

DATA ENVELOPMENT ANALYSIS AZ ÜZLETI SZAKIRODALOMBAN¹

VÖRÖSMARTY GYÖNGYI – DOBOS IMRE

Budapesti Corvinus Egyetem – Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A Data Envelopment Analysis (DEA) módszere kevésbé alkalmazott a hazai gazdasági szakirodalomban, miközben a nemzetközi gazdasági folyóiratokban igen szép számú írás jelenik meg évről évre. Ez a cikk DEA-val kapcsolatos irodalomelemzésekből készít elemzést, annak érdekében, hogy feltárja a DEA legfontosabb alkalmazási területeit, s rendszerezze a DEA módszerének legfontosabb fejlesztési irányait. Vizsgálatunk a hazai és a nemzetközi publikációk között fontos különbségeket emel ki. Itthon nem jellemző a DEA módszer alkalmazása a bank- és biztosítási szektorban, környezeti hatékonyság értékelésében, ugyanakkor több mezőgazdasági alkalmazás azonosítható. Magyar nyelven leginkább az alapmodell alkalmazásai elérhetőek, míg nemzetközi publikációkban a modellek igen komoly módszertani fejlesztéseket írnak le.

Kulcsszavak: Data Envelopment Analysis, irodalomelemzés, iparági alkalmazás

Bevezetés

A teljesítménymérés az üzleti életben alapvető fontosságú. A fejlődés fontos záloga, hogy a vezetés jól mérje fel a tevékenységek hatékony és kevésbé hatékony pontjait, úgy jelöljék ki a fejlesztési irányokat, hogy azok a versenytársakhoz képest előnyt biztosítsanak, vagy lehetővé tegyék adott erőforrások minél jobb felhasználását. A szakirodalom széles köre foglalkozik azzal, hogy segítse a döntéshozókat, hogy megfelelő eszközökkel tudják támogatni döntéseiket. A Data Envelopment Analysis (DEA) az operációkutatásban közismert módszertan a hatékonyság mérésére. A hazai és a nemzetközi szakirodalom bővelkedik alkalmazásával kapcsolatos példákban. Emrouznejad és Jang (2018) tanulmánya szerint 1995 és 2016 közötti 21 évben több mint 10 000 DEA-val foglalkozó szakcikk jelent meg a nemzetközi szaklapokban, s a publikált cikkek száma évről évre növekszik. Ennek ellenére a hazai üzleti gyakorlatban és oktatásban a DEA nem igazán nyert teret.

Cikkünk célja egyrészt feltárni és bemutatni a DEA üzleti alkalmazási területeit, másrészt pedig törekszünk áttekintést adni a DEA módszertani szempontból újabb továbbfejlesztéseiről. Ennek érdekében irodalomáttekintést készítettünk, melynek során a nemzetközi szaklapokban megjelent DEA-val foglalkozó irodalomelemzések segítségével szeretnénk képet adni a DEA

¹Beérkezett 2021. június 3. E-mail: gyongyi.vorosmarty@uni-corvinus.hu.

módszertan alkalmazásának lehetőségeiről. Ahogy láttuk, hatalmas számú publikáció született a DEA módszerről, így ezek hagyományos irodalomlemezési eszközökkel való áttekintése lehetetlen feladat. Eppen ezért választottuk azt a megközelítést, hogy az irodalomlemezésekből készítsünk irodalomáttekintést. Így nyilvánvalóan nem fedjük le a szakirodalom egészét, ugyanakkor jó közelítéssel rajzolható ki a fontosabb irányokról egy keretrendszer. Vizsgálni fogjuk, milyen területeken elterjedt a DEA alkalmazása, valamint, hogy milyen módszertani kérdések állnak az alap DEA modell fejlesztésének fókuszában. Elemzésünket kiegészítjük majd a kapcsolódó, hazai lapokban magyar nyelven megjelent tanulmányokkal is.

Cikkünk gondolatmenete a következő lesz. Először is röviden felvázoljuk a DEA módszerének lényegét. Ezt követően bemutatjuk a cikkhez felhasznált irodalomkutatás módszertanát, s a cikkek alapstatisztikáit, módszertani jellemzőit. A negyedik fejezetben a DEA felhasználási területeit vizsgáló cikkek eredményeit összegezzük. Az ötödik fejezet pedig módszertani irányokkal foglalkozó tapasztalatokról nyújt összefoglalót. Összefoglalásként a hazai publikációk eredményeit emeljük ki, rámutatva arra, hogy hol látszanak az itthoni alkalmazásban további lehetőségek.

1 Data Envelopment Analysis alapjai

A DEA egy nem-parametrikus optimalizálási módszer, amelyet Charnes, Cooper és Rhodes publikált 1978-ban. A szerzők neveinek kezdőbetűi alapján szokták ezt az alapmodellt CCR modellnek is nevezni. A DEA lineáris programozást alkalmaz az inputok és outputok súlyokkal történő értékelésére, ami így használható szervezetek és/vagy termékek teljesítményének hatékonyságának mérésére is. A DEA-ban minden döntési egység (DMU) szabadon választhatja meg az inputok és az outputok kombinációját a relatív hatékonyság maximalizálása érdekében. A relatív hatékonyság vagy hatékonysági pontszám a teljes lemért teljesítmény és a teljes lemért input aránya. A DEA lineáris programozást alkalmaz a relatív hatékonyság becslésére. Ez a relatív hatékonyság egy nem negatív érték, amelyet az elemzett DMU-k bemenete és kimenete közötti lineáris kapcsolat alapján számítanak ki.

A DEA célja a maximális outputok előállítása vagy a minimális inputok felhasználása, a DMU-t fekete dobozként kezelve; vagyis a belső struktúrák figyelmen kívül hagyásával. Charnes és tsai (1978) az alapmodellben egy hiperbolikus programozási problémát oldanak meg lineáris feltételek mellett. A hiperbolikus programozási modell lineáris programozási feladattá transzformálását Martos Béla már 1964-ben elvégezte (Martos, 1964). A DEA felhasználható általános keretként üzleti döntések támogatására is. Tegyük fel, hogy a vevő p számú lehetőséget értékel. Az input kritériumok száma n , az output kritériumok száma pedig m . Az i lehetőség kiértékelését az $(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i)$ vektorok segítségével határozzuk meg, ahol az \mathbf{x}_i vektor az input (pl. ár, fogyasztás) kritériumok és az \mathbf{y}_i vektor az output (például kibocsátás) kritériumok értéke. A DEA célja az input és az output kritériumok súlyának

meghatározása. A súlyok a \mathbf{v} és \mathbf{u} vektorok az input és output kritériumokhoz.

