

MÓDSZEREK A BESZÁLLÍTÓI CSOPORTKÉPZÉSHEZ¹

DOBOS IMRE – VÖRÖSMARTY GYÖNGYI
BMGE – Budapesti Corvinus Egyetem

A beszállító menedzsmentjének egyik kiindulópontja a beszállító teljesítményének és képességeinek értékelése. Ez elősegíti azt, hogy az a beszállító kerülhet be az aktív beszállítói állományba, amelyik képes bizonyos elvárásoknak megfelelni. A beszállítók menedzsmentje szempontjából fontos lehet az, hogy az aktív beszállítói állományban is különbséget tehessünk a beszállítók között. Matematikai értelemben ez csoportképzési feladatot jelent, amelyben jellemzőik alapján soroljuk csoportokba a beszállítókat. Bemutatjuk és összehasonlítjuk a részbenrendezett halmaz (poset), a rétegzett adatburokelemzés (TDEA) és a klaszterelemzés alkalmazását egy beszállítói értékelési probléma numerikus példáján. Eredményeink azt mutatják, hogy a módszerek hasonló eredményekre vezetnek, és hogy szoftverek állnak rendelkezésre ezek megoldására.

1 Bevezető

A beszállítók értékelése a döntéstámogatási módszerek egyik fontos alkalmazási területe. A beszállítók teljesítményének értékelését sokszor rangsorolási problémaként kezeli a szakirodalom. Fontos azonban figyelni arra a változásra, hogy az ellátási lánc menedzsment eszköztára ma már nem feltétlen csak a kiválasztásra, sokkal inkább a beszállítói bázis menedzsmentjére fókuszál. Ez azt jelenti, hogy fontos ismerni a lehetséges beszállítókat, azok potenciális teljesítményét, s a beszerzés feladata ennek a stratégiai menedzsmentje (Yan et al. 2015, Vanpoucke et al. 2014, Dubois et al. 2021). Ez a változás a menedzsment szemléletben átalakítja a döntési problémát is: nem a legjobb beszállítók teljesítménye érdekes, hanem a lehetséges beszállítók teljesítménye közötti különbségek. Módszertani szempontból a feladat így inkább egy csoportképzési problémaként fogható fel. Hiszen a rangsorok hibája, hogy bár összemérik a teljesítményt, de bizonyos különbségeket elrejthetnek. Cikkünkben a lehetséges csoportképzési módszereket tekintjük át, elindítva a gondolkodást ezek beszerzésben való alkalmazásáról. Célunk, hogy három módszert egybevetve bemutassuk ezek különbségeit, s kiemeljük a kapott eredmények eltéréseinek a módszertanból származó alapjait.

Cikkünk gondolatmenete a következő lesz. Először egy rövid irodalomáttekintésben mutatjuk be a beszállítóértékelés változását. Ezt követően egy számpéldán keresztül 3 csoportképzési módszert, a DEA-t, a klaszterelemzést

¹Beérkezett 2022. augusztus 3. E-mail: dobos.imre@gtk.bme.hu, gyongyi.vorosmarty@uni-corvinus.hu.

és a Partially Ordered Sets módszerét (részbenrendezett halmazok) mutatjuk be, majd megfogalmazzuk következtetéseinket.

2 Szakirodalmi háttér

A beszállítóértékelés a beszerzés egyik központi problémája. A szakirodalom nagy terjedelemben foglalkozik vele, s a legújabb publikációk a stratégiai szemléletű megközelítést, a beszállító menedzsmentet helyezik a központba, a beszállítói bázis monitorozásának, szegmentálásának segítségével (Abdollahi et al. 2015, Rezaei et al. 2015, Santos et al. 2017, Shiralkar et al. 2021). Komoly szükség van erre, hiszen a gazdasági környezet változásai, a globális gazdaság kihívásai fennakadásokat okoznak az ellátásban, melyet az elmúlt időszak pandémiás helyzete csak felerősített. Amennyiben a vállalat azt szeretné, hogy fogyasztóinak tett ígéreteit stabilan teljesíteni tudja, ahhoz komolyan át kell gondolni azokat a lehetséges kockázatokat, amelyek az ellátásbiztonságra hathatnak (Zsidisin, 2004, Hallikas és Lintukangas, 2016, Van Poucke et al. 2019). Az ellátásbiztonságot érintő eseményekre való reagálás logisztikai eszközökkel korlátokba ütközhet. Sokkal nagyobb biztonságot jelentett az, ha rendelkezésre álltak alternatív beszállítók. A beszállítók értékelése egy sokkal tágabb perspektívában történik tehát. A kiválasztáson túl fontos lehet a beszállítókat minősíteni abból a szempontból, hogy amennyiben a piaci helyzet alakulása miatt szükséges lenne, gyorsan lehessen egy másik beszállítótól rendelni. Ehhez nyújthat segítséget az, ha a beszállítók teljesítményét és képességeit folyamatosan nyomon követjük, s a rendelkezésre álló adatok segítségével elemezzük a lehetőségeket (Hald és Ellegaard, 2011, Sillanpää et al. 2015). Az ellátási kockázat nyilvánvalóan alacsonyabb lesz akkor, ha egy termék vagy termékkategória beszállítói között több olyan is van, aki képes megfelelően teljesíteni, s a kockázatalapú értékelés a beszállító-értékeléssel kapcsolatos kutatások egyelőre még kicsi, de egyre fontosabb ága (Wetzstein et al. 2019). Ugyanakkor egyre inkább növekszik a társadalmi, politikai elvárás a fenntarthatóság szempontjainak beépítésére, s ez a beszállítói elvárások között is egyre inkább megjelenik (Wetzstein et al. 2016, Rashidi et al. 2020).

