

Kovács Tibor

**Többszemponú döntési módszerek alkalmazása
teljesítményfejlesztő programok támogatására**

Információrendszerek Tanszék

Témavezető

Dr. Kő Andrea

egyetemi tanár

Budapesti Corvinus Egyetem
Gazdaságinformatika Doktori Iskola

**Többszemponú döntési módszerek alkalmazása
teljesítményfejlesztő programok támogatására**

doktori értekezés

Kovács Tibor

Budapest 2018

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	1
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2.1 A teljesítménymutatók és teljesítménymutató rendszerek	8
2.2 Az összesített teljesítmény mérése	17
2.2.1 Többszemponútú döntési modellek.....	18
2.2.1.1 A teljesítmény rangsorolása Borda módszerrel	21
2.2.1.2 A teljesítménymutatók fontosságának megállapítása AHP módszerrel	22
2.2.1.3 Az összesített teljesítmény skálán történő ábrázolása hasznossági függvények segítségével	24
2.2.1.4 A TOPSIS módszer: a teljesítmény összegzése a legjobb és legrosszabb teljesítményhez mért távolságok által	25
2.2.2 Data Envelopment Analysis (DEA)	27
2.3 A teljesítményt meghatározó tényezők	30
2.3.1 Képesség – érettség modellek	31
2.3.2 A képesség és teljesítmény kapcsolata.....	34
2.4 A teljesítményfejlesztő programok eredményességének vizsgálata	37
3. KUTATÁSI KÉRDÉSEK	41
4. A KUTATÁS MÓDSZERTANA	44
4.1 Esettanulmány alapú megközelítés	44
4.2 Adatgyűjtés	47
4.3 Kvantitatív módszerek	49
4.3.1 Leíró statisztika	50
4.3.2 Többszemponútú döntési modellek.....	50
4.3.2.1 Borda sorrend	50
4.3.2.2 A teljesítménymutatók fontossági súlyának meghatározása az AHP módszerrel	51
4.3.2.3 Az AHP módszer által súlyozott Borda sorrend.....	51
4.3.2.4 A TOPSIS módszer	51
4.3.2.5 Hasznossági függvényértékek súlyozott átlaga	52
4.3.3 Data Envelopment Analysis (DEA)	53
4.3.4 Sokdimenziós skálázás	54
4.3.5 PLS-SEM	56

5. KUTATÁSI EREDMÉNYEK	62
5.1 A teljesítménymutatók és képesség-érettség szintek leíró statisztikája	63
5.2 A többszemponútú döntési modellek eredményének összehasonlítása	67
5.2.1 A Borda rangsor eredményei.....	67
5.2.2 A teljesítménymutatók fontosságának meghatározása AHP módszerrel és az ezzel súlyozott Borda rangsor	68
5.2.3 A TOPSIS módszer eredményei	68
5.2.4 Hasznossági függvény alkalmazása	69
5.2.5 A teljesítmény időbeli alakulásának elemzése	70
5.3 A DEA módszer eredményének értékelése.....	72
5.4 A képesség-érettség és a teljesítmény kapcsolatának vizsgálata	78
5.4.1 A képességterületek egymáshoz viszonyított elhelyezkedésének vizsgálata.....	78
5.4.2 A képesség-érettség és a teljesítmény kapcsolatának vizsgálata	80
5.4.2.1 1. modell: egyszerű képesség-érettség strukturális egyenletek útmodell.....	81
5.4.2.2 2. modell: területenkénti teljesítmény képesség-érettség strukturális egyenletek útmodell	85
5.4.2.3 3. modell: a gyár méretének hatása a képesség-érettség kapcsolatra	88
5.4.2.4 4. modell: a gyár beruházási szintjének hatása a képesség-érettség kapcsolatára.....	90
5.5 A kutatás korlátai és további kutatási irányok	92
6. ÖSSZEFOGLALÁS	93
7. IRODALOMJEGYZÉK.....	97
8. A TÉMÁBAN MEGJELENT SAJÁT KÖZLEMÉNYEK.....	106
9. FÜGGELÉK	107
Függelék 1 – Az esettanulmány képesség-érettség modellje.....	107
Függelék 2 – A teljesítménymutató értékek eloszlása	109
Függelék 3 – A képesség-érettség szintek eloszlása	110
Függelék 4 – A többszemponútú döntési modelleken alapuló teljesítmény rangsorolási módszerek grafikus összehasonlítása	111
Függelék 5 – A képesség-érettség területek közötti korrelációs együtthatók	112
Függelék 6 – A teljesítménymutatók közötti korrelációs együtthatók.....	113
Függelék 7 – A PLS-SEM modell multikollinearitás vizsgálatának eredménye, a varianciainflációs tényezők (VIF) értékei	114

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat	A teljesítmény-mutatók csoportosítása Neely, Gregory és Platts (1995) alapján.....	9
2. táblázat	Élelmiszer ellátási lánc fontosabb teljesítménymutatói Bigliardi és Bottani (2010) alapján.....	13
3. táblázat	Az öt SCOR teljesítmény-mutató csoport (Supply Chain Council 2012).....	15
4. táblázat	A kutatás során vizsgált teljesítménymutatók	48
5. táblázat	A normalizált teljesítménymutatók főbb leíró statisztikai mutatója és fontosságuk AHP súlya (2014 – 2016 évek összesített statisztikája)	63
6. táblázat	A normalizált teljesítménymutatók Shapiro-Wilk teszt szerinti normalitás vizsgálatának eredménye (2014 – 2016 évek összesített statisztikája)	64
7. táblázat	A képesség-érettség szintek főbb leíró statisztikai mutatója (2014 – 2016 évek összesített statisztikája)	64
8. táblázat	A képesség-érettség szintek Shapiro-Wilk teszt szerinti normalitás vizsgálatának eredménye (2014 – 2016 évek összesített statisztikája)	65
9. táblázat	A teljesítménymutatók eloszlásának 2014 és 2016 évek közötti eltéréseinek vizsgálata Kolmogorov-Smirnov és Wilcoxon és Mann-Witney tesztekkel.....	66
10. táblázat	A képesség-érettség szintek eleoszlásának 2014 és 2016 évek közötti eltéréseinek vizsgálata Kolmogorov-Smirnov és Mann-Witney U tesztekkel	66
11. táblázat	A kiválasztott gyárak teljesítmény rangsora és teljesítmény értéke különböző módszerekkel értékelve (2014 év)	67
12. táblázat	A kiválasztott gyárak teljesítmény rangsorának és összesített mutatójának változása 2014 és 2016 között	72
13. táblázat	A 73 gyár átlagos számtani átlag szerint összesített teljesítmény pontszám alakulása különböző módszerekkel vizsgálva.....	72
14. táblázat	A DEA módszer által számolt termelékenységmutatók összehasonlítása a TOPSIS módszer teljesítménymutatóival.....	76
15. táblázat	Az egyszerű strukturális egyenletek útmodelljének útegyütthatói és többszörös determinációs együtthatói az egyes időszakokra	85
16. táblázat	A teljesítmény-területenkénti strukturális egyenletek útmodelljének útegyütthatói és többszörös determinációs együtthatói a 2014-2016 év (összesített) időszakra.....	88
17. táblázat	A teljesítmény-területenkénti strukturális egyenletek útmodelljének útegyütthatói és többszörös determinációs együtthatói az egyes időszakokra	88

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra	A TOPSIS módszer ábrázolása 3 döntési kritériumra (Chang és mtsai., 2010) alapján.....	26
2. ábra	A DEA módszer által meghatározott termelési határterület és egy vállalat ebből levezethető hatékonysága (Bogetoft, 2012) alapján.....	28
3. ábra	A vállalati képességek és teljesítmény kapcsolata 478 brazil vállalat mintáján (McCormack, Bronzo Ladeira és Valadares de Oliveira, 2008) alapján	35
4. ábra	A kutatás során használt hasznossági függvény (saját szerkesztés).....	53
5. ábra	A látens változók útelemezésének modellje (Füstös és Tárnok, 2017b) alapján	58
6. ábra	A TOPSIS módszer szerint összesített összes (TOPSIS.SCORE) és a kizárólag minőség jellegű (TOPSIS.QUAL.SCORE) teljesítménymutatók eloszlása(saját szerkesztésű ábra)	73
7. ábra	A vizsgált gyárak DEA termelékenysége, és teljesítményfejlődésük lehetősége. A hatékony gyárakat „E” jelöli (saját szerkesztésű ábra)	76
8. ábra	A lean képesség területek ALSCAL elemzésének eredménye (2014-2016 évek együttesen, saját szerkesztésű ábra)	79
9. ábra	A lean képesség területek ALSCAL elemzésének eredménye (2014, 2015 és 2016 évek, saját szerkesztésű ábra)	80
10. ábra	A képesség – teljesítmény PLS-SEM modell elvi ábrája (saját szerkesztésű ábra).....	81
11. ábra	1. modell: az egyszerű strukturális egyenletek útmodelljének eredményei 2014-2016 évek összesített adatai (saját szerkesztésű ábra).....	84
12. ábra	2. modell: teljesítmény-területenkénti strukturális egyenletek útmodelljének eredményei 2014-2016 évek összesített adatai (saját szerkesztésű ábra)	87
13. ábra	3. modell: a gyár méretének hatása a képesség-érettség kapcsolatra. 2014-2016 évek összesített adatai (saját szerkesztésű ábra).....	89
14. ábra	4. modell: A beruházások szintjének hatása a teljesítményre, illetve a képesség-érettség és teljesítmény kapcsolatára. 2016 év adatai (saját szerkesztésű ábra).....	91

1. Bevezetés

Napjaink egyre élestedő gazdasági versenyében kiemelkedő fontosságú a vállalatok teljesítményének folyamatos fejlesztése. A szigorodó gazdasági környezet, a globalizáció és az iparági konszolidáció egyre nagyobb elvárásokat támaszt a vállalatokkal szemben. Így a termelő vállalatoknak - dolgozatomban kutatási területének - egy sor területen kell egyidejűleg fejleszteni teljesítményüket, mely elvárások egymásnak sokszor ellentmondónak tűnhetnek. Néhány fontosabb területet kiemelve: javítaniuk kell a minőséget, csökkenteniük a veszteségeket, növelniük a termelékenységet, a rugalmasságot és az innovációs képességet. A globalizáció miatt az utóbbi évtizedekben a nemzetközi termelési hálózatok megerősödtek, hogy globális ügyfeleik egyre növekvő igényeit a világ bármely pontján ki tudják elégíteni. Azok a vállalatok, melyek egy nemzetközi termelési hálózat részei, speciális versenyelőnyvel rendelkezhetnek a piacon egyedül versenyző társaikkal szemben. Versenyelőnyük egyrészt a hálózatban betöltött szerepükből, a hálózat részeként kifejlesztett egyedi képességeikből, specializációjukból származhat. A versenyelőny másik forrása a hálózaton belüli tudás- és technológiatranszfer, illetve a hálózat működéséhez kapcsolódó sajátos folyamatok, mint például a teljesítmény rendszeres összehasonlítása, a benchmarking lehet. E különleges versenyelőny miatt az utóbbi években a termelési-működési stratégia kutatásának területén a nemzetközi termelési hálózatok működtetésével kapcsolatos kérdések különös jelentőséget nyertek.

A gazdasági verseny fokozódásával az utóbbi időszakban számos nemzetközi termelési hálózat indított a hálózat összes gyárára kiterjedő teljesítményfejlesztő programot. Ezen programok egyrészt a kifejezetten rosszul teljesítő gyárak teljesítményének ugrásszerű javítását, másrészt a hálózat egészének teljesítményfejlesztését célozzák meg. A teljesítmény fejlesztésének bevált módja a különböző képesség-érettség modellek alkalmazása, melyek közül a termelés területén a World Class Manufacturing (világszínvonalú gyártás, WCM), a Six-Sigma és a lean folyamatok, mint például a Total Quality Management (teljeskörű minőségbiztosítás, TQM), a Just-in-Time (JIT) és a Total Productive Maintenance (teljeskörű hatékony karbantartás, TPM) a legelterjedtebbek. A teljesítmény mérése elengedhetetlen bármilyen folyamat vagy szervezet hatékony működtetéséhez, így az különösen fontos a teljesítményfejlesztő programok eredményességének figyelemmel kíséréséhez is. A jól

megválasztott teljesítménymutatók segítenek a célok az üzleti ciklus keretében történő kitűzésében, teljesülésük nyomon követésében és így végeredményben a teljesítményfejlesztő program eredményességének értékelésében. A termelési hálózatok teljesítményfejlesztő programjaihoz kapcsolódó teljesítménymérés problémaköre szűk terület, viszonylag kevés kutatás vizsgálja, hogy a helyesen megválasztott teljesítménymutatók rendszere milyen szerepet játszik e programok sikerében. A teljesítmény mérése nem csak azt jelenti, hogy figyelemmel tudjuk kísérni a teljesítményfejlődés mértékét, de az hozzájárulhat ahhoz is, hogy segítségével az egyes vállalatok között egészséges verseny jöjjön létre, meggyorsítva a fejlődést. A túlzott versengésnek azonban árnyoldalai is lehetnek: akadályozhatja a vállalaton belüli tudás-transzfert, ami lassítja a fejlődést. A teljesítménymérésnek így számos elvárásnak kell megfelelni, melyek közül két különösen fontos terület: megmutatni a fejlődés mértékét és a megfelelő teljesítményösztönző hatást elérni. Dolgozatomban a nemzetközi termelési hálózatok teljesítményfejlesztő programjaihoz kapcsolódóan, egy esettanulmányon keresztül azokkal a döntési módszerekkel foglalkozom, melyek segítik e hálózatok teljesítményének mérését, összehasonlítását és fejlesztését.

A vállalati teljesítmény mérésének problémaköre a szakirodalomban jól feldolgozott, Kaplan és Norton (1996) – „The Balanced Scorecard: Measures that Drive Performance” cikke óta általánosan elfogadott nézet, hogy a teljesítménymutatóknak a pénzügyi szempontokon kívül számos más területet is vizsgálniuk kell. Egy kiegyensúlyozott rendszer keretében figyelemmel kell kísérniük a vevők igényeinek teljesülését, a vállalat belső működését, az innovációt és vállalati tanulást érintő szempontokat. A nemzetközi termelési hálózatok teljesítménymutató rendszerének vizsgálatakor elsősorban a működéshez kapcsolódó mutatókra támaszkodom. A pénzügyi mutatók esetében a regionális különbségek - mint pl. az eltérő bérszínvonal – nehezíthetik az összehasonlítást, ezért ezeket csak áttételesen, a költségeket meghatározó működési mutatókon keresztül vizsgálom. A kutatásom során vizsgált teljesítménymutatók három fő csoportba oszthatók: az első csoport a pénzügyi szempontoknak a termelés költségeihez kapcsolódó területét fedi le, melynek működési mutatói többek között a termelésben dolgozó alkalmazottak termelékenysége (létszáma és bérköltsége), az energiafelhasználás, a veszteségek és a karbantartási költségek. A második csoportba tartozó, a minőséggel kapcsolatos mutatóknak nincs közvetlen pénzügyi vetülete, de a vevők elégedettségén keresztül hatással van a vállalat hosszú távú eredményességére. A harmadik csoport, a hatékonysággal kapcsolatos mutatók a gyár

azon képességét jelzik, hogy azok mennyire tudják kihasználni a rendelkezésükre álló erőforrásokat és gyártókapacitást. Ugyan ezen mutatók, a létszámon keresztül áttételesen hatással vannak a termelés költségére is, megkülönböztetésüket az indokolja, hogy a vállalat egy kitüntetett képességét jelzik érzékenyen. A vállalat belső működését és a vállalati tanulást az esettanulmány által alkalmazott lean folyamatok megvalósulását mérő érettségi mutatókon keresztül vizsgálom.

A vállalatok összesített teljesítménymérésének többféle megközelítése létezik. Egyik gyakran alkalmazott megközelítési mód azt többszemponútú döntési problémaként (Multiple-Criteria Decision-Making - MCDM) modellezi, ahol az egyes teljesítmény területek a döntési szempontok míg az egyes vállalatok a döntési alternatívák. A másik gyakori módszer a teljesítmény „benchmarking”, ami az összesített teljesítményt, mint egy a termelési függvényből levezethető termelékenységet értelmezi. Dolgozatomban e két módszer alkalmazásán keresztül vizsgálom, hogy a segítségükkel számított összesített mutatók milyen módon használhatók fel a teljesítményfejlesztő program támogatásában.

A többszemponútú döntési modellek esetében az összesített teljesítménysorrendet vagy összesített teljesítménymutatót egyrészt az egyes mutatók (döntési szempontok) fontossága, másrészt a mutatók sorrendje és értéke határozza meg. A mutatók fontosságának meghatározására Saaty 1977-ben megjelent cikke óta az Analytic Hierarchy Process (AHP) általánosan elfogadott eljárás, dolgozatomban én is ezt alkalmazom. E módszer, feltételezve az eseménytér konvexitását, az egyes mutatók egymáshoz viszonyított fontosságát páros összehasonlításokkal határozza meg és fontossági súlyukat ezen összehasonlítások mátrixjának sajátvektora segítségével számolja ki. A teljesítménymutatók sorrendjét vagy értékét valamilyen transzformáció segítségével lehet figyelembe venni. Dolgozatomban e transzformáció több módszerét vizsgálom: a legegyszerűbb sorrendi skálát alkalmazó de Borda (1781) módszertől kezdve, a lineáris skálát alkalmazó TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, az ideális megoldáshoz való hasonlóság sorrend-preferencia módszere) módszerén át a hasznossági függvényekig, mely utóbbiak alkalmazhatnak nemlineáris transzformációt is. Az transzformáció és az összegzés módszerei nagymértékben befolyásolhatják, hogy az összesített teljesítménymutató milyen hatással van a teljesítményfejlesztési programra, ez különösen igaz kutatásom esettanulmányára, mivel annak teljesítménymutató halmaza nem felel meg a normális eloszlással szemben támasztott követelményeknek.

Az összesített teljesítmény mérésének másik megközelítése, melyet dolgozatomban vizsgálok a teljesítmény „benchmarking”, a termelési függvényeken alapul. A rendelkezésre álló adatokból e módszerek egyik változata, a Data Envelopment Analysis (DEA) becsli a technológiához tartozó határ-termelékenységet, illetve ez alapján az egyes gyáraknak az ehhez viszonyított termelékenységét. A pénzügyi vetülettel rendelkező teljesítménymutatók, mint például a létszám, az energiafelhasználás vagy a veszteségek viszonylag egyszerűen beilleszthetők ebbe a modellbe. A pénzügyi vetülettel közvetlenül nem rendelkező mutatók, mint például a minőség külön megfontolást igényelnek. A termelékenység, az e módszer által számolt összesített teljesítmény igen fontos mutató, mértéke és változása számos belső és külső tényezőtől függ. Ezen tényezők közül a piaci verseny kitüntetett fontosságú, mely a termelékenységet pozitív módon befolyásolja (Syverson, 2011). A piaci verseny esetleges hiányában a teljesítménymutató rendszer által kialakított belső verseny lehet az a tényező, mely ösztönözi a termelékenység fejlesztését.

Az, hogy a képesség-érettség modellek bevezetése és a vállalati teljesítmény között a kapcsolat szoros és pozitív, régóta ismert. Ezt a kapcsolatot számos kutatás vizsgálta, legtöbbjük sajnos mind a képesség-érettség szintjének, mind pedig a vállalati teljesítménynek mérésére szubjektív, kérdőíves felmérést használt (Shah és Ward, 2003; McCormack, Bronzo Ladeira és Valadares de Oliveira, 2008; Rahman, Laosirihongthong és Sohal, 2010; Wickramasinghe és Wickramasinghe, 2017). Habár ezen kérdőívek eredményei statisztikai módszerek által validáltak, megállapításaik pontossága az adatok szubjektív volta miatt kérdéses lehet. Kutatásom során a képesség-érettség és teljesítmény kapcsolatát objektív teljesítménymutatók valamint a lean folyamatok megvalósulását mérő érettségi mutatók felhasználásával vizsgálom, különös tekintettel arra, hogy annak eredményét milyen módon lehet a teljesítményfejlesztő programok támogatására felhasználni. Habár az, hogy az esettanulmány kizárólag egy vállalatcsoport adataira támaszkodik, beszűkíti az eredmények általánosíthatóságát, az objektív teljesítménymutatók, valamint az esettanulmány viszonylag homogén termékportfóliója, technológiája, közös lean képesség-érettség modellje lehetőséget biztosít a zavaró tényezők kiküszöbölésre és ezáltal a képesség-érettség és a vállalati teljesítmény kapcsolatának pontosabb vizsgálatára. A kutatás során nem csak a kapcsolat irányát és erősségét kívánom feltárni, hanem vizsgálni kívánom azt is, hogy azt milyen egyéb tényezők befolyásolhatják. A vizsgálat során - mivel az esettanulmány vállalatainak teljesítménymutatói és képesség-érettség szintje nem felel meg a normális

eloszlással szemben támasztott követelményeknek, és ez beszűkíti a felhasználható módszereket - olyan többváltozós statisztikai eljárásokat használok, melyeket az üzleti gyakorlatban viszonylag ritkán alkalmaznak.

Kutatásom eredményei elsősorban a nemzetközi termelési hálózatok számára lehet hasznos, támogathatja azok teljesítményfejlesztő programjait. A különböző többszemponútú döntési modellen és termelési függvényen alapuló teljesítménymutató rendszerek összehasonlításával, az esettanulmány módszertanát felhasználva kívánok javaslatot adni egy olyan összesített teljesítménymutató rendszerre, mely hiteles képet fest a vállalatok teljesítményéről és a legjobban támogatja a teljesítményfejlesztő programokat. Az elemzés során különös figyelmet fordítok azon esetekre, amikor az egyes módszerek az összesített teljesítmény eltérő rangsorát eredményezik. Ezen rangsor változások vizsgálatán keresztül térképezem fel az egyes módszerek közötti eltéréseket és kívánok javaslatot adni egy optimális rendszerre. Azt is vizsgálom, hogy ezen teljesítménymutató rendszerek és a segítségükkel képzett összesített teljesítménymutatók milyen többlet információt hordozhatnak a vállalatok teljesítmény céljainak jobb meghatározásához, valamint azok teljesülésének jobb figyelemmel kíséréséhez. Végül megvizsgálom azt is, hogy ezen teljesítménymutató rendszereket miként lehet a nemzetközi termelési hálózatok teljesítményfejlesztő programjain túlmutató módon, más területeken is alkalmazni. A képesség-érettség és vállalati teljesítmény kapcsolatának statisztikai módszerekkel történő vizsgálatával meg kívánom erősíteni azt az ismeretet, hogy a vállalati képességfejlesztés különleges szerepet játszik a teljesítmény fejlesztésében. Rá kívánok világítani, hogy ezen kapcsolat statisztikai módszerekkel történő vizsgálata olyan többlet információt biztosíthat a vállalatoknak, mely szerepet játszhat a képesség-érettség modelleken alapuló teljesítményfejlesztő programjaik sikeresebb megvalósításában.

A dolgozat első részében a témában fellelhető nemzetközi irodalmat tekintem át. Elemzem a vállalati teljesítmény mérésével kapcsolatban megjelent cikkeket, valamint a teljesítmény mérésének és összehasonlításának statisztikai módszereit. Részletesen bemutatom a többszemponútú döntési modelleken és a DEA eljáráson alapuló módszereket, megvizsgálom azok különbségeit, esetleges előnyeit – hátrányait. Ezután bemutatom a képesség-érettség modelleket, azoknak a termelésben alkalmazott változatait és alkalmazásukat a vállalati teljesítmény fejlesztésében. Az irodalmi áttekintés a képesség-érettség és a vállalati teljesítmény kapcsolatának vizsgálatára irányuló kutatások ismertetésével zárul, különös tekintettel a fontosabb statisztikai

módszerekre. A kutatási kérdések meghatározása után ismertetem a kutatás módszertanát. Bemutatom az esettanulmány módszertanát, az adatgyűjtés és adatfeldolgozás módszereit, az adatok forrását és a vizsgált vállalat csoport sajátosságait. Ismertetem az adatok elemzésének a kutatás során használt módszereit: a teljesítmény összegzésének a többszemponútú döntési modelleken, az AHP és a DEA módszereken alapuló módszereit; az többdimenziós skálázás; valamint a strukturális egyenletek variancia alapú útmodelljének (Partial Least Squares Structural Equation Modeling, PLS-SEM) módszereit. A kutatási eredmények részben bemutatom az esettanulmány vállalatát, ismertetem a felhasznált adatokat, bemutatom és értelmezem az elemzés során kapott eredményeket és megvizsgálom azok gyakorlati alkalmazhatóságát és általánosíthatóságát. Összefoglalom a kutatás korlátait és a további kutatás lehetséges irányait Dolgozatomat az eredmények összefoglalásával zárom.

2. Irodalmi áttekintés

Az a kijelentés, hogy „amit nem tudunk mérni, azt nem is tudjuk befolyásolni”¹ (Deming, 1994) jól rávilágít arra, hogy bármilyen üzleti folyamat irányításához, így a teljesítmény fejlesztéséhez is számszerűsített adatok szükségesek. A teljesítmény mérése a vállalat működtetése során információt szolgáltat a döntésekhez, illetve azt közvetlenül is befolyásolhatja. A rosszul megválasztott mérce a vállalati stratégiával és célokkal nem összehangolt, azzal ellentétes tevékenységre ösztönözheti a döntéshozókat, ezért nagyon fontos, hogy a teljesítmény mérése az elvárt hatást váltsa ki. (Wimmer, 2004). A vállalati teljesítmény egy olyan fogalom, amiről gyakran beszélnek, de csak ritkán definiálnak (Neely, Gregory és Platts, 1995). Hagyományosan a vállalati teljesítményt pénzügyi mutatókkal mérték, melynek hiányosságaival kapcsolatban már viszonylag korán sok kritika fogalmazódott meg: rövid távú gondolkodásra ösztönöz, nem veszi figyelembe a stratégiai követelményeket, nem segíti elő a folyamatos fejlődést és így nem megfelelő a vállalat hatékony irányításához (Bourne és mtsai., 2000). Kizárólag a pénzügyi mutatókra támaszkodva nem lehet egy vállalatot hatékonyan irányítani, mivel ezen mutatók a cég működésének csak folyományai. Az ok-okozati összefüggések megértéséhez, a hatékony és eredményes döntéshozatalhoz ennél több információra van szükség (Wimmer, 2004). E hiányosságok kiküszöbölésére, a hatékonyabb vállalatirányítás érdekében az 1990-es évek végétől számos teljesítménymérési keretrendszert hoztak létre. Ezen keretrendszereket gyakran a „kiegyensúlyozott”, illetve a „több-dimenziós” jelzővel illetik, melyek a hangsúlyt a nem-pénzügyi, a jövőbe tekintő mutatókra helyezik (Bourne és mtsai., 2000). A kiegyensúlyozottság azt jelenti, hogy a teljesítménymérési rendszer több szempontot vesz figyelembe, valamint az ahhoz felhasznált információk forrása és jellege eltérő (Wimmer és Csesznák, 2012). A következőkben bemutatom, hogy melyek azok a teljesítménymutatók és mutatórendszerek, melyek elősegíthetik egy nemzetközi termelési hálózat gyárainak hatékony teljesítménymérését.