Az output-orientált DEA Charnes-Cooper-Rhodes (DEA-CCR) modell a következő formátumban fogalmazható meg, feltételezve, hogy az első döntéshozó egység hatékonyságát kívánjuk megvizsgálni:

$$\mathbf{u} \cdot \mathbf{y}_1 / \mathbf{v} \cdot \mathbf{x}_1 \rightarrow \max \quad (1)$$

s.t.

$$\mathbf{u} \cdot \mathbf{y}_j / \mathbf{v} \cdot \mathbf{x}_j \leq 1; \quad j = 1, 2, \dots, p, \quad (2)$$

$$\mathbf{u} \geq \mathbf{0}, \mathbf{v} \geq \mathbf{0}. \quad (3)$$

Az (1)-(3) modell az alap DEA modell, amelyik a következő módon alakítható át lineáris programozási modellé:

$$\mathbf{u} \cdot \mathbf{y}_1 \rightarrow \max \quad (4)$$

s.t.

$$\mathbf{v} \cdot \mathbf{x}_1 = 1, \quad (5)$$

$$\mathbf{u} \cdot \mathbf{y}_j - \mathbf{v} \cdot \mathbf{x}_j \leq 0; \quad j = 1, 2, \dots, p. \quad (6)$$

$$\mathbf{u} \geq \mathbf{0}, \mathbf{v} \geq \mathbf{0}. \quad (7)$$

A modell az alapvető DEA-modell egyik lehetséges megfogalmazása (1)-(3); azaz egy output-orientált modell, ahol a számláló a súlyozott output, amit maximalizálunk, és a nevező, súlyozott input normalizálva van. Ha a nevezőt minimalizálják és a számlálót normalizálják, a DEA modellt input-orientáltak nevezik. Az (\mathbf{u}, \mathbf{v}) súlyokat nem alkalmazzák az alapmodell további vizsgálatára, bár vannak olyan általánosítások, amelyek a kiszámított súlyokat használják.

A (4)-(7) modellek kereskedelmi szoftverekkel – pl. a Microsoft Excel Solver használatával – megoldhatók.

2 Módszertan

Vizsgálatunk két részből tevődik össze. A nemzetközi szakirodalom elemzésére irodalomösszefoglaló tanulmányokat kerestünk. Itt szisztematikus irodalmi áttekintésre törekedtünk (Liberati és tsai, 2009, Moher és tsai, 2015). Lényegében 4 szakaszra bontottuk a vizsgálatot: az azonosítás, a szűrés, a támogathatóság és az elemzés szakaszára.

Először a releváns adatbázist azonosítottuk, melyhez a Web of Science és a Scopus adatbázisait választottuk. A keresésekhez nem limitáltuk a keresési időszakot, azaz a keresés időpontjáig megjelent vagy elfogadott és online elérhető cikkeket vettük figyelembe. A címben, a kulcsszavakban és az absztraktban kerestünk rá a „Data envelopment analysis” és a „literature review” (irodalomelemzés) kifejezésekre. Angol nyelven írt és folyóiratokban közzétett tudományos cikkeket kerestük. Kizártuk a konferencia-közleményeket és a könyvfejezeteket. 316 dolgozatot azonosítottak ebben a szakaszban.

A keresést 2020. október 20-án készítettük el. A mintába belevettük a 2020 évet is, mely így tört évet jelent. (Ugyanakkor a mintába belevettük az elfogadott, de még nem megjelent cikkeket is, így közelítőleg a minta lefedi a 2020-ban megjelent cikkeket.)

Második lépésként a találatok szűrésére a cím és az absztrakt alapján kiválogattuk a releváns tanulmányokat, illetve kiszűrtük a duplumokat. Ennek eredményeként 49 cikket azonosítottunk.

A harmadik lépés az azonosított cikkek teljes tartalmának áttanulmányozása volt. Ennek során olyan cikkeket kerestünk, amelyek szisztematikus vagy analitikus irodalomáttekintést készítettek a DEA módszerrel kapcsolatosan. Ennek eredményeként jött létre a vizsgálat alapjául szolgáló 47 cikkből álló adatbázis.

Negyedik lépésként a cikkek elemzéséhez egy kódrendszert állítottunk össze, amelyek segítették a cikkek tartalmának, az irodalomelemzés módszertanának összevetését.

A kódolás során a következő szempontokat értékeltük:

- Analitikus vagy szisztematikus irodalomelemzés?
- Hány cikket elemezt?
- Milyen adatbázisból dolgozott?
- Van-e felhasználási terület vizsgálva?
- Van-e valamilyen DEA módszertan elemezve?

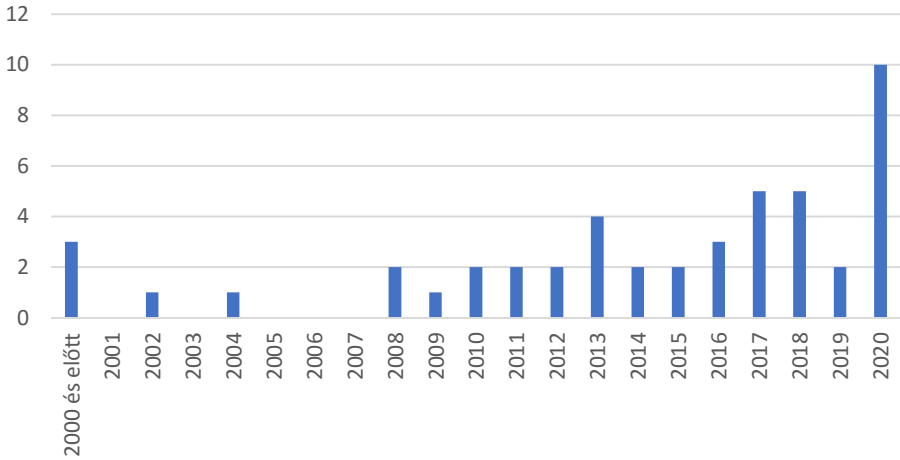
Az adatok segítségével a következő kérdésekre kerestük a választ:

- Milyen területeken alkalmazzák a DEA-t?
- Melyek az alapmodell továbbfejlesztésének fő irányai?
- Milyen irodalomlemzési módszerekkel dolgozzák fel a módszerrel kapcsolatos irodalmakat?
- A hazai publikációk mennyiben követik le a nemzetközi irányokat?

Mivel cikkünk célja a módszer hazai megismertetésének elősegítése is, így végeztünk egy olyan gyűjtést is, amely a magyar nyelven megjelent DEA-val kapcsolatos tanulmányokat gyűjti össze. Sajnos itt nem áll rendelkezésre olyan elfogadott adatbázis, mely megbízhatóan összesítené a releváns tanulmányokat. Így ezen a ponton a Google Scholar és a MATARKA segítségével kerestünk, s azonosítottunk 9, hazai szaklapban magyar nyelven megjelent cikket. Nem volt lehetőségünk a keresés reprodukálhatóságát biztosítani, sokkal inkább saját ismereteinkre kellett támaszkodnunk, hogy a kilenc cikket beazonosítsuk.