A beszállítók teljesítménye egyértelműen hat a vállalat teljesítményére. Éppen ezért születtek nagy számban olyan tanulmányok, amelyek ezt a döntést módszertanilag támogatják. A cikkek számossága olyan jelentős, hogy az utóbbi néhány évben több tanulmány is igyekezett áttekintést nyújtani a szakirodalom eredményeiről (Chai és Ngai, 2020).

Az irodalomáttekintések eredményei alapján az MCDM módszerek igen széles körét használják beszállítóértékelésre. Különböző sokváltozós döntéstámogatási (MCDM) módszereket javasol a szakirodalom, így például az AHP-t, a TOPSIS-t és a DEA-t (Ho et al. 2010, Agarwal et al. 2011, Chai és Ngai, 2020). A DEA széleskörű alkalmazását az is mutatja, hogy a beszállítóértékelésre való alkalmazását két nemrégiben publikált irodalomelemzés is vizsgálta (Vörösmarty és Dobos, 2020, Dutta et al. 2021). Mindkét ta-

nulmány kiemeli a hibrid modellek növekvő számát és a fenntarthatóság kérdésének egyre nagyobb fontosságát. Egy másik tanulmány szerint a zöld beszállító kiválasztási módszerek között is az AHP és az ANP a leggyakoribb (Govindan et al. 2015), ugyanakkor a DEA alkalmazások gyors fejlődését mutatja, hogy pár évvel később Schramm et al. (2020) irodalomelemzése már az AHP-t és a DEA-t egyaránt a leggyakoribb módszerként azonosítja.

Bár alkalmazás szinten megjelennek a beszállító fejlesztést támogató módszerek (pl. Rezaei et al. 2015, Noorizadeh et al. 2018, Dobos és Vörösmarty, 2019) illetve a minősítésre alkalmazott módszerek, látszik, hogy az irodalom s a módszertanok elsősorban a rangsorképzésre fókuszálnak. A szegmentációs kérdéssel jelenleg csak a szakirodalom egy szűk csoportja foglalkozik (Wetzstein et al. 2016, Vörösmarty és Dobos, 2020), és a módszertani háttér, amelyre ezek a megközelítések általában támaszkodnak, korlátozott (pl. outranking, DEA). Emiatt érdemes megvizsgálni, hogy milyen más módszertanokat lehet alkalmazni a szegmentációs probléma megoldására.

A legmegfelelőbb beszállító kiválasztása 3 folyamat szerint történhet:

- teljes rangsorolás,
- a legjobb beszállítók rangsorolása,
- a szállítók teljes csoportonkénti bontása.

A szakirodalomban javasolt módszerek elsősorban az első folyamatra összpontosítanak. A szegmentálásra összpontosító cikkek általában az első vagy a második folyamathoz sorolható módszereket használják (pl. Razaei et al. 2015, Segura és Maroto, 2017, Bai et al. 2017). Ezzel szemben a 3. csoportba tartozó eszközök használata ritkán fordul elő a szakirodalomban.

Módszertani szempontból a szakirodalom a döntési egységek (Decision Making Units, DMU-k) teljes klaszterekre történő felosztásának eszközeként a részbenrendezett halmazokat, a DEA Peelinget és a klaszterelemzést ajánlja. A beszállítói értékelési szakirodalomban azonban kutatási hiányosság van, mivel ezeket az eszközöket nem alkalmazzák ilyen döntési problémára.

A szakirodalmi áttekintés következő részében a Partially Ordered Sets és a DEA Peeling módszerekre összpontosítunk. A klaszterelemzés mint többváltozós statisztikai technika jól ismert, ezért úgy véljük, annak részletes bemutatása nem szükséges.

2.1 A részbenrendezett halmazok alkalmazása társadalmi-gazdasági rendszerekben

A rendezélmélet a matematika egyik ága, amely egy adott halmaz elemei közötti bináris kapcsolatot határoz meg. A rendezésnek két fő típusa van: részleges és teljes rendezés. Teljes rendezés esetén a halmaz minden egyes eleme között van kapcsolat, vagyis eldönthető, hogy két elem közül melyik tekinthető előnyben részesítettnek a másikkal szemben. Ha van olyan eset is, amikor egy adott halmaz két eleme között nem tudunk egyértelmű preferenciát megállapítani, azaz a halmaz elemei összehasonlíthatatlanok, akkor

beszélhetünk részleges rendezésről. A közgazdaságtanban a teljes rendezést rangsorolásnak nevezik. Ilyenkor egyértelmű sorrendet lehet felállítani az elemek között. Ezzel szemben a részleges rendezés inkább olyan csoportokat állít fel egy halmaz elemei között, amelyeknek a preferenciája értelmezhető. A közgazdaságtanban a részleges sorrendiséget a mikroökonómiai fogyasztó-elméletben találjuk meg, amikor fogyasztói kosarakat hasonlítunk össze. A részleges rendezés elmélete a társadalmi-gazdasági rendszerekben is alkalmazható.

Fattore és Maggino (2014) tanulmányukban a részbenrendezett (poset) elméletet alkalmazták a szociológiai szegénység és a társadalmi egyenlőtlenség elméletére. Munkájuk fő célja, hogy olyan alkalmazásokat találjanak, amelyek hasznosak a poset-elmélet gyakorlatában a társadalmi-gazdasági statisztikák és a társadalmi mutatók konstruálása terén. Az első probléma az, hogy a többdimenziós szegénység értékelése és többdimenziós összehasonlítása olyan rangsorolási problémához vezet, amelyet nem tudunk egyértelműen meghatározni. Ez az egyik leglényegesebb példa a társadalmi-gazdasági elemzésben.