¹ A mondat helyesen és teljesen a következőképpen hangzik: „It is wrong to suppose that if you can't measure it, you can't manage it – a costly myth” (Tangen, 2005)

2.1 A teljesítménymutatók és teljesítménymutató rendszerek

Ahogy Lord Kelvin (1889) írta: „ha valamit meg tudunk mérni és számokkal le tudunk írni, akkor az bizonyítéka annak, hogy tudunk valamit arról, amiről beszélünk. De ha nem tudjuk azt megmérni és számokkal leírni, akkor tudásunk hiányos, nem megfelelő. Lehet, hogy az a tudás valamilyen ismeretnek a kezdete, de az aligha elegendő arra, hogy a tudomány színpadára léphessen, legyen az bármilyen terület”. A fenti idézet a vállalati teljesítményre is érvényes: annak hiányában, hogy azt egy meghatározott szempontrendszer szerint mérni tudnánk, a teljesítményről csak általánosságokban beszélhetünk.

Neely, Gregory és Platts (1995) a vállalati teljesítmény két fő dimenzióját emeli ki: az eredményességet (effectiveness) és a hatékonyságot, gazdaságosságot (efficiency). Az előbbi azt írja le, hogy egy vállalat milyen mértékben elégíti ki vevői elvárásait, míg az utóbbi azt vizsgálja, hogy a vevők igényeinek teljesítése során a rendelkezésére álló erőforrásokat az milyen gazdaságosan használja fel (Wimmer, 2004). Definíciójuk szerint a teljesítmény-mutató egy olyan metrika, ami egy tevékenység hatásosságát és hatékonyságát számszerűsíti, míg a teljesítménymutató rendszer azon teljesítménymutatók összessége, melynek segítségével a vállalat egy bizonyos tevékenység-halmazának hatásosságát és hatékonyságát lehet mérni. Cikkükben a teljesítménymutatókkal szemben számos elvárást fogalmaznak meg: a) a teljesség igényét, vagyis, hogy a mutatók fedjék le az üzleti élet fontos külső, belső, pénzügyi és nem-pénzügyi aspektusait, b) a fejlődés mérésének képességét, c) a rövid és hosszú időtávú változások és hatások vizsgálatát, d) a horizontális és vertikális integrációt és e) a mutatók között fennálló esetleges belső ellentmondások felismerését és feloldását. Ezen kívül felhívják a figyelmet arra, hogy a teljesítménymutatóknak összhangban kell lenniük a vállalat stratégiájával, a vállalati kultúrával, a jutalmazási rendszerrel és tartalmazniuk kell olyan mutatókat is amelyek a vevők elégedettségét és a versenytársakkal kapcsolatos stratégiai tevékenységeket mérik. A teljesítmény-mutatókat négy fő csoportba sorolják, melyeket az 1. táblázat mutat.

Csoport	Példák
Minőség	minőség-teljesítmény, megfelelés az előírásoknak és szabványoknak, a vevők által érzékelt minőség, panaszok, selejt, megbízhatóság
Idő	a szerződött időre történő szállítás (OTIF, on-time in-full), új termékek bevezetésének időtartama, a szállítások-gyártások gyakorisága, hasznos idő és összes idő hányadosa
Költségek	termelési költségek, hozzáadott érték, szolgáltatási költségek
Rugalmasság	új termékek száma, termék-portfólió és volumen, alapanyag-portfólió

1. táblázat A teljesítmény-mutatók csoportosítása Neely, Gregory és Platts (1995) alapján

A **minőség** kategóriával kapcsolatban kiemelik, hogy a hagyományos „megfelelés az előírásoknak” szempont helyett a hibák megelőzésére és a vevők által érzékelt minőségre kell helyezni a hangsúlyt. A idővel kapcsolatos teljesítménymutatókról megjegyzik, hogy azok egyrészt a termelés sarkalatos mérőszámai, másrészt a stratégiai versenyelőny forrásai lehetnek, de használatuk nehézkes. Gyakorlati példákat is mutatnak Azzone, Masella és Bertelè (1991) cikkére hivatkozva, hogy miként lehet idővel kapcsolatos teljesítménymutatókat létrehozni. Ezek közül a hasznos idő és összes idő hányadosa utal a kutatásom során használt teljes berendezés hatékonyság (Overall Equipment Effectiveness, OEE) mutatóra. A költségekkel kapcsolatban felhívják a figyelmet a direkt – indirekt költségek arányának eltolódására az indirekt, általános költségek irányába, az összes költség menedzselésének fontosságára és az ABC (Activity Based Costing) költségelemzés lehetséges alkalmazására. Kiemelik a termelékenységet (total factor productivity), mint egy átfogó teljesítménymutató fontosságát, felhívva a figyelmet annak mérésével kapcsolatos nehézségekre. A rugalmassághoz kapcsolódó mutatók alkalmazására gyakorlati példákat hoznak, bemutatva, hogy azok milyen kapcsolatban állnak a gyártott termékek – felhasznált alapanyagok számával és az ezek közötti átállások hatékonyságával.

Neely, Gregory és Platts (1995) cikkükben teljesítmény-mutató rendszerrel kapcsolatban utalnak Kaplan és Norton (1992) „The Balanced Scorecard: Measures that Drive

Performance” című cikkére, mely szerint a mutató-rendszer megfelelő információt kell, hogy biztosítson a vezetőknek a következő négy kérdés megválaszolására:

- mit gondolnak a tulajdonosok a vállaltról (pénzügyi nézőpont)
- miben kell a vállalatnak kimagasló eredményt nyújtani (belső nézőpont)
- miként tekintenek a vevők a termékekre és szolgáltatásokra (vevői nézőpont)
- hogyan lehet javulni és értéket teremteni (innovációs és tanulási nézőpont)

Kiemelik, hogy ennek a rendszernek erőssége az általános alkalmazhatóság, de hiányzik belőle a versenytársi dimenzió és a rendszer megtervezésének gyakorlati folyamata is elnagyolt. Ez utóbbi probléma feloldására megemlíti Globerson (1985) cikkét, mely a következő elvárásokat támasztja a teljesítménymutató rendszerrel szemben:

- a teljesítménymutatókat a vállalat céljait tükrözve kell megválasztani
- a teljesítménymutatók segítsék hasonló területen működő vállalatok teljesítményének összehasonlítását
- minden egyes teljesítménymutató célja világos legyen
- a teljesítménymutatók adatainak forrás és számításuk módja jól meghatározott legyen
- a mutatókat arányként javasolt megjeleníteni
- a teljesítménymutató értékét a vizsgált terület tudja befolyásolni
- az objektív mutatók jobbak, mint a szubjektívek.

Tangen (2005) cikkében részletes gyakorlati tanácsokat ad az egyes teljesítménymutatók kiválasztására, meghatározására és bevezetésére, valamint kiemel három kerülendő hibát: 1) a mutató, illetve a számítási mód indirekt módon sem szabad, hogy negatív magatartást váltson ki, 2) a mutató ne mérjen olyan dolgot, amelyre a vizsgált személy vagy szervezet nincs hatással és 3) a számítási mód ne tartalmazzon félrevezető súlyozást.

A teljesítménymutató rendszer több, mint a teljesítménymutatók összessége, az számos elvárásnak kell megfeleljen: így például elvárás lehet a mutatók egy összesített mutatóvá történő összegzése, az eredmények időbeni változásának figyelemmel kísérése vagy a rendszer működtetésének elfogadható költsége. Neely, Gregory és Platts (1995) cikke nem ad javaslatot a mutatók összegzésére, melynek hiányát Rangone (1996) is megemlíti cikkében. Ő az Analytic Hierarchy Process (AHP) módszert javasolja egy

összesített teljesítménymutató létrehozására, mely módszert a „2.2 Az összesített teljesítmény mérése” részben mutatom be. Bourne és munkatársai (2000) cikkükben a teljesítménymutatók használatával szembeni ellenérzéseiket taglalják, azokat a rendszer működtetésének magas költségére és a felsővezetés elkötelezettségének hiányára vezetve vissza. Felhívják a figyelmet a mutatók és az azokhoz tartozó célértékek rendszeres felülvizsgálatának szükségességére is, melynek célja, hogy összehangolja azokat a vállalat stratégiájával. Szükséges, hogy a mutatók és az azokhoz tartozó célértékek kövessék a vállalat stratégiáját és a változó üzleti környezetet.

A teljesítménymutatók kiválasztásának, meghatározásának és a rendszer megtervezésének egy lehetséges módját mutatja be Suwignjo, Bititci és Carrie (2000) melyhez a mentális térképek (cognitive maps) és Rangone (1996) munkáját követve az AHP módszereket használják. Javaslatuk szerint a vállalati teljesítményre ható tényezők meghatározása a teljesítménymutató rendszer kialakításának kritikus része. Mivel ezek a tényezők sokszor nem nyilvánvalók, meghatározásuk nem egyszerű feladat. Azokat különböző személyek különböző módon értelmezhetik, ezért a mentális térképek segítséget nyújthatnak ezen tényezők meghatározásához. Cikkükben a teljesítményre ható tényezőket három csoportba sorolják, melyek a) közvetlen hatással, b) közvetett hatással és c) visszahatással lehetnek a teljesítményre. Az így feltérképezett tényezőket hierarchiába javasolják rendezni, ahol a közvetett hatással bíró tényezők a közvetlen hatással bíró tényezők alá vannak rendelve. Az egyes tényezők fontosságát a „2.2 Az összesített teljesítmény mérése” részben részletesen bemutatásra kerülő páros összehasonlítás módszerével javasolják megállapítani. Módszerük segítségével a teljesítményt befolyásoló tényezők közötti kapcsolat jobban megérthető és azon tényezők, melyek többszörös vagy áttételes hatással vannak a teljesítményre számszerűsíthetők, illetve egy mutatóba összevonhatók.

A termelésnek egy tágabb értelemben vett területét, az termelési hálózatok teljesítménymutató rendszereit vizsgálta Chan és Qi (Chan, 2003; Chan és Qi, 2003), kvantitatív és kvalitatív mutatókat felhasználva. A kvantitatív mutatókba a költségeket (disztribúciós, termelési, készlet, raktározási, adó jellegű, rezsi és egyéb költségek) valamint a rendelkezésre álló erőforrások (munkaerő, berendezések kapacitása és energia) kihasználtságát vették. A kvalitatív mutatók csoportjába a minőséget (vevői elégedetlenség, a vevői igények kielégítésének válaszüzeje, az időben történő és teljes szállítás és a készlethiány), a rugalmasságot (a változó vevői igények kielégítésének képessége mennyiségben, termék-szortimentben, a munkaerő, a berendezések, az

alapanyagok és a szállítás változtatásával) valamint olyan fogalmakat, mint transzparencia, bizalom és innovációs képesség vették. A nagy számú mutató összegzését az AHP módszer segítségével végezték, második cikkükben azt a “fuzzy” módszerrel kiegészítve. Megállapításaikban felhívják a figyelmet arra a tényre, hogy különböző termelési hálózatok optimális konfigurációja eltérő lehet, ezért az egyes teljesítménymutatók fontosságát mindig az adott termelési hálózathoz kell meghatározni és súlyozni az AHP módszert felhasználva. A “fuzzy” módszert azért alkalmazták, hogy figyelembe tudják venni az egyes teljesítménymutatók értéket befolyásoló körülményeket és múltbeli értékeket. A teljesítmény-mutató szerves része a teljesítmény értékelő panel, akik minden egyes mutatóhoz megállapítanak egy skálát, mely tartalmazza a legrosszabb és az elérhető legjobb vagy elvárt értéket. A teljesítmény-mutatókat az értékelő panel tagjai ezen a skálán értékelik, emiatt a rendszer nagyfokú szubjektív elemet tartalmaz. A fuzzy módszer különösen akkor lehet hasznos, ha az értékeléssel kapcsolatban felmerülhet többek között a pontatlan vagy torzított megfigyelés, a túláltalánosítás, a szelektív észlelés és az ún. halo-effektus, vagyis amikor az érzékelésből egy másik tulajdonságra teszünk feltételezéseket (Kása és Réthi, 2017).

Bigliardi és Bottani (2010) élelmiszeripari termelési hálózatok teljesítményének mérését vizsgálta melyet a “Balanced Scorecard” módszertan alapján hoztak létre. A kutatás során olasz élelmiszeripari ellátóláncok részére alkottak egy teljesítménymutató rendszert egyetemi oktatók és termelési szakemberek. A mutatók kiválasztásához a szakirodalom által összeállított kérdőíveket használták, melynek eredményeit a szakemberek a Delphi-módszer (Brown, 1968) segítségével dolgozták fel. A módszer alapján a szakemberek a csoport előtt kifejtették véleményüket az első kérdőíven szereplő különböző teljesítmény-mutatókról, majd a megbeszélés alapján egy második kérdőívet állítottak össze, melynek eredményeit egy második megbeszélés után véglegesítették és rangsorolták. A Delphi-módszer segít konszenzust teremteni a nagyszámú teljesítmény-mutató kiválasztásában. A kiválasztott teljesítménymutatókat két élelmiszeripari ellátóláncon tesztelték és validálták. A kutatás a mutatók értékeinek meghatározására és esetleges összegzésére sajnos nem tartalmaz utalást, az a mutatók gyűjteményére szorítkozik. A fontosabb teljesítménymutatókat a 2. táblázat tartalmazza. A mutatókból látszik, hogy jelentős számú a kvalitatív mutató, mely magában hordozza a szubjektív értékelés problémáját.

Csoport	Főbb teljesítmény-mutatók
pénzügyi nézőpont	egy működési órára eső költség, a befektetés megtérülése, a költségvetéstől való eltérés, beszállítói költségcsökkentési programok
belső nézőpont	megrendelések ciklusideje, a gyártás-ütemezésének ciklusideje és megvalósulása, beszállítói selejt, összes készlet-érték, szállítások gyakorisága, az előrejelzések pontossága
vevői nézőpont	vevői kérdések megválaszolásának ideje, megrendelések átfutási ideje, kiszállítások átfutási ideje és teljesítése, megbízhatósága, a kiszállítás-tervezés hatásoossága, a szállított termékek minősége, a vevők által érzékelt termék érték, a különös vevői igények teljesítésének rugalmassága, sürgős vevői igények kielégítésének képessége
innovációs és tanulási nézőpont	a beszállítók támogatása műszaki és minőségi problémák megoldásában, vevői – beszállítói együttműködés problémák megoldásában, a megrendelések leadásának módja, az információ-megosztás szintje

2. táblázat Élelmiszer ellátási lánc fontosabb teljesítménymutatói Bigliardi és Bottani (2010) alapján

Az operatív folyamatokhoz kapcsolható teljesítménymutatók szerepe az utóbbi időben ugyan növekedett, de továbbra is problematikus, hogy a cégek azt mérik, ami relatíve könnyen mérhető és a fókuszpontok nem feltétlenül egyeznek a vállalat stratégiájával. Különbséget kell tenni azon teljesítménymutatók között melyeket könnyű nyomon követni vagy használatuk általánosabban elterjedt, és azok között, melyek jobban rávilágíthatnak valamilyen stratégiaiilag fontos működésre, de esetleg nehezebb azt nyomon követni vagy mérése nem annyira elterjedt (Zoltayné, Wimmer és Szántó, 2007). Így számos olyan teljesítménymutató létezik, melyet a legtöbb vállalat fontosnak tart, alkalmaz, de az adott üzleti kontextusban nem szolgáltatnak elegendő információt (Schmenner és Vollmann, 1994). Wimmer (2004) cikkében a teljesítménymutatók rendszerével kapcsolatban egy olyan keretrendszert állít fel, mely segít vizsgálni, hogy az mennyiben támogatja az értékteremtő folyamatokat. Keretrendszere három fő elemből áll. Az orientáció leírja a teljesítménymérés fő célját és szerepét, ami lehet például ellenőrzés, beszámoltatás, a visszacsatolások biztosítása, a döntések támogatása vagy a tervezés elősegítése. A kiegyensúlyozottság a teljesítménymutató rendszer összhangját értékeli: mennyire tartalmazza az a versenytényezőket, alkalmazza-e a folyamatszémleletet és a felhasznált információ mennyire épül belső-külső, illetve

szubjektív-objektív elemekre. A keretrendszer harmadik eleme, a konzisztencia pedig azt vizsgálja, hogy az egyes teljesítménymutatók fontossága és használata mennyire egyezik a vállalat stratégiájával. A fenti követelményeknek való megfelelés egy kiegyensúlyozott, az egész vállalatot átfogó folyamatot feltételez.

Akyuz és Erkan (2010) és cikkükben a termelési hálózatok teljesítménymérésének irodalmát tekintették át, különös tekintettel a teljesítménymutató rendszerek céljaira, problémáira és velük szemben megfogalmazott elvárásokra. A teljesítmény mérésének céljait Gunasekaran és Kobu (2007) cikke alapján a következő pontokban foglalják össze:

- azok rávilágítanak a sikerre
- megmutatják, hogy a vevők elvárásai teljesültek-e
- segítenek jobban megérteni a folyamatokat
- segítenek azonosítani a szűk keresztmetszeteket, veszteségeket, problémákat és fejlődési lehetőségeket
- elősegítik a tényeken alapuló döntéshozatalt
- elősegítik a fejlődést és annak nyomon követését
- elősegítik a nyílt és átlátható kommunikációt.

Egy modern teljesítmény-mutató rendszerrel szemben Akyuz és Erkan (2010) a következő főbb elvárásokat a fogalmazza meg:

- a vállalat stratégiáján és céljain alapuljon és tükrözze a vállalati teljesítmény lényegét, legyen koherens és transzparens
- a pénzügyi és nem-pénzügyi, valamint a stratégiai, taktikai és működési mutatókat arányosan képviselje
- a hasonló vállalatok mutatói összehasonlíthatók legyenek
- a mutatók célja, adatainak forrása és számításuk módja világos legyen, azok legyenek megbízhatóak és érvényesek
- tegye lehetővé célok kitűzését és az adatok összegzését – szétbontását, valamint rangsorolását és súlyozását
- a mutatók legyenek mentesek átfedésektől
- legyen képes bonyolult állandó költség struktúrák kezelésére
- a mutatók legyenek egyszerűek, és inkább hányadosok formájában kifejezettek, mint abszolút számokban

- a nem-pénzügyi mutatók élvezzenek elsőbbséget az aggregált pénzügyi mutatókkal szemben. hogy azok alapján a szervezet cselekedni tudjon
- segítse elő a proaktív hozzáállást, gyors visszacsatolást és folyamatos fejlődést
- legyen felülvizsgálható és támogassa a szervezeti tanulást.

Cikkükben a kutatások eredményeit összefoglalva megállapítják, hogy a teljesítménymutató rendszerek fő problémái a teljesség és a vállalati stratégia leképezésének hiánya, az inkonzisztencia, valamint a pénzügyi és működési teljesítménymutatók aránytalansága lehet. Cikkük összefoglalásában megjegyzik, hogy az ellátási láncok számára kidolgozott modell, a SCOR (Supply Chain Operations Reference Model) (Supply Chain Council, 2012) segíthet a fent megfogalmazott elvárások elérésére. A SCOR az ellátási lánc teljes területét felöleli a beszállítók által biztosított termékek beérkezésétől a késztermék kiszállításának logisztikájáig, beleértve az alapanyagok feldolgozását, a gyártást és az ellátási lánc folyamatainak támogatását, valamint a hozzá kapcsolódó tervezést. A SCOR az ellátási láncok számára kidolgozott teljesítménymutatókat öt csoportba sorolja, melyek a következők (3. táblázat):

Teljesítmény jellemző	Magyarázat
megbízhatóság (reliability)	annak a képessége, hogy egy feladat az elvárt módon kerül végrehajtásra. tipikus mutatók: időben, megfelelő minőségben, megfelelő mennyiségben (OTIF)
sebesség (responsiveness)	a feladatok elvégzésének sebessége. tipikus mutató: ciklusidő
agilitás (agility)	a külső hatásokra való reagálás képessége. tipikus mutatók: rugalmasság, alkalmazkodó-képesség
költségek (costs)	az ellátási lánc működtetésének költsége. tipikus mutatók: az eladott áruk teljes költsége (Cost of Goods Sold COGS)
eszközök hatékonysága (asset management efficiency)	a vállalat álló és forgóeszközei hatékony kihasználásának képessége. tipikus mutatók: készlet-szint (napok), kapacitás-kihasználtság

3. táblázat Az öt SCOR teljesítmény-mutató csoport (Supply Chain Council 2012)

A rendszer részletes definíciót tartalmaz nagyszámú teljesítménymutatóra, elősegítve a hasonló profilú vállalatok teljesítményének objektív módon történő összehasonlítását. Ezek a teljesítménymutatók az ellátási lánc tipikus folyamataihoz vannak rendelve – beleértve a kiszolgáló és támogató folyamatokat is mint pl. a termelésstervezés - megkönnyítve bevezetésüket. A SCOR javaslatot ad folyamatok és a hozzájuk tartozó teljesítménymutatók osztályozására is, abból a szempontból, hogy melyek segíthetnek a vállalat működését ugrásszerűen javítani.

Kocaoğlu, Gülsün és Tanyaş (2013) az összesített vállalati teljesítmény SCOR teljesítmény-mutatókon alapuló összehasonlítását vizsgálta, az AHP és a TOPSIS módszerek felhasználásával. Kutatásukban felhasznált fontosabb mutatók: 1) a megbízhatósággal kapcsolatban az ígért időpontra, illetve 24 órán belül készletről történő kiszállítások aránya, 2) a sebességgel kapcsolatban a megrendelések teljesítésének ideje (napokban) 3) a rugalmassággal kapcsolatban a nem tervezett 20%-os volumen-növekedés teljesítésének képességét (napokban) és azt, hogy milyen mértékű volumen-csökkenést képes a vállalat kezelni a készletek növekedésének problémája nélkül, 4) a költségekkel kapcsolatban az eladott áruk teljes költsége, a menedzsment költségeket a termelékenység növekedésének mértéke, végül 5) az eszközök hatékonyságával kapcsolatban a készletek mennyisége (napokban), a készpénz forgási sebessége (napokban) valamint a nettó eszközök forgási sebessége. A felsorolásból látható, hogy kutatásukhoz kizárólag objektív módon mérhető, jól definiált teljesítménymutatókat választottak. Az adatok összegzése során az AHP páros összehasonlítások módszerét alkalmazták az egyes teljesítménymutatók egymáshoz viszonyított fontossági súlyának megállapításához, míg a TOPSIS módszerrel rangsorolták az egyes vizsgált időszakokat, hogy azok mennyire felelnek meg az ideális állapotnak. A kutatás eredményeként egy összesített teljesítményértéket sikerült meghatározniuk minden vizsgált alternatívára, ami megmutatta, hogy az adott alternatíva (időszak) teljesítménye mennyire közelíti meg az ideálist.

A vállalati teljesítménymérés irodalmának elemzéséből levonható, hogy egy eredményes teljesítménymutató rendszer a pénzügyi és nem-pénzügyi mutatókat arányosan tartalmazza, az objektív, jól definiált mutatókat részesíti előnyben és összhangban van a vállalat stratégiájával és céljaival. A mutatók segítenek jobban megérteni a folyamatokat, elősegítik a tényeken alapuló döntéshozatalt és rávilágítanak a sikerre, elősegítik a fejlődés nyomon követését. Azok mentesek az átfedésektől, elősegítik hasonló vállalatok teljesítményének összehasonlítását és lehetővé teszik az

adatok összegzését. Számos módszer használható a mutatók összegzésére, egy összesített teljesítménymutató meghatározására. Az összesített mutató elősegítheti a vállalatok teljesítményének összehasonlítását, illetve a teljesítmény időbeli változásának nyomon követését. A teljesítménymutató rendszerekkel kapcsolatban fontos, hogy az milyen módon épül be a vállalat mindennapos működésébe. Ha a mutatókhoz számszerűsített célértékeket tűznek ki, teljesülésüket nyomon követik, illetve azokat időszakosan felülvizsgálják, az elősegíti a tényeken alapuló döntéshozatalt, a szervezeti tanulást és a folyamatos fejlődést.

2.2 Az összesített teljesítmény mérése

A teljesítménymutatókat számos okból összegezhethetjük: ennek célja egyrészt lehet a vállalatok teljesítmény rangsorának meghatározása, de lehet az akár az összesített teljesítmény skálán való ábrázolása is, a teljesítmény-különbségek mértékének megállapítása céljából. Ho, Xu és Dey (2010) cikkében a beszállítók értékeléséhez és kiválasztásához kapcsolódó beszállítói teljesítmény mérésével kapcsolatban foglalja össze a teljesítménymutatók összegzésének különböző módszereit. Ebben a speciális környezetben a kutatók a Data Envelopment Analysis (DEA) módszerét találták a legnépszerűbbnek, melyet a lineáris programozás különböző módszerei, majd a többszemponútú döntési modelleken alapuló módszerek, mint az Analytic Hierarchy Process (AHP) vagy az Analytic Network Process követtek. Ezen módszerek közül kutatásom számára két csoport különösen fontos: az első, a többszemponútú döntési modelleken alapuló módszerek az egyes teljesítménymutatókat döntési változókként kezelik, és az összesített rangsort, vagy összesített teljesítménymutatót azok valamilyen transzformációja által képzik. A második módszer, a DEA a termelési függvényeken alapul és a kiválasztott teljesítménymutatókat, mint a vállalat bemeneti (input) vagy kimeneti (output) paramétereit értelmezi. A módszer a vizsgált vállalatokhoz tartozó technológiához megbecsüli azt a hatékony határterületet, ami az azonos bemeneti paraméterekhez tartozó legnagyobb észlelt kimeneti paramétereket jelenti. Az egyes vállalatok összesített teljesítménymutatója a hatékony határterülethez viszonyított termelékenységét jelenti.