3 Az irodalomlemzési cikkek és a hazai tanulmányok alapstatisztikái

Az első DEA áttekintő cikkek már a 90-es években megjelentek (Stolp, 1990, Seiford, 1996), ugyanakkor számuk 2008 után indul növekedésnek, ahogy az *1. ábrán* is látható. Különösen kiugró a 2020-as év.



1. ábra. Összefoglaló cikkek száma megjelenés éve szerinti bontásban

A 47 cikk 29 szaklapban jelent meg. Ezek közel fele (azaz 22 cikk) hét lapban jelent meg. A következő táblázat (1. táblázat) azoknak a lapoknak a neveit tartalmazza, amelyek legalább 2 irodalomelemzést jelentettek meg a DEA-val kapcsolatban. Látható, hogy főként üzleti orientációjú, operáció-kutatás témákkal foglalkozó lapok szerepelnek a listán, melyek jellemzően Q1-es besorolásúak, azaz kiemelten jó színvonalú lapnak tekinthetők.

Folyóirat	Cikkek száma
European Journal of Operational Research	5
Omega	4
Socio-Economic Planning Sciences	4
Annals of Operations Research	3
International Transactions in Operational Research	2
Journal of Productivity Analysis	2
Renewable and Sustainable Energy Reviews	2

1. táblázat. Összefoglaló cikkek száma megjelenés helye szerinti bontásban

Az irodalomelemzések az adatbázisaik összeállításához elsősorban a Scopus és a Web of Science adatbázisokat használták. Említésre kerülnek még a JSTOR, Pubmed, Scholar Google, EBSCO adatbázisok is.

Ugyanakkor jellemző az, hogy bár kifejezetten irodalomelemző (literature review) írásokat kerestünk, a beazonosított 47 cikk közül 23 nevezhető szisztematikus irodalomelemzésnek. Bár többféle megközelítés is létezik az irodalomelemzésre, ide azokat a munkákat soroltuk, amelyek reprodukálható módon megadják, hogy hogyan választották ki az általuk vizsgált cikkeket (pl. négyen is hivatkoznak a PRISMA elvre), s azokat rendszerint kvantitatív, és egyes esetekben kvalitatív eszközökkel elemzik. Ugyanakkor szép számban találhatunk narratív irodalomösszefoglalókat: 14 ilyen cikket azonosítottunk. Ezek a szerző szakmai tapasztalatára alapozva rendszereznek forrásokat. (A szakirodalom-elemzések módszertana sokszor nem ebben az értelemben használja a narratív irodalomelemzés kifejezést, pl. Greene és tsai 2006, Jahan

és tsai 2016. Ugyanakkor, ahogyan Rhoades (2011) is említi, létjogosultsága van ennek a megközelítésnek is, hiszen ezek a cikkek segítenek a meglévő módszertani ismeretek keretbe rendezésében.) 6 esetben keveredett szemléletmódjában a szisztematikus és a szerző saját álláspontját, tudását tükröző megközelítés.

Az irodalomelemző cikkekkel kapcsolatos minőségi elvárás tükröződhet abban, hogy időben változó a szisztematikus és a narratív cikkek megoszlása: a legfrissebbek közé tartozó cikkek között döntően szisztematikus elemzéseket találunk, míg a lista régebbi cikkei között inkább narratív elemzések találhatók. (Az időben legrégebbi szisztematikus elemzés 2012-ben jelent meg.)

A hazai DEA-val foglalkozó cikkek közül a legkorábbi 1997-ben jelent meg (Koty, 1997), ezt 2001-ben és 2007-ben követte egy-egy tanulmány, majd a többi 2010-es években került publikálásra. A hazai szakirodalom tehát jelentős csúszással kezd el foglalkozni a DEA módszerrel. Nemzetközi viszonylatban Emrouznejad és tsai (2008) tanulmányával érdemes ezt összevetni, mely 4000 2006-ig megjelent cikket azonosít.

4 A DEA alkalmazási területei

A vizsgálatunk egyik központi kérdése, hogy melyek a DEA legfontosabb alkalmazási területei. Az adatgyűjtésünk során azonosított elemzések nagy része valamilyen területhez köthető. Ezek a szakirodalomelemzések lényegében azt vizsgálták, hogy a DEA módszereket egy adott iparágban, vagy szakterületen hogyan alkalmazzák az általuk azonosított szakirodalmak. Az átfogó vizsgálatot végző tanulmányok (így pl. Emrouznejad és tsai 2008, Emrouznejad, Yang, 2018), bár kifejezetten nem elemzik ezt a kérdést, de a bank- és biztosítási szektort, az oktatást (elsősorban felsőoktatást) és az egészségügyet emelik ki elsődleges alkalmazási területként. Ez visszaköszön a vizsgálatunk során beazonosított irodalomelemzésekben is. Ugyanakkor több tanulmány is született az energetikai, környezeti területen, a szállítással kapcsolatos iparágak gyakorlatáról, illetve az ellátási láncok működésének vizsgálatával kapcsolatosan is. A következőkben ezeknek a főbb eredményeit tekintjük át röviden.

a) Bank-, biztosítási szektor

Kaffash és tsai (2017) 650 cikk elemzése alapján 3 fő irányt azonosít a pénzügyi témájú DEA alkalmazásokban: a biztosítási szektorral kapcsolatos, a pénzpiacokkal kapcsolatos és bankszektorral kapcsolatos DEA alkalmazásokat. A biztosítási szektorra vonatkozóan Eling és Luhnén (2010) 95 cikket azonosít, melynek témáit elemezve tíz csomópontot határoznak meg, ahol a vizsgált írások a DEA alkalmazását javasolják. Ezek: disztribúciós csatornák, pénzügy és kockázatmenedzsment, hatékonyság időbeni fejlődése, országok közötti összevetés, piaci struktúrák, fúziók, különböző technikák összehasonlítása, szervezeti formák és vállalatirányítási kérdések, szabályozás változás, valamint méretgazdaságosság. Kaffash és tsai (2020) ugyancsak a biztosítási szek-

tort vizsgálva számos egyéb témát azonosít, így például a szellemi tőke, a specializáció, fizetőképesség témakörét. Érdekes eredményük, hogy az iparággal kapcsolatos publikációkban a módszertani újdonságok (pl. dinamikus network DEA) nemigen jelennek meg. Sharma és tsai (2013) a bankszektoron belül a nemparaméteres módszerek (kiemelten DEA) arányának növekedését emeli ki, összefoglalót adva azokról az input és output mutatókról, melyeket tapasztalataik szerint leginkább alkalmaznak.

b) Egészségügy

Pelone és tsai (2015) az alapellátás hatékonyságának elemzését vizsgálta 39 tanulmány azonosításával. Eredményeik szerint a DEA alkalmazása igen széles körű, így alkalmazzák többek között intézmények, fogorvosi ellátás, diabétesz-ellátás hatékonyságának vizsgálatára. Egy másik alapellátást vizsgáló tanulmány (Zakowska, Godycki-Cwirko, 2020) a hatékonysági mutatókat vizsgálva megállapítja, hogy a leggyakoribb input mutatók a személyi költségek, bruttó kiadások, kórházi ápolási napok, míg az output mutatók között leginkább a konzultációk és vizitek, regisztrált betegek, kezelések és szolgáltatások, valamint a receptek és vizsgálatok szerepeltek.