Annoni et al. (2017), valamint Beycan és Suter (2017) folytatták a poset-elmélet alkalmazását a több szempontú szociológiai szegénységelmélet feltérképezésében, különös tekintettel annak regionális aspektusára, azon belül is Svájcra.

Fattore és Arcagni (2021) nyolc olyan alkalmazási területet sorol fel, ahol a poset-elméletet már alkalmazták, pl. menekültek „áthelyezése” az EU-ban, költségvetési politikák összehasonlítása stb. A gazdasági alkalmazás különbözik a többi, főként szociológiai alkalmazástól (Bachtrögler et al. 2016; Badinger és Reuter 2015). Megjegyzendő, hogy a poset-elmélet alkalmazása a társadalomtudományok széles körére kiterjedhet. Fattore és Arcagni (2021) tanulmányának további része nagyszerű áttekintést ad a poset-elmületről és a Hasse-diagram technikáról.

A poset-elmélet társadalomtudományokban való alkalmazásának rövid ismertetése után áttekintjük a Tiered Data Envelopment Analysis (TDEA) alkalmazását.

2.2 A TDEA alkalmazásai társadalmi-gazdasági rendszerekben

A Data Envelopment Analysis módszer alkalmas lehet a DMU-k rangsorolására, ennek azonban több feltétele van. A szakirodalomban számos áttekintő cikk található a DEA rangsorolásra való alkalmasságról. Az egyik ilyen friss áttekintést Labijak-Kowalska és Kadziński (2021) adta. Ezek a módszerek azonban a teljes rangsort adják meg. Az alapvető DEA-modell gyakorlatilag két csoportra bontja a döntéshozó egységeket (DMU-k): hatékonyakra és nem hatékonyakra. A nem hatékony DMU-kat a hatékonysági indexük alapján sorrendbe lehet állítani, a hatékonyakat azonban nem. Ebben az összefüggésben felmerül a kérdés, hogy valóban rangsort kell-e felállítani, vagy elegendő a DMU-kat közel azonos hatékonyságú csoportokra osztani. Ezt a csoportosítást Barr et al. (2000) javasolta megvizsgálni a DEA-modellekben.

Egy szekvenciális algoritmust dolgoztak ki, amelyben a hatékony DMU-kat, mint a hagymahéjat, elkülönítik a többi DMU-tól. A maradékon ezután újra meghatározzuk a hatékony egységeket, és szintén „meghámozzuk a hagymát”. Mindezt addig végezzük, amíg el nem fogynak az egységek. Ezután a DMU-kat hatékonyságuk szerint csoportosítottuk. A módszer magyar elnevezésével még nem találkoztunk, így a rövidítését a TDEA-t fogjuk használni. Ugyanakkor a nemzetközi szakirodalomban a módszer lényege alapján sokszor hagymahéjazásként (onion peeling) is szokták emlegetni.

A Barr et al. (2000) által kidolgozott módszert viszonylag széles körben használják a társadalomtudományokban, különösen a menedzsmentben.

A kikötői logisztika bizonyult a legtermékenyebb alkalmazásnak. Az első közzétett alkalmazást Cheon (2009) publikálta. Alkalmazásában a dél-koreai kikötők hatékonyságát vizsgálta ezzel a technikával. A dél-koreai és az orosz kikötők hatékonyságát Den et al. (2016) hasonlította össze ezzel a modellel.

Egy másik alkalmazási terület a felsőoktatáshoz kapcsolódik. Bougnol és Dulá (2006) dolgozatukban 616 amerikai egyetemet vizsgáltak hatékonyságuk szerint a többszintű DEA segítségével. Arra a következtetésre jutottak, hogy ez a módszer ugyanazt az eredményt adta, mint a kormányzati adminisztráció által használt mérési módszer. A legújabb alkalmazások között szerepel Johnes (2018) munkája, aki az egyetemi listákon szereplő brit egyetemeket vizsgálta ezzel a módszerrel. Mindkét cikkben a csoportosítás és nem a rangsorolás dominált.

3 A három módszer alkalmazása példákon keresztül

A következőkben egy korábban publikált numerikus példán (Vörösmarty és Dobos 2019) mutatjuk be a három módszer működését. A példa kiinduló adatait az 1. táblázat tartalmazza.

Beszállító	Átfutási idő (nap)	CO2 kibocsátás (g)	Ár (\$)	Újrahasznosít- hatóság (%)	Minőség (%)
1	-2	-30	-2	70	80
2	-1	-10	-3	50	70
3	-3	-15	-5	60	90
4	-1.5	-20	-1	40	85
5	-2.5	-35	-2.5	65	75
6	-2	-25	-4	90	95
7	-3	-15	-1.5	75	80
8	-1.5	-20	-3.5	85	85
9	-1	-10	-3.5	55	70
10	-2.5	-10	-4	45	75
11	-3.5	-25	-2.5	80	90
12	-2	-20	-1.5	50	65
13	-3	-15	-3	75	85
14	-1.5	-20	-4.5	85	70
15	-1	-15	-2	75	65

1. táblázat. A példa kiinduló adatai

Először a részbenrendezett halmazt, majd a Tiered Data Envelopment Analysisist (TDEA), végül pedig a klaszterelemzést alkalmazzuk ugyanarra az adathalmazra.

