatározhatóan) a legközelebb.

5 Következtetések, javaslatok

A gazdaságfejlesztési és regionális fejlesztési politika összekapcsolása versenyképes termelő és szolgáltató egységek koncentrált kiépítésével nem megy végbe egyik napról a másikra. Az ipari parkok esetében hosszú távú programról van szó, amelynek az első három év után csak az első eredményeit lehet értékelni. Valószínű, hogy az első nagyobb lélegzetű, összefoglaló értékelésre csak 2002-ben kerülhet sor, sőt, nem túlzás megkockáztatni azt sem, hogy inkább 10-15 éves időtávban érdemes gondolkodni.

Érdemes megjegyezni, hogy az ipari park program olyan támogatási forma, amelynek kiadási oldala jóval alatta marad egyéb gazdaságfejlesztési, versenyképességet növelő, beruházásösztönző programoknak. Itt elsősorban a régió feltörekvő gazdasági és politikai (kormányzati, önkormányzati) szereplőinek van pozitív hatása: az ő kezdeményezésükre beinduló folyamatok tovagyrúzó hatása teremti meg azt a környezetet, amely a közvetlenül befektetett állami támogatás sokszorosát képes az ipari parkba betelepülő vállalkozásokon keresztül meghozni.

Tudva azt, hogy elemzéseinkben egy-egy kivételes potenciállal rendelkező ipari park is benne van, és ezek „húzzák” Nyugat-Dunántúl és Közép-Dunántúl teljesítményét, mégis érdemes arra felhívni a figyelmet, hogy az ipari parkok esetében sem hagyhatjuk az országban „szokásos” kettészakadást továbbélni, s a regionális gazdaságpolitikai céloknak —akár speciális támogatásokkal— érvényt kell szerezni.

Éppen ennek a célnak az eléréséhez használható fel az általunk alkalmazott Data Envelopment Analysis technika. A továbbiakban is érdemes lenne —az alapvető statisztikai feldolgozásokon túl— ezt a hatékonysági módszertant alkalmazni, akár úgy is, hogy egy külön erre a célra képzett adathalmaz legyen a modell bázisa. Ezáltal a nem-hatékony ipari parkoknál megadható lenne a fejlődés iránya.

Sajnos az adatok elégtelensége miatt nem tudtuk a természetes mutatókban bekövetkezett eredményeket mérni, pedig a módszertan egyik nagy előnye, hogy képes az eltérő típusú inputokat és outputokat kezelni. Javasoljuk, hogy ezek az adatok is kerüljenek be (terv- és tényértékekkel) a rögzített és elemzendő alapadatok közé.

Irodalom

1. Ali, A. I. (1994) "Computational Aspects of DEA", a Charnes A., W. W. Cooper, A. Y. Lewin és L. M. Seiford (1994) szerk.: *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer, Boston kötetben, 63–88.
2. Ali, M. és L. M. Seiford (1993) "The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis", a *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, szerk.: Fried, H. O., C. A. K. Lovell és S. S. Schmidt kötetben, Oxford University Press, New York, 120–159.
3. Allen, R., A. Athanassopoulos, R. G. Dyson és E. Thanassoulis (1997) "Weight restrictions and value judgements in Data Envelopment Analysis: Evolution, development and future directions" a Lewin, A. Y. és L. M. Seiford szerk.: *From Efficiency Calculations to a New Approach for Organizing and Analyzing: DEA Fifteen Years Later*, Annals of Operations Research 73, Baltzer, Amsterdam kötetben, 13–34.
4. Banker, R. D., A. Charnes és W. W. Cooper (1984) "Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science* 30, 1078–1092.
5. Banker, R. D. és R. M. Thrall (1992) "Estimation of Returns to Scale Using Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research* 62, 74–84.