A kórházakkal kapcsolatos 262 tanulmányt vizsgálva Kohl és tsai (2019) 4 fő fókuszát azonosítja a tanulmányoknak: az egyszerű DEA alkalmazásokat a kórházi hatékonyság mérésére, az új módszertani fejlesztéseket, melyeket kórházi adatokra illesztnek, a specifikus menedzsment döntéseket támogató DEA alkalmazásokat, valamint a reformok hatását vizsgáló írásokat.

c) Felsőoktatás és humánszféra

A felsőoktatásban kiemelkedően fontos az oktatás és a kutatás legmagasabb hatékonysági szintjének fenntartása, ami a növekvő hallgatólétszám és a korlátozott pénzügyi erőforrások miatt komoly kihívásokat jelent szerte a világban. Mojahedian és tsai (2020) éppen ezért vizsgálta irodalomfeldolgozásában a felsőoktatással foglalkozó DEA alkalmazásokat. Megállapítják, hogy a leggyakrabban használt input mutatók az akadémiai dolgozók létszáma, költségvetés és költségek, hallgatók száma, a nem akadémiai dolgozók száma, hely és felszerelés, hallgatók felvételi eredményei. A leggyakoribb output mutatók pedig a végzett hallgatók száma, publikációk száma, bevételek, hallgatók száma, hallgatói eredmények voltak. Mariano és tsai (2015) irodomelemzésében a humán fejlesztések kapcsán vizsgálta a DEA módszerek alkalmazását, kiemelve, hogy a gazdasági hatékonyság ezen a területen összekötődik a társadalmi jóléttel.

d) Energia, környezetvédelem

Az energia és környezet témaköréhez kapcsolódóan 4 irodomelemzés is született. A legkorábbi Zhou és tsainak (2008) tanulmánya, akik 100 cikket

azonosítottak a témában. A környezeti problémák kezelése sokszor összetettségük miatt nehézkes, éppen ezért fontosak a megoldások, melyben a hatékonyság kérdése alapvető, s módszertanilag a nem kívánt outputok kezelésével kötődik össze a DEA szakirodalomban (Song és tsai, 2012). A DEA elemzések kapcsán a hatékonyság kifejezés szorosan összekapcsolódik az energia, kibocsátás, termelés, fenntarthatóság, gazdaság (Mardani és tsai, 2018) valamint a megújuló energia, víz hatékonyság, energia megtakarítás, integrált energia hatékonyság (Mardani, 2017) kifejezésekkel.

e) Szállítás, ellátási lánc menedzsment

A DEA egyik leginkább kiemelt alkalmazási területe az ellátási láncokhoz kapcsolódik. Soheilrad és tsai (2018) elemzésében a fenntartható ellátási láncok, az ellátási lánc hatékonyság és a beszállítóértékelés témaköreit említi. Ez utóbbi különösen jelentős témakör, melyre önállóan is készült a DEA alkalmazásokról irodalomelemzés (Vörösmarty, Dobos, 2020). Az áruszállítás területe is bővelkedik irodalomban. Önálló elemzés készült a tengeri kikötők hatékonysági méréséről (Panayides és tsai 2009), a közúti áruszállítás hatékonyságáról (Jarboui és tsai 2012), valamint az áruszállítási szektorról átfogóan (Cavaignac, Petiot, 2017, Mahmoudi és tsai 2020).

A nemzetközi szakirodalomban tehát igen széles terület az, amely a DEA alkalmazására elismerten lehetőséget ad.

A hazai cikkek leginkább alkalmazásorientáltak, érdekes módon azonban témáikban némileg eltérnek a nemzetközi publikációk irányaitól. Az azonosított hazai cikkek közül három a mezőgazdaság területéhez köthető. (Baráth, Fertő, 2013, Gál, Komlósi, 2010, Iberhalt, 2017) Találunk példát az ipari parkok elemzésére (Fülöp, Temesi, 2001). A nemzetközi példák közül a felsőoktatás (Tibenszkyné, 2007), az ellátási lánc menedzsment (Dobos, Vörösmarty, 2020, Vörösmarty, Dobos, 2014), és az egészségügy (Denes és tsai 2017) jelenik meg. Nem jelenik meg azonban a bank és biztosítási szektor, illetve az energetika területe.

5 A DEA módszertani kérdései

Az 1978-ban publikált DEA modell, ahogy a fentiekből is láttuk, igen széles körben kerül alkalmazásra. Azóta számos olyan továbbfejlesztés született, amely a módszertan alkalmazását segítheti. A fejlesztés módszertani oldaláról több irodalomelemzés is igyekezett áttekintést adni. Ezeket a módszertani irányokat tekintjük a következőkben át.

a) Sorrend kialakítása

Az egyik legkorábban felmerülő kérdés, hogy hogyan lehet a DEA számításának eredményeit sorrenddé alakítani, s ezáltal a vizsgált döntési egységeket (DMU – decision making unit) rangsorolni. Adler és tsai (2002) tanulmány

az egyik legrégebbi az azonosított irodalomelemzések közül, s 10 féle sorrendképző módot azonosít, lényegében ezt a csoportosítást vizsgálja újra 15 évvel később Aldamak és Zolfaghari (2017). A módszereket másképp csoportosítva 7 lehetőséget azonosít Hosseinzadeh Lotfi és tsai (2013).

b) Fuzzy DEA

A DEA alapmodell logikája feltételezi azt, hogy az input és output adatok pontosak. Ugyanakkor a valóságban sokszor előfordul, hogy az adatok hiányosak, bizonytalanok vagy pontatlanok (imprecise, ambiguous). Mindez adódhat az adatgyűjtés hibáiból (pl. mérési pontatlanság) vagy az adat jellegéből (pl. szakértői vélemény). Ezen adatproblémák kezelését segítik a fuzzy DEA megoldások. Hatami-Marbini és tsai 2011-ben készítették elemzést ezeknek a módszereknek a típusairól, s négy változatot azonosítottak, a tolerancia megközelítést (tolerance approach), az a-szinten alapuló megközelítést (a-level based approach), a fuzzy sorrend megközelítést (fuzzy ranking approach) és a lehetőség megközelítést (possibility approach). Zhou és tsai (2020) is 4 csoportot emelnek ki: az intervallum FDEA (interval FDEA), a háromszög intuíciós FDEA (the triangular intuitionistic FDEA), a sztochasztikus (stochastic FDEA), és a „hesitant” FDEA. Az irodalomáttekintésük két további lehetőséggel egészíti ki ezeket: az egyik a DEA változatok (gaming, desirable, undesirable, two-stage etc.) fuzzy logikával való összekapcsolása, valamint a FDEA más MCDM módszerekkel való összekötése.