2.2.1 Többszemponútú döntési modellek

Többszemponútú döntési modelleket az élet számos területén alkalmazunk olyan döntési problémákra, amikor különböző lehetőségek közül kell választanunk és ezeket az alternatívákat kell sorba rendeznünk, vagy egymáshoz viszonyított mértéküket kell megállapítanunk. A közgazdaságtudomány egy fontos ága ez a terület, mely az elmúlt század közepe óta jelentős fejlődésen ment keresztül (Pomerol és Barba-Romero, 2000). A többszemponútú döntési modellek során a választási lehetőségeket döntési alternatíváknak, míg a választás szempontjait döntési kritériumoknak nevezzük. Dolgozatom kontextusában a döntési alternatívák az egyes vállalatok, míg a döntési szempontok az egyes teljesítménymutatók. A döntési modell célja meghatározni a legjobb (összesített) teljesítménnyel rendelkező vállalatot, a vállalatok (összesített) teljesítmény sorrendjét, illetve a vállalatok (összesített) teljesítményének egymáshoz viszonyított mértékét. Különbséget kell tenni a többszemponútú döntési modellek ilyen módon történő megközelítése és a többcélú optimalizáláson, mint pl. a lineáris programozáson alapuló megoldások között. Az első, a dolgozatomban alkalmazott megközelítés feltételezi, hogy az alternatívák közül optimális megoldásként kizárólag egyet választhatunk, míg az optimalizáción alapuló megközelítés megengedi az alternatívák tetszőleges kombinációját is optimális megoldásként. A döntési modellt általában a következő formában definiálják, melyet döntési mátrixnak vagy teljesítmény táblának neveznek:

	C_1	C_2	\dots	C_j	\dots	C_n
A_1	a_{11}	a_{12}	\dots	a_{1j}	\dots	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	\dots	a_{2j}	\dots	a_{2n}
\vdots	\vdots					\vdots
A_i	a_{i1}	a_{i2}		a_{ij}		a_{jn}
\vdots	\vdots					\vdots
A_m	a_{m1}	a_{m2}	\dots	a_{mj}	\dots	a_{mn}

ahol $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m$ a döntési alternatívák (az egyes vállalatok), $C_1, C_2, \dots, C_j, \dots, C_n$ az döntési szempontok (az egyes teljesítménymutatók), míg $a_{11}, \dots, a_{ij}, \dots, a_{mn}$ a döntési szempontok egyes döntési alternatívákra meghatározott értéke. A többszemponútú döntési modellek módszere a döntéshozó preferenciái alapján rendezi sorba az egyes alternatívákat, melyet preferencia relációkkal írhatunk le. Egy

döntési kritérium, pl. a C_1 esetében feltételezzük, hogy a döntéshozó rendelkezik az egyes alternatívákra ($a_{11}, \dots, a_{i1}, \dots, a_{m1}$) vonatkozó preferenciákkal, mely bármely tetszőleges (a_{k1}, a_{i1}) párra a következő három eset lehet

- A_1 alternatíva szigorúan preferált A_i alternatívához képest C_1 szempont szerint $a_{k1} > a_{i1}$
- A döntéshozó indifferens az A_1 és A_i alternatívával kapcsolatban C_1 szempont szerint $a_{k1} \sim a_{i1}$
- A_1 alternatíva nem összehasonlítható A_i alternatívával C_1 szempont szerint $a_{k1} ? a_{i1}$

Ugyanez a bináris reláció úgy is előállítható, hogy a szigorú preferencia helyett az „ a_{k1} nem rosszabb mint a_{i1} ” tulajdonságot leíró $a_{k1} \succcurlyeq a_{i1}$ relációt használjuk. Ekkor az előző három eset a következőképpen írható le:

$$a_{k1} \succcurlyeq a_{i1} \text{ de } NEM (a_{i1} \succcurlyeq a_{k1}) \Rightarrow a_{k1} > a_{i1}$$

$$a_{k1} \succcurlyeq a_{i1} \text{ és } (a_{i1} \succcurlyeq a_{k1}) \Rightarrow a_{k1} \sim a_{i1}$$

$$NEM (a_{k1} \succcurlyeq a_{i1}) \text{ és } NEM (a_{i1} \succcurlyeq a_{k1}) \Rightarrow a_{k1} > a_{i1}$$

Az alternatívákra a preferencia rendezés **teljes**, ha a döntéshozó minden egyes párra meg tudja határozni, hogy $a_{k1} \succcurlyeq a_{i1}$, vagy $a_{i1} \succcurlyeq a_{k1}$, vagy mindkettő, **tranzitív**, ha $a_{k1} \succcurlyeq a_{i1}$ és $a_{i1} \succcurlyeq a_{j1}$ akkor $a_{k1} \succcurlyeq a_{j1}$, valamint **reflexív**, ha $a_{k1} \succcurlyeq a_{k1}$ illetve $a_{k1} \sim a_{k1}$. E három feltétel teljesülése esetén gyenge rendezésről beszélünk. A gyenge rendezés esetében létezik egy olyan $u(x)$ hasznossági függvény, mely reprezentálja a preferencia relációt:

$$a_{k1} \succcurlyeq a_{i1} \Rightarrow u(a_{k1}) > u(a_{i1}) \text{ és}$$

$$a_{k1} \sim a_{i1} \Rightarrow u(a_{k1}) = u(a_{i1})$$

Ezzel a hasznossági függvény segítségével írhatjuk le a döntéshozó adott döntési kritériumra vonatkozó preferenciáját és számolhatjuk ki a preferencia sorrendet a meghatározott döntési kritérium adott alternatívára vonatkozó értékéből.

A végeredményt - ami lehet az összesített preferencia sorrend, vagy egy összesített teljesítmény érték – a döntési alternatíváknak az egyes döntési kritériumok szerint meghatározott preferencia sorrendjéből, illetve a hasznossági függvények értékeiből valamilyen módon történő összegzéséből kaphatjuk meg. A végeredmény meghatározásának kivételes esete lehet, ha egy alternatíva minden kritérium szerint a

legjobb. Ezt az esetet a dominancia vizsgálatnak nevezzük és az alternatívát, mely minden kritérium szerint a legjobb, leginkább preferált domináns vagy domináló alternatívának, míg azt, mely minden kritérium szerint a legrosszabb, legkevésbé preferált, dominálnak vagy inferiornak nevezzük. Az összesített preferencia sorrend megállapításánál figyelembe kell azt is venni, hogy a döntési kritériumok fontossága egymástól eltérő lehet. A fontossági súlyok ismeretében alkalmazhatunk különböző heurisztikákat is mint pl. a lexikografikus rendezést, mely esetben a legfontosabb döntési kritérium szerint a leginkább preferált alternatíva a győztes, amennyiben az e kritérium szerint több alternatíva ugyanolyan mértékben preferált, akkor a soron következő fontosságú kritérium szerint a leginkább preferált alternatíva a győztes stb. Az összesített teljesítmény sorrendet képezhetjük az egyes alternatívák hasznossági függvény értékeinek fontossági súlyokkal súlyozott valamilyen módon történő összegzésével is. A hasznossági függvény értékeinek összegezhetsége feltételezi a döntéshozó preferenciáinak additivitását (Fishburn, 1967), vagyis azt, hogy az összesített preferencia-sorrendet az egyes döntési változók preferencia-sorrendjének összegeként képezhetjük, illetve, hogy a döntéshozó preferenciája a mutatók értékeivel arányos. Dolgozatomban négy összegzési módszert vizsgálok részletesebben a vállalatok teljesítmény sorrendjének megállapítására, melyek mind ún. kompenzációs módszerek, a végeredmény megállapításához figyelembe veszik az összes döntési kritériumot, azokat egymással felcserélhetőnek, egymást „kompenzálónak” tekintve.

Fontos megjegyezni, hogy az emberek a gyakorlatban nem feltétlenül a fentebb leírt, kompenzációs módon hozzák meg döntéseiket, mikor véges számú alternatíva közül, több döntési kritériumot figyelembe véve kívánják kiválasztani a legjobbat, illetve megállapítani az egyes alternatívák preferencia sorrendjét és egymáshoz való viszonyukat. Számos kutató szerint bizonyos körülmények között a heurisztikus döntéshozatali módszerek jobb eredményre vezetnek, mint a kompenzációs módszerek (Kurz-Milcke és Gigerenzer, 2007; Gigerenzer és Gaissmaier, 2011), bár Kahneman és Tversky (1982) felhívja a figyelmet az ezen módszerek gyakori alkalmazásakor elkövetett hibákra, melyek közül a bizonytalanság mellett hozott döntések esetében kiemelik a túlzottan reprezentált esetekhez kapcsolódó elfogultságot, a minta méretének figyelmen kívül hagyását vagy a véletlen események félreértelmezését. A heurisztikus (döntéshozatali) módszerekre Gigerenzer és Gaissmaier (2011) a következő definíciót adja: A heurisztika egy olyan stratégia, mely a rendelkezésre álló információ egy részének figyelmen kívül hagyásával célozza meg a gyorsabb, takarékosabb és/vagy

pontosabb meghozatalát a bonyolultabb és összetettebb módszerekkel összevetve. Véleményük szerint a heurisztikus módszerek előnye közé tartozik azok gazdaságossága, robusztussága (a modellezési és számítási hibák kevésbé befolyásolják) és az, hogy (bizonyos körülmények között) a kevesebb információ jobb döntésekhez vezethet. A döntéshozónak tisztában kell lenni a heurisztikus módszerek lehetséges előnyeivel, de az alkalmazásukhoz kapcsolódó veszélyekkel is, hogy a rendelkezésre álló erőforrások felhasználásával a legjobb döntést hozhassa meg.

2.2.1.1 A teljesítmény rangsorolása Borda módszerrel

A teljesítménymutatók összesített rangsorát legegyszerűbben a Borda módszerrel (de Borda 1781) határozhatjuk meg. Minden egyes döntési kritériumra (teljesítménymutatóra) megállapítjuk a döntési alternatívák (vállalatok) sorrendjét és a ehhez sorrend-pontszámokat rendelünk úgy, hogy a legjobb teljesítményű vállalatnak adjuk a legalacsonyabb pontszámot, az ezt követőnek eggyel nagyobbat és így tovább. Holtverseny esetén a pontokat az azonos teljesítményű vállalatok között szét kell osztani (Kendall, 1970). A holtverseny ilyen módon történő kezelésének előnye, hogy a sorrendpontok összege állandó marad függetlenül a holtversenyek meglététől és számától. Az összesített sorrendet az egyes sorrendekhez rendelt pontszámok összegeként határozzuk meg, ahol a legnagyobb összesített teljesítményt a legalacsonyabb összpontszám, míg a legalacsonyabb teljesítményt a legnagyobb összpontszám jelenti. A módszer kompenzációs, sorrendi skálát alkalmaz és teljes rangsort állít fel. Jól ismert problémája a módszernek az „irreleváns alternatívák függetlensége” (Arrow, 1951), ami azt jelenti, hogy a végső sorrend nem az alternatíváktól maguktól, hanem kizárólag azok sorrendjétől függ. Ezt mutatja az is, hogy bizonyos alternatívák eltávolításával a döntés végső sorrendje megváltozhat, akkor is, ha az egyes döntési kritériumok szerinti sorrendek nem változtak. Kutatásom kontextusában az alternatívák eltávolítása nem valós probléma, de az alternatívák együttműködése jobb összesített végeredmény céljából problémaként felmerülhet. A módszer további hiányossága, hogy nem veszi figyelembe az egyes teljesítménymutatók közötti esetleges fontossági és értékbeli különbségeket, ami gyengítheti az így kapott végeredmény hitelességét. A módszer egy lehetséges továbbfejlesztett változata – megtartva a sorrendi skálát – a Data Envelopment Analysis, mint rugalmas súlyozási módszer segítségével

veszi figyelembe a döntési kritériumok fontossága és a sorrend egyes elemei közötti értékbeli különbségeket (Cook és Kress, 1991).

2.2.1.2 A teljesítménymutatók fontosságának megállapítása AHP módszerrel

A többszemponútú döntési modellek sokak által egyedülinek hitt összegzési módszere a mutatókból valamilyen transzformáció (normalizálás) után, a fontossági súlyokkal számított súlyozott összeg kiszámítása (Pomerol és Barba-Romero, 2000). A normalizálást több módon végezhetjük a legismertebbek a következők (Pomerol és Barba-Romero, 2000):

$$v_i = \frac{a_i}{\max a_i}$$
$$v_i = \frac{a_i - \min a_i}{\max a_i}$$
$$v_i = \frac{a_i}{\sum_i a_i}$$
$$v_i = \frac{a_i}{\sqrt{\sum_i a_i^2}}$$

ahol $a = (a_1, a_2, \dots, a_i)$ a teljesítmény-mutató értékek vektora, míg $v = (v_1, v_2, \dots, v_i)$ a normalizált értékek vektora. A leggyakrabban használt módszer az 1. ami megtartja az eredeti értékek közötti arányokat, de nem feltétlenül használja a teljes [0,1] skálát. A 2. módszer kihasználja a teljes [0,1] skálát, de nem tartja meg az eredeti értékek közötti arányokat. A 3. és 4. módszereket ritkábban alkalmazzák, a 3. módszer abból a szempontból érdemel figyelmet, hogy azt a következő pontban ismertetett TOPSIS módszer is alkalmazza.

A döntési változók eltérő fontosságát többféle módon lehet figyelembe venni, pl. azok preferencia sorrendjének meghatározásával és sorrendi skálán történő ábrázolásával. Ahhoz, hogy kompenzációs összegző módszert kapjunk, a döntési kritériumok fontossága közötti különbségeket arányskálán kell ábrázolnunk, hogy az az egyes kritériumok közötti kompenzációs arányokat meg tudja jeleníteni. A fontossági súlyok meghatározásának módszerei egyes eltérő eredményeket adnak, mely hatással van a végeredményre (Schoemaker és Waid, 1982). A döntési kritériumok eltérő fontosságának arányskálát felhasználó meghatározásának legegyszerűbb módszerei közé

tartoznak a direkt módszerek, mint pl. a preferencia sorrendhez rendelt sorrend pontszámoknak a pontszámok összegével képzett aránya, vagy a kritériumok fontosságának egy előre meghatározott skálán történő (direkt) értékelése. Ezek a direkt módszerek eredménye nagymértékben szórhat, attól függően, hogy milyen módon fogalmazták meg a problémát és milyen módon prezentálták azt (Pomerol és Barba-Romero, 2000). A fontossági súlyok pontosabb meghatározására dolgozta ki Saaty az 1970-es évek végén az Analytic Hierarchy Process (AHP) módszerét (Saaty, 1977, 1986, 1990), mely páros összehasonlításokon alapul. A teljesítménymutatók relatív fontosságának megállapításához azokat egy hierarchiába rendezzük, majd a hierarchia egyes csomópontjaiba tartozó elemeket páronként összehasonlítjuk egy 1-9-ig terjedő Likert-skála segítségével. A skálán 1 azt jelenti, hogy a két kritérium (teljesítménymutató) fontossága megegyezik, 3 azt jelenti, hogy az első valamivel fontosabb, mint a második, 5 fontosabbat, 7 sokkal fontosabbat, míg 9 extrém módon fontosabbat jelent. Amennyiben a fontosság sorrendje ellentétes, úgy 1/3, 1/5, 1/7 és 1/9 értékeket adunk és használhatjuk a köztes 2, 4, 6, 8 értékeket is az értékelés finomítására. Az összehasonlítások eredményét a következő négyzetes mátrixban ábrázoljuk:

$$\begin{array}{c}
 C_1 \quad C_2 \quad C_n \\
 \begin{array}{c}
 C_1 \\
 C_2 \\
 C_n
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_n \\
 w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_n \\
 w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_n
 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

ahol $C_1, C_2 \dots C_n$ az egyes teljesítménymutatók míg $w_1/w_1 \dots w_n/w_n$ az $i, j = 1, \dots, n$ az i -ik teljesítmény-mutatónak a j -ik mutatóval történő párosan összehasonlításának eredménye. A $C_1, C_2 \dots C_n$ teljesítménymutatók normalizált súlyát a mátrix domináns sajátvektorából számítjuk ki. Arra, hogy hány és milyen szakértőknek kell részt venni a páros összehasonlításokban nincs általános szabály, de a döntések konzisztenciáját ellenőrizni kell (Kwiesielewicz és van Uden, 2004). A mátrix konzisztencia-indexét (CI) a következőképpen számolhatjuk ki:

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1)$$

ahol n a négyzetes mátrix rangját, míg λ_{max} maximális sajátértékét jelenti. Ha a mátrix konzisztens, akkor $\lambda_{max} = n$ és $CI = 0$. A páros összehasonlítások eredményét általában

akkor fogadjuk el, ha a konzisztencia index CI nem nagyobb mint $1/10$ -e egy olyan mátrix konzisztencia indexének, amit véletlenszerűen töltöttünk volna ki. Ez az érték egy 3×3 -as mátrixra $0,5381$, egy 4×4 -es mátrixra $0,8832$, stb. A módszer előnye, hogy nagyszámú mutató esetén is meg tudjuk határozni azok fontossági súlyát, azok hierarchiába rendezésével és páros összehasonlításával. Az összehasonlítások inkonzisztenciája különösen nagyszámú mutató esetén valós probléma, melynek megoldásában a módszer általánosabb formája, az Analytic Network Process (ANP) (Saaty, 2004) vagy annak „fuzzy” logikán (Kása és Réthi, 2017) alapuló kiterjesztése segíthet. Az előbbi az egyes mutatók egymásra gyakorolt hatását, míg az utóbbi a páros összehasonlításokhoz kapcsolódó döntések bizonytalanságát és pontatlan megfogalmazását segít figyelembe venni.

2.2.1.3 Az összesített teljesítmény skálán történő ábrázolása hasznossági függvények segítségével

A hasznossági függvény a döntéshozó érzelmi preferenciáit fejezik ki és segítségével számszerűsíteni lehet, hogy a teljesítménymutató értékei közötti különbségek milyen mértékben változtatják meg ezt a preferenciát (Pomerol és Barba-Romero, 2000). A döntéshozó által érzékelt preferencia nem feltétlenül változik lineárisan a döntési kritériumok értékének (teljesítménymutató értékének) változásával, ami miatt a változók értékének 2.2.1.2. pontban ismertetett normalizálásának, mint hasznossági függvénynek az alkalmazása sem feltétlenül helyes. A hasznossági függvény meghatározására számos módszer létezik (Fishburn, 1967). Érdeemes megemlíteni a MACBETH módszert (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique), mely az AHP módszerhez hasonlóan páros összehasonlítások segítségével állapítja meg a teljesítménymutatók kiválasztott értékeihez tartozó hasznossági függvény értékeket (Bana e Costa és Vansnick, 1994). Pennings és Smidts (2003) cikkükben nem zárják ki, hogy a döntési modellekben alkalmazott hasznossági függvény alakja hatással lehet a szervezeti döntésekre, így annak helyes megválasztásával azt befolyásolni lehet. Egy jól megválasztott hasznossági függvénnyel így le tudjuk írni a vállalat stratégiáját tükröző preferencia rendszert, azaz, hogy meghatározott teljesítmény tartományokban a teljesítmény változása milyen mértékben változtatja megelégedettségünket. A hasznossági függvények alkalmazásának előnye, hogy segítségével figyelembe vehetjük a mutatók értékei és a preferenciák közötti nem-lineáris kapcsolatot is, a hasznossági függvény meghatározása azonban magában hordozhatja a szubjektivitás problémáját.

A döntési kritériumok értékeihez tartozó hasznossági függvények értékeiből az összesített teljesítménymutatót az előzőekben meghatározott fontossági súlyok függvényében, súlyozott átlagként számolhatjuk. Fontos, hogy ehhez a hasznossági függvény értékeit normalizáljuk, ellenkező esetben az előzőleg meghatározott súlyok elvesztenék értelmüket.

2.2.1.4 A TOPSIS módszer: a teljesítmény összegzése a legjobb és legrosszabb teljesítményhez mért távolságok által

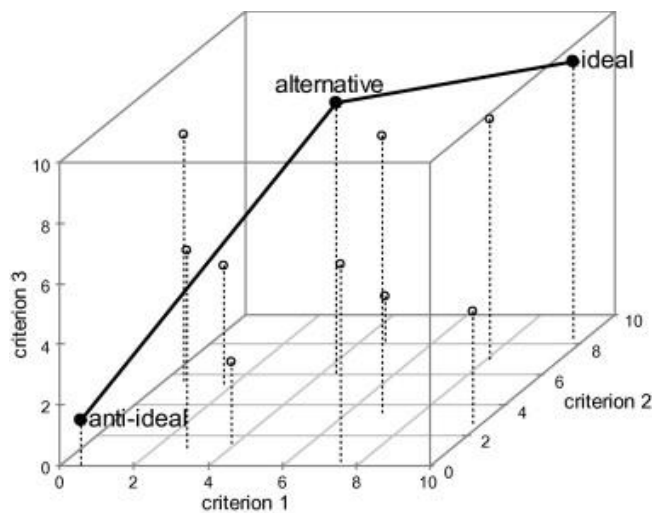
A TOPSIS módszer (Hwang és Yoon, 1981) az összesített teljesítményt a döntési kritériumok (teljesítménymutatók) többdimenziós terében értelmezett, az egyes döntési alternatíváknak (vállalatoknak) a legjobb (ideal) illetve a legrosszabb (anti-ideal) értékeitől mért távolságaként értelmezi. A legjobb (ideal) illetve a legrosszabb (anti-ideal) érték nem feltétlenül egy vállalatot jelöl, az a teljesítménymutatók terének két szélső értéke. Amennyiben a módszert a döntési kritériumok (teljesítménymutatók) értékeiből számoljuk, akkor az előző pontban leírtak szerint feltételezzük a döntési kritériumok terének konvexitását, illetve, hogy a mutatókhoz tartozó hasznossági függvények lineáris kapcsolatban vannak a mutatók értékeivel. A módszerhez a döntési kritériumok értékeit normalizálni kell, az előző pontban ismertetett 3. módszer szerint. Egy adott döntési alternatívára és teljesítménymutatóra vonatkozó értéket elosztjuk a teljesítménymutatóhoz tartozó összes érték összegével. Az így normalizált teljesítménymutatókra minden egyes alternatívára a legjobb (ideal) és a legrosszabb (anti-ideal) értékektől a döntési változók terében mért Euklideszi távolságot számolunk, amit súlyozhatunk az AHP módszerrel meghatározott fontossági súlyokkal. Az egyes alternatívákhoz tartozó összesített teljesítményt (hasonlóság a legrosszabb alternatívához, s^w_i) úgy kapjuk meg, hogy a legrosszabb ponttól mért távolságot (d^w_i) elosztjuk az ugyanezen alternatívához tartozó legjobb ponttól mért távolság (d^b_i) és legrosszabb ponttól mért távolság (d^w_p) összegével.

$$d^w_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (t_{ij} - t_{worst,j})^2}$$

$$d^b_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (t_{ij} - t_{best,j})^2}$$

$$s_i^w = \frac{d_i^w}{d_i^w + d_i^b}, \quad 0 \leq s_i^w \leq 1$$

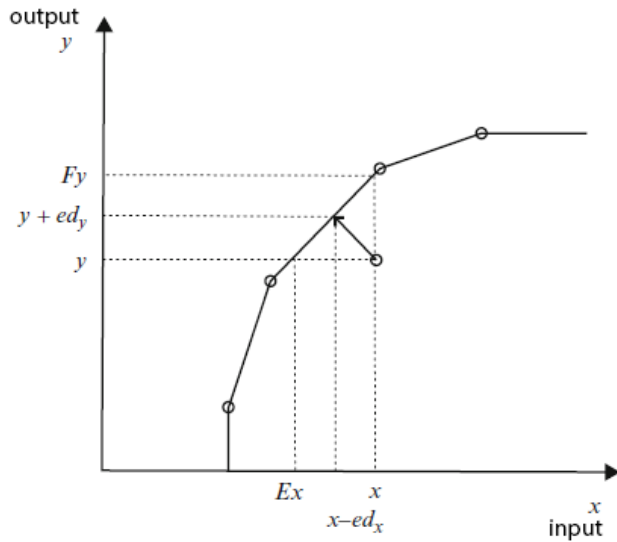
ahol $i = 1, \dots, m$ az egyes döntési alternatívákat, míg $j = 1, \dots, n$ az egyes teljesítménymutatókat jelöli. A végeredmény így azt adja meg, hogy az adott vállalat összesített teljesítménye mennyire közelíti meg a legjobb teljesítményt a teljesítménymutatók többdimenziós terében. Ezt úgy is értelmezhetjük, mint egy teljesítmény-hatékonyságot, ahol 0 jelenti a legrosszabb eredményt, míg 1 a legjobbat. A módszer a mutatók többdimenziós térben történő értelmezése miatt kifejező, a súlyozás alkalmazásával az egyes mutatók eltérő fontossága figyelembe vehető és eredménye könnyen értelmezhető. Hátránya lehet, hogy feltételezi az egyes mutatók legrosszabb és legjobb értékek közötti monoton, lineáris változását. A módszert az 1. ábra szemlélteti 3 döntési alternatívára.



1. ábra A TOPSIS módszer ábrázolása 3 döntési kritériumra (Chang és mtsai., 2010) alapján

2.2.2 Data Envelopment Analysis (DEA)

A Data Envelopment Analysis (Charnes, Cooper és Rhodes, 1978) egy olyan nem-paraméteres módszer, ami a rendelkezésre álló input és output adatokból a matematikai optimalizálás módszereinek (általában a maximum likelihood módszernek) segítségével becsüli a vizsgált vállaltokhoz technológiájához tartozó, a legjobb gyakorlatot jelentő termelési határterületet (frontier) és ennek alapján számolja az egyes vállalatok ahhoz viszonyított termelékenységét. Bár a módszer a mikroökonómiából ismert termelési függvényeken alapul, az általa meghatározott határterület nem egyezik meg az adott technológiához tartozó termelési függvénnyel. A határterület az adatokból származtatható legjobb gyakorlatot mutatja, melytől a termelési függvény legtöbbször hatékonyabb technológiát jelent (Bogetoft 2012), így az a termelési függvénynek egy konzervatív becslése. A módszer segít olyan vállaltok hatékonyságának összehasonlításában, melyek nem feltétlenül ugyanazokat a termékeket (outputokat), ugyanolyan kombinációban állítják elő, vagy ugyanazokat az erőforrásokat (inputokat) használják fel. A módszer alkalmazásához a teljesítménymutatókat felhasznált erőforrások (input) és kibocsátott termékek (output) csoportjaira kell bontanunk, és meg kell határoznunk, hogy mik ezeknek az olyan kombinációi, melyek a felhasznált erőforrások minimális kombinációjával maximális kibocsátott termék kombinációkhoz vezetnek. A 2. ábra szemlélteti egy input–output kombináció esetén a hatékony határterületet (vonal), az azokat kijelölő vállalatokat (pontok a vonalon), illetve egy nem hatékony vállalatot (az x és y által kijelölt pont). Ex azt mutatja, hogy a hatékony határterület mekkora input felhasználásával képes előállítani ugyanannyi output-ot, mint az x input-ot felhasználó nem hatékony vállalat, míg Fy azt mutatja, hogy a hatékony határterület mekkora output-ot képes előállítani ugyanannyi input felhasználásával, mint az x input-ot felhasználó nem hatékony vállalat.



2. ábra A DEA módszer által meghatározott termelési határterület és egy vállalat ebből levezethető hatékonysága (Bogetoft, 2012) alapján

Ezek alapján definiálhatjuk az input és az output alapú Farrell hatékonyságokat, melyek:

$$E \text{ (input termelékenység)} = \frac{\text{minimális input}}{\text{tényleges input}} = \frac{Ex}{x}$$

$$F \text{ (output termelékenység)} = \frac{\text{maximális output}}{\text{tényleges output}} = \frac{Fy}{y}$$

Feltételezhetjük azt is, hogy az input és az output termelékenységet szimultán javítjuk, mely esetben az allokált termelékenység (allocative efficiency) a következő módon számolható ki:

$$AE \text{ (allokált termelékenység)} = \frac{x - ed_x}{x} * \frac{y - ed_y}{y} = E * F$$

Az, hogy ed_y és ed_x pontok kiválasztásánál milyen irányt választunk, mindig az alkalmazástól függ. A módszer előnye, hogy nem követeli meg a termelési függvényre vonatkozó előzetes ismeretek meglétét, bár az az elemzés során feltételezéseket tehetünk arra a következő módokon:

- free disposability: tudunk kevesebbet termelni kevesebb erőforrás felhasználásával
- konvexitás: két input kombináció súlyozott átlaga is megvalósítható, mint új kombináció
- skálázhatóság: a termelés mérete (minden irányba, vagy csak le ill. fel) skálázható
- additivitását: két input-output kombináció összege is megvalósítható, mint új kombináció

Ezen feltételezések alkalmazásával meghatározhatjuk azt a termelési függvényt, ami alapján az egyes vállalatok termelékenységét becsüljük. A módszer alkalmazása feltételezi, hogy a rendelkezésre álló adatok nem tartalmaznak zajt okozó hibákat. Amennyiben ez a feltételezés nem teljesül, a hatékony határterület eltorzulhat, szélsőséges esetben a vállalatok hatékonyságát olyan vállalatok által kijelölt határterülettel szemben értékelhetjük ki, melyeknek „szerencsájük” volt az adatok megadása során.