3.1 Beszállítóértékelési kritériumok részbenrendezése

A rendelméletben a részbenrendezett halmaz (vagy poset) fogalma formalizálja a döntéshozó egységek (DMU-k) halmazának rendezésére, sorrendbe állítására vagy elrendezésére vonatkozó intuitív elképzelést. A halmaz a DMU-k halmazaként és egy bináris rendezési relációként van definiálva, amely a halmazt kétféle részhalmazra bontja: olyan részhalmazra (vagy részhalmazokra), amelyben a DMU-k minden egyes párja esetében a párból az egyik DMU egy másik DMU-t követ, és egy olyan részhalmazra, amelyben a DMU-k nem kapcsolódnak egymáshoz. Ez azt jelenti, hogy nem kell, hogy a poset halmazban minden DMU-nak legyen egy másik DMU-ja, amely kielégíti a sorrendi kapcsolatot. Néhány pár nem felel meg a relációnak, ami azt jelenti, hogy e párokból egyik DMU sem előzi meg a másikat: egyszerűen csak nem összehasonlíthatóak. A részleges sorrend fogalma tehát a közismertebb teljes sorrend általánosítása, amelyben minden pár kapcsolatban áll egymással (Radziszewski és Szadkowski 2014).

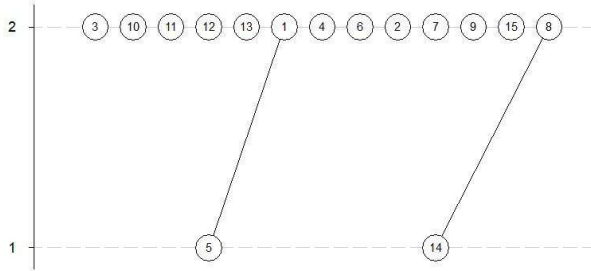
A szakirodalomban a részbenrendezett halmaz példajaként általában egy adott népesség genealógiai leszármazásának esetét szokták használni. A minta egyes páirjai hordozzák az ős-leszármazott kapcsolatot, más párok viszont nem hordozzák ezt a kapcsolatot.

Egy véges poset halmaz vizualizálható a Hasse-diagramján keresztül, amely ábrázolja az egyes DMU-k közötti rendezési kapcsolatot, és lehetővé teszi a teljes részleges rendezési struktúra rekonstruálását. Egy valós életbeli rangsorolási feladat példája, amelyet a parciális sorrend-megközelítés segítségével állítottak össze (lásd Voigt et al. 2006), példaértékű esete egy ilyen hatékony alkalmazásnak.

Legyen Q egy tetszőleges objektumokból álló halmaz, például egy DMU-k gyűjteménye. A Q halmaz a és b elemei esetében, ha $a \leq b$ vagy $b \leq a$, akkor a és b összehasonlítható objektumok. Ellenkező esetben összehasonlíthatatlanok.

Ha a Q -ba tartozó a , b és c elemekre a következő tulajdonságok teljesülnek: $a R a$ (reflexivitás); ha $a R b$ és $b R a$ akkor $a = b$ (antiszimmetria); ha $a R b$ és $b R c$ akkor $a R c$ (tranzitivitás), akkor a fenti három tulajdonság az objektumok közötti rendezési kapcsolatot határozza meg. A relációt itt R relációként írjuk. Az olvasó láthatja, hogy a kapcsolódó objektumoknak (azaz az R -nek megfelelő objektumoknak) összehasonlíthatónak kell lenniük.

Az R relációt a továbbiakban Pareto-dominanciaként definiáljuk. Ezt a relációt a mikroökonómia termeléselmélete a termelési halmaz effektív felületének meghatározására, azaz a termelési függvény leírására használja. A véges számú objektumot tartalmazó halmazok a Hasse-mátrixszal jellemezhetők és a Hasse-diagrammal szemléltethetők (Manganaro et al. 2008).



1. ábra. A beszállítói adatok Hasse-diagramja

A Hasse-diagram az 1. ábrán látható. A beszállítói adatok az 1. táblázatban találhatók. A maximális elemek a beszállítók, kivéve az 5. és a 14. beszállítót. Az ábra alapján a tizenöt beszállító két csoportra osztható: a 13 domináns és a 2 dominált elemet tartalmazó csoportra. Mindez azt mutatja, hogy az egyes szállítók közötti különbség kicsi. Nem tudunk különbséget tenni a tizenhárom domináns beszállító között. Azt viszont tudjuk, hogy az ötödik és a tizenégyes beszállítót az egyes és a nyolcas számú beszállító dominálja, amint azt az 1. ábra is mutatja. Ezért érdemes más módszerekkel feltérképezni a beszállítók közötti különbségeket.

3.2 Peeling technika alkalmazása a beszállítók kiválasztásához

A Data Envelopment Analysis (DEA) módszert először Charnes et al. (1978) írta le és alkalmazta. Az elmúlt negyven évben a módszernek számos elméleti kiterjesztése és gyakorlati alkalmazása volt (Cook és Seiford, 2009).

Az ebben a tanulmányban alkalmazott módszer a DEA egy speciális tulajdonságmodellje. Az alapvető DEA-ban a DMU-kat értékelő kritériumok két különböző csoportra oszthatók aszerint, hogy inputnak vagy outputnak tekinthetők. A DEA CCR-I (1)-(3) alapmodellje a következő formában fogalmazható meg, ahol az (\mathbf{u}, \mathbf{v}) vektorok a DEA súlyvektorai, az $(\mathbf{y}_j, \mathbf{x}_j)$ vektorok $(j = 1, 2, \dots, p)$ pedig a j -edik DMU kimeneti és bemeneti értékelései, a DMU-k száma pedig p :

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

f.h.