c) Kívánatos inputok és nem kívánatos outputok

A környezeti szempontok figyelembevétele a DEA módszertan alkalmazása során sajátos kihívások elé állítja a DEA-val foglalkozó szakembereket. Az alap DEA modell lényege, hogy a hatékonyabb DMU-kat keresi, s hatékonyabb az a DMU, amelyik kevesebb input felhasználásával több outputot állít elő. A környezeti tevékenységek során azonban számos esetben sérül ez a logika. Pl. a szennyezőanyag/füst kibocsátás növekedése nem tekinthető hatékonyságnövelőnek, azaz itt nem kívánatos outputról beszélünk. Ramli és Munisamy (2013) két megközelítést azonosított a kezelésükre. Az indirekt megközelítés szerint az adatokat kívánatos outputokká kell átalakítani (azaz itt az adatok átalakítása történik), módszerei: az additív inverz módszer, az output inputként való kezelése, előjelinvariancia (translation invariance), illetve a multiplikatív inverz módszer (multiplicative inverse). A direkt megközelítés pedig magát a DEA modellt alakítja át. Módszerei: hiperbolikus hatékonyság (hyperbolic efficiency), irányított távolság függvény (directional distance function), a slack based measure (SBM), az additív modell (additive model), illetve a tartományhoz igazított mérték (range adjusted measure). Wojcik és tsainak (2017) irodalomelemzése a kívánatos inputokkal foglalkozik (pl. hulladék újrahasznosítása). Hasonlóan az előző cikkhez, itt is adattranszformációs, illetve az alap DEA modellt átalakítását célzó cikkek eredményeit azonosították.

A környezeti szempontokhoz kapcsolódik az életciklus megközelítés is. (Vásquez-Ibarra és tsai, 2020)

d) Kétszintű (two-level) DEA és Network DEA

A DEA eredeti célja az üzleti hatékonyság mérése, melynek során a rendszerek egészét vizsgálja anélkül, hogy figyelembe venné a DMU belső felépítését. (Ezt gyakran nevezik a ‘Fekete doboz’ megközelítésnek is). Ez a megközelítés feltételezi, hogy DMU-n belül általában pozitív korreláció van az inputok és az outputok között. Bizonyos esetekben azonban ez nem áll fenn, éppen ezért szükséges a DMU-n belüli összefüggések vizsgálata is, ezért alakulnak ki a kétszintű modellek (Shewell, Migiro, 2016). A kétszintű modellekben az első szint outputja a második szint inputjává válik, így a modell segítségével már a belső összefüggéseket is figyelembe lehet venni. Ezzel összetettebb rendszerek, pl. ellátási láncok vizsgálata is lehetséges (Shewell, Migiro, 2016). A kétszintű DEA modellek esetén általában feltételezés, hogy a második szint inputjai egyetlen forráshoz kötődnek, ezt alakítják át a Network DEA, azzal, hogy több forrást is figyelembe vesz, illetve több szintet is figyelembe vesz (Cook és tsai 2010). Logikailag a kétszintű modellekhez kapcsolhatók még a játékelméleti megközelítések (leader-follower, illetve kooperatív szemlélet), ezekről azonban nem készült irodalomelemzés.

e) Dinamikus DEA

Logikailag kapcsolódik a kétszintű DEA modellekhez a dinamikus DEA modellek fejlesztése. Ezek lényege, hogy időben kapcsolódnak a szintek: minden periódus outputja a következő periódus inputja (Mariz és tsai, 2018). Fallah-Fini és tsai (2013) irodalomelemzése szerint számos oka lehet annak, amiért a dinamikus DEA eszközrendszerére szükség van, így a termelési késések, a készletek, tőke vagy más kvázi-fix faktorok, kiigazítási költségek (adjustment costs) és az inkrementális tanulási és fejlesztési módszerek miatt.

f) Közös súlyok (common set of weights)

A DEA lényege, hogy a DMU-k relatív hatékonyságát határozza meg. Az egyes egységeket a súlyozott output és a súlyozott input vonatkozásában értékeljük úgy, hogy a súlyokat az egyéni optimumtól függően választjuk meg. Ugyanakkor számos olyan szituáció azonosítható, amikor a döntési egységeket azonos súllyal akarjuk értékelni. Ekkor a súlyok megváltoztatása nem tükrözi a gazdasági probléma lényegét. Ilyen esetekben alkalmazunk közös súlyokat, melyek egy sokkal korrektebb összevetést tesznek lehetővé. Contreras (2020) három ilyen módszercsoportot azonosít: a többcélú modellek csoportját (multi-objective models), a statisztikai alapú megközelítéseket (statistical-based approaches) és a játékelméleten alapuló eljárásokat (procedures based on game theory).

g) Frontier analízis

A frontier analízis a Koopmans-féle (1951, Zalai, 2000) tevékenységelemzésből fejlődött ki, magyarul a kifejezést nem használják, talán a felületelemzés elnevezés lenne a legtalálhatóbb. A közgazdaságtanban ez az elemzés a termelési függvény, azaz a technológiailag hatékony technológiák előállítását, meghatározását tűzte ki célul. A technológiailag hatékony felület előállítására a kutatás két irányban megy. Az egyik a hatékony felületet a matematikai analízis segítségével próbálja meghatározni, a másik irányzat az inputok és outputok segítségével matematikai statisztikai módszerekkel, főleg regresszióval állítja elő a termelési függvényt (Assaf, Josiassen, 2016, Ilyasu és tsai, 2014, El-ling, Luhnen, 2010). A felületelemzés kiszámítására létrehozott szoftverekről széles körű áttekintést adnak Daraio és tsai (2020).

Több olyan átfogó tanulmány is publikálásra került a nemzetközi szakirodalomban, mely a trendekről kíván áttekintést nyújtani. Liu és tsai (2013) öt alterületet azonosítottak: kétszintű modellek, kiterjesztő modellek (extending models), speciális adatokat kezelő modellek, belső struktúrákat elemző modellek, környezeti teljesítményt vizsgáló modellek. Liu és tsai (2016) négy fontos kutatási irányt azonosítottak: „bootstrapping és kétszintű elemzés”, „nemkívánatos faktorok”, „kereszthatékonyság és rangsorolás” és „network DEA, dinamikus DEA és SBM”. Látható, hogy fellelt irodomelemzések helyel-közzel fedik csak le a hivatkozott két átfogó vizsgálat által megjelölt irányokat. Bár a szakirodalomban számos példa akad a DEA más módszerekkel való együttes használatáról, ilyen tanulmányt mindössze egyet találtunk, mely a LCA (Life cycle analysis) módszerével való együttes használatát elemzi (Vásquez-Ibarra és tsai, 2020). Hasonló módon a kereszthatékonyság vizsgálatával kapcsolatos eredményekről sem találtunk áttekintést a nemzetközi tanulmányok között.