Problémás lehet az olyan teljesítménymutatók kezelése, melyek nem vagy nehezen illeszthetők be az előbb ismertetett input-output csoportokba (Sherman és Zhu, 2006). Ilyenek lehetnek például a különböző minőségmutatók, melyeket ezért gyakran kihagyják a modellekből, túlbecsülve a vállalatok termelékenységét. A minőségmutatókat nem lehet output mutatókként modellezni, mivel hibás az a feltételezés, hogy a minőség és a kibocsátott mennyiség egymással felcserélhető mutatók. E hibás feltételezés alapján ugyanis több hibás termék ugyanolyan hatékony kombinációt jelentene, mint kevesebb, de tökéletes. Könnyen belátható, hogy ez a feltételezés a vállalt jövője szempontjából súlyos konzekvenciákat hordozhat. Sherman és Zhu (2006) a problémát áthidalandó azt javasolja, hogy a vállalatokat minőség szempontjából soroljuk magas és alacsony minőségmutatójú csoportokba, és az alacsony minőséget képviselőket zárjuk ki azon vállaltok sorából, melyek alapján a DEA hatékony határterületet meghatározzuk. Így a magas minőséget előállító gyárak által kijelölt határterület alapján termelékenységfejlesztő, míg az alacsony minőségmutatójú vállalatokra minőségjavító és termelékenységfejlesztő célokat tűzhetünk ki.

A DEA módszer előnye, hogy a termelékenység növelésének pénzügyi vetülete könnyen becsülhető és szemléletes módon megjeleníthető. A számítások során a termelékenységre vonatkozó feltételezések nagymértékben befolyásolhatják a végeredményt, megnehezítve a modellezést. Az input-output csoportokba nem vagy

nehezen beilleszthető teljesítménymutatók használata az előzőekben leírtak miatt nehézkes, így ez a módszer elsősorban a vállalatok teljesítményének pénzügyi szempontok alapján történő összehasonlítására alkalmas.

2.3 A teljesítményt meghatározó tényezők

Syverson (2011) a vállalati teljesítmény egyik fontos mutatóján, a termelékenységen keresztül vizsgálta, hogy melyek azok a külső és belső tényezők, amelyek arra hatással lehetnek. A termelékenység, mint teljesítménymutató a vállalat által kibocsátott javak és a felhasznált erőforrások és eszközök hányadosa (Coelli és *mtsai.*, 2005). A termelékenységnek több részelemét is megkülönböztethetjük, úgy, mint a munkaerő-termelékenységet, az energia hatékonyságot, a föld termelékenységét stb. Amennyiben a termelékenység összes tényezőjét figyelembe vesszük, összesített termelékenységről (Total Factor Productivity, TFP) beszélhetünk. A termelékenységet befolyásoló, vállalaton belüli tényezők közül Syverson többek között megemlíti a vezetők képességét és a vezetői gyakorlatot, a munkaerő képességét, a rendelkezésre álló tőke és az általa megvalósítható beruházások mértékét, az információs technológiákat, a kutatás-fejlesztést, a szervezeti tanulást, az innovációt, valamint a vállalat szervezeti felépítését. Ezen belső tényezőket nevezhetjük akár vállalati képességeknek is, melyet a következő részben ismertetek. A vállalaton kívüli, termelékenységet befolyásoló tényezők közül Syverson kiemeli a verseny szerepét, mely egyrészt olyan módon növeli a termelékenységet, hogy az alacsonyabb termelékenységű vállalatok kiszorulnak a piacról és működésüket beszüntetik, másrészt pedig a vállalaton belül hat ösztönzőként a termelékenységet fejlesztő tevékenységek megvalósítására. Azokon a piacokon, ahol a verseny alacsony szintű, gyakran tapasztalható a termelékenység stagnálása. A következő részben e két kiemelt tényezőt: a vállalati képességeket és annak fejlesztését elősegítő képesség-érettség modelleket, valamint a teljesítménymérés szerepét a vállalatok közötti verseny elősegítésében és a teljesítményfejlesztő programok támogatásában ismertetem.

2.3.1 Képesség – érettség modellek

A képesség-érettség (capability – maturity) modellek a Carnegie Mellon Egyetem által kifejlesztett „Capability Maturity Model” (Paulk és *mtsai.*, 1993) óta széles körben alkalmazzák a vállalati teljesítmény fejlesztésére. Az érettség egy meghatározott területhez tartozó képesség (pl. egy üzleti folyamat) meglétének mértéke (De Bruin és *mtsai.*, 2005; Looy, Backer és Poels, 2011). Röglinger, Pöppelbuß és Becker (2012) a „Maturity Models in Business Process Management” című cikke alapján a képesség-érettség modellek alapvető célja, hogy felvázolják a vállalati képesség fejlődésének - fejlesztésének útját, leírva az egyes szintek jellegzetességeit és a köztük lévő kapcsolatot. A modellek három fő változatát különböztetik meg: a leíró, a meghatározó és az összehasonlító képesség-érettség modelleket. A leíró modellek segítségével a vállalat képesség szintjét lehet megállapítani, a meghatározó modellek segítenek kijelölni a képességfejlesztés irányát és lépéseit, míg az összehasonlító segítségével a vállalat képességeit más vállalatokhoz lehet viszonyítani. A képesség-érettség modellek általános keretrendszere elvárja az alkalmazási terület, az egyes képesség-területek és az ahhoz tartozó érettségi szintek, valamint azok értékelési kritériumainak definiálását. A keretrendszer minden egyes alterületre leírhatja az egyes érettségi szintek közötti átmenet folyamatának lépéseit és annak racionalitását. Az előíró modellek azt is meghatározzák, hogy milyen lépések szükségesek az érettség fejlesztéséhez, valamint az ezekhez tartozó képességek legjobb gyakorlatát. A keretrendszernek tartalmaznia kell az egyes érettségi szintek elbírálásának mások által is ellenőrizhető kritériumait. Az érettséget általában 4-5 szinten mérik, ahol a legalacsonyabb a képesség vagy üzleti folyamat ad-hoc meglétét vagy hiányát, míg a legmagasabb szint annak teljeskörű, más képességekkel integrált alkalmazását jelenti. Bizonyos képesség-érettség modellek tanácsadó cégek szellemi tulajdonai és szabadon nem elérhetőek.

A termelés területén számos meghatározó és összehasonlító képesség-érettség modell létezik, többségük kereskedelmi termék, tanácsadó cégek tulajdona. Nightingale és Mize (2002) a „The Lean Enterprise Self-Assessment Tool” (LESAT) (Nightingale, 2000) kifejlesztéséről szóló cikkükben mutatják be a legfontosabb egész vállalatot átívelő lean gyakorlatot értékelő modelleket, melyek közül kiemelik a „Malcolm Baldrige National Quality Award” (National Institute of Standards and Technology (NIST), 2015), az „ISO 9000” („ISO 9000:2015”, 2015) és az „European Quality Award” (EFQM, évszám nélkül) rendszereket. Az általuk kifejlesztett rendszer, a LESAT a Capability

Maturity Model-en alapul, melyet azért választottak rendszerük megtervezésének alapjául, mert ez fedte le legjobban felhasználók igényeit. Fontosnak tartották, hogy a rendszer képes legyen értékelni a vállalat összes fő folyamatát, adjon tanácsot a további fejlesztés irányára, az értékelés adatokon és jól dokumentált tényeken alapuljon, valamint rugalmas és hatékony legyen. A rendszer lefedi a vállalat összes üzleti folyamatát, kihangsúlyozva vezetés integrált folyamatait. Három csoportban (vállalati transzformáció, életciklus, infrastruktúra) 15 folyamatot határoz meg és minden folyamat tartalmaz az egyes érettségi szintekre vonatkozó diagnosztikai kérdéseket. Más képesség-érettség modellek elősegítik a vállalatok közötti versenyt, képességeik összehasonlítását, a benchmarking-ot, sokszor különböző nemzetközi verseny vagy tanúsítás keretében. Ezekre példa a Malcolm Baldrige National Quality Award (National Institute of Standards and Technology (NIST), 2015), illetve a The Shingo Prize for Operational Excellence (Utah State University, 2014). Ez utóbbi képesség-érettség modellek már nem csak a vállalati képességeket, hanem a vállalati kultúrát és a vállalati teljesítményt is vizsgálják.

A TQM, TPM, lean és a WCM módszerek szintén a termelővállalatok képességének fejlesztését célozzák meg, de nem fejlesztették őket olyan, minden területet átfogó rendszerekké, mint a fentiekben ismertetett képesség-érettség modelleket (Kedar és *mtsai.*, 2008). A WCM egy termelési filozófia, mely a 7 kardinális veszteség (selejt, többlet termelés, szállítás, várakozás, készlet, felesleges (anyag)mozgatás, felesleges megmunkálás) megszüntetését tűzi ki célul, a vevők, az alkalmazottak és a beszállítók érdekeinek maximális figyelembevételével egyetemben (Schonberger, 1986; Shah és Ward, 2003). A lean termelési rendszerre számos definíció létezik (Bhamu és Singh Sangwan, 2014), mely a rendszer különböző elemeit emeli ki. A WCM és a lean hasonló eredményeket kíván elérni: a termelékenység növelését, a minőség javítását, a szállítási idő és a ciklusidő lerövidítését, valamint a termelési költségek csökkentését (Shah és Ward, 2003). A WCM és a lean gyakorlatok bár átfedésben vannak, a hangsúlyt különböző területekre helyezik (Schonberger, 1990; Flynn, Schroeder és Flynn, 1999). A WCM gyakorlatokat először Hayes és Wheelwright (1984) definiálta, melyek szerintük a következők: az alkalmazottak tudása és képességei, a vezetés műszaki kompetenciája, a minőség, mint versenyelőny, az alkalmazottak bevonása, a mérnöki képességek újjáépítése és a kis lépésekben történő (folytonos) fejlődés fontossága. Shah és Ward (2003) sokszor idézett cikke 22 lean termelési gyakorlatot mutat be melyeket

négy csoportba sorol. Ez a négy csoport, melyeknek létét főkomponens-elemzéssel bizonyították, a következő:

- JIT – a késedelmek és termelés készleteinek csökkentésére irányuló folyamatok.
- TQM – a minőségbiztosításhoz és a folyamatos fejlesztéshez kapcsolódó tevékenységek.
- TPM – a berendezések rendelkezésre állásának maximalizálását, a meghibásodások megelőzését és végeredményben a hatékonyság növelését elősegítő folyamatok.
- HRM – az alkalmazottakhoz, a humán erőforráshoz kapcsolódó folyamatok, mint pl. a képzés, a problémamegoldás és a dolgozók bevonása.

Fontos megemlíteni a SCOR-t, mint módszertant (APICS Supply Chain Council, 2015), mely nem csak egy ellátási láncba tartozó vállalat részletes teljesítménymérésében nyújt segítséget, de definiálja azokat a folyamatokat is, melyek megléte alapvető a teljesítmény növelésében. A folyamatokat 6 csoportra osztja, melyek közül 5 az értékteremtő folyamatot fedi le (tervezés, beszerzés, gyártás, szállítás, visszatérő göngyöleg kezelése), míg a hatodik azok megvalósítását segíti elő. Ez utóbbi tartalmazza többek között a teljesítmény mérését, a berendezések, a törzsadatokat, az üzlet szabályrendszerének (business rules), a szerződéseknek és az üzleti kockázatnak a kezelését.

A képesség-érettség modellekhez, így a termelés területén alkalmazott WCM és lean termelési rendszerekhez hozzá tartozik a képesség-érettségnek valamilyen módon történő értékelése. Annak mértékét - a különböző gyakorlatok meglétét, alkalmazásuknak szintjét - vizsgálhatjuk egyszeri kutatás keretében, de értékelhetjük ismétlődően is, például egy WCM vagy lean projekt támogatása céljából. Ez utóbbi különösen fontos szerepet játszhat a projekt sikerének biztosításában (Jørgensen és *mtsai.*, 2007). Az ismétlődő értékelés eredményét több módon is felhasználhatjuk: lehet az egy pillanatfelvétel, mely a projekt megvalósításának pillanatnyi állapotát mutatja, használhatjuk úgy is mint a megvalósítás térképét, megmutatva a jövőben elérendő állapotot, illetve használhatjuk azt különböző vállalatok vagy területek összehasonlítására is (Jørgensen és *mtsai.*, 2007; Röglinger, Pöppelbuß és Becker, 2012). Az ismétlődő értékelést általában a képesség-érettség modellek által meghatározott kritériumok szerint végzik, míg a kutatások során gyakran alkalmazzák a „fuzzy” módszertant. Ez utóbbi segít, hogy a vizsgált vállalatok vezetői az egyes gyakorlatok bevezetésének szintjét egyszerű kifejezésekkel (pl. „jól”, „kevésbé”, „gyengén”) tudják

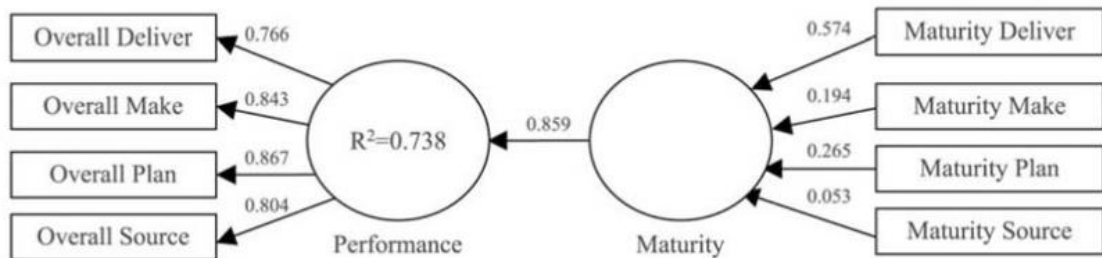
értékelni (Narayanamurthy és Gurumurthy, 2016). Sok kutatás kísérli meg egy összevont „lean index” meghatározását, melyhez a Mahalanobis távolság, a DEA, az AHP vagy a benchmarking módszereket használják (Wong, Ignatius és Soh, 2014; Narayanamurthy és Gurumurthy, 2016). Ezen kutatások átvezetnek a következő pontban ismertetett témakörhöz, a képesség és a teljesítmény kapcsolatának vizsgálatához.

2.3.2 A képesség és teljesítmény kapcsolata

Számos kutatás megerősítette, hogy a vállalati képesség és a teljesítmény között pozitív a kapcsolat (Kadipasaoglu, Peixoto és Khumawala, 1999; Cua, McKone és Schroeder, 2001; Shah és Ward, 2003; Rahman, Laosirihongthong és Sohal, 2010; Taj és Morosan, 2011; Swink és Jacobs, 2012; Belekoukias, Garza-Reyes és Kumar, 2014; Fullerton, Kennedy és Widener, 2014; Marin-Garcia és Bonavia, 2015). A képességet ezen kutatások a meghatározó üzleti folyamatok (mint pl. a WCM vagy a lean gyakorlatok) meglétéként vagy alkalmazásuk érettségi szintjeként vizsgálták, míg a teljesítményt legtöbbször valamilyen kérdőíves felmérés által mérték. Ez utóbbi némiképp gyengítheti ezen kutatások megállapításainak erősségét a kérdőíves felmérésekből származó szubjektivitás miatt. Elenyésző azon kutatásoknak a száma, melyek a teljesítményt objektív teljesítménymutatókon keresztül vizsgálták volna. A képesség-érettség kapcsolatát vizsgáló kutatások közül az alábbiakat emelném ki.

Az első kutatás (McCormack, Bronzo Ladeira és Valadares de Oliveira, 2008) 478 braziliai cég esetében vizsgálta a képesség-érettség és a teljesítmény kapcsolatát, kérdőíves felmérés segítségével. A vizsgált cégek az üzleti élet széles spektrumából származtak, nagyobb részük (49,2%) a feldolgozóiparból míg kisebb részük a szállítmányozásból, az anyagraktározásból és a kommunikációs iparból (megközelítőleg 16-16%). A képesség-érettség szintjét a SCOR modell által definiált folyamatokon alapuló kérdőív segítségével mérték, 94 kérdésnek 1-5-ig terjedő Likert skálán történő megválaszolása által, melyet válaszadók 84,4%-a 3-as és 4-es szintre értékelt. A SCOR folyamatokként részletezett vállalati teljesítményt is kérdőíves felmérés segítségével mérték 1-5ig terjedő Likert skálán, azt vizsgálva, hogy az adott vállalat teljesítménye a válaszadó szerint jobb-e, mint a versenytársaké. A képesség és teljesítmény kapcsolatát strukturális egyenletek útmodelljének módszerével (PLS-SEM) vizsgálták, ami szignifikáns, pozitív kapcsolatot mutatott. A kutatás eredménye alapján a teljesítményre

a szállításhoz kapcsolódó képességek voltak a legnagyobb hatással. Kutatásuk eredményét a 3. ábra mutatja.



3. ábra A vállalati képességek és teljesítmény kapcsolata 478 brazil vállalat mintáján (McCormack, Bronzo Ladeira és Valadares de Oliveira, 2008) alapján

Cua, McKone, és Schroeder (2001) szintén termelőüzemek esetében vizsgálták a vállalati képességek és a teljesítmény kapcsolatát, a TQM, JIT és TPM gyakorlatok bevezetésének kontextusában. Azt a három hipotézist kívánták bizonyítani, hogy 1) a jobban teljesítő gyárak magasabb szinten működtetik mind a humán erőforráshoz kapcsolódó mind pedig a műszaki jellegű gyakorlatokat, 2) a jobban teljesítő gyárak a három vizsgált lean technikát (TQM, JIT, TPM) párhuzamosan vezették be és 3) a vizsgált lean gyakorlatok különböző konfigurációjú megvalósítása különbözőképpen hat a teljesítményre. Modelljük a gyakorlatokat és képességeket két csoportba sorolta: a) a műszaki jellegűek közé sorolták a több területet átfogó termék tervezést (TQM), a beszállítói minőség menedzsmentet (TQM), az átállási idők csökkentését (JIT) a „pull” módszerű termelést (JIT) illetve az autonóm és tervezett karbantartást (TPM), míg b) a humán erőforráshoz kapcsolódó gyakorlatok közé sorolták az elkötelezett vezetést, a területeket átfogó képzést, és a dolgozók bevonását. Az előző kutatáshoz hasonlóan kérdőíves felmérés segítségével vizsgálták mind a képességek mind pedig a teljesítmény szintjét és diszkriminancia-analízist használtak a kapcsolat mérésére. Az első és második hipotézisüket bizonyítani tudták, míg a harmadikkal kapcsolatban – vagyis, hogy bizonyos lean gyakorlatok a teljesítmény különböző területeire különbözőképpen hatnak - az eredmények nem voltak meggyőző erejűek, de megmutatták, hogy léteznek olyan gyakorlatok, melyek a legmegfelelőbbek meghatározott teljesítményterület fejlesztésére.

A következő két kutatás a lean gyakorlatok meghatározott csoportjai és a teljesítmény közötti kapcsolatot vizsgálták: Shah és Ward (2003) különböző iparágak

termelővállalatait vizsgálta, ahol mind a lean gyakorlatok működtetésének érettségét, mind pedig a teljesítmény szintjét kérdőíves önértékelés segítségével állapították meg. A 22 különböző lean gyakorlat megvalósításának mértékét 1-3 értékig terjedő skálán, míg a vállalat teljesítményének öt éves távlatban megfigyelhető változását 1-6 értékig terjedő skálán mérték. A teljesítménynek a lean módszertannal kapcsolatos dimenziói a következők voltak: a selejt és az azzal kapcsolatos javítási tevékenységek költsége, ciklusidő, a munkaerő termelékenysége, termelési költség és az átfutási idő. A 22 lean gyakorlatot főkomponens elemzés segítségével csoportosították 4 fő csoportba (ún. lean bundles), mely fő csoportok a JIT, TQM, TPM, HRM voltak. A teljesítménymutató itt ugyanúgy főkomponens elemzés segítségével aggregálták egy összesített mérőszámmá. A kutatás megerősítette, hogy a lean gyakorlatok bevezetése hatással van a teljesítményre és megállapította, hogy egyidejű bevezetésük szinergikus hatással bír. Pont, Furlan és Vinelli (2009) 266 termelőüzemet vizsgált kutatásában az elektronika, a gépgyártás és a szállítmányozás területéről. A lean gyakorlatok megvalósításának szintjét 1-7-ig terjedő Likert skálán, míg a működési teljesítményt 1-5 -ig terjedő Likert skálán mérték, mindkettőt a vizsgálatban résztvevő iparági személyek szubjektív válaszai alapján. A (megerősítő) faktoranalízis és a strukturális egyenletek módszereinek segítségével elemezték az adatokat és állapították meg az egyes lean gyakorlatok és a teljesítmény közötti kapcsolatot, illetve azok erősségét. Kutatásuk eredménye nem csak azt mutatta, hogy a lean gyakorlatok bevezetése közvetlen hatással van a teljesítményre, de felhívja a figyelmet arra is, hogy a HRM csoport központi szerepet játszik és előfeltétele a pozitív hatás elérésének.

Demeter és Losonci (2011) kutatása a lean termelési módszerek és az üzleti teljesítmény közötti kapcsolatot elemezte. A lean módszerek fellelhetők a legtöbb teljesítményfejlesztő programban, így bár kutatásuk nem kifejezetten egy termelési hálózat gyárait irányult, vizsgálatuk módszertana és eredménye felhasználható a termelési hálózatok kontextusában is. Az üzleti teljesítmény változását négy kritériumon keresztül vizsgálták, melyek az értékesítés árbevétele, a piaci részesedés, az árbevétel-arányos megtérülés és a beruházás megtérülés mértéke volt. Az operatív mutatókat, mint például a gyártás minősége, a szállítás megbízhatósága, a gyártási költség vagy a munkaerő termelékenysége kérdőíves felmérés alapján mérték. Az üzleti teljesítmény mutatói nem mutattak szignifikáns eltérést, de az operatív mutatók a gyártási költség kivételével minden mutatóra szignifikáns, pozitív eltérést mutattak a lean módszereket alkalmazó gyárak javára. Kutatásuk eredménye rávilágít arra, hogy a pénzügyi mutatók

nem feltétlenül képesek megjeleníteni a lean módszer által biztosított előnyöket, arra inkább az operatív mutatók lehetnek alkalmasak.

Negrão, Filho és Marodin (2017) legfrissebb irodalmi áttekintése részben árnyalja a képesség-érettség és a teljesítmény közötti kapcsolat előbbiekben bemutatott pozitív képét. A cikkükben bemutatott kutatások eredményei nagymértékben szórnak. Kutatásuk felhívja a figyelmet számos olyan esetre, amikor az egyes lean gyakorlatok és a teljesítmény közötti kapcsolat negatív, különösen a kaizen, a beszállítók JIT működési gyakorlata, a gyors berendezés átállítás, a TPM, illetve a „value stream mapping” gyakorlatok esetében. Kérdés, hogy a kérdőíves módszerek szubjektivitása mennyiben járulhat ehhez hozzá ezekhez az eredményekhez?

2.4 A teljesítményfejlesztő programok eredményességének vizsgálata

Az elmúlt évtizedekben a multinacionális vállalatcsoportok - kihasználva a globalizáció adta lehetőségeket - jelenlétüket a világ nagy részére kiterjesztették. Ez részben helyi vállalatok felvásárlásával, részben pedig új, zöldmezős beruházások által történt. A gazdasági környezet romlásával és a verseny erősödésével egyre fontosabbá vált a vállalati teljesítmény csoportszintű javítása (Netland és Aspelund, 2014). A vállalatcsoporton belüli tudásmegosztásnak és a legjobb gyakorlat átültetésének, mint különleges versenyelőnynek (Colotla et al., 2003; Shi és Gregory, 1998) a lehetőségét kihasználva számos termelési hálózat indított csoportszintű teljesítményfejlesztő programot. Ezek a programok egyrészt a vállalatok közötti vertikális és horizontális koordinációs tevékenységek elmélyítését, másrészt pedig a vállalaton belüli folyamatok javítását célozzák meg (Netland és Aspelund, 2014). A csoportszintű koordinációs tevékenységek közé tartoznak többek között a kapacitástervezés, az új termékfejlesztés és a teljesítmény összehasonlításának (benchmarking) folyamatai (Shi és Gregory, 1998). A vállalaton belüli folyamatok javítását azok szabványosításával, a legjobb gyakorlat kötelező bevezetésével, vagy önkéntes átültetésével, a helyi körülményekhez való alakításával érik el (Mefford és Bruun, 1998; Netland és Aspelund, 2014). Az, hogy a kötelező bevezetés vagy az önkéntes átültetés dominál-e, számos tényezőtől függ, beleértve a teljesítményfejlesztő program stratégiai megközelítését is. A vállalat felsővezetése fontos szerepet játszik a koordinációs tevékenységek meghatározásában, működtetésében, melynek kitüntetett tényezői a közös célok, a közös jövőkép és a kölcsönös bizalom (Singh, 2013).

A multinacionális vállalatcsoportok teljesítményfejlesztő programjainak kutatásában a kvalitatív elemzések dominálnak, viszonylag kevés ami a teljesítményjavulás mértékét kvantitatív módon vizsgálja (Netland és Aspelund, 2014). A kvantitatív kutatások közül hármát emelek ki, melyek rávilágíthatnak ezen programok fontosságára és a teljesítménymérésnek abban betöltött szerepére. Az első, Ferdows és Thurnheer (2011) cikke, amely egy extrudált alumínium termékeket gyártó globális csoport teljesítményfejlesztő programját vizsgálta. A teljesítménymutatókat, melyek a munkabiztonságra, a folyamatképeség javítására, a rugalmasságra és a termelékenységre összpontosítottak, nem csak a program sikerének figyelemmel kísérésére használták, hanem a projekt irányítására és motivációra is. Fontosnak tartották, hogy a vállalati képességek és a hozzájuk kapcsolódó teljesítménymutatók egyidejűleg, több területen is javuljanak. A program során azt tapasztalták, hogy a teljesítménymutatók hatásosabbak, ha nem azok abszolút értékére, hanem változásukra, javulásukra helyezik a figyelmet. A program eredményeként a munkabalesetek száma évente megközelítőleg 14%-kal csökkent, míg a termelékenység évente megközelítőleg 4%-kal nőtt. A minőség és a rugalmasság javulásának elemzéséhez sajnos nem állt rendelkezésükre elegendő információ.