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

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

Az (1)-(3) a DEA alapmodellje, amely lineáris programozási modellként a következő formában fogalmazható újra:

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

f.h.

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

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

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

A (4)-(7) modellt minden egyes DMU-ra, esetünkben az összes beszállítóra meg kell oldani a hatékonysági mutatók meghatározása érdekében. A problémák megoldására kereskedelmi szoftverek használhatók, például a Microsoft Excel Solver. A dolgozatban végig ezt a szoftvert alkalmazzuk numerikus példáink elkészítéséhez.

A hagymahámózás, vagy többszintű DEA (TDEA) egy ismert módszer annak megállapítására, hogy mely DMU-k – esetünkben a beszállítók – milyen hatékonysági szinten lehetnek (Radziszewski és Szadkowski, 2014). Ez a módszer hasonlít a HASSE-diagram technikához, de nem feltétlenül találja meg a Pareto-optimális DMU-kat.

A hámozási technika (peeling technique) egy szekvenciális módszer. Először megvizsgáljuk az egyes beszállítókat, és megnézzük, melyek a hatékony beszállítók, azaz melyek rendelkeznek azonos Data Envelopment Analysis (DEA) hatékonysággal. Ezután kivesszük ezeket, és a fennmaradó beszállítókra újabb hatékonysági vizsgálatot végzünk. A DEA hatékonysági vizsgálatot a lehető legtöbb lépésben végezzük el.

A hámozási technikával az adatainkból négy hagymahéjat alakítottunk ki. A számítási lépést és annak eredményeit a 2. táblázatban mutatjuk be a DEA hatékonyságok lépcsőinek megfelelően.

A hagymahéjak áttekintése a 2. táblázatban látható. Észrevehető, hogy a domináns szállítók halmaza három csoportra oszlott, mivel a Hasse-diagram 13 domináns szállítója az első, második és harmadik héjon is megtalálható. A két dominált szállító közül a tizennegyedik szállító az utolsó hagymahéjra, az ötödik szállító pedig a harmadikra került. Mindez arra utal, hogy az első hagymahéjon lévő szállítók dominánsak és DEA-hatékonyak is. Ezeket a 3. táblázat tartalmazza.

Beszállító	1. lépés	2. lépés	3. lépés	4. lépés
1	0,862	1,000		
2	1,000			
3	0,837	0,915	1,000	
4	1,000			
5	0,641	0,767	1,000	
6	0,768	0,924	1,000	
7	1,000			
8	0,850	1,000		
9	1,000			
10	0,719	1,000		
11	0,736	1,000		
12	0,780	1,000		
13	0,962	1,000		
14	0,810	0,676	0,699	1,000
15	1,000			

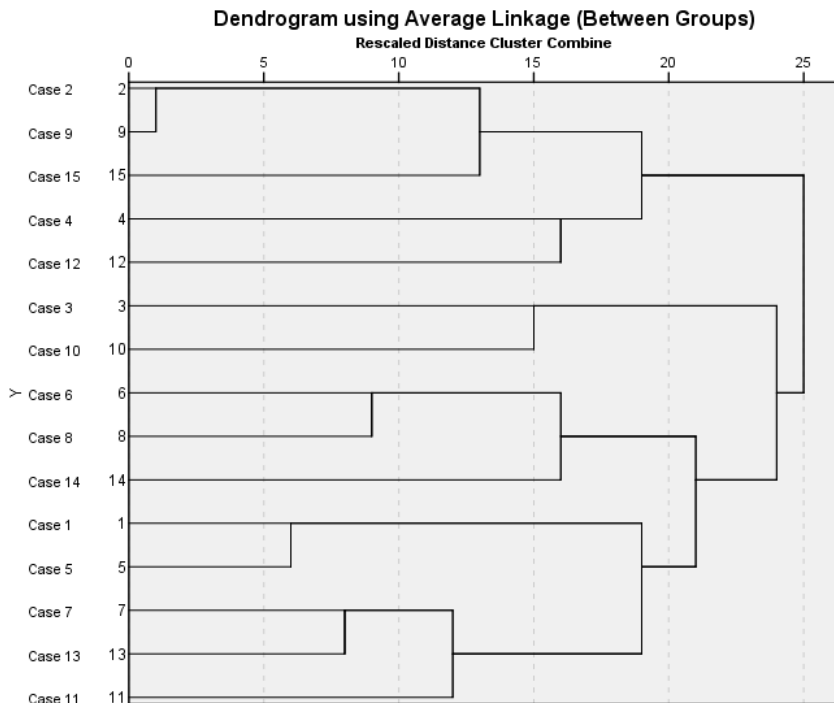
2. táblázat. A hámozási algoritmus eredményei a DEA hatékonyságokkal együtt

Héj	Beszállítók
Héj 1 (5 beszállító)	2, 4, 7, 9, 15
Héj 2 (6 beszállító)	1, 8, 10, 11, 12, 13
Héj 3 (3 beszállító)	3, 5, 6
Héj 4 (1 beszállító)	14

3. táblázat. A hagymahéjnak megfelelő beszállítók

3.3 Szegmentálás klaszterelemzéssel

A klaszterelemzés egy többváltozós módszer, amely lehetővé teszi az objektumok, esetünkben 15 beszállító csoportosítását. Ez az elemzési módszer objektívebbnek tűnik, mivel a szállítók hasonló pontok alapján klaszterekbe oszthatók. A klaszterek számát úgy választottuk meg, hogy a poset szintek száma és a hagymahéjak száma közé essen, azaz három klasztert alakítottunk ki. A használt klaszterezési eljárás a Between-groups linkage alapú hierarchikus eljárás volt. A távolságfüggvény a klasszikus euklideszi távolság volt. Természetesen a távolságmérika és a klaszterezési eljárás megváltoztatása más eredményt is adhatott volna. Más csoportosítások összehasonlításától eltekintettünk, az egy újabb kutatás lehetne. A klaszterelemzés eredményeit a 2. ábra foglalja össze. A 2. ábra azt is mutatja, hogy az egyes csoportokat hogyan alakították ki. A 4. táblázat a beszállítók csoportosításának eredményeit foglalja össze.