A hazai tanulmányok célja, ahogy láthattuk, főként egy-egy alkalmazás bemutatása egy adott szektorbeli probléma kezelésére. A tanulmányokban elsősorban a DEA alapmodell és változatainak segítségével elemeznek egy-egy konkrét példát. A módszertani továbbfejlesztések közül a hazai szakirodalomban az adatbizonytalanság kérdése (Dobos, Vörösmarty, 2020, Gál, Komlósi, 2010) merül fel, amelyet vagy parametrizálással, vagy sztochasztikus adatok kezelésével oldanak meg. Ugyanakkor hazai és nemzetközi lapokban angol nyelven jelentek meg ilyen alkalmazások (Tamás, Koltai, 2020, Markovits-Somogyi és tsai, 2011, Markovits-Somogyi, 2011).

6 Összefoglalás

Cikkünk célja a DEA alkalmazási területének és fejlesztési irányainak azonosítása volt. Fontosnak tartottuk a módszer és alkalmazásának megismertetése mellett felhívni a figyelmet arra, hogy jelentős publikációs, illetve gyakorlati alkalmazási lehetőség azonosítható ezen a területen.

Láttuk, hogy hazánkban több szerző is foglalkozik a DEA módszerrel. Számos alkalmazást publikáltak magyar és nemzetközi szaklapokban, ugyan-

akkor a magyar nyelven főleg alapmodellekkel foglalkoznak. A legkiterjedtebb alkalmazás a mezőgazdasági területen volt azonosítható a magyar nyelvű cikkek között, melyet érdekes módon a nemzetközi szakirodalom nem igazán érintett. Ez mutatja, hogy itt esetleg komoly nemzetközi publikációkra is lehetőség lenne.

Környezeti alkalmazások itthon nemigen vannak, miközben a nemzetközi szakirodalomnak ez kifejezetten kiemelt területe, mind módszertani fejlesztési oldalról, mind alkalmazása szempontjából.

Kevés hazai szerző van, aki nemzetközileg is publikál a témában, s ezek a publikációk komolyabb nemzetközi folyóiratokban is megjelennek. Mivel látható, hogy a szakirodalmi áttekintések is neves nemzetközi lapokban kerültek leközlésre, így a DEA-val kapcsolatos publikációknak létjogosultsága van magas minőségű nemzetközi folyóiratokban is. Ugyanakkor ezek a kutatások nem, vagy csak igen kevésbé kapcsolódnak össze, kevés az egymásra vonatkozó hivatkozás a hazai szerzők között. Ez pedig lehetőséget jelentene a DEA szerzői közösség ismertebbé válására, a módszerről való közös gondolkodásra, a láthatóság erősítésére. Reméljük cikkünk ehhez hozzá tud járulni.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton köszönjük az NKFIH (projekt szám: K 124644) támogatását.

Irodalom

1. Adler, N., Friedman, L., & Sinuany-Stern, Z. (2002). Review of ranking methods in the data envelopment analysis context. *European Journal of Operational Research*, 140(2), 249–265. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00068-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00068-1)
2. Aldamak, A., & Zolfaghari, S. (2017). Review of efficiency ranking methods in data envelopment analysis. *Measurement*, 106, 161–172. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.04.028>
3. Assaf, A. G., & Josiassen, A. (2016). Frontier analysis: A state-of-the-art review and meta-analysis. *Journal of Travel Research*, 55(5), 612–627. <https://doi.org/10.1177/0047287515569776>
4. Baráth, L., Fertő, I. (2013). Heterogenitás és technikai hatékonyság – a magyar specializált szántóföldi növénytermesztő üzemek esete. *Közgazdasági Szemle*, 60(6), 650–669.
5. Cavaignac, L., & Petiot, R. (2017). A quarter century of Data Envelopment Analysis applied to the transport sector: A bibliometric analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, 57, 84–96. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2016.11.003>
6. Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444.
7. Contreras, I. (2020). A review of the literature on DEA models under common set of weights. *Journal of Modelling in Management*, 15, 1277–1300. <https://doi.org/10.1108/JM2-02-2019-0043>

8. Cook, W. D., Liang, L., & Zhu, J. (2010). Measuring performance of two-stage network structures by DEA: a review and future perspective. *Omega*, 38(6), 423–430. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2009.12.001>
9. Daraio, C., Kerstens, K., Nepomuceno, T., & Sickles, R. C. (2020). Empirical surveys of frontier applications: a meta-review. *International Transactions in Operational Research*, 27(2), 709–738. <https://doi.org/10.1111/itor.12649>
10. Dénes R. V. R., Koltai T., Uzonyi-Kecskés J., Dénes Z. (2017) A magyarországi mozgásszervi rehabilitációs osztályok relatív hatékonyság vizsgálata (DEA). *Interdiszciplináris Magyar Egészségügy*, 16(1), 34–41.
11. Dobos, I., Vörösmarty, Gy. (2020). Egy DEA modell beszállítóértékelési feladatok megoldására. *Sigma*, 51(2), 131–148.
12. Eling, M., & Luhnen, M. (2010). Frontier efficiency methodologies to measure performance in the insurance industry: Overview, systematization, and recent developments. *The Geneva Papers on Risk and Insurance – Issues and Practice*, 35(2), 217–265. <https://doi.org/10.1057/gpp.2010.1>
13. Emrouznejad, A., & Yang, G. L. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. *Socio-Economic Planning Sciences*, 61, 4–8. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2017.01.008>
14. Emrouznejad, A., Parker, B. R., & Tavares, G. (2008). Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. *Socio-Economic Planning Sciences*, 42(3), 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2007.07.002>
15. Fallah-Fini, S., Triantis, K., & Johnson, A. L. (2014). Reviewing the literature on non-parametric dynamic efficiency measurement: state-of-the-art. *Journal of Productivity Analysis*, 41(1), 51–67. <https://doi.org/10.1007/s11123-013-0349-8>
16. Fülöp, J., Temesi, J. (2001). A Data Envelopment Analysis (DEA) alkalmazása ipari parkok hatékonyságának vizsgálatára. *Sigma*, 32(3-4), 85–109.
17. Gál, T., Komlósi, I. (2010). Sztochasztikus Data Envelopment Analysis (DEA) alkalmazása magyarországi tehenészeti telepek hatékonyságának mérésére. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 14(3), 195–203.
18. Green, B. N., Johnson, C. D., & Adams, A. (2006). Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: secrets of the trade. *Journal of Chiropractic Medicine*, 5(3), 101–117. [https://doi.org/10.1016/S0899-3467\(07\)60142-6](https://doi.org/10.1016/S0899-3467(07)60142-6)
19. Hatami-Marbini, A., Emrouznejad, A., & Tavana, M. (2011). A taxonomy and review of the fuzzy data envelopment analysis literature: two decades in the making. *European Journal of Operational Research*, 214(3), 457–472. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.02.001>
20. Hosseinzadeh Lotfi, F., Jahanshahloo, G. R., Khodabakhshi, M., Rostamy-Malkhlifeh, M., Moghaddas, Z., & Vaez-Ghasemi, M. (2013). A review of ranking models in data envelopment analysis. *Journal of Applied Mathematics*, 2013, <https://doi.org/10.1155/2013/492421>
21. Iberhalt, M. (2017). A DEA elemzési módszer gyakorlati alkalmazásának bemutatása egy konkrét mezőgazdasági vállalkozás példáján keresztül. *E-Conom*, 6(1), 31–42. DOI: 10.17836/EC.2017.1.031
22. Iiyasu, A., Mohamed, Z. A., Ismail, M. M., Abdullah, A. M., Kamarudin, S. M., & Mazuki, H. (2014). A review of production frontier research in aquaculture (2001-2011). *Aquaculture Economics & Management*, 18(3), 221–247. <https://doi.org/10.1080/13657305.2014.926464>