A másik kutatás Swink és Jacobs (2012) munkája, mely 200 Six-Sigma képességfejlesztési módszert alkalmazó cég pénzügyi teljesítményének változását vizsgálta. A Six-Sigma módszer célja a folyamatok szórásának csökkentése segítségével a vállalat stratégiai céljainak megvalósítása (Schroeder és *mtsai.*, 2008). A módszer kiterjedten alkalmaz statisztikai módszereket, az adatokra támaszkodó problémamegoldást és feltételezi a termelési hálózat által működtetett központi struktúra meglétét, mely erőforrásokat biztosít a tudásmegosztáshoz és a fejlesztési projektekhez. Swink és Jacobs kutatása a jövedelmezőség, illetve annak komponensei, az értékesítésre vetített alapanyag és rezsiköltség valamint az értékesítés árbevételének változásán, mint teljesítménymutatókon keresztül vizsgálta a Six-Sigma módszer eredményességét. Az adatok a Compustat adatbázisból származtak és a mutatók változását egy kontroll csoporttal összehasonlítva elemezték öt év távlatában. A Six-Sigma módszert alkalmazó vállalatok jövedelmezősége a vizsgált időszakban szignifikánsan jobban változott, mint a kontrollcsoporté, elsősorban a költségek csökkentése miatt.

Végül Netland és Ferdows (2016) kutatását ismertetem, amely egy vállalatcsoport-specifikus termelési rendszer (mint egy teljesítményfejlesztési modell) és a gyárak teljesítménye közötti kapcsolat változásának alakját vizsgálta. Kutatásuk eredménye azt mutatja, hogy a teljesítmény a termelési rendszer bevezetésének mértékével, az érettséggel egyetemben, S-alakzat szerint változik. Kezdetben lassan növekszik, majd elér egy pontot, ahol a hirtelen gyorsan kezd növekedni. Végül elér egy telítettséghez hasonló állapotot, ahol a további képesség javulás a teljesítményt már csak kismértékben növeli. Kutatásukhoz az esettanulmány kutatási módszerét alkalmazták, mely a Volvo csoport termelési rendszerének bevezetését vizsgálta a vállalatcsoport 67 gyárán keresztül. Adataik a Volvo teljesítmény- és termelési rendszer auditok eredményein, kvalitatív megfigyeléseken és kérdőíves felméréseken alapultak, melyek mind megerősítették az S-alakzat létezését. Kutatásuk eredménye rávilágít, hogy a termelési rendszer bevezetése során a teljesítmény célok mértékének követnie kell ezt az S-alakzatot, hogy azok eredményessége a legnagyobb legyen. A program megvalósításának kezdetén nem javasolt túl nagy teljesítmény javulást megkövetelni, mert azok csak bizonyos késéssel következnek be. A megvalósítás középső szakaszában a célok sokkal nagyobb mértékűek kell, hogy legyenek, míg a végső szakaszban a javulás lehetőségei behatároltak.

A fenti kutatások jól mutatják, hogy teljesítménymutatók segítségével a teljesítményfejlesztési programok sikere nyomon követhető. A csekély számú kvantitatív kutatással kapcsolatban Netland és Aspelund (2014) felhívja a figyelmet arra, hogy több olyan munkára lenne szükség, ami teljesítménymutatókon és pénzügyi adatokon keresztül vizsgálja ezen programok eredményességét. Megállapítják azt is, hogy a kutatások nem adnak gyakorlati tanácsot a legjobb gyakorlat önkéntes átültetésének elősegítésére, azok kimerülnek olyan felszínes javaslatokban, mint hogy „növelni kell a vezetés elkötelezettségét”. Az önkéntes átültetés sikerét számos tényező befolyásolja, melyek közül az egyik meghatározó a menedzsmentre nehezedő nyomás (Ungan, 2005). Ezt a teljesítménymutatók összehasonlításával és nyomon követésével is befolyásolhatjuk, így a teljesítményfejlesztő programok szerves részét képező központi folyamat-auditok és ösztönző programok (Netland és Aspelund, 2013) teljesítménymutatókkal való kiegészítése segíthet hatásosabbá tenni az önkéntes átültetést. Fontos azonban, hogy ez a nyomás ne legyen túlzott és a mutatók valóban tükrözzék a vállalatok tényleges teljesítményét, ellenkező esetben az a tudásmegosztást gátolhatja (Pfeffer és Sutton, 1999). Kutatásom célja ezért annak vizsgálata, hogy miként

lehet olyan összesített teljesítménymutató rendszert létrehozni, ami valósan tükrözi a vállalatok összesített teljesítményét, az a teljesítmény fejlesztésének elősegítésére megfelelő nyomást helyez a menedzsmentre, de nem vezet a vállalaton belüli túlzott versenyhez.

3. Kutatási kérdések

A kutatás az SABMiller plc - mely a világ egyik vezető italipari vállalata volt – esettanulmányán alapul. A vállalat több éves tapasztalattal rendelkezett a lean termelési gyakorlatok bevezetésében, teljesítménymutató rendszere segítségével gyárai teljesítményét folyamatosan figyelemmel kísérte. A vállalati teljesítmény fejlesztése – különösen, mivel a vállalat részvényeivel a Londoni Értéktőzsdén kereskedtek – kitüntetett figyelemben részesült. Azért, hogy a gyárak teljesítménye javuljon, a vállalat teljesítmény-versenyt működtetett, mely alapján rangsorolta gyárait. A teljesítményfejlesztés javítása érdekében vizsgálni kívánta a lean gyakorlatok bevezetésének mértéke és a teljesítmény közötti kapcsolatot. Mivel a vállalat által használt adatelemzési módszerek egyszerűek voltak, a teljesítmény-verseny nem érte el a kívánt hatást és a lean módszerek – teljesítmény kapcsolatát sem tudta tudományosan vizsgálni. A kutatás ezeken a területeken kívánt támogatást nyújtani a vállalatnak. A kutatásban felhasznált adatok: a teljesítménymutatók valamint a lean gyakorlatok bevezetésének részletes önértékelés alapján történt értékelése a 2014-2016 évekből származnak. Az adatokat anonimizáltam, az adatokból az egyes gyárak nem azonosíthatók, illetve a vállalat korábbi kutatásomhoz engedélyt adott az eredmények publikálására.

A kutatási kérdéseket a következő fejezetben ismertett, gyakorlat orientált, esettanulmányon alapuló kutatások módszertanából vezettem le. Eszerint meg kell határozni, hogy mi az az üzleti probléma, melynek megoldásában a kutatás szerepet játszhat és mi az a tudás, ami hozzá járulhat ahhoz, hogy a szakemberek ezt az üzleti problémát hatékonyan meg tudják oldani. Kutatásomban az üzleti probléma a teljesítmény fejlesztésének szükségszerűsége, melyet a vizsgált vállalat egyrészt a teljesítmény mérés és összehasonlítása segítségével megvalósított belső verseny, másrészt a lean módszerek minél szélesebb körű és minél hatékonyabb alkalmazása révén kíván elérni. Ezen tevékenységek az esettanulmány vállalatainál a vizsgálat időpontjában megfigyelhetők voltak, hatékonyságuk viszont elmaradt az elvárttól. Az a többlet tudás, amivel e kutatás hozzá kíván járulni az üzleti probléma minél hatékonyabb megoldásához kettős:

Egyrészt a teljesítményfejlesztő programok támogatása érdekében meg kíván határozni egy olyan összesített teljesítménymérési módszert, mely hatékonyabb, mint a jelenleg alkalmazott, ami jobban elősegíti a vállalatok közötti belső versenyt és tudásmegosztást. Az ehhez kapcsolódó kutatási kérdések:

- Q1: melyik teljesítmény összegzési módszer támogathatja legjobban a teljesítményfejlesztő programokat?
 - Q1a: azok közül melyik jeleníti meg hitelesen a gyárak valós teljesítményét?
 - Q1b: melyik módszer alkalmas a teljesítmény időbeli nyomon követésére?

Másrészt, mivel az esettanulmány teljesítményfejlesztő programja nagymértékben épít a lean alapokon nyugvó képesség-érettség modellekre, bizonyítani kívánja, hogy a lean gyakorlat alkalmazása számottevően hozzájárul a jobb teljesítményhez. Meg kívánja azt is vizsgálni, hogy a lean képességek és a teljesítmény kapcsolatának kvantitatív mérése hogyan segíthet a lean gyakorlatok bevezetésének felgyorsításában, azok hatásának maximalizálásában. Az e problémához kapcsolódó kutatási kérdések:

- Q2: mennyire erős a kapcsolat a lean gyakorlatok bevezetése és a teljesítmény között a vizsgált vállalat kontextusában
 - Q2a: ez a kapcsolat erőssége időben mennyire stabil?
 - Q2b: vannak-e olyan lean gyakorlatok, amelyek különösen nagy hatással vannak a teljesítményre?
 - Q2c: a lean gyakorlatok bevezetése ugyanolyan hatással van-e minden teljesítmény területre?

Ezen kutatási kérdéseket az kutatás módszertanát ismertető részben leírtak szerint, az esettanulmányok módszertanát követve kívánom megválaszolni. A rendelkezésre álló adatokra a többszemponú döntési modellek és a DEA módszereit alkalmazva, azok eredményeinek összehasonlításával, az azokból megfigyelhető alakzatok összehasonlítása (pattern matching) és az azok mögött álló lehetséges jelenségek magyarázata (explanation building) által végzem. A Q2 kutatási kérdésekhez kapcsolódóan a képesség-érettség és a teljesítmény kapcsolatát, a strukturális egyenletek

útmodelljének (PLS-SEM) módszerét felhasználva elemzem, különböző modelleket megvizsgálva. E módszer eredményeinek kiértékelésében felhasználom az esettanulmányok előzőkben ismertetett módszereit. Végül megvizsgálom, hogy ezen módszer milyen többlet információt szolgáltat a lean képességfejlesztés sikerességének nyomon követéséhez, és az miként alkalmazható a vállalatok mindennapi gyakorlatában.

4. A kutatás módszertana

4.1 Esettanulmány alapú megközelítés

A kutatás két módszertan kombinációját ötvözi: az egyik az esettanulmány módszere, a másik pedig a kvantitatív analízis, a többváltozós döntési modellek, a DEA és a PLS-SEM módszerei. Az esettanulmány széleskörűen alkalmazott módszer komplex vezetéstudományi problémák elemzésére (Eisenhardt, 1989; Yin, 2003), kutatásomban ez a kvantitatív analízis eredményét segít az esettanulmány kontextusában értelmezni, a vizsgált vállalatnál származó interjúk és teljesítménnyel kapcsolatos riportok által. Az esettanulmány módszere segít megérteni a folyamatok dinamikáját egy egyedi esetben, amiből általános érvényű megállapításokat kisérelhetünk meg levonni. Az esettanulmányon alapuló kutatási módszer lehet gyakorlat orientált, melynek célja a kutatás eredményeit közvetlenül alkalmazó szakemberek tudásának támogatása, vagy feltevéseket – elméleteket létrehozó, tesztelő, megerősítő, melynek célja, a tudományos elméletek kibővítése (Dul és Hak, 2009). Kutatásom egyrészt gyakorlat orientált, megállapításai közvetlen gyakorlati haszonnal bírnak, másrészt egy meglévő elméletet tesztel, a lean módszerek teljesítményre vonatkozó hatását ellenőrzi, az esettanulmány keretein belül.

Az esettanulmány módszere gyakran ötvözi a kvalitatív és a kvantitatív módszereket, hogy az így létrehozott „háromszögelés” (triangulation) megerősítse a feltevéseket és az elméleti modelleket (Eisenhardt, 1989). A kvalitatív adatok, melynek forrásai interjúk, megfigyelések és egyéb üzleti dokumentumok lehetnek, segítenek a kutatóknak, hogy ellenőrizzék a kvantitatív adatokon alapuló megállapításaik helyességét és elkerüljék a téves következtetéseket (Dul és Hak, 2009). Az esettanulmány alapulhat egy kiválasztott eseten vagy véges, kis számú eseten, ez utóbbit összehasonlító esettanulmánynak nevezzük. Azokat a kutatásokat, ahol a vizsgált esetek száma nagy, felméréseknek nevezzük. Jelen kutatásomban a kvantitatív adatok száma viszonylag nagy, bár azok mind egy vállalatcsoporttól származnak melyek hasonló tevékenységet folytattak és összehangolt módon dolgoztak egy stratégia megvalósításán. Az esettanulmány módszerét így azokra az egyedi esetekre, megfigyelésekre alkalmazom, ahol a kvantitatív elemzés sajátos eredményt ad és ezekből az egyedi esetekből szándékozom a kutatási kérdésekre vonatkozó következtetéseket levonni. Fontos

megvizsgálni, hogy az esettanulmányon alapuló kutatás eredménye mennyire reprezentatív, az abból levont következtetések mennyire terjeszthetők ki más területekre, vagy iparágakra, illetve ezen kiterjesztésekre milyen megkötések vonatkozhatnak. Kutatásom megállapításainak általánosíthatóságát szűkíti, hogy kutatásom kizárólag egy vállalatcsoportot vizsgál, mely viszonylag homogén kultúrával, a problémák megközelítésének hasonló módjával és hasonló munkamódszerrel rendelkezik. Másrészt viszont a vállalatcsoport olyan lean módszertant alkalmazott, mely más hasonló iparágakban is elterjedt, és a megvalósításhoz olyan tanácsadókat használt, melyek biztosították az információ és a legjobb gyakorlatok hasonló vállalatok és iparágak közötti transzferjét. Továbbá a vizsgált gyárak a világ öt kontinensén helyezkedtek el és működésük során mind a tömegtermelés mind pedig az élelmiszeripar (sarzs alapú gyártás) folyamatait alkalmazták. Mindezt összevetve a kutatás megállapításai kiterjeszthetők más, hasonló feldolgozóiparban működő vállalatokra.

A gyakorlatorientált esettanulmányon alapuló kutatás általában egy üzleti probléma köré szervezhető, és célja, hogy támogassa az ezen problémával foglalkozó szakemberek tudásszükségletét. Dul és Hak (2009) a gyakorlat orientált kutatás célját és lehetséges irányait négy pontban fogalmazza meg: 1) az üzleti probléma a lehetőségekhez képest pontos megfogalmazása, 2) a probléma megoldására irányuló tevékenységek, az üzleti intervenció jelenlegi szintjének és hatékonyságának megállapítása, 3) az üzleti probléma megoldásához szükséges (többlet) tudás meghatározása és 4) e tudásszükséglet prioritizálása. Kutatásom során én is ezt a modellt alkalmazom. A feltevéseket - elméleteket megerősítő, ellenőrző kutatások esetében a kísérleteket kell előnyben részesíteni az egyéb módszerekkel szemben. Amennyiben ez nem kivitelezhető, alkalmazhatunk idősoros (longitudinális) vagy összehasonlító módszereket is (Dul és Hak, 2009). Esetemben - mivel az üzleti környezet miatt kísérletek elvégzésére nem adódott lehetőség - elsősorban ez utóbbit alkalmazom, a kvantitatív elemzés eredményeinek értelmezésekor a vizsgált vállalatcsoport különböző, sajátos eseteit hasonlítom össze, illetve megvizsgálom az eredmények időbeli változását is. A feltevéseket-elméleteket tesztelő kutatások esetében vizsgálhatjuk, hogy mik azok az elegendő, szükséges feltételek, illetve determinisztikus kapcsolatok, amelyek két fogalom között fennállnak. Fontos, hogy ezek a feltételek vagy kapcsolatok üzleti jelentőséggel bírjanak (Dul és Hak, 2009). Kutatásomban ezeket egyrészt a sokdimenziós skálázás módszerével vizsgálom, hogy melyek azok a lean gyakorlatok, melyek hasonló vagy eltérő módon kerülnek megvalósításra a gyakorlatban, másrészt a PLS-SEM

módszerét használom fel a lean gyakorlatok és a vállalati teljesítmény között fennálló determinisztikus kapcsolatok vizsgálatára.

Az esettanulmányon alapuló kutatások gyakorlati megvalósításával kapcsolatban Yin (2017) megkülönbözteti a 1) kutatás megtervezésének, 2) a kutatásra való felkészülésnek, 3) az adatgyűjtésnek, 4) az adatok elemzésének és 5) a kísérlet eredményei közzétételének lépéseit. A kutatás megtervezésének fázisával kapcsolatban kiemeli a kutatási kérdések, a kutatás mozgatórugóinak fontosságát. A „hogyan és miért” kérdések segítenek kitűzni a kutatás irányát. A vizsgálandó eset meghatározásánál fontos, hogy az jól kapcsolódjon a kutatás kérdéseivel és az irodalomban fellelhető korábbi esetekhez, amennyiben eredményünket össze kívánjuk hasonlítani azokkal. A kutatás tervezési fázisában gondolunk kell arra is, hogy a gyűjtendő adatok miként kapcsolódnak kutatási kérdéseinkhez és a kutatás mozgatórugóihoz. Annak ellenőrzésére, hogy az esettanulmányon alapuló kutatásunkat helyesen terveztük meg, Yin (2017) javasolja annak vizsgálatát, hogy a kutatás során vizsgált képzett és látens változók, feltevések és elméletek érvényességét, azok általánosíthatóságát és megbízhatóságát milyen módon tudjuk ellenőrizni. Ebben segíthet a bizonyítás több forrásból történő ellenőrzése, konkurens magyarázatok vizsgálata, logikai modellek és adatminták ellenőrzése, valamint a kutatás megállapításainak az esettanulmány kulcsszereplői által történő ellenőrzése.

Amennyiben kutatásunk egy eseten alapul - hasonlóan jelen kutatáshoz, mely egy vállalatcsoportot vizsgál - fontos azt is ellenőrizni, hogy elegendő-e a kutatást egy esetre korlátozni. Yin (2017) szerint az egy eseten alapuló kutatás megfelelő lehet, ha az a vizsgálandó feltevések különösen fontos mozgatórugóit érinti, az eset egy extrém vagy egy teljesen általános állapotot takar, amennyiben az valami teljesen új jelenséget vizsgál, valamint, ha az egy idősoros vizsgálat. Ezen kritériumok alapján a jelen kutatás esetében megfelelő lehet az egy eset, egy vállalatcsoport vizsgálata, mivel a vállalat működése a vizsgált kontextusban általánosnak mondható, megegyezik más hasonló vállalatok működésével, illetve a kutatás tartalmaz idősoros vizsgálatokat is.

Az adatgyűjtés forrásaival kapcsolatban Yin (2017) megkülönbözteti az esettanulmány dokumentumait és számszerűsített adatait, a különböző interjúkat és közvetlen megfigyeléseket beleértve a vállalat területén található tárgyakat. A kutatás esetén probléma lehet hozzáférni ezen forrásokhoz titoktartási megkötések, illetve az adatok ismeretének esetleges hiánya miatt. Kutatásom során - mivel az esettanulmány vállalatánál dolgoztam - ezen problémák nem merültek fel, a vállalat működését belülről

ismertem, így az adatokhoz és a szükséges személyekhez az interjúk során hozzá tudtam férni. Az adatok feldolgozása során, a titoktartási megkötések miatt az adatokat anonimizáltam, illetve olyan formában prezentáltam, hogy abból a vállalat egyes gyáraira vagy érzékeny mutatóira ne lehessen információhoz jutni. Az adatok elemzésével kapcsolatban Yin (2017) négy különböző módszert sorol fel, melyek segíthetnek az esettanulmány adatainak elemzésében. Az első, az alakzatok összehasonlítása (pattern matching), mely módszerrel kapcsolatban hivatkozik Trochim (1989) cikkére, aki az elméleti és gyakorlati eredmények összehasonlításának különböző típusait mutatja be. Ennek a módszernek egy speciális változata a magyarázat építés (explanation building), ahol az előbb felismert alakzatok mögött álló jelenségeket magyarázzuk az esettanulmány során nyert információ segítségével. Kutatásomban a döntési modellek eredményeinek összehasonlítása során mind a két a módszert alkalmazom, az egyes módszerek által adott eredmények leírásával, összehasonlításával és a gyakorlati alkalmazásuknak magyarázatával. A harmadik módszer az adatsorok elemzése, melyet egyrészt a többszemponú döntési modellek azon képességének elemzésére használok, hogy azok mennyire alkalmasak a teljesítmény időbeli változásának megjelenítésére, másrészt a sokdimenziós skálázás és a PLS-SEM módszer eredményének időbeli változásának elemzésére. A negyedik módszer a logikai modellek, melyek ok-okozati összefüggéseket kívánnak feltárni. Ezt a módszert kutatásom során a képesség-érettség és a teljesítmény közötti összefüggés elemzésére használok fel, a PLS-SEM módszert alkalmazva. Végül a kísérlet eredményeinek közzétételével kapcsolatban Yin (2017) megjegyzi a kutatás hallgatóságának ismeretét, a szövegezés és az ábrák milyenségének fontosságát és a megfelelő számú bizonyíték ismertetését. Ezzel kapcsolatban kiemeli, hogy egy dolgozat esetében az elméleti és módszertani tudás alapos ismeretének bemutatása és a kutatás körütekintő kivitelezésének bemutatása, míg a nem tudományos szakemberek számára a gyakorlati példák és a gyakorlati alkalmazás lehetőségének bemutatása fontos.

4.2 Adatgyűjtés

Az esettanulmány keretében végzett kvantitatív elemzés két adatforrást használ: a vállalat termelési részlegének teljesítménymutatók adatbázisát, valamint a lean képesség-érettség önértékelések adatállományát. A teljesítménymutatók adatbázisa havi bontásban tartalmazza az egyes gyarak termelési adatait és teljesítménymutatóit, míg a képesség-

érettség önértékelések adatállománya éves bontásban tartalmazza az egyes lean képességek – gyakorlatok bevezetésének szintjét. A teljesítménymutatók, megfelelően az irodalmi áttekintésben megfogalmazott elvárásoknak (Akyuz és Erkan, 2010) hányadosként kerültek meghatározásra, illetve arányosan képviselik a pénzügyi és nem-pénzügyi, valamint a stratégiai, taktikai és működési mutatókat (4.táblázat). Az egyes teljesítménymutatók skálája eltérő, ezért az elemzés során azokat normalizálni szükséges. A lean képességek és gyakorlatok bevezetésének szintjét, az érettségi mutatót a vállalatok egy 1-5-ig terjedő Likert skálán önértékelés által mérték, képesség területenként mintegy 100 kérdés megválaszolásával. Az egyes képesség területek definícióját és Shah és Ward (2003) szerinti csoportba sorolását az 1. függelék tartalmazza.

teljesítmény kategória	kód	magyarázat	mutatók száma	része a többszem-pontú döntési modellnek?	része a DEA modellnek?
minőség	QUALITY 1, ... QUAITY 7	specifikációknak való megfelelés minőség mutató érték	7	igen	nem, de a gyenge minőség teljesítményű gyárak ki lettek zárva
víz és energia-felhasználás	ENERGY 1, ... ENERGY 3	fajlagos energiafelhasználás fajlagos vízfelhasználás	3	igen	igen
veszteségek	LOSS 1, LOSS 2	anyagvesztesség hányadosok	2	igen	igen
csomagolási hatékonyság	OEE 1, OEE 2	munkaerő hatékonyság berendezés meghibásodása	2	igen	a dolgozói létszámon keresztül, áttételesen
termelékenység	HC	a termelésben dolgozók átlagos létszáma egységnyi éves termeléshez viszonyítva	1		igen
karbantartási költség	MNTC	a termelőeszközök karbantartásának költsége	1		igen

4. táblázat A kutatás során vizsgált teljesítménymutatók

4.3 Kvantitatív módszerek

A kutatási kérdések megválaszolása érdekében a következő kvantitatív vizsgálatokat végeztem el:

- Q1: melyik teljesítmény összegzési módszer támogathatja legjobban a teljesítményfejlesztő programokat
 - Négy különböző többszemponútú döntési modellen alapuló összesített teljesítménymutató értékének kiszámítása és ezen eredmények (összesített teljesítmény sorrendek és értékek) összehasonlítása. Az összesített teljesítménymutatók időbeni változásának vizsgálata.
 - A DEA módszer alapuló összesített teljesítménymutató – termelékenység kiszámítása, és annak összehasonlítása az előző pontban említett, többszemponútú döntési modellen alapuló összesített teljesítménymutató értékeivel.
- Q2: mennyire erős a kapcsolat a lean gyakorlatok bevezetése és a teljesítmény között a vizsgált vállalat kontextusában
 - A képesség-érettség területek egymáshoz viszonyított kapcsolatának vizsgálata a többdimenziós skálázás módszerének segítségével. Ezen kapcsolat időbeli változásának vizsgálata.
 - A képesség-érettség szintje és a teljesítmény közötti kapcsolat vizsgálata PLS-SEM módszer segítségével, különböző modellek esetében.

A kvantitatív elemzés adatelőkészítő, a többszemponútú döntési modellekhez és a DEA módszerhez szükséges számításait egy R programnyelvben írt szkript segítségével végeztem, felhasználva a 'topsis' (Yazdi, 2013), 'ahp' (Glur, 2017), valamint a 'Benchmarking' (Bogetoft és Lars, 2015) csomagokat. A többdimenziós skálázást az IBM SPSS Statistics 22.0 ALSCAL modulja (Takane, Young és de Leeuw, 1977; „IBM SPSS Statistics for Windows”, 2013) segítségével, míg a PLS-SEM modellekhez szükséges számításokat a SMARTPLS 3.0 szoftver (Ringle, Wende és Becker, 2015) segítségével végeztem el.

4.3.1 Leíró statisztika

Az adatok elemzésének első lépéseként azok leíró statisztikai elemzését végeztem el. Ennek keretében megvizsgáltam az egyes teljesítménymutatók és képesség-érettség szintek különböző statisztikai mutatóit, úgy, mint az átlag, a szórás, a ferdeség, a csúcosság, illetve ellenőriztem, hogy eloszlásuk megfelel-e a normális eloszlással szemben támasztott követelményeknek. Ez utóbbit a Shapiro-Wilk teszt (Shapiro és Wilk, 1965) segítségével ellenőriztem. Ezen kívül megvizsgáltam, hogy a vizsgált három időszak (2014, 2015 és 2016 évek) között kimutatható-e statisztikailag szignifikáns különbség, vagyis, hogy a teljesítmény, illetve a képesség-érettség szintek a vizsgált időszak alatt szignifikánsan javultak, romlottak vagy nem változtak. Ez utóbbit a Kolmogorov-Smirnov (Sheskin, 2004b) és a Mann-Whitney (Sheskin, 2004a) tesztekkel ellenőriztem. Végül ellenőriztem az egyes változók között fennálló esetleges korrelációt, a multikollinearitást is a változók varianciainflációs tényező (VIF) számításával.

4.3.2 Többszemponútú döntési modellek

Az összesített teljesítménymutató segítségével egyrészt a vállalatok teljesítmény sorrendjét másrészt összesített teljesítményük egymáshoz való viszonyát állapítottam meg, ez utóbbit az összesített teljesítmény egy 0-1 közötti skálán történő ábrázolásával. A négy módszer szerint az összesített teljesítmény sorrendet és összesített teljesítménymutatót a következő részfejezetekben bemutatott módon képeztem.

4.3.2.1 Borda sorrend

Az irodalmi áttekintésben leírtak szerint a vállalatokat az egyes teljesítménymutatójuk szerinti eredményük alapján sorba rendeztem, mely sorrendhez, minden egyes teljesítménymutatóra sorrend-pontokat rendeltem. A sorrendpontokat úgy határoztam meg, hogy a legjobb teljesítményű vállalat kapja a legalacsonyabb pontot, 1-et, a következő eggyel nagyobbat stb. Azonos teljesítményű vállalatok esetén azok a holtversenyhez tartozó sorrendpontok átlagát kapták (Kendall, 1945) rangsor-átlag módszere). Az összesített teljesítmény sorrendet a sorrendpontok összegeként határoztam meg, ahol a legalacsonyabb sorrendpontú vállalat a legjobb teljesítményű. A Borda teljesítmény érték megállapításához a sorrendpontok összegét ábrázoltam [0,1]

skálán, 0-nak véve a sorrendpontok elméletileg adható legnagyobb, míg 1-nek véve azok legkisebb értékét.