2. ábra. A klaszterelemzés dendrogramja

Klaszter	Beszállítók
Klaszter 1 (8 beszállító)	1, 5, 6, 7, 8, 11, 13, 14
Klaszter 2 (5 beszállító)	2, 4, 9, 12, 15
Klaszter 3 (2 beszállító)	3, 10

4. táblázat. A beszállítók csoportosítása klaszterelemzéssel

A klaszterek számát háromnak választottuk, mert a Hasse-diagram két szintet adott, míg a hagymahéjak száma 4. Az eredmények azt mutatják, hogy a kettes számú klaszterbe kerültek a domináns beszállítók. A klaszterek számozása nem mutat minőségi különbséget. (Azaz az egyes számot kapott klaszter nem feltétlenül a legjobb beszállítót tartalmazza.)

3.4 A poset halmazok, a DEA-héjak és a klaszterek összehasonlítása

Az 5. táblázat összefoglalja az adataink elemzésének eredményeit a három módszerrel.

Beszállító	POSET	TDEA	Klaszter 3
2	2	1	2
4	2	1	2
9	2	1	2
15	2	1	2
7	2	1	1
1	2	2	1
8	2	2	1
11	2	2	1
13	2	2	1
12	2	2	2
10	2	2	3
3	2	3	3
6	2	3	1
5	1	3	1
14	1	4	1
Csoportok száma	2	4	3

5. táblázat. A három módszer eredményeinek összehasonlítása

Látható, hogy az eredmények hasonlóak, de a módszerek mögöttes logikája eltérő, így ez nyilvánvalóan különbségekhez vezet az osztályozásban. Lényegében a kiemeléssel jelzett sorokat összehasonlítva láthatjuk, hogy van két olyan csoport (4-4 beszállító), ahol mindhárom módszer ugyanabba a szegmensbe sorolta a beszállítókat. Példánkban ez a legjobb beszállítók esetében volt így. A kiugró beszállítók teljesítményének megítélése az adott helyzet körülményeinek részletes ismeretétől függene.

Az elemzések értékelésénél azt is érdemes megjegyezni, hogy a három módszer közül az első kettő saját matematikai logikája szerint határozza meg a beszállítói csoportokat, míg a klaszterelemzés esetében az elemző a legjobbnak ítélt klaszterek számának megadásával befolyásolja az eredményt.

4 Következtetés

Ebben a cikkben három lehetséges módszert vizsgáltunk meg, mely a beszállítói kör szegmentálására alkalmazható. A beszerzésben egyre fontosabb, hogy hatékonyságuk, teljesítmény jellemzőik alapján csoportokat tudjunk képezni a beszállítókból. Ez növeli a beszerzési munka eredményességét és segíti a gyors alkalmazkodást a gyorsan változó piaci környezetben. Példánkból az a következtetés vonható le, hogy a vizsgált módszerek nem nyújtanak egyértelmű megoldást, ezért előfordulhat, hogy egynél több módszert kell alkalmazni.

Eredményeink azt is mutatják, hogy a három módszer hasonló, de nem azonos eredményekhez vezet. Ez arra utal, hogy az elemzésben szereplő DMU-k további vizsgálata szükséges.

Tanulmányunk azt is mutatja, hogy a módszerek alkalmasak arra, hogy támogassák a poolképzés megvalósítását egy adott gazdálkodási probléma támogatására.

Vizsgálatunk számos további kutatási kérdést felvet. Módszertani szempontból érdemes lenne szimulációval vizsgálni a klasztertechnika megváltoztatásának hatását az eredményekre. Érdekes lehetne egy mutatószám rendszer kialakítása, mely a csoportok közötti kapcsolatot mérni tudja. További kutatási kérdés menedzsment szempontból, hogy a beszállító változó teljesítményét hogyan lehet átminősíteni. Valószínű, hogy ennek a kérdésnek a megválaszolásához érzékenységi elemzésre lesz szükség.

Irodalom

1. Abdollahi, M., Arvan, M., & Razmi, J. (2015). An integrated approach for supplier portfolio selection: lean or agile? *Expert Systems with Applications*, 42(1), 679–690. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.08.019>
2. Agarwal, P., Sahai, M., Mishra, V., Bag, M., & Singh, V. (2011). A review of multi-criteria decision making techniques for supplier evaluation and selection. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 2(4), 801–810. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2010.06.004>
3. Annoni, P., Bruggemann, R., Carlsen, L. (2017). Peculiarities in multidimensional regional poverty. In: Fattore, M., Bruggemann, R. (Eds.). (2017). *Partial order concepts in applied sciences*. Springer International Publishing. 121–133
4. Bachtrögler, J., Badinger, H., de Clairfontaine, A. F., & Reuter, W. H. (2016). Summarizing data using partially ordered set theory: An application to fiscal frameworks in 97 countries. *Statistical Journal of the IAOS*, 32(3), 383–402. <https://pub.wu.ac.at/4283/1/wp181.pdf>
5. Badinger, H., Reuter, W. H. (2015). Measurement of fiscal rules: Introducing the application of partially ordered set (poset) theory. *Journal of Macroeconomics*, 43, 108–123. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2014.09.005>
6. Bai, C., Rezaei, J., & Sarkis, J. (2017). Multicriteria green supplier segmentation. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 64(4), 515–528. DOI: 10.1109/TEM.2017.2723639
7. Barr, R. S., Durchholz, M. L., Seiford, L. (2000). Peeling the DEA onion: Layering and rank-ordering DMUs using tiered DEA. *Southern Methodist University Technical Report*, 5, 1–24.