6. Byrnes P. és Valdmanis, V. (1994) "Analyzing Technical and Allocative Efficiency of Hospitals", a Charnes A., W. W. Cooper, A. Y. Lewin és L. M. Seiford szerk.: *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer, Boston kötetben, 129–143.
7. Charnes A., W. W. Cooper, D. Divine, T. W. Ruefli és D. Thomas (1989), "Comparisons of DEA and Existing Ratio and Regression Systems for Effecting Efficiency Evaluations of Regulated Electric Cooperations in Texas", *Research in Governmental and Nonprofit Accounting* 5, 187–210.
8. Charnes, A., W. W. Cooper, B. Golany, L. Seiford és J. Stutz (1985), "Foundations of Data Envelopment Analysis for Pareto-Koopmans Efficient Empirical Production Functions", *Journal of Econometrics* 30, 91–107.
9. Charnes A., W. W. Cooper, A. Y. Lewin és L. M. Seiford (1994) szerk.: *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer, Boston
10. Charnes, A., W. W. Cooper és E. Rhodes (1978) "Measuring Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research* 2, 429–444.
11. Charnes, A., W. W. Cooper és R. M. Thrall (1991) "A Structure for Classifying and Characterizing Efficiency and Nonefficiency in Data Envelopment Analysis", *Journal of Productivity Analysis* 2, 197–237.
12. Chilingerian, J. A. és H. D. Sherman (1997) "DEA and primary care physician report cards: Deriving preferred practice cones from managed care service concepts and operating strategies, a Lewin, A. Y. és L. M. Seiford szerk.: *From Efficiency Calculations to a New Approach for Organizing and Analyzing: DEA Fifteen Years Later*, Baltzer, The Netherlands kötetben, 35–66.
13. Coelli, T., D. S. Prasada Rao és G.E. Battese (1998) *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer, Boston
14. Cooper, W. W., R. G. Thompson és R. M. Thrall (1996) "Introduction: Extensions and new developments in DEA, a Hammer, P. L. szerk.: *Extensions and New Developments in Data Envelopment Analysis*, Annals of Operations Research 66, Baltzer, Amsterdam kötetben, 1–46.
15. Danyi, P. és Varró, Z. (1995) *Operációkutatás. Lineáris programozás*, Pécs, 122–127.
16. English, M., S. Grosskopf, K. Hayes és S. Yaisawarng (1993) "Output Allocative and Technical Efficiency of Banks", *Journal of Banking and Finance* 17, 349–366
17. Färe, R. és C. A. K. Lovell (1978) "Measuring the Technical Efficiency of Production", *Journal of Economic Theory* 19, 150–162.
18. Farrell, M. J. (1957) "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of Royal Statistical Society, Series A* 120, 253–290.
19. Finlay, P. N. és G. Gregory (1994) "A Management Support System for Directing and Monitoring the Activities of University Academic Staff", *Journal of the Operational Research Society* 45, 641–650.
20. Ganley, J. A. és J. S. Cubbin (1992) *Public Sector Efficiency Measurements: Applications of Data Envelopment Analysis*, North Holland, Amsterdam
21. Hammer, P. L. (1996) szerk.: *Extensions and New Developments in Data Envelopment Analysis*, Annals of Operations Research 66, Baltzer, Amsterdam
22. Lewin, A. Y. és L. M. Seiford (1997) szerk.: *From Efficiency Calculations to a New Approach for Organizing and Analyzing: DEA Fifteen Years Later*, Annals of Operations Research 73, Baltzer, Amsterdam

23. Norman, M. és B. Stoker (1991) *Data Envelopment Analysis: An Assessment of Performance*, Wiley, New York
24. Seiford, L. M., és R. M. Thrall (1990) "Recent Developments in DEA", *Journal of Econometrics*, 46, 7–38.
25. Yu, G., Q. Wei és P. Brockett (1996) "A generalized data envelopment analysis model: A unification and extension of existing methods for efficiency analysis of decision making units", a Hammer, P. L. szerk.: *Extensions and New Developments in Data Envelopment Analysis*, Annals of Operations Research 66, Baltzer, Amsterdam kötetben, 47–89.
26. Zeng, G. (1996) "Evaluating the efficiency of vehicle manufacturing with different products", a Hammer, P. L. szerk.: *Extensions and New Developments in Data Envelopment Analysis*, Annals of Operations Research 66, Baltzer, Amsterdam kötetben, 299–310.

DATA ENVELOPMENT ANALYSIS FOR EVALUATING THE EFFICIENCY OF INDUSTRIAL PARKS IN HUNGARY

The paper reports on the results of a project for evaluating the efficiency of industrial parks in Hungary. The aim of the project was to review how the formal support and the financial subsidy from the Ministry of Economic Affairs had been used. The efficiency of the industrial parks cannot be evaluated from a single aspect but from several ones. A part of these aspects can be considered as inputs and another part as outputs. It was thus an obvious idea to use the methodology of data envelopment analysis (DEA) for this evaluation considering the industrial parks as decision making units (DMU). The paper gives a solid review on the basic models and methodology of DEA, and applies them for evaluating the industrial parks. Computational results and their analysis are also presented.