23. Jahan, N., Naveed, S., Zeshan, M., & Tahir, M. A. (2016). How to conduct a systematic review: a narrative literature review. *Cureus*, 8(11). doi: 10.7759/cureus.864
24. Jarboui, S., Forget, P., & Boujelbene, Y. (2012). Public road transport efficiency: a literature review via the classification scheme. *Public Transport*, 4(2), 101–128. DOI 10.1007/s12469-012-0055-3
25. Kaffash, S., Marra, M. (2017). Data envelopment analysis in financial services: a citations network analysis of banks, insurance companies and money market funds. *Annals of Operations Research*, 253(1), 307–344. <https://doi.org/10.1007/s10479-016-2294-1>
26. Kaffash, S., Azizi, R., Huang, Y., & Zhu, J. (2020). A survey of data envelopment analysis applications in the insurance industry 1993-2018. *European Journal of Operational Research*, 284(3), 801–813. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.07.034>
27. Kohl, S., Schoenfelder, J., Fügener, A., & Brunner, J. O. (2019). The use of Data Envelopment Analysis (DEA) in healthcare with a focus on hospitals. *Health Care Management Science*, 22(2), 245–286. <https://doi.org/10.1007/s10729-018-9436-8>
28. Koopmans, T. C. (1951). An analysis of production as an efficient combination of activities, in T. C. Koopmans (ed.) *Activity analysis of production and allocation*. Cowles Commission for Research in Economics, Monograph 13, Wiley, New York
29. Koty, L. (1997). A gazdasági hatékonyság számítása DEA lineáris programmal. *Statisztikai Szemle*, 75(6), 515–524.
30. Liang, L., Cook, W. D., & Zhu, J. (2008). DEA models for two-stage processes: Game approach and efficiency decomposition. *Naval Research Logistics*, 55(7), 643–653. <https://doi.org/10.1002/nav.20308>
31. Liu, J. S., Lu, L. Y., & Lu, W. M. (2016). Research fronts in data envelopment analysis. *Omega*, 58, 33–45. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.04.004>
32. Liu, J. S., Lu, L. Y., Lu, W. M., & Lin, B. J. (2013). Data envelopment analysis 1978-2010: A citation-based literature survey. *Omega*, 41(1), 3–15. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2010.12.006>
33. Mahmoudi, R., Emrouznejad, A., Shetab-Boushehri, S. N., & Hejazi, S. R. (2020). The origins, development and future directions of data envelopment analysis approach in transportation systems. *Socio-Economic Planning Sciences*, 69, 100672. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2018.11.009>
34. Mardani, A., Streimikiene, D., Balezentis, T., Saman, M. Z. M., Nor, K. M., & Khoshnava, S. M. (2018). Data envelopment analysis in energy and environmental economics: An overview of the state-of-the-art and recent development trends. *Energies*, 11(8), 2002. <https://doi.org/10.3390/en11082002>
35. Mardani, A., Zavadskas, E. K., Streimikiene, D., Jusoh, A., & Khoshnoudi, M. (2017). A comprehensive review of data envelopment analysis (DEA) approach in energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 1298–1322. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.030>
36. Mariano, E. B., Sobreiro, V. A., & do Nascimento Rebelatto, D. A. (2015). Human development and data envelopment analysis: A structured literature review. *Omega*, 54, 33–49. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.01.002>
37. Mariz, F. B., Almeida, M. R., & Aloise, D. (2018). A review of dynamic data envelopment analysis: state of the art and applications. *International Transactions in Operational Research*, 25(2), 469–505. <https://doi.org/10.1111/itor.12468>

38. Markovits-Somogyi, R. (2011). Ranking efficient and inefficient decision making units in Data Envelopment Analysis. *International Journal for Traffic & Transport Engineering*, 1(4).
39. Markovits-Somogyi, R., Gecse, G., & Bokor, Z. (2011). Basic efficiency measurement of Hungarian logistics centres using data envelopment analysis. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 19(2), 97–101. <https://doi.org/10.3311/pp.so.2011-2.06>
40. Mojahedian, M. M., Mohammadi, A., Abdollahi, M., Kebriaeezadeh, A., Sharifzadeh, M., Asadzandi, S., & Nikfar, S. (2020). A review on inputs and outputs in determining the efficiency of universities of medical sciences by data envelopment analysis method. *Medical Journal of The Islamic Republic of Iran*, 34(1), 293–304. DOI: 10.34171/mjiri.34.42
41. Panayides, P. M., Maxoulis, C. N., Wang, T. F., and Ng, K. Y. A. (2009). A critical analysis of DEA applications to seaport economic efficiency measurement. *Transport Reviews*, 29(2), 183–206. DOI: 10.1080/01441640802260354
42. Pelone, F., Kringos, D. S., Romaniello, A., Archibugi, M., Salsiri, C., & Ricciardi, W. (2015). Primary care efficiency measurement using data envelopment analysis: a systematic review. *Journal of Medical Systems*, 39(1):156. <https://doi.org/10.1007/s10916-014-0156-4>
43. Ramli, N. A., & Munisamy, S. (2013). Modeling undesirable factors in efficiency measurement using data envelopment analysis: A review. *Journal of Sustainability Science and Management*, 8(1), 126–135.
44. Rhoades, E. A. (2011). Literature Reviews. *Volta Review*, 111(1), 61–71.
45. Sharma, D., Sharma, A. K., & Barua, M. K. (2013). Efficiency and productivity of banking sector. *Qualitative Research in Financial Markets*, 5(2), 195–224. DOI: 10.1108/QRFM-10-2011-0025
46. Shewell, P., & Migiros, S. (2016). Data envelopment analysis in performance measurement: A critical analysis of the literature. *Problems and Perspectives in Management*, 14(3), 705–713.
47. Soheilrad, S., Govindan, K., Mardani, A., Zavadskas, E. K., Nilashi, M., & Zakuan, N. (2018). Application of data envelopment analysis models in supply chain management: a systematic review and meta-analysis. *Annals of Operations Research*, 271(2), 915–969. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2605-1>
48. Song, M., An, Q., Zhang, W., Wang, Z., & Wu, J. (2012). Environmental efficiency evaluation based on data envelopment analysis: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 4465–4469. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.04.052>
49. Tamás, A., & Koltai, T. (2020). Application of Learning Curves in Operations Management Decisions. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 28(1), 81–90. <https://doi.org/10.3311/PPso.14136>
50. Tibenszkyne Főrika, K. (2007). Az oktatás hatékonyságának mérése a ZMNE 2006-ban végzett hallgatóin a Data Envelopment Analysis (DEA) módszer használatával. *Hadmérnök*, 2(2), 149–165.
51. Vásquez-Ibarra, L., Rebolledo-Leiva, R., Angulo-Meza, L., González-Araya, M. C., & Iriarte, A. (2020). The joint use of life cycle assessment and data envelopment analysis methodologies for eco-efficiency assessment: A critical review, taxonomy and future research. *Science of The Total Environment*, 139538.