8. Beycan, T., Suter, C. (2017). Application of partial order theory to multidimensional poverty analysis in Switzerland. In: Fattore, M., Bruggemann, R. (Eds.). (2017). *Partial order concepts in applied sciences*. Springer International Publishing. 135–150
9. Bournol, M. L., Dulá, J. H. (2006). Validating DEA as a ranking tool: An application of DEA to assess performance in higher education. *Annals of Operations Research*, 145(1), 339–365. <https://doi.org/10.1007/s10479-006-0039-2>
10. Chai, J., & Ngai, E. W. (2020). Decision-making techniques in supplier selection: Recent accomplishments and what lies ahead. *Expert Systems with Applications*, 140, 112903. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.112903>
11. Chai, J., Liu, J. N., & Ngai, E. W. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert Systems with Applications*, 40(10), 3872–3885. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.12.040>
12. Charnes A., Cooper W. W, Rhodes E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429–444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
13. Cheon, S. (2009). Impact of global terminal operators on port efficiency: a tiered data envelopment analysis approach. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 12(2), 85–101. <https://doi.org/10.1080/13675560902749324>
14. Cook W. D., Seiford L. M. (2009). Data envelopment analysis (DEA) – thirty years on. *European Journal of Operational Research*, 192(1), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.01.032>
15. Day, M., Magnan, G. M., & Moeller, M. M. (2010). Evaluating the bases of supplier segmentation: A review and taxonomy. *Industrial Marketing Management*, 39(4), 625–639. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2009.06.001>
16. Den, M., Nah, H. S., Shin, C. H. (2016). An Empirical Study on the Efficiency of Container Terminals in Russian and Korean Ports using DEA models. *Journal of Navigation and Port Research*, 40(5), 317–328. <http://dx.doi.org/10.5394/KINPR.2016.40.5.317>
17. Dobos, I., & Vörösmarty, G. (2019). Evaluating green suppliers: improving supplier performance with DEA in the presence of incomplete data. *Central European Journal of Operations Research*, 27(2), 483–495. <https://doi.org/10.1007/s10100-018-0544-9>
18. Dubois, A., Gadde, L. E., & Mattsson, L. G. (2021). Purchasing behaviour and supplier base evolution – a longitudinal case study. *Journal of Business & Industrial Marketing*. <https://doi.org/10.1108/JBIM-11-2018-0328>
19. Dutta, P., Jaikumar, B., & Arora, M. S. (2021). Applications of data envelopment analysis in supplier selection between 2000 and 2020: a literature review. *Annals of Operations Research*, 1–56. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-03931-6>
20. Dyer, J. H., Cho, D. S., & Cgu, W. (1998). Strategic supplier segmentation: The next „best practice” in supply chain management. *California Management Review*, 40(2), 57–77. <https://doi.org/10.2307/41165933>
21. Fattore, M., Arcagni, A. (2021). Posetic Tools in the Social Sciences: A Tutorial Exposition. In: Bruggemann, R., Carlsen, L., Beycan, T., Suter, C., Maggino, F. (Eds.). (2021). *Measuring and Understanding Complex Phenomena: Indicators and their Analysis in Different Scientific Fields*. Springer Nature. 219–241