4.3.2.2 A teljesítménymutatók fontossági súlyának meghatározása az AHP módszerrel

Az esettanulmány vállalatának stratégiája szerint az egyes teljesítménymutatók eltérő fontosságúak, melyet a többszemponútú döntési modellek esetében fontossági súlyokkal tudunk kifejezni. Ezen súlyokat, a vállalat a központjában dolgozó termelési felsővezetőkkel egyetemben, az AHP módszer segítségével, a teljesítménymutatók páros összehasonlításával határoztam meg. A páros összehasonlításhoz 1-9-ig terjedő Likert skálát használtam, és az összehasonlítások eredményeiből az R szoftver 'ahp' csomagja segítségével számoltam ki a fontossági súlyokat, illetve az összehasonlítások konzisztenciáját jelző konzisztencia mutatót (CR). Az eredményeket a vállalat felsővezetőivel ellenőriztem, melyet azok helyénvalónak találtak.

4.3.2.3 Az AHP módszer által súlyozott Borda sorrend

Amennyiben a Borda módszer által meghatározott teljesítmény sorrend pontszámokat, mint hasznossági függvény-értékeket értelmezzük, lehetőség nyílik a Borda sorrendben a fontossági súlyok figyelembevételére. A teljesítmény sorrendet ebben az esetben az egyes teljesítmény sorrend-pontok és fontossági súlyok súlyozott összegeként számoltam. Ez a módszer nem gyakran használt, de kísérletet teszt a Borda módszer egyik hiányosságának feloldására, mármint, hogy az nem veszi figyelembe az egyes döntési kritériumok esetleges eltérő fontosságát. Az ehhez a módszerhez tartozó teljesítmény értéket a 4.2.2.1 pontban leírtak szerint számoltam a súlyozott sorrend-pontokból. A módszer átvezet a hasznossági függvények területére, ahol a döntéshozó preferenciáját a teljesítménymutatókhoz rendelt függvényekkel írjuk le.

4.3.2.4 A TOPSIS módszer

E módszer szerint az egyes teljesítménymutatókhoz a 2.2.1.3 pontban leírt normalizálás által egy lineáris hasznossági függvényt rendeltem és az összesített teljesítménymutatót ezen hasznossági függvények fontossági súlyokkal normalizált Euklideszi térben mért, a legjobb és legrosszabb értékektől mért távolságként számoltam. A teljesítménymutatókat a

$$v_i = \frac{a_i}{\sum_i a_i}$$

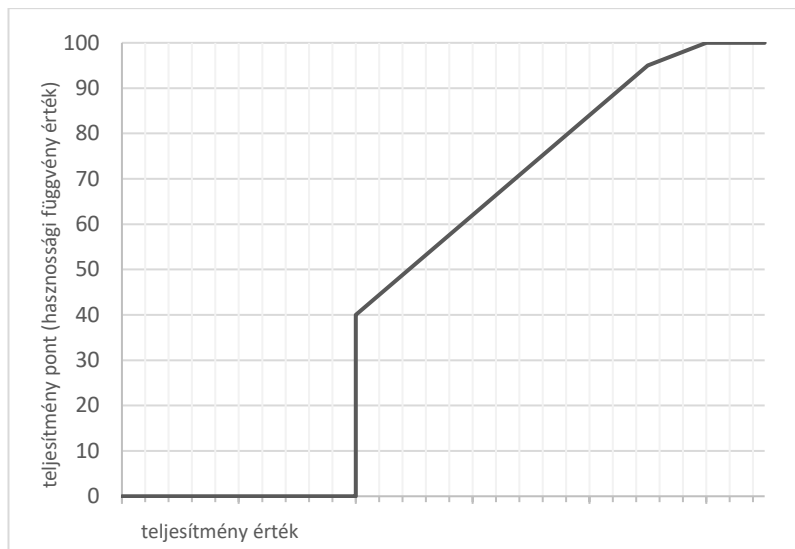
képlet szerint normalizáltam, majd meghatároztam minden egyes mutatóra a legjobb (ideal) és a legrosszabb (anti-ideal) pontokat. Ezek után a 4.2.1.2 pontban leírt módon meghatározott fontossági súlyok segítségével a 2.2.1.4 pontban leírt módon számoltam az összesített teljesítménymutatót. A számításokat az R szoftver 'topsis' csomagja segítségével végeztem.

4.3.2.5 Hasznossági függvényértékek súlyozott átlaga

A negyedik, többszemponútú döntési modelleken alapuló számítási módszer esetében az összesített teljesítménymutatót az egyes teljesítménymutatókhoz rendelt hasznossági függvények értékeinek a 4.2.1.2 pontban leírt módon meghatározott fontossági súlyok értékeivel súlyozott összegeként számoltam ki. A hasznossági függvény alakját úgy határoztam meg, hogy az a következő módon befolyásolja a vállalatok tevékenységét és szervezeti döntéseit:

1. ösztönözze egy meghatározott minimális teljesítményszint elérését az által, hogy e teljesítmény szint alatt a hasznossági függvény értéke 0.
2. egy meghatározott, kiváló teljesítményszint elérése után a függvény ne motiválja a teljesítménymutató további fejlesztését, az által, hogy e szint felett a függvény értéke a teljesítmény növekedésével az előzőleg meghatározott küszöbérték és a kiváló teljesítményszint közötti lineáris függvény meredekségénél kisebb mértékben növekszik; illetve egy meghatározott maximális teljesítményszintnél és a felett a függvény értéke az 1 maximum értéket veszi fel.

A hasznossági függvény ezek szerint egy meghatározott teljesítmény küszöbérték alatt 0 értéket képez, majd innen a kiváló teljesítmény eléréséig lineáris skálát alkalmaz, egy küszöb teljesítménypontszám kezdettel. A kiváló és a maximális teljesítmény között a függvény egy, az előzőnél kisebb meredekségű lineáris alakot vesz fel, majd maximumát vagy az elméletileg elérhető, vagy egy empirikusan megválasztott teljesítményértéknél éri el. A függvény alakját az olyan típusú teljesítménymutatókra, melyeknél a nagyobb értékekhez tartozik a jobb teljesítmény a 4. ábra szemlélteti. A hasznossági függvényeket az egyes teljesítménymutatókra külön-külön a vállalat termelési felsővezetőivel egyetértésben határoztam meg.



4. ábra A kutatás során használt hasznossági függvény (saját szerkesztés)

4.3.3 Data Envelopment Analysis (DEA)

Az összesített teljesítménymutató meghatározásának másik, a többszemponútú döntési modellektől alapvetően eltérő módszere a DEA módszer. A módszerhez a teljesítménymutatókat az első lépésben input és output jellegű csoportokra osztottam. Az input csoportba a 4. táblázatban felsoroltak közül a víz és energiafelhasználást, a veszteségeket, a termelékenységet (dolgozói létszámot) és a karbantartási költséget soroltam. A minőséggel kapcsolatos mutatókat Sherman és Zhu (2006) javaslata szerint a számításoknál nem vettem figyelembe, viszont azokat a vállalatokat, melyek összesített minőség mutatója nem ért el egy meghatározott szintet kizártam a hatékony határterület meghatározó gyárak halmazából. A csomagolási hatékonysággal kapcsolatos két mutató szintén nem vettem figyelembe, mivel azok a termékenységen (dolgozói létszámon) keresztül már reprezentáltak. Az output jellegű csoportba a termelt mennyiséget vettem figyelembe, csomagolási típusokként külön-külön, mely ugyan nem teljesítménymutató, de szükséges a számításokhoz. A vállalatok termelékenysége a súlyozott outputok és inputok hányadosának maximuma, feltételezve, hogy minden vállalat ilyen módon képzett hányadosa egynél kisebb vagy azzal egyenlő szám (Charnes, Cooper és Rhodes, 1978):

$$\max h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$$

feltételezve, hogy:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0; r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, n$$

ahol y_{rj}, x_{ij} (mind pozitív) a j -ik vállalat ismert outputjai és inputjai, $u_r, v_i \geq 0$ pedig azok a változó súlyok, melyek probléma megoldásához tartoznak. A $j = 1, \dots, n$ referencia halmaz egy vállalatának a termelékenységére a halmaz többi tagjához viszonyított, melyet a 0 megkülönböztetés jelöl. A vállalatok termelékenységét az R szoftver 'Benchmarking' csomagjával számoltam ki, mely a probléma lineáris programozással történő megoldásához az 'lpSolveAPI' (Konis, 2016) csomagot használja. A termelékenységet a technológia mérethozadékára és rugalmasságára vonatkozó különböző feltételezések mellett számoltam ki, melyet a kutatási eredmények ismertetése során mutatok be.

4.3.4 Sokdimenziós skálázás

Azt, hogy az egyes lean képesség-területek mennyire hasonlóak egymáshoz, fejlesztésük mennyire történik egyidejűleg a sokdimenziós skálázás módszerének segítségével vizsgáltam. A sokdimenziós skálázás feltételezése, hogy létezik az objektumoknak egy olyan kvantitatív reprezentációja, mely modellekben az objektumok az állapotter pontjaiként jelennek meg olyan módon, hogy abban a hasonló objektumok kerülnek egymáshoz közel (Füstös és Tárnok, 2017a). A módszer alkalmazása során az egyes lean képesség területeket a vállalatok képesség-érettség szintjének sokdimenziós térben egy-egy ponttal reprezentáljuk, és a köztük lévő kapcsolatokat a különbözőségeik empirikus mérésével fejezzük ki:

$$\delta_{(c_i c_j)} = \delta_{ij}$$

ahol c_i, c_j a sokdimenziós térben értelmezett két pontot, míg δ a különbözőségük empirikus mértéke. A megoldás a pontok konfigurációja az r -dimenziós térben, ahol a pontok távolsága:

$$d_{(c_i c_j)} = d_{ij}$$

A nemmetrikus MDS eljárás célja, hogy találjuk meg a pontoknak egy olyan halmazát egy minimális dimenziószámú térben, hogy a különbözőségek monoton függvényei legyenek a távolságoknak:

$$ha \delta_{ij} < \delta_{kl}$$

$$akkor d_{ij} < d_{kl}$$

Az iteratív eljárásban a normalizált reziduális négyzetösszeget (S) minimalizáljuk:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i < j} (d_{ij} - \hat{d}_{ij})^2}{\sum_{i < j} d_{ij}^2}}$$

ahol \hat{d}_{ij} a becsült távolságokat jelöli (Füstös és Tárnok, 2017a).

A sokdimenziós skálázás pontábrájának értelmezését a konfigurációt kifeszítő látens tengelyek értelmezésével, azok vizsgálatával szokás végezni. Az MDS modelleknél az alakzat teljességét, formáját, valamint a pontok egymáshoz való viszonyát összességében kell vizsgálni, vagyis nem feltétlenül a pontok szóródását legjobban magyarázó dimenziókat kell értelmezni. Nyilvánvaló, hogy az alakzat helyzete kapcsolatban lehet a skálázott egyedek jellemzőivel. Ha a sokdimenziós skálázás terének minden irányát nem is, de a koordinátasíkok irányát könnyen tudjuk vizsgálni. A pontábra egyedeinek jellemzőit kapcsolatba hozhatjuk az egyes koordinátatengelyekkel, amire a korreláció- és regresszióelemzés ad lehetőséget. Az egyes tengelyek és a jellemzők páronkénti korrelációs együtthatója segíthet a tengelyek (dimenziók) elnevezésében hasonlóan ahhoz, ahogyan a faktorelemzésnél a faktorokat értelmezzük. A regresszióelemzést használhatjuk annak a hipotézisnek a tesztelésére, hogy a pontábra adott elhelyezkedésével egy változóhalmaz kapcsolatban van-e. A regresszióelemzés során keressük az ábra koordinátáinak olyan kombinációját, amely jól becsüli, jól magyarázza a változókat, melynek jóságát a többszörös korreláció méri (Füstös és Tárnok, 2017a).

A sokdimenziós skálázás különböző módszerei közül az ALSCAL (Takane, Young és de Leeuw, 1977) nem-metrikus módszerét alkalmaztam, mivel az adatok eloszlása nem felelt meg a normális eloszlással szemben támasztott követelményeknek és ez a módszer nem feltételez sem követeli meg annak meglétét. Első lépésként a képesség területek sorrendi skálán mért Euklideszi távolság mátrixját hoztam létre, a képesség-érettség szintek értékeiből, majd erre a mátrixra illesztettem a modellt az alternáló legkisebb négyzetek módszere segítségével. A módszer eredményeként a lean

képességek kétdimenziós vetületének stimulus koordinátáit kaptam, illetve a Kruskal formula szerint számított stressz számot és a korreláció négyzetét (RSQ) mely a modell illeszkedésének pontosságát mutatja. Az egyes képesség területek stimulus koordináták szerinti grafikus ábrázolását vizsgálva értelmeztem, hogy az egyes képesség területek, bevezetésük szintje mennyire hasonló egymáshoz.

4.3.5 PLS-SEM

A lean képesség-érettség és a teljesítmény közötti kapcsolatot a strukturális egyenletek PLS-SEM módszerével vizsgáltam. E módszer a statisztikai módszerek második generációs technikái közé tartozik és elsősorban az exploratív (felderítő) kutatásokban használt. A módszer a képzett (látens) változók közötti kapcsolatokat a parciális legkisebb négyzetek strukturális egyenletek modellje (partial least squares structural equation modelling (PLS-SEM) segítségével térképezi fel. A módszer során a képzett (látens) változót (akár többet is) a megfigyelt (manifeszt) változókból a következő módon képezzük:

$$y = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_mx_m; i = 1, \dots, m$$

ahol x_i a megfigyelt (manifeszt) változók

w_i : a lineáris kombináció súlya

y : képzett (látens) változó

Amennyiben egy látens változóval kifejezett fogalmat m számú manifeszt változóval mérünk, akkor a mérés megbízhatóságát a Cronbach-féle alfa együtthatóval fejezhetjük ki:

$$\alpha = \frac{m}{m-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^m \sigma_i^2}{\sigma_x^2} \right)$$

ahol σ_i^2 az i -edik megfigyelt változó varianciája $var(x_i)$, σ_x^2 az m megfigyelt változó összegének varianciája ($x = x_1 + x_2 \dots + x_m$). Látható, hogy a Cronbach-féle α feltételezi, hogy az egyes változók megbízhatósága egyenlő (Füstös és Tárnok, 2017b).

A Cronbach α együtthatót definiálhatjuk a következőképpen is:

$$\alpha = \frac{m\bar{c}}{(\bar{v} + (m-1)\bar{c})}$$

ahol \bar{c} a változók közötti kovarianciák átlaga (az egyes változók varianciáit nem számoljuk hozzá), \bar{v} a változók varianciáinak az átlaga.

A standardizált Cronbach-féle α együttható:

$$\alpha_{standardizált} = \frac{m\bar{r}}{(1 + (m - 1)\bar{r})}$$

ahol \bar{r} az $m \frac{(m-1)}{2}$ korrelációs együttható (a korrelációmátrix diagonális elemei alatt vagy felett lévő elemeinek, vagy másképp fogalmazva a korrelációmátrix alsó vagy felső mátrixának a diagonális elemek nélküli) átlaga. Az α értéke 0 és 1 között változik, és az irodalomban elfogadott, hogy a 0,9 feletti értékeket kitűnőnek, 0,9 – 0,8 közötti értékeket jónak, 0,8 – 0,7 közötti értékeket elfogadhatónak, míg a 0,5 alatti értékeket nem elfogadhatónak tekintik. Az összetett megbízhatóságot, mely során az egyes manifeszt változóknak a látens változóra vonatkozó súlyait (komponenssúly, faktorsúlyok, loadings) vesszük figyelembe, a következőképpen definiáljuk:

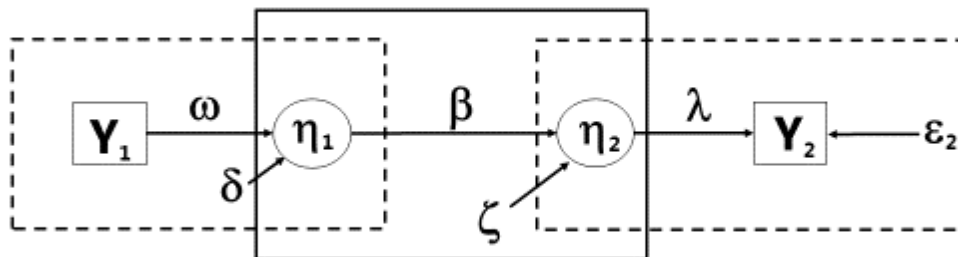
$$\rho_c = \frac{\sum_{i=1}^m l_i^2}{(\sum_{i=1}^m l_i^2) + \sum_{i=1}^m var(e_i)}$$

ahol l_i az i -edik változó komponenssúlya (faktorsúlya), e_i az i -edik változó mérési hibája, $var(e_i)$ a mérési hiba varianciája, amely $var(e_i) = (1 - l_i^2)$. A számlálóban a manifeszt változók varianciáinak a modell által magyarázott részét találjuk.

A képzett (látens) változóknak képzésük szempontjából két csoportját különböztetjük meg: reflektív és formatív mérési modelleket. A reflektív mérési modell esetében a klasszikus mérési modell logikája alapján feltételezzük, hogy a mért, manifeszt változók mögött van egy látens, szisztematikus komponens, ami kiegészülve a véletlen hibával állítja elő a megfigyelt változókat. A reflektív mérési modell manifeszt változói erősen korrelálnak egymással. A reflektív látens változók mögött lévő szisztematikus elméleti komponens nem változhat egy-egy manifeszt változó elhagyásával, ezért a manifeszt változók felcserélhetők. A formatív mérési modell esetében a látens változót a manifeszt változók lineáris kombinációjaként állíthatjuk elő. Ebből adódóan a formatív mérési modell látens változójához tartozik egy mérési hiba tag, míg a manifeszt változókhoz nem. A formatív mérési modellnél a multikollinearitás problémát jelent, ebben az esetben nem tételezzük fel, hogy a manifeszt változók között erős a korreláció. A reflektív mérési modellel képzett látens változóknál az ahhoz tartozó manifeszt változók közös axiológikus tartalmát jelenítjük meg. A formatív mérésnél a

látens változóban a manifeszt változókból rejlő információt próbáljuk összesűriteni a lehető legjobban (maximáljuk a látens változó variációját, vagyis keressük a manifeszt változók lineáris kombinációi közül azt, amelynek maximális a variációja) (Füstös és Tárnok, 2017b).

A látens változók útelemzés modelljének sémáját a következő modellel szemléltethetjük:



5. ábra A látens változók útelemzésének modellje (Füstös és Tárnok, 2017b) alapján

ahol

Y_1, Y_2 : a megfigyelt, manifeszt, exogén változók halmaza,

η_1, η_2 : a képzett (nem megfigyelt, látens), endogén változók halmaza, ahol η_1 reflektív, míg η_2 formatív mérési modellt feltételez,

β : útegyüttható(k),

ω : az exogén manifeszt változók regressziós súlya(i),

λ : az endogén manifeszt változók factorsúlya(i),

δ : az exogén látens változók reziduális tagja(i),

ζ : az endogén látens változók sztochasztikus reziduális tagja(i),

ε : az endogén manifeszt változó mérési hibája(i).

A strukturális egyenletek útmodellje három egyenletből áll (Füstös és Tárnok, 2017b):

Az *első egyenlet* a látens változók közötti utakat írja le, ez a modell strukturális egyenlete:

$$\eta = B\eta + \zeta$$

$$\text{ahol } E(\eta) = 0, E(\zeta) = 0, E(\eta\zeta') = 0.$$

Az i -edik látens változót előállító strukturális egyenlete:

$$\eta_i = \sum_{j < i} (\beta_{ij}\eta_j) + \zeta_i$$

Feltételezzük, hogy az endogén látens változó (η_i) az ok szerepét betöltő látens változók feltételes várható értéke:

$$E(\eta_i | \eta_i) = \sum_{j < i} (\beta_{ij}\eta_j)$$

A *második egyenlet* a manifest változók mérési modellje:

$$y = \Lambda\eta + \varepsilon,$$

ahol Λ : általános eleme λ_{kj} a (η_j) j -edik látens változó regressziós együtthatója a k -edik megfigyelt változó (y_k) előállításában, vagy másképpen a k -edik megfigyelt változónak a j -edik látens változóra vonatkozó faktorsúlya, ε : a megfigyelt változók mérési hibáit, a megfigyelt változók reziduális tagjait tartalmazza.

Feltételezzük, hogy $E(y) = 0, E(\eta) = 0, E(\eta\varepsilon') = 0$

Az utolsó feltétel azt jelenti, hogy a mérési hibák nem korrelálnak a látens változókkal. Az egyenlet mérési hiba nélküli része feltételezés szerint a megfigyelt változók látens változóra vonatkozó feltételes várható értékét adja. A k -edik megfigyelt változó feltételes várható értéke:

$$E(y_k | \eta) = \sum_{j < i} (\lambda_{kj}\eta_j)$$

A **harmadik egyenlet** a súlymodell. Ebben a látens változókat a megfigyelt változók regressziós függvényeként állítjuk elő. A súlymodell egyenlete a következő:

$$\eta = \Omega y + \delta$$

ahol

Ω : a súlyegyütthatókat tartalmazó mátrix,

δ : a látens változók reziduális tagjait tartalmazza.

A modellben feltételezzük, hogy $E(\eta) = 0$, $E(y) = 0$, $E(\delta) = 0$, $E(y\delta') = 0$.

A j -edik látens változó feltételes várható értéke:

$$E(\eta_j|y) = \sum_k (\varpi_{jk} y_k)$$

A paramétereket a legkisebb négyzetek módszere segítségével becsüljük, melynek lényege, hogy a paramétereket részhalmozokra bontjuk, az egyes partíciókat a legkisebb négyzetek módszere kritériuma szerint becsüljük, miközben a többi paraméter kötött értékkel szerepel. Az eljárás iteratív, az iterációs ciklus mindegyikében a paraméterek egy-egy részhalmozát becsüljük a többi paraméter értékét ismertnek feltételezve. A parciális legkisebb négyzetek módszerénél a következő előfeltételezéseket teszünk:

- 1) A manifeszt változók egymást át nem fedő (diszjunkt) blokkokra vannak osztva.
- 2) A látens változók is egymást át nem fedő blokkokra vannak osztva, és egy látens változó-blokk csak egy manifeszt változó-blokkhoz kapcsolódhat, vagyis a manifeszt és látens változók kapcsolódásait egy blokk-diagonális mátrix írja le.
- 3) Az út-modell (a strukturális egyenletrendszer) rekurzív.

A becslés technikai feltételei:

- 1) A látens változókat a manifeszt változók lineáris kombinációjával becsüljük:

$$\hat{\eta}_i = \sum_k (\omega_{jk} y_k)$$

Ahol ω_{jk} a ϖ_{jk} becslése.

- 2) A látens változók strukturális egyenleteit (útegyenleteket) a reziduális tag varianciájának minimalizálásával becsüljük.

$$\text{var}(\zeta) = \Psi_k^2 \rightarrow \min$$

- 3) A modell strukturális egyenleteken kívüli részét blokkonként

- a. vagy a súlymodell szerint $E(\eta_j|y) = \sum_k (\varpi_{jk}y_k)$ a súlyegyütthatókat a reziduális tag varianciájának minimalizálásával becsüljük:
- b. a mérési modell szerint $E(y_k|\eta) = \sum_j (\lambda_{kj}y_j)$ a faktorsúlyegyütthatókat a reziduális tag varianciájának minimalizálásával becsüljük:

$$\text{var}(\varepsilon_k) \rightarrow \min$$

A PLS-SEM módszer algoritmusát iteratív eljárással ad becslést a paraméterekre. A PLS-SEM módszer nem rendelkezik a hagyományos, az illeszkedés pontosságát jelző mérőszámmal, így a modell jóságát az alapján értékeljük, hogy az mennyire képes megbecsülni a látens változókat, melynek validását a kutatás eredményeinek ismertetésekor taglalom. A modell két kimenete az útegyüttható, mely a látens változók közötti kapcsolat erősségét, illetve R^2 , mely a modell becslési pontosságát adja meg (Hair Jr és mtsai., 2014). A PLS-SEM módszert azért választottam, mivel nem tesz előzetes feltételezést az adatok eloszlásával kapcsolatban (Hair, Ringle és Sarstedt, 2011; Hair és mtsai., 2017) és viszonylag kisebb számú adattal is használható. Az elégséges mintaszámra vonatkozó iránymutatás, hogy az legalább tízszerese legyen vagy a modellezni kívánt utak számának vagy a legnagyobb (formatív) mérési változók számának (Barclay, Higgins és Thompson, 1995; Hair és mtsai., 2017). A modell kialakításánál kulcskérdés, hogy a látens változókat milyen módon modellezzük, reflektív és formatív mérési modellként? A képesség-érettség reflektív mérési modellként került modellezésre, mivel ezek a változók erősen korrelálnak egymással és közösen írják le a látens változót. A teljesítmény, mint látens változó formatív mérési modellként lett meghatározva, mivel ezek a változók a képzett változó egy-egy aspektusát írják le, egymással nem korrelálnak erősen. a különböző modelleket bootstrapping eljárás segítségével validáltam.

5. Kutatási eredmények

Az esettanulmány alanya az SABMiller plc, egy rendkívül sikeres, globális italipari vállalat, mely 1999 és 2015 között 913,3% -os TSR eredményt (Total Shareholder Return: a részvényárfolyam emelkedésének és a kifizetett osztalékoknak az összege a kezdeti részvényértékhez viszonyítva) ért el (*London Stock Exchange*, 2015). A vállalat több mint 80 gyárat működtetett a világ öt kontinensén, melyek egy közös, lean alapokon nyugvó termelési rendszer keretében fejlesztették képességeiket és teljesítményüket. A vállalat termelési rendszerének részét képezte a teljesítménymutatók egységes definíciója, azok jelentésének és számításának rendszeres auditálása és eredményének a vállalat központi adatbázisában történő havi rögzítése. A gyárak termékportfoliója, valamint az általuk alkalmazott technológia nagyon hasonló, ezért teljesítménymutatóik jól összehasonlíthatók, az értékükben észlelhető különbség nagyrészt olyan okokra vezethető vissza, amire a gyárak közvetlen hatással voltak. A gyárak alapvetően két fő gyárterületből épülnek fel: az italt, mint folyadékot előállító területből (PROCESS) és az annak csomagolását megvalósító üzemből (PACKAGING). A két terület működése számottevő mértékben különbözik: az első szakaszos folyamat (batch process), míg a második a folytonos termelés (continuous process) kategóriájába tartozik. E két terület működtetéséhez szükséges képességekben is megfigyelhetők különbségek: az első részterület esetében a folyamat-paraméterek optimális értékének meghatározása és azok minél pontosabb betartása, míg a második esetében a gépek meghibásodásának elkerülése és a karbantartás hatékony megvalósítása az elsődleges tényező. A vállalatcsoport teljesítményének folyamatos fejlesztése érdekében globális teljesítmény-versenyt vezetett be, mely az általam is vizsgált 14 teljesítménymutatón alapult. A teljesítmény-verseny célja a teljesítmény javításának felgyorsítása volt. A vállalatcsoport üzleti sikerében működési képességei, termelés-vezetési folyamatai is közrejátszottak (beleértve a globális teljesítmény-versenyt), ezért érdemes esettanulmányán keresztül vizsgálni a teljesítménymutatók teljesítményfejlesztő programokban játszott szerepének problémakörét.

5.1 A teljesítménymutatók és képesség-érettség szintek leíró statisztikája

Az esettanulmány a vállalatcsoport 80 gyára közül 73 teljesítménymutatóját és képesség-érettség szintjét vizsgálta a 2014 és 2016 közötti hároméves időszakban. A teljesítménymutatók eloszlása nem felel meg a normális eloszlással szemben támasztott követelményeknek, melyet a Shapiro-Wilk teszt eredménye bizonyít (6. táblázat). Az eloszlások a jobb teljesítmény irányába ferdek, melyet mutat, hogy a normalizált adatok átlaga és ferdesége a jobb teljesítmény irányába mutat. A teljesítménymutatók főbb statisztikai mutatóit az 5. táblázat tartalmazza - a később részletezett, stratégiai fontosságukat jelölő AHP súlyokkal együtt, míg eloszlásuk 2. függelékben látható. A teljesítménymutatók normalizálása a leíró statisztikához a három éves időszak legrosszabb és legjobb eredményit felhasználásával, a 2.2.1.3 pontban leírt harmadik módszer szerint történt. A táblázatban az irány azt jelzi, hogy a jobb teljesítmény a mutatók kisebb (-) vagy nagyobb (+) értékéhez tartozik.

teljesítmény- mutató	irány	n	átlag	szórás	ferdeség	csúcsosság	AHP súly
LOSS 1	-	219	0,366	0,176	1,099	5,196	2,00%
LOSS 2	-	219	0,179	0,167	2,905	13,435	8,90%
OEE 1	+	219	0,567	0,212	-0,326	3,175	4,70%
OEE 2	+	219	0,743	0,197	-1,510	5,874	2,70%
QUALITY 1	+	219	0,893	0,184	-2,914	12,510	16,00%
QUALITY 2	+	219	0,601	0,174	-0,971	5,518	3,70%
QUALITY 3	+	219	0,852	0,200	-2,272	8,815	3,70%
QUALITY 4	+	219	0,827	0,191	-2,153	8,521	6,80%
QUALITY 5	+	219	0,819	0,176	-2,688	12,137	6,80%
QUALITY 6	-	219	0,123	0,202	3,107	12,646	13,60%
QUALITY 7	-	219	0,253	0,173	1,681	7,861	12,70%
ENERGY 1	-	219	0,176	0,166	2,745	12,790	6,40%
ENERGY 2	-	219	0,305	0,228	1,146	3,830	8,00%
ENERGY 3	-	219	0,272	0,208	1,096	4,341	4,70%

5. táblázat A normalizált teljesítménymutatók főbb leíró statisztikai mutatója és fontosságuk AHP súlya (2014 – 2016 évek összesített statisztikája)

teljesítmény- mutató	n	w	p-érték
LOSS 1	219	0,704	1,08 10 ⁻¹⁹
LOSS 2	219	0,930	7,10 10 ⁻⁰⁹
OEE 1	219	0,981	0,0040
OEE 2	219	0,874	1,01 10 ⁻¹²
QUALITY 1	219	0,563	9,64 10 ⁻²⁷
QUALITY 2	219	0,613	1,94 10 ⁻²⁵
QUALITY 3	219	0,926	5,14 10 ⁻¹¹
QUALITY 4	219	0,725	6,39 10 ⁻²²
QUALITY 5	219	0,775	5,07 10 ⁻²⁰
QUALITY 6	219	0,732	1,09 10 ⁻²¹
QUALITY 7	219	0,877	9,47 10 ⁻¹⁵
ENERGY 1	219	0,892	1,27 10 ⁻¹¹
ENERGY 2	219	0,910	2,11 10 ⁻¹⁰
ENERGY 3	219	0,726	5,22 10 ⁻¹⁹

6. táblázat A normalizált teljesítménymutatók Shapiro-Wilk teszt szerinti normalitás vizsgálatának eredménye (2014 – 2016 évek összesített statisztikája)

A képesség-érettség szintek eloszlása sem felel meg a normális eloszlással szemben támasztott követelményeknek, melyet a Shapiro-Wilk teszt eredménye bizonyít (8. táblázat), számos képességterület esetén tapasztalható kétállású eloszlás. A képesség-érettség szintek főbb leíró statisztikai mutatóit, képesség-területenként a 7. táblázat tartalmazza, míg eloszlásuk a 3. függelékben látható. A képességterületek kódolása az 1.függelékben ismertetett módon, Shah és Ward (2003) lean bundle csoportosítását követve történt.

Képesség terület	n	min	átlag	max	szórás	ferdeség	csúcsosság
HRM1	219	1,326	2,556	3,777	0,611	- 0,098	1,940
HRM2	219	1,000	2,607	3,833	0,607	- 0,117	2,091
HRM3	219	1,433	2,663	3,907	0,595	- 0,075	2,077
TPM1	219	1,159	2,589	4,238	0,756	0,077	2,155
TPM2	219	1,000	2,537	4,022	0,501	- 0,222	2,904
TPM3	219	1,000	2,316	4,290	0,731	0,093	1,963
TQM1	219	1,553	2,891	3,858	0,526	- 0,331	2,472
TQM2	219	1,200	2,802	4,408	0,777	0,015	2,221
TQM3	219	1,273	3,029	4,432	0,647	- 0,388	2,721
JIT	219	1,000	2,449	3,907	0,791	- 0,255	1,673

7. táblázat A képesség-érettség szintek főbb leíró statisztikai mutatója (2014 – 2016 évek összesített statisztikája)

Képesség terület	n	w	p-érték
HRM1	219	0,968	3,68 10 ⁻⁰⁵
HRM2	219	0,975	0,000
HRM3	219	0,978	0,001
TPM1	219	0,978	0,001
TPM2	219	0,981	0,003
TPM3	219	0,955	9,02 10 ⁻⁰⁷
TQM1	219	0,979	0,001
TQM2	219	0,984	0,009
TQM3	219	0,980	0,002
JIT	219	0,924	1,03 10 ⁻⁰⁹

8. táblázat A képesség-érettség szintek Shapiro-Wilk teszt szerinti normalitás vizsgálatának eredménye (2014 – 2016 évek összesített statisztikája)

A teljesítménymutatók és képesség-érettség szintek időszakainak (évenkénti) összehasonlításához a Kolmogorov-Smirnov (Sheskin, 2004b) és a Mann-Whitney (Sheskin, 2004a) teszteket alkalmaztam. Ezekkel a tesztekkel azt kívántam ellenőrizni, hogy az egyes időszakok adatainak eloszlása között megállapítható-e szignifikáns különbség, vagyis a vizsgált időszakban változott-e (javult-e) a vállalat teljesítménye, illetve képesség-érettség szintje. A vizsgálathoz azért választottam ezeket a teszteket, mert sem a teljesítménymutatók sem pedig a képesség-érettség szintek eloszlása nem felelt meg a normális eloszlással szemben támasztott elvárásoknak. A tesztekhez a teljesítménymutatók esetében a nyers, nem normalizált adatokat használtam. Számos minőségi és veszteség mutató esetében az adatokat termék-csoportonként kellett vizsgálnom, azokat nem tudtam összevonni. A tesztek eredménye alapján megállapítható, hogy a 2014 és 2016 évek között, két év alatt a 22 teljesítménymutatóból 12 változott (javult) szignifikánsan. A képesség-érettség szintek esetében ezen időszakban nem történt szignifikáns változás. A 9. táblázat mutatja a teljesítménymutatók ilyen módon történő vizsgálatának statisztikai mutatóit (a teljesítménymutatók nevében a szám után álló betű a különböző termékcsoportokat - csomagolási formákat különbözteti meg), míg a 10. táblázat mutatja ugyanezen mutatókat a képesség-érettség szintekre. A számításokat az R szoftver 'ks.test' és 'wilcox.test' függvényeit felhasználva végeztem.

teljesítménymutató	Kolmogorov – Smirnov teszt		Mann-Whitney U teszt	
	p-value 2014-2016	D value 2014-2016	p-value 2014-2016	U value 2014-2016
QUALITY 1	0,004**	0,274	0,003**	2 584
QUALITY 2	0,001**	0,299	0,004**	2 554
QUALITY 3	0,054	0,208	0,227	3 070
QUALITY 4	0,017**	0,243	0,006**	2 451
QUALITY 5	0,001**	0,303	0,000***	2 259
QUALITY 6A	0,010*	0,335	0,026*	1 399
QUALITY 6B	0,094	0,277	0,107	966
QUALITY 6C	0,000***	0,365	0,000***	3 763
QUALITY 7A	0,260	0,273	0,153	371
QUALITY 7B	0,000**	0,383	0,000***	3 695
QUALITY 7C	0,024*	0,565	0,021*	119
QUALITY 7D	0,059	0,306	0,014*	798
LOSS 1	0,001**	0,294	0,001**	4 525
LOSS 2A	0,218	0,207	0,180	1 282
LOSS 2B	0,625	0,168	0,922	615
LOSS 2C	0,952	0,183	0,755	83
LOSS 2D	0,002**	0,306	0,017*	3 188
ENERGY 1	0,424	0,135	0,094	4 103
ENERGY 2	0,178	0,162	0,027*	4 273
ENERGY 3	0,622	0,111	0,506	3 782
OEE 1	0,021*	0,228	0,010*	2 747
OEE 2	0,027*	0,220	0,019*	2 823

9. táblázat A teljesítménymutatók eloszlásának 2014 és 2016 évek közötti eltéréseinek vizsgálata Kolmogorov-Smirnov és Wilcoxon és Mann-Witney tesztekkel

kéesség terület	Kolmogorov - Smirnov teszt		Mann-Whitney U teszt	
	p-value 2014-2016	D value 2014-2016	p-value 2014-2016	U value 2014-2016
HRM 1	0,555	0,125	0,516	3009
HRM 2	0,316	0,151	0,754	3146
HRM 3	0,454	0,135	0,894	3199
TPM 1	0,650	0,116	0,685	3119
TPM 2	0,068	0,206	0,106	2726
TPM3	0,422	0,139	0,267	2874
TQM 1	0,966	0,078	0,801	3125
TQM 2	0,614	0,120	0,493	2998
TQM 3	0,770	0,105	0,696	3085
JIT	0,355	0,147	0,559	3371

10. táblázat A kéesség-érettség szintek eloszlásának 2014 és 2016 évek közötti eltéréseinek vizsgálata Kolmogorov-Smirnov és Mann-Witney U tesztekkel

5.2 A többszemponútú döntési modellek eredményének összehasonlítása

A többszemponútú döntési modellek összehasonlítása Kovács és Kő (2018) Vezetéstudomány folyóiratban megjelent cikkén alapul.

5.2.1 A Borda rangsor eredményei

Az SABMiller plc globális teljesítményversenye az összesített Borda sorrenden alapult. A módszer nem alkalmazott súlyozást, minden teljesítménymutatót azonos fontosságúnak tekintett, ami miatt az összesítésben a minőségmutatók nagy számuk miatt felülreprezentáltak (túlmértek) (Wimmer, 2004) voltak. A teljesítménymutatók eloszlásának a jobb teljesítmény irányába történő ferdesége azt eredményezte, hogy a kiváló teljesítményű gyárak között a verseny szorosabbá vált, így bizonyos mutatók esetében kis teljesítményváltozás is nagy rangsor változást eredményezhetett. A kiváló teljesítményű gyárak számára ezért előnyös lehetett erőforrásaikat a gyengébb mutatók fejlesztése helyett kiváló mutatóik további javítására összpontosítani, mivel az nagyobb hatással lehetett a végső sorrendre. A teljesítményverseny szabályai így a vállalat stratégiája szempontjából nem feltétlenül eredményezett racionális döntéseket, a verseny a csökkenő hozadékú mutatók további fejlesztésén keresztül gyakran az erőforrások elpazarlását eredményezte. A 11. táblázat első oszlopa mutatja a 73 vállalat közül, a teljesítmény összegzés eredményeinek szemléltetésére kiválasztott 7 gyár összesített Borda rangsorát. A gyárakat két régióból választottam, amit a gyárak kódjában lévő betű jelöl. Két gyár tartozik a leggyengébbek közé, öt pedig a jók és kiválóak csoportjába. A Borda rangsor kizárólag sorrendet mutat, ezért abból az egyes gyárak teljesítményének egymáshoz viszonyított mértékére nem szabad következtetéseket levonni.

Gyár	Teljesítmény rangsor				Teljesítmény érték			
	BORDA	AHP BORDA	AHP TOPSIS	AHP UTILITY FN	BORDA	AHP BORDA	AHP TOPSIS	AHP UTILITY FN
a01	73	73	73	72	0,107	0,029	0,509	0,414
b01	71	70	63	67	0,178	0,112	0,669	0,565
b02	20	20	24	11	0,648	0,607	0,844	0,870
a03	15	17	9	19	0,682	0,631	0,872	0,848
a02	10	5	11	20	0,738	0,784	0,869	0,846
a05	8	9	7	9	0,746	0,735	0,875	0,895
a04	1	1	2	1	0,889	0,886	0,921	0,919

11. táblázat A kiválasztott gyárak teljesítmény rangsora és teljesítmény értéke különböző módszerekkel értékelve (2014 év)

5.2.2 A teljesítménymutatók fontosságának meghatározása AHP módszerrel és az ezzel súlyozott Borda rangsor

A Borda módszer minden teljesítménymutatót azonos fontosságúnak tekint, ezért a második módszer a Borda módszernek a mutatók stratégiai fontosságával módosított változata. A fontossági súlyokat az AHP módszer segítségével, a vállalat termelési szakembereinek bevonásával állapítottam meg. A teljesítménymutató hierarchia négy fő csoportjából a minőség kategória tartalmazza a legtöbb mutatót (5. táblázat), így 21 páros összehasonlítást kellett elvégezni a fontossági súlyok megállapításához. A páros összehasonlítások mátrixának konzisztencia hányadosa 4,1% volt, amely elfogadható eredmény. A víz és energiafelhasználás kategória esetében 3, míg a veszteségek és az OEE kategória esetében csak 1-1 páros összehasonlításra volt szükség, ezeknél a konzisztencia hányados mind 0,0% lett. Végül a fő csoportok értékelése során a 6 páros összehasonlítás 2,6%-os konzisztencia hányadost eredményezett, ami szintén elfogadható eredmény. A vállalat szakértői egyetértettek abban, hogy az így megállapított AHP súlyok valóban tükrözik a vállalat stratégiáját. A módszer a QUALITY 1, 4, 6, 7 mutatókat lényegesen kisebb, míg a QUALITY 5, ENERGY 3 és a LOSS 1 mutatókat lényegesen nagyobb súlyúnak ítélte, mint a súlyozás nélküli Borda módszer. A kiválasztott gyárak Borda (BORDA) és az AHP súlyozott Borda (AHP BORDA) rangsorát, valamint az összesített teljesítmény értéket - a sorrendpontszámok összegének 0-1 értékek közé normalizált értékét szintén a 11.táblázat mutatja. Az összesített teljesítmény értéket a későbbiekben ismertetett módszerek eredményével való jobb összehasonlíthatóság érdekében számoltam. A BORDA és az AHP BORDA módszer által meghatározott rangsor csak kis mértékben tér el egymástól. A legnagyobb változás az *a02* és az *a05* kódjelű gyár rangsor váltása, melynek oka, hogy azok a mutatók, melyekben az *a02* gyár mutatott gyenge teljesítményt alulsúlyozásra, míg azok melyekben, *a05* mutatott gyengét, felülsúlyozásra kerültek. A Borda módszer ilyen módon történő változtatása, bár a módszert hitelesebbé teszi, lényegi változást nem hoz az esettanulmány esetében.

5.2.3 A TOPSIS módszer eredményei

A harmadik, az AHP súlyozott TOPSIS módszer (AHP TOPSIS) rangsora lényegesen jobban eltér az előző két módszer eredményétől (11.táblázat). A legjobb és a legrosszabb gyárak rangsora lényegében nem változott, de a közöttük levő gyárak (*a02*, *a03*, *a05*)

rangsora a Borda módszerhez viszonyítva egy, míg az AHP súlyozott Borda módszerhez képest két esetben is módosult. Érdemes megvizsgálni az AHP TOPSIS módszer által adott teljesítmény értékeket is a rangsorváltások értelmezéséhez. Ezek az összesített teljesítmény értékek azt mutatják, hogy az adott gyár összesített teljesítmény mennyire közelíti meg a gyárak által elért, lehető legjobb teljesítményt a teljesítménymutatók sokdimenziós terében, mint Euklideszi távolság. Az eredmények jól mutatják, hogy bár az *a04* gyár pozíciója a Borda rangsorban az első hely, ezen a módon számolt összesített teljesítménye már csak a második helyre elegendő, és az az abszolút legjobb teljesítménytől megközelítőleg 8%-kal elmarad. Az ezzel a módszerrel 11. helyre sorolt gyár (*a02*) összesített teljesítménye csak 6%-kal marad el az ebben a rangsorban a 2. helyen álló gyárétól (*a04*), míg a 11. és a 7. helyen álló gyárak (*a02* – *a05*) között az eltérés kevesebb, mint 1%. Mindez jól szemlélteti, hogy az összteljesítmény rangsorként történő megjelenítése felnagyíthatja a gyárak közötti különbségeket, és ez alááshatja a rangsorolásba vetett bizalmat, így akadályozhatja a gyárak közötti együttműködést. Javasolt ezért a két módszer együttes alkalmazása: a rangsor erősíti a versenyt míg az összesített teljesítmény érték árnyalja a különbségeket és segít, hogy a gyárak közötti együttműködés hatékony maradjon.

5.2.4 Hasznossági függvény alkalmazása

A negyedik módszerrel, az AHP súlyozott hasznossági függvények használatával egy olyan módszert kívántam létrehozni, mely a gyárak magatartását a teljesítményfejlesztés szempontjából a vállalat stratégiájához igazítja. A hasznossági függvény egy meghatározott küszöb-teljesítmény érték alatti nulla függvényértéke a gyárakat ezen küszöb-teljesítmény meghaladására ösztönzi, ez alatt a teljesítményversenyben jelentős hátrányt szenvednének. A kiváló szintű teljesítmény meghaladása esetén adott csökkenő többlet pontszám pedig a már kiváló mutatók további javítása helyett a gyengébb mutatók fejlesztésére serkenti a gyárakat. A módszer által meghatározott összesített sorrendet és teljesítmény értékeket a 11.táblázat AHP UTILITY FN oszlopa tartalmazza. A módszer által képzett sorrend hasonló eredményeket ad az előzőekben ismertetett TOPSIS módszerhez, attól olyan esetekben tér el jelentősen, amikor valamelyik teljesítménymutató esetében a sajátosan megválasztott hasznossági függvény a TOPSIS módszer lineáris teljesítménymutató – teljesítmény érték kapcsolatát feltételező függvényétől értékétől jelentősen eltérő értéket

képez. Ilyen eset például a *b02* és *a02* gyárak eltérő teljesítmény sorrendje és összesített teljesítmény értéke. A sajátos formájú hasznossági függvény alkalmazásával a *b02* gyár pozíciója az AHP TOPSIS módszerhez képest (és a Borda módszerhez képest is) jelentősen javult, míg az *a02* gyáré romlott. Ennek oka egyrészt az lehet, hogy az *a02* gyár négy mutatóban is a kiváló kategória legmagasabb részén szerepel, melyet a hasznossági függvény csak kisebb részben jutalmaz a többi, hasonló teljesítményszinttel rendelkező gyárhoz képest. A hasznossági függvény által képzett összesített teljesítmény értékét elemezve megfigyelhetjük, hogy a két legrosszabb teljesítményű gyár teljesítmény rangsora alig változott, összesített teljesítmény értéke elmarad az AHP TOPSIS módszer által képzett értéktől. Ennek oka az lehet, hogy *b01* gyár öt mutatóban míg az *a01* négyben nem érte el a küszöbértéket, melyhez tartozó nulla hasznossági függvényérték bünteti a gyenge teljesítményt.

Összességében megállapítható, hogy a Borda módszeren alapuló rangsorok nem adnak információt a gyárak teljesítményének egymáshoz való arányáról, az a teljesítmény különbségeket szükségtelenül felnagyíthatja és a rangsor olyan veszélyt hordoz magában, hogy a felületes szemlélő azt gondolhatja, a rangsorban az egyes gyárak teljesítménye között azonos a távolság, ami a legritkább esetben igaz. A ***Q1 kutatási kérdésre a válasz: a teljesítményfejlesztő programokat az AHP súlyozott hasznossági függvényeken alapuló módszer támogatja a legjobban***, mivel a hasznossági függvény helyes megválasztásával befolyásolhatjuk, hogy a gyárak a vállalat stratégiájával egyetértésben mely területek javítására helyezték a hangsúlyt. A módszer eredményét rangsorként megjelenítve serkenthetjük a versenyt, amit az összesített teljesítmény érték megjelenítésével árnyalhatunk, elősegítve a gyárak közötti hatékony együttműködést és tudásmegosztást. A négy módszer eredményeit összehasonlítva megválaszolhatjuk ***Q1a kutatási kérdésünket is: a vállalatok összesített teljesítményéről az AHP TOPSIS módszer értéke adja a leginkább valós képet, feltételezve a teljesítménymutató értéke és hasznossága közötti lineáris kapcsolatot***.

5.2.5 A teljesítmény időbeli alakulásának elemzése

A teljesítmény időbeli alakulásának elemzéséhez a négy módszer szerinti összegzést mind a három év adataira külön-külön elvégeztem és azokat összehasonlítottam. Az eredményeket a kiválasztott gyárakra és a vállalat egészére (mint a gyárak összesített teljesítményének számtani átlaga) a 12. és 13. táblázat mutatja. Az összes (73) gyár

teljesítményének alakulását a 4 függelék szemlélteti. Az adatok elemzéséből kitűnik, hogy a teljesítmény rangsorok, és kifejezetten a Borda és az AHP súlyozott Borda rangsorok nem alkalmasak a teljesítmény időbeli nyomon követésére. Mivel a kiosztott rangsor helyek száma állandó, egy gyár csak a másik rovására javíthatja pozícióját. Ezt szemlélteti, hogy bár az *a01* gyár 2014 és 2015 között teljesítményét az AHP TOPSIS módszerrel mérve 25%-kal javította, helyzete a Borda rangsorban mégsem változott. A *b01* gyár esetében a Borda rangsor még rosszabb képet fest a teljesítmény alakulásáról: a gyár hiába javította teljesítményét 2015 és 2016 között 8%-kal, helyzete a Borda rangsorban ennek ellenére romlott. Az AHP súlyozott TOPSIS és hasznossági függvényeken alapuló módszerek értékei ezzel szemben jól mutatják a teljesítmény időbeli változását. Szemléletes a rangsorban legelső helyen álló *a04* gyár összesített teljesítményének időbeli alakulása: míg a Borda rangsorokban a gyár megtartotta vezető pozícióját, összesített teljesítménye a 2015-2016 évek között mind az AHP TOPSIS mind pedig az AHP UTILITY FN módszerek által mérve romlott, és ez utóbbi módszer szerint a gyár elvesztette volna vezető pozícióját a rangsorban, a negyedik helyre esett volna vissza 2016-ra (4. függelék, az ábrán a vonalak az egyes gyárakat jelölik, míg színük azt, hogy melyik régióba tartoznak). A vállalati teljesítmény változásának grafikus megjelenítése szemléletes mutatja az egyes gyárak rangsorbeli pozícióját, összesített teljesítményét, azok időbeli változását és a legjobb teljesítménytől való elmaradásukat, támogatva a teljesítményfejlesztést.

Az AHP TOPSIS és az AHP UTILITY FN módszer által képzett összesített teljesítmény értékek lehetővé teszik, hogy a vállalatcsoport egészére egy összesített teljesítménymutatót képezzünk és ez által a vállalat egészének teljesítmény változását figyelemmel kísérjük. A vállalat egészére vetített átlag szerint a teljesítmény javulása a 2014 és 2016 évek között szembeötlő, az az AHP TOPSIS módszer szerint több mint 7%-kal javult (13. táblázat). ***A Q2b kutatási kérdésre így a válasz: a gyárak teljesítményének időbeli nyomon követésére az AHP súlyozott TOPSIS módszer összesített teljesítményértéke a legjobb módszer.*** Fontos, hogy a legjobb (ideal) - legrosszabb (anti-ideal) teljesítmény határokat úgy válasszuk meg, hogy az lehetőséget biztosítson egy hosszabb időszak figyelemmel kísérésére, ezen a határokat a gyárak ne tudják meghaladni a vizsgált időszak alatt. Alternatívaként használhatjuk az AHP súlyozott hasznossági függvények módszerét is, de szem előtt kell tartanunk, hogy a hasznossági függvény az összesített teljesítményértékben milyen torzításokat okoz.

gyár	módszer	teljesítmény rangsor				teljesítmény érték		
		2014	2015	2016		2014	2015	2016
a01	Borda	73	73	73	AHP TOPSIS	0,401	0,509	0,452
	AHP Borda	73	73	73	AHP UTILITY FN	0,360	0,414	0,395
b01	Borda	67	71	68	AHP TOPSIS	0,617	0,669	0,681
	AHP Borda	68	70	69	AHP UTILITY FN	0,512	0,565	0,624
b02	Borda	21	20,5	17	AHP TOPSIS	0,783	0,844	0,863
	AHP Borda	23	20	19	AHP UTILITY FN	0,838	0,870	0,895
a03	Borda	12	15	16	AHP TOPSIS	0,880	0,872	0,889
	AHP Borda	13	17	15	AHP UTILITY FN	0,869	0,848	0,867
a02	Borda	6	10	14	AHP TOPSIS	0,868	0,869	0,874
	AHP Borda	4	5	9	AHP UTILITY FN	0,834	0,846	0,857
a05	Borda	11	8	3	AHP TOPSIS	0,860	0,875	0,895
	AHP Borda	10	9	6	AHP UTILITY FN	0,880	0,895	0,909
a04	Borda	1	1	1	AHP TOPSIS	0,932	0,921	0,911
	AHP Borda	1	1	1	AHP UTILITY FN	0,910	0,919	0,914

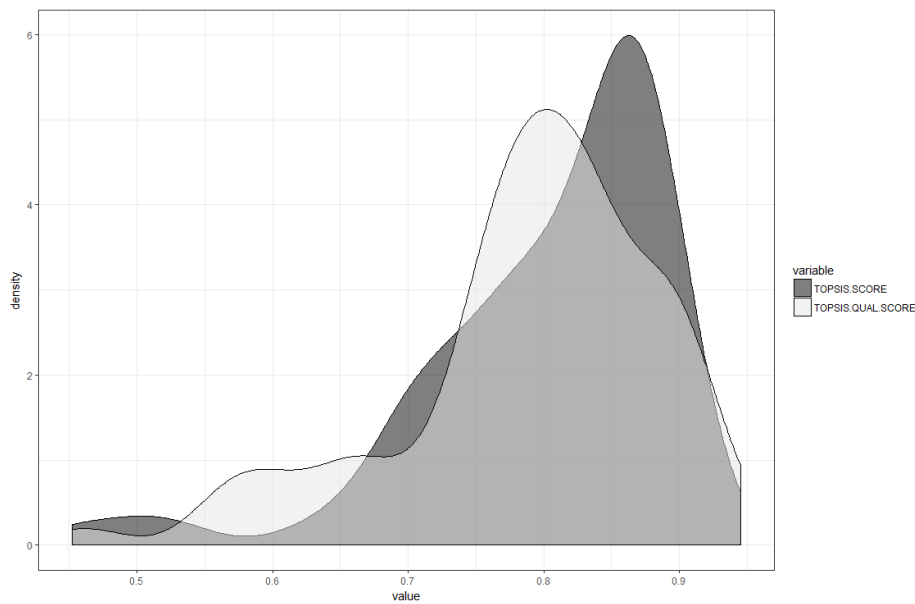
12. táblázat A kiválasztott gyárak teljesítmény rangsorának és összesített mutatójának változása 2014 és 2016 között

módszer	2014	2015	2016
AHP TOPSIS	0,745	0,769	0,803
AHP UTILITY FN	0,695	0,742	0,782

13. táblázat A 73 gyár átlagos számtani átlag szerint összesített teljesítmény pontszám alakulása különböző módszerekkel vizsgálva

5.3 A DEA módszer eredményének értékelése

A DEA módszer alkalmazásához - Sherman és Zhu (2006) javaslatát követve a minőség jellegű mutatókkal kapcsolatban – meg kell határozni azt a minőségszintet, ami felett a gyárak részt vehetnek a termelési függvény határterületének meghatározásában. Ehhez egy összesített minőségmutatót számoltam a TOPSIS módszerrel, kizárólag a minőség jellegű teljesítménymutatókat felhasználva, mely alapján kiválasztottam azokat a gyárakat - 0,75 minőségszint érték felett - melyeket bekerültek a DEA modellbe. E minőségmutató (TOPSIS.QUAL.SCORE) eloszlását a 73 gyárra a 6. ábra mutatja az összesített TOPSIS teljesítménymutatóval (TOPSIS.SCORE) összehasonlítva.



6. ábra A TOPSIS módszer szerint összesített összes (TOPSIS.SCORE) és a kizárólag minőség jellegű (TOPSIS.QUAL.SCORE) teljesítménymutatók eloszlása(saját szerkesztésű ábra)

A DEA modellhez 2 output és 6 input jellegű teljesítménymutatót használtam és abba 56 gyár került be a 73-ból. Output jellegű mutatóknak a termékek két fő termékcsoportjának éves termelési volumenét választottam, mely termékcsoportok a csomagolásuk módjában különböznek, és előállításukhoz jelentősen eltérő mennyiségű és összetételű erőforrások (inputok) szükségesek. Az input jellegű teljesítménymutatók a termelés fő költségtényezőit tartalmazták: az éves átlagos munkaerő létszámot (input 1), a karbantartás éves költségét (input 2), a két fő veszteségforrás éves költségét (input 3, input 4), az éves energiaköltséget (input 6) és az éves vízfelhasználás és szennyvíztisztítás költségét (input 6). A munkaerő létszámának, a veszteségeknek, az energiafelhasználásnak, valamint a vízfelhasználásnak a költségét egy az összes gyárra azonos fajlagos költségszinten (árakon) vettem figyelembe, az összehasonlíthatóság céljából. A legjelentősebb költségtényező a munkaerő költsége (14. táblázat, input 1), melyet a többszemponútú döntési modelleken alapuló teljesítmény összegzés esetében csak áttételesen és részlegesen - a csomagolás hatékonyságán keresztül - tudtam figyelembe venni. A többszemponútú döntési modellel az ehhez a költségtényezőhöz kapcsolódó teljesítménymutatót – a termelékenységet – nehézkes figyelembe venni, mivel az nem csak a gyárak működésének jóságától, de a méretüktől és termékösszegüktől is függenek. A DEA modell előnye, hogy ezeket a tényezőket, a termelési függvényre vonatkozó feltételezéseken keresztül képes figyelembe venni.

A DEA modell sajátossága, hogy a termelési függvény határterületére - és így az ehhez viszonyított termelékenységre is - konzervatív becslést ad. Az egyes gyárak hatékonyságát a lineáris programozás modellje a gyárhoz hasonló input és output kombinációval rendelkező társgyárakhoz (peer units) viszonyítva határozza meg, mely társgyárak száma nem haladhatja meg az input és output jellegű teljesítménymutatók számának összegét (Bogetoft, 2012). Ennek következtében, minél több input és output mutatót építünk be a modellbe, annál több gyár kerül be a hatékony határterületet meghatározó társgyárak halmazába és így a modell egyre több gyár hatékonyságát becsli a maximális 1 értékre. A modellezéshez ezért javasolt, hogy a gyárak száma nagyobb legyen az input és output mutatók számának háromszorosánál. Annak ellenére, hogy modellem megfelelt az előbb leírt szabálynak, igen sok gyár termelékenysége adott az a maximális 1, vagy ahhoz nagyon közeli értéket.

A DEA modell alkalmazása során meg kell határozni a termelési függvényre vonatkozó feltételezéseket, melyek közül a legfontosabbak: a *díjmentes lomtalanítás* (free disposability): lehetséges kevesebb mennyiséget termelni többlet erőforrások felhasználásával; a *konvexitás*: két termelt output-input kombináció súlyozott átlaga is egy lehetséges kombináció, valamint a *mérethozadék*: az inputok növelésével vagy csökkentésével milyen mértékben változik a termelt mennyiség. Modellemben két feltételezést használtam: az állandó mérethozadék, a konvexitás és a díjmentes lomtalanítás (crs – constant return to scale) feltételezését, valamint a változó mérethozadék, a konvexitás és a díjmentes lomtalanítás (vrs – variable return to scale) feltételezése szerinti termelési függvény modelleket. E két feltételezés szerint számolt termelékenység hányadosa megadja a mérethatékonyságot (Bogetoft, 2012).

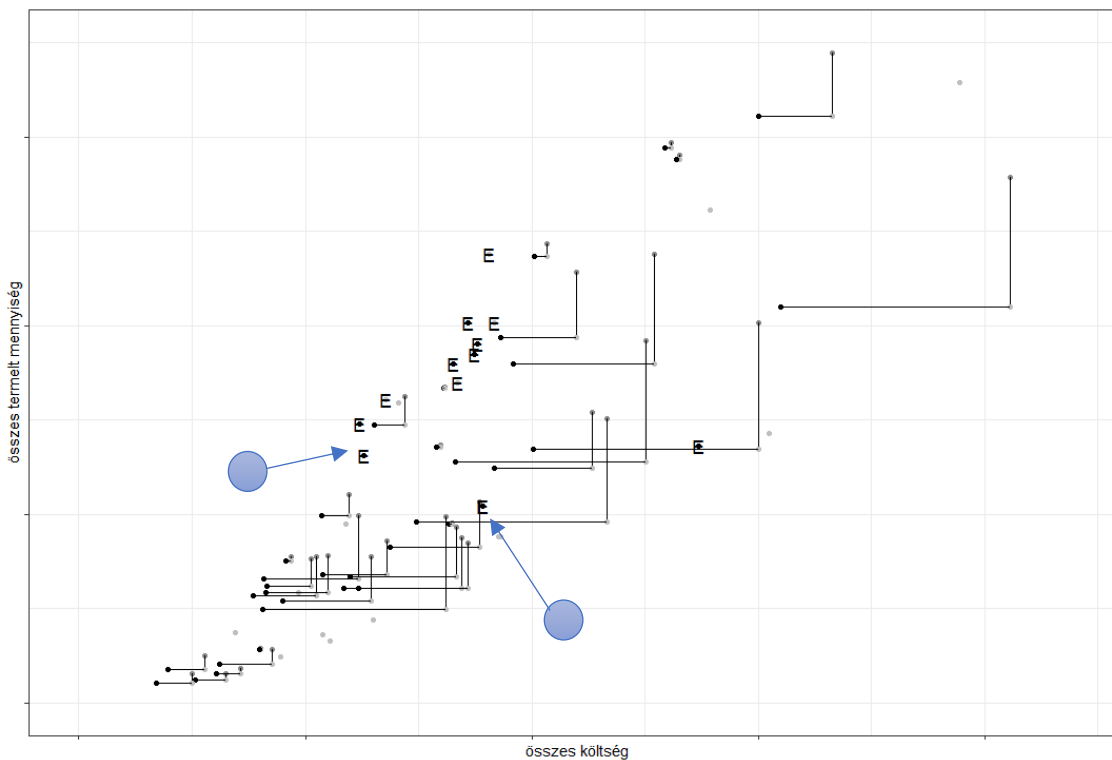
$$\text{mérethatékonyság} = \frac{\text{állandó mérethozadék esetén becsült termelékenység}}{\text{változó mérethozadék esetén becsült termelékenység}}$$

A DEA módszer által kapott eredményeket összehasonlítva a TOPSIS módszer szerint számolt összesített teljesítménymutatóval megállapítható, hogy ez a módszer jóval kevésbé differenciál (14. táblázat). A többszemponútú döntési modellek által összességében csak jó teljesítményűnek értékelt gyárakat is gyakran értékeli maximális termelékenységűnek a DEA módszer, az input és output mutatók és az ehhez kapcsolódó társgyárak (peer units) problémája miatt. Ezen kívül a módszer általában magasabb

összesített teljesítmény értéket – termelékenységet mutat. Ez azt a hibás érzetet keltheti a gyárakban, hogy nem áll rendelkezésükre további teljesítményfejlesztési lehetőség, vagy az sokkal kisebb, mint a valóságban, ami alááshatja a teljesítményfejlesztő programok hatékonyságát. Az input és output mutatók számának csökkentése talán segíthetne ebben a problémában, de ez az értékelés hitelességét csökkentené. Problémás a termelékenység értelmezése azokra a gyárakra is, melyeket gyenge minőség-teljesítményük miatt kizártunk a hatékony határterület meghatározásából, vagyis, hogy mely társgyárakhoz (peer units) hasonlítsuk teljesítményüket. Az 7. ábra szemlélteti a gyárak DEA termelékenységének egy lehetséges ábrázolását, mely a gyárakat az általuk felhasznált összes költség és összes termelt mennyiség függvényében ábrázolja. Az ábrán a vonalak a teljesítményfejlesztés lehetőségét mutatják, a vízszintes vonal azt mutatja, hogy a gyár mennyivel tudná csökkenteni költségét, a függőleges pedig, hogy mennyivel több terméket tudna előállítani, ha elérné a DEA módszer szerint meghatározott maximális termelékenységet. Az E-vel jelölt pontok mutatják azon gyárakat, melyek termelékenysége maximális, melyhez viszonyítva került megállapításra a nem hatékony gyárak termelékenysége. Ezzel kapcsolatban érdemes megfigyelni a 7. ábrán kék nyilakkal jelölt maximális termelékenységű gyárakat: termékösszetételükben lényegesen eltérnek egymástól, és így a környezetükben lévő, hasonló termék- és költségösszetétellel rendelkező gyáraknak külön-külön határozzák meg termelékenységét. Azon gyárak, melyekhez nem tartoznak a termelékenység javításának lehetőségét mutató vonalak, és E-vel sem lettek jelölve, nem vettek részt a számításokban, mivel összesített minőség-teljesítménymutatójuk nem érte el a meghatározott 0,75 küszöb értéket. Az R szoftver csomag a „Benchmarking” tartalmaz egy olyan lehetőséget, hogy a hatékony határterületet az ábrán vonallal jelölje, akkor is ha az input-output mutatók száma több mint egy-egy. Ezt az ábrázolást dolgozatomban nem alkalmaztam, mivel az félrevezető lehet, ebben az ábrázolásban számos olyan, a DEA módszer által hatékonyként jelölt gyár található, mely nem a hatékony vonalon helyezkedik el.

gyár	output 1 / output 2 arány	input 1 rész	input 2 rész	input 3..6 rész	TOPSIS teljesítmény- érték		DEA termelékenység		
					össz.	minő- ség	állandó méret- hozadék	változó méret- hozadék	méret- hatékony- ság
a02	87%	38%	17%	45%	0,874	0,898	0,999	1,000	0,999
a04	100%	51%	9%	40%	0,911	0,887	1,000	1,000	1,000
b02	26%	44%	15%	42%	0,863	0,760	0,973	0,976	0,996
a05	84%	46%	16%	39%	0,895	0,895	1,000	1,000	1,000
b01	41%	47%	26%	27%	0,681	0,609			
a03	75%	36%	12%	52%	0,889	0,864	1,000	1,000	1,000
a01	57%	45%	19%	36%	0,452	0,461			
b04	25%	34%	17%	48%	0,849	0,804	0,913	1,000	0,913
a06	100%	54%	13%	33%	0,887	0,925	0,897	0,928	0,967
a07	87%	42%	10%	47%	0,807	0,763	0,737	0,802	0,919

14. táblázat A DEA módszer által számolt termelékenységmutatók összehasonlítva a TOPSIS módszer teljesítménymutatóival



7. ábra A vizsgált gyárak DEA termelékenysége, és teljesítményfejlődésük lehetősége. A hatékony gyárakat „E” jelöli (saját szerkesztésű ábra)

Összességében, a módszert az esettanulmány kontextusában elemezve megállapítható, hogy az elsősorban pénzügyi szempögből vizsgálja a gyárak összesített teljesítményét. A módszer pozitívuma, hogy szemléletesen mutatja a termelékenység fejlesztésében rejlő pénzügyi lehetőségeket, bár azokat az legtöbbször alábecsülheti. A módszer alkalmazásában nehézséget jelent az input és output jellegű mutatók számának megválasztása, úgy, hogy az híven tükrözze a vizsgált termelési terület sajátosságait, de ne eredményezzen túl sok gyár esetében maximális termelékenységmutatót. A módszer ezért elsősorban olyan gyárak esetében alkalmazható, melyek homogén termékportfólióval és költségösszetétellel rendelkeznek. Megállapítható ezen kívül az is, hogy a módszer kevésbé differenciál, mint a többszemponútú döntési modelleken alapuló módszerek, mint például a TOPSIS. Végül az input-output csoportosításba be nem sorolható mutatók problémájával kapcsolatban megállapítható, hogy azon gyárak esetében, melyek nem érnek el egy küszöbértéket ezen mutatókra és ezért kizárásra kerülnek a modelltől, problematikus megállapítani a termelékenységet.

5.4 A képesség-érettség és a teljesítmény kapcsolatának vizsgálata

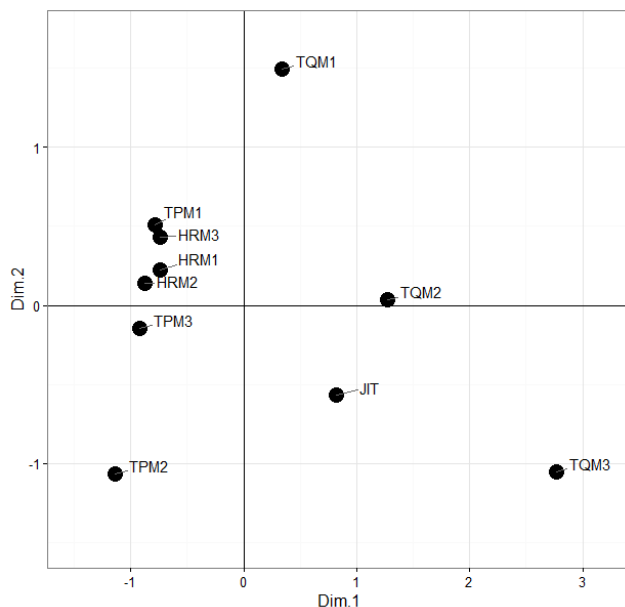
A képesség-érettség és teljesítmény kapcsolatának vizsgálatában az első lépés a képességterületek egymáshoz viszonyított elhelyezkedésének elemzése. Ez egyrészt azért szükséges, hogy megállapítsuk, összevonhatók-e az egyes képességterületek a további elemzésben, másrészt a képességterületek egymáshoz viszonyított elhelyezkedése olyan fontos információt hordozhat, mely segíthet a teljesítményfejlesztő programok sikerességében.

5.4.1 A képességterületek egymáshoz viszonyított elhelyezkedésének vizsgálata

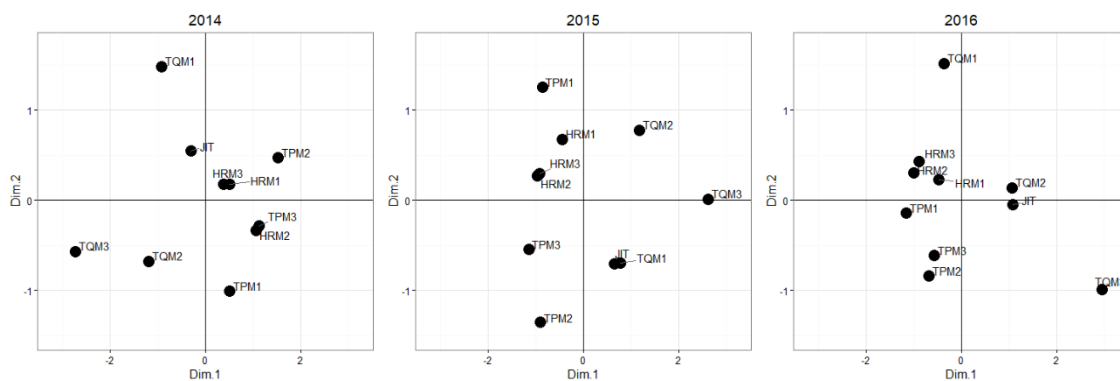
A képesség-érettség területek egymáshoz viszonyított elhelyezkedését a módszertani részben leírtak szerint, a sokdimenziós skálázás módszerével elemeztem. Az elemzés során az egyes képesség-érettség területek elnevezésénél Shah és Ward (2003) csoportosítását követtem, illetve azt vizsgáltam, hogy az esettanulmány vállalatánál megfigyelhető-e hasonló csoportosulás, mint kutatásukban. Az ALSICAL sokdimenziós skálázás eredménye (8. és 9. ábrák) megerősítette, hogy bizonyos lean képesség területek hasonlóak egymáshoz, érettségi szintjük szisztematikusan közel áll egymáshoz, azok fejlesztése egyidejűleg történik. Sajnos ezen eredmények pontosságát csökkenteti, hogy a számítások során becsülendő stimulus koordináták száma (10 lean képesség terület) relatíve nagy a rendelkezésre álló adatok számához (73 gyár) képest. Habár a modell illeszkedésének pontosságát leíró korreláció négyzetének (RSQ) értéke 0,9677, ami kielégítő, a Kruskal stressz szám értéke a három összesített évre 0,094, ami megkérdőjelezi az eredmények pontosságát.

Az elemzés eredményei azt mutatják, hogy a humán erőforrásokhoz kapcsolódó folyamatok, a célzott fejlesztés (HRM 1), a csapatmunka (HRM 2) és a teljesítmény irányítás (HRM 3) egymáshoz nagyon közel álló képességek, érettségi szintjük a gyárakban nagyon hasonló, így azok összevonhatók lennének egy csoportba. Ez a csoportosítás a három év során is stabil. A vizsgálat azt is megmutatta, hogy az 5S (TPM1) és az autonóm karbantartás (TPM 3) képességek közel helyezkednek az előző, humán erőforrásokhoz kapcsolódó lean folyamatokhoz. Ez azt sugallja, hogy ezen területek fejlesztése egyidejűleg történik, ahhoz hasonló folyamatok és képességek szükségesek. Ez a csoportosítás azonban a három év során nem stabil (9. ábra), a három évet külön-külön vizsgálva ez a csoportosulás nem annyira nyilvánvaló. Ezt a vizsgálat

pontatlansága, vagy a nem elegendő mintaszám is okozhatja. Az egyes éveket külön-külön vizsgálva a Kruskal stressz szám a 2014, 2015 és 2016 évekre 0,0867; 0,109 illetve 0,062, míg az illeszkedés pontossága az RSQ érték által kifejezve 0,961; 0,947 és 0,984 értékeket mutat, melyek hasonló értékek a három év együttes vizsgálata során kapott értékhez. A minőségbiztosításhoz és a folyamatos fejlesztéshez kapcsolódó tevékenységek, a minőségbiztosítás (TQM1), a környezetvédelem (TQM2), valamint a munka- és egészségbiztonság (TQM3) folyamatai egymástól szisztematikusan távol állnak és jól elkülönülnek a többi lean képesség területtől. Ez azt sugallja, hogy ezeket a képesség területek fejlesztése külön-külön történik, a vállalatok által meghatározott prioritások szerint. Mivel a vizsgálat eredménye szerint kizárólag a humán erőforrásokhoz kapcsolódó képesség területek mutattak stabil hasonlóságot, így csak azokat lehetett volna összevonni, dimenziócsökkentés céljából. Ezért a további elemzés során nem végeztem dimenziócsökkentést, minden egyes lean képesség területet külön-külön vizsgáltam.



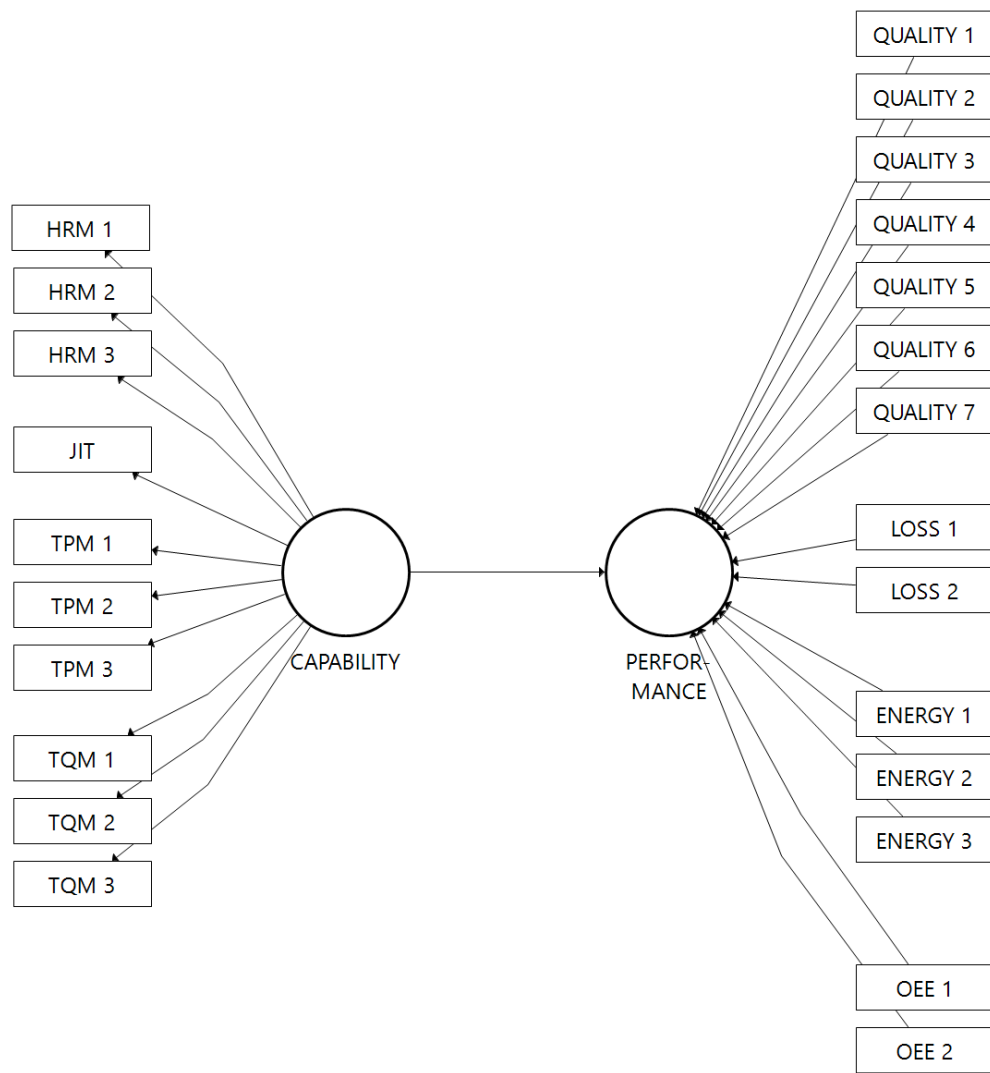
8. ábra A lean képesség területek ALSCAL elemzésének eredménye (2014-2016 évek együttesen, saját szerkesztésű ábra)



9. ábra A lean képesség területek ALSCAL elemzésének eredménye (2014, 2015 és 2016 évek, saját szerkesztésű ábra)

5.4.2 A képesség-érettség és a teljesítmény kapcsolatának vizsgálata

A képesség-érettség és teljesítmény kapcsolatának elemzéséhez négy, a strukturális egyenletek útelemzésének módszerén alapuló modellt vizsgáltam. Az elemzéshez felhasznált adatok 228 rekordot tartalmaztak, a 2014, 2015 és 2016 évek esetében 70, 78 és 80 gyár érettségi szintjét 10 különböző képességterületre, valamint 14 teljesítménymutatójának z-score által normalizált teljesítmény szintjét. A képesség (CAPABILITY) látens változó - ami az érettségi szintek összesített mértékét mutatja - reflektív mérési modellként került meghatározásra. Az egyes képességterületek érettségi szintjei egymással nagymértékben korrelálnak (Függelék 5 és 7), így azok bizonyos mértékben egymással felcserélhetők lehetnének. A teljesítmény (PERFORMANCE) látens változó – ami a gyárak teljesítményének összesített mértékét mutatja – formatív mérési modellként került meghatározása. Az egyes teljesítménymutatók között a korreláció gyenge és közepes értékek közötti (Függelék 5 és 7), így azok egymással nem felcserélhetők, azok külön-külön a teljesítmény egy-egy területét írják le. A legegyszerűbb modellt, mely egy összesített képesség és egy összesített teljesítmény látens változót tartalmaz, a 10. ábra szemlélteti. Az ábrán a nyilak iránya mutatja, hogy az egyes látens változók reflektív vagy formatív mérési modellként kerültek-e modellezésre.



10. ábra A képesség – teljesítmény PLS-SEM modell elvi ábrája (saját szerkesztésű ábra)

5.4.2.1 1. modell: egyszerű képesség-érettség strukturális egyenletek útmodell

Az első modell esetében a képesség (CAPABILITY) – a lean gyakorlatok megvalósításának szintje, hasonlóan a teljesítményhez (PERFORMANCE) - a gyárak által elért összesített teljesítményszinthez, egy-egy látens változóként került modellezésre. A látens változók mérési modelljét a számítások érvényesnek (valid) találták, melyet megerősített a bootstrapping eljárás eredménye is, melyet 5000 mintára végeztem el. A három év összesített adataira az érvényességvizsgálat eredményei a következők lettek: a képesség (CAPABILITY), mint reflektív mérési modell Cronbach-alfa mutatója 0,976 lett, míg az összesített megbízhatóság értéke 0,979. Ez az összesített