52. Vörösmarty, G., Dobos, I. (2014). Fenntarthatósági szempontok beépítése a beszállító értékelésébe a DEA/CI összetett indikátorok módszere alkalmazásával. *Vezetéstudomány – Budapest Management Review*, 45(3), 62–70.
53. Wojcik, V., Dyckhoff, H., Gutgesell H. (2017). The desirable input of undesirable factors in data envelopment analysis. *Annals of Operations Research*, 259(1-2), 461–484. <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2523-2>
54. Zakowska, I., & Godycki-Cwirko, M. (2020). Data envelopment analysis applications in primary health care: a systematic review. *Family Practice*, 37(2), 147–153. <https://doi.org/10.1093/fampra/cmz057>
55. Zalai Ernő (2000): *Matematikai közgazdaságtan I.*, Akadémiai Kiadó, Budapest.
56. Zhou, P., Ang, B. W., & Poh, K. L. (2008). A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies. *European Journal of Operational Research*, 189(1), 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.04.042>
57. Zhou, W., & Xu, Z. (2020). An Overview of the Fuzzy Data Envelopment Analysis Research and Its Successful Applications. *International Journal of Fuzzy Systems*, 22(4):1037–55. <https://doi.org/10.1007/s40815-020-00853-6>

DATA ENVELOPMENT ANALYSIS IN MANAGEMENT LITERATURE

Performance measurement is essential in business. An important key to improvement is for management to assess the effective and ineffective aspects of activities, to identify improvement directions that give an advantage over competitors or allow for better use of resources. A wide range of literature is aiming to help decision-makers to find the right tools to support their decisions. Data Envelopment Analysis (DEA) is a well-known methodology for measuring effectiveness in operations research. The Hungarian and international literature abounds with examples of its application. According to a study by Emrouznejad and Jang (2018), more than 10,000 articles on DEA were published in international journals in the 21 years between 1995 and 2016, and the number of published articles is increasing year by year. Nevertheless, DEA has not really gained ground in Hungarian business practice and education. The aim of this article is to explore and present the business applications of DEA and to give an overview of recent methodological developments in DEA. To this end, we have carried out a literature review, using literature analyses on DEA published in international journals to provide an overview of the potential applications of the DEA methodology. A database of 47 articles was compiled from the Web of Science and Scopus databases. The collection date is 20 October 2020, and articles published or accepted in journals prior to that date were included in the sample. For the collection of results published in Hungarian, we used the Scholar Google and MATARKA databases.

The papers identified in our database were analysed from two perspectives. We looked at the areas in which the DEA method was applied and the directions in which the method could be improved. For both questions, we examined the extent to which Hungarian publications followed the trends of international publications. Areas of application of DEA The DEA literature analyses can be related to the following areas: a) Banking, insurance sector b) Health sector c) Higher education and humanities d) Energy, environment e) Transport, supply chain management

The international literature therefore recognises a very broad field in which DEA can be used. The Hungarian articles are mostly application oriented, but interestingly their topics differ somewhat from the international publications. Three

of the identified Hungarian articles are related to the field of agriculture. (Baráth, Fertő, 2013, Gál, Komlósi, 2010, Iberhalt, 2017) We find an example of the analysis of industrial parks (Fülöp, Temesi, 2001). Among internationally published papers, higher education (Tibenszkyné, 2007), supply chain management (Dobos, Vörösmarty, 2020, Vörösmarty, Dobos, 2014) and health care (Dénes et al., 2017) are presented. However, the banking and insurance sector and the energy sector are not represented.

The DEA model, published in 1978, is, as we have seen above, very widely used. Since then, a number of improvements have been made which may help in the application of the methodology. These methodological directions are reviewed below on the basis of the literature analysis. a) Ranking b) Fuzzy DEA c) Desirable inputs and undesirable outputs d) Two-stage DEA and Network DEA e) Dynamic DEA f) Common set of weights g) Frontier analysis

Several comprehensive studies have been published in the international literature to provide an overview of trends. Liu et al. (2013) identified five subfields: two-level models, extending models, models that deal with specific data, models that analyse internal structures, and models that analyse environmental performance. Liu et al. (2016) identified four important research directions: 'bootstrapping and two-level analysis', 'undesirable factors', 'cross-validation and ranking', and 'network DEA, dynamic DEA and SBM'. It can be seen that the literature analyses found cover only sporadically the directions indicated by the two comprehensive studies referred to. Although there are numerous examples in the literature of DEA being used in combination with other methods, only one such study was found, analysing its use in combination with LCA (Life cycle analysis) (Vásquez-Ibarra et al., 2020). Similarly, we could not find a review of the results of cross-sensitivity testing in international studies. The aim of the national studies is mainly to present a single application to address a specific problem in a given sector. They mainly analyse a specific example using the DEA basic model and its variants. Among the methodological developments, the domestic literature focuses on the issue of data uncertainty (Dobos, Vörösmarty, 2020, Gál, Komlósi, 2010), which is solved either by parameterisation or by handling stochastic data. However, such applications have been published in English in national and international journals (Tamás, Koltai, 2020, Markovits-Somogyi et al., 2011, Markovits-Somogyi, 2011).

The aim of this paper was to identify the scope and directions for development of DEA. In addition to presenting the method and its application, we considered it important to draw attention to the fact that there is considerable potential for publication and practical application in this field. We saw that in Hungary several authors are working on the DEA method. Several applications have been published in Hungarian and international journals, however, in the Hungarian language they mainly deal with basic models. The most extensive application was identified in the field of agriculture among the articles in Hungarian, which, interestingly, was not really covered by the international literature. This shows that there might be potential for serious international publications in this area. Environmental applications are scarce in Hungary, whereas this is a particular area of focus in the international literature, both in terms of methodological development and application. There are few Hungarian authors who have published internationally on the subject, and these publications are also published in major international journals. As it can be seen that literature reviews have also been published in reputable international journals, there is a justification for publications on DEA in high quality international journals. However, these studies are not or very poorly linked, with few cross-references between national authors. This would be an opportunity to increase the visibility of the DEA author community, to share ideas about the method and to increase visibility.