22. Fattore, M., Maggino, F. (2014). Partial orders in socio-economics: A practical challenge for poset theorists or a cultural challenge for social scientists? In: Brüggemann, R., Carlsen, L., Wittmann, J. (Eds.). (2014). *Multi-indicator systems and modelling in partial order*. Springer Science & Business Media. 197–214.
23. Glock, C. H., Grosse, E. H., & Ries, J. M. (2017). Reprint of „Decision support models for supplier development: Systematic literature review and research agenda”. *International Journal of Production Economics*, 194, 246–260. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.11.006>
24. Govindan, K., Rajendran, S., Sarkis, J., & Murugesan, P. (2015). Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review. *Journal of Cleaner Production*, 98, 66–83. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.046>
25. Hald, K. S., & Ellegaard, C. (2011). Supplier evaluation processes: the shaping and reshaping of supplier performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 31(8), 888–910. <https://doi.org/10.1108/01443571111153085>
26. Hallikas, J., & Lintukangas, K. (2016). Purchasing and supply: An investigation of risk management performance. *International Journal of Production Economics*, 171, 487–494. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.09.013>
27. Ho, William, Xiaowei Xu, and Prasanta K. Dey (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 202(1), 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.009>
28. Johnes, J. (2018). University rankings: What do they really show? *Scientometrics*, 115(1), 585–606. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2666-1>
29. Labijak-Kowalska, A., Kadziński, M. (2021). Experimental comparison of results provided by ranking methods in Data Envelopment Analysis. *Expert Systems with Applications*, 173, 114739. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114739>
30. Manganaro, A., Ballabio, D., Consonni, V., Mauri, A., Pavan, M., & Todeschini, R. (2008). The DART (decision analysis by ranking techniques) software. *Data Handling in Science and Technology*, 27, 193–207. [https://doi.org/10.1016/S0922-3487\(08\)10009-0](https://doi.org/10.1016/S0922-3487(08)10009-0)
31. Noorizadeh, A., Rashidi, K., & Peltokorpi, A. (2018). Categorizing suppliers for development investments in construction: application of DEA and RFM concept. *Construction Management and Economics*, 36(9), 487–506. <https://doi.org/10.1080/01446193.2017.1416151>
32. Radziszewski, B., Szadkowski, A. (2015). Ranking with Data Envelopment Analysis vs. Partial Order, 2014. *Open Access Library PrePrints*, 1, e078. <http://dx.doi.org/10.4236/oalib.preprints.1200078>
33. Rashidi, K., Noorizadeh, A., Kannan, D., & Cullinane, K. (2020). Applying the triple bottom line in sustainable supplier selection: A meta-review of the state-of-the-art. *Journal of Cleaner Production*, 269, 122001. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122001>
34. Rezaei, J., Wang, J., & Tavasszy, L. (2015). Linking supplier development to supplier segmentation using Best Worst Method. *Expert Systems with Applications*, 42(23), 9152–9164. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.07.073>
35. Santos, L. F. D. O. M., Osiro, L., & Lima, R. H. P. (2017). A model based on 2-tuple fuzzy linguistic representation and Analytic Hierarchy Process for

- supplier segmentation using qualitative and quantitative criteria. *Expert Systems with Applications*, 79, 53–64. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.02.032>
36. Schramm, V. B., Cabral, L. P. B., & Schramm, F. (2020). Approaches for supporting sustainable supplier selection – A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 123089. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123089>
 37. Segura, M., & Maroto, C. (2017). A multiple criteria supplier segmentation using outranking and value function methods. *Expert Systems with Applications*, 69, 87–100. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.10.031>
 38. Shiralkar, K., Bongale, A., & Kumar, S. (2021). Issues with decision making methods for supplier segmentation in supplier relationship management: A literature review. *Materials Today: Proceedings*. in Press. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.197>
 39. Sillanpää, I., Shahzad, K., & Sillanpää, E. (2015). Supplier development and buyer-supplier relationship strategies – a literature review. *International Journal of Procurement Management*, 8(1-2), 227–250. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2015.066283>
 40. Van Poucke, E., Matthyssens, P., Van Weele, A., & Van Bockhaven, W. (2019). The effects of purchasing proactivity on value creation and supply risk reduction in sourcing projects: Implications for marketers' capabilities. *Industrial Marketing Management*, 83, 104–114. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2018.12.003>
 41. Van Poucke, E., Vereecke, A., & Wetzels, M. (2014). Developing supplier integration capabilities for sustainable competitive advantage: A dynamic capabilities approach. *Journal of operations management*, 32(7-8), 446–461. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2014.09.004>
 42. Voigt K., Bruggemann R., Pudenz S. (2006). A multi-criteria evaluation of environmental databases using the Hasse Diagram Technique (ProRank) software, *Environmental Modelling & Software*, 21, 1587–1597. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.05.005>
 43. Vörösmarty, G., & Dobos, I. (2019). Supplier evaluation with environmental aspects and common DEA weights. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 27(1), 17–25. <https://doi.org/10.3311/PPso.11814>
 44. Vörösmarty, G., & Dobos, I. (2020). A literature review of sustainable supplier evaluation with Data Envelopment Analysis. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121672. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121672>
 45. Wetzstein, A., Feisel, E., Hartmann, E., & Benton Jr, W. C. (2019). Uncovering the supplier selection knowledge structure: a systematic citation network analysis from 1991 to 2017. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 25(4), 100519. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2018.10.002>
 46. Wetzstein, A., Hartmann, E., Benton Jr, W. C., & Hohenstein, N. O. (2016). A systematic assessment of supplier selection literature – state-of-the-art and future scope. *International Journal of Production Economics*, 182, 304–323. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.06.022>
 47. Yan, T., Choi, T. Y., Kim, Y., & Yang, Y. (2015). A theory of the nexus supplier: A critical supplier from a network perspective. *Journal of Supply Chain Management*, 51(1), 52–66. <https://doi.org/10.1111/jscm.12070>
 48. Yemshanov, D., Koch, F. H., Ben-Haim, Y., Downing, M., Sapio, F., & Siltaanen, M. (2013). A new multicriteria risk mapping approach based on a multi-attribute frontier concept. *Risk Analysis*, 33(9), 1694–1709. <https://doi.org/10.1111/risa.12013>

49. Zsidisin, G. A., Ellram, L. M., Carter, J. R., & Cavinato, J. L. (2004). An analysis of supply risk assessment techniques. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(5) 397–413. <https://doi.org/10.1108/09600030410545445>

METHODS FOR SUPPLIER CLUSTERING

One of the crucial points for supplier management is to assess the supplier's performance and capabilities. This helps to ensure that suppliers who are able to meet certain expectations are included in the active supplier pool. For supplier management, it may be important to distinguish between suppliers in the active supplier pool. In mathematical terms, this means that groups should be formed, whereby suppliers are grouped according to their performance and capabilities. We present and compare the application of partially ordered set (poset), tiered data envelopment analysis (TDEA) and cluster analysis on a numerical example of a supplier evaluation problem. The results show that the methods lead to similar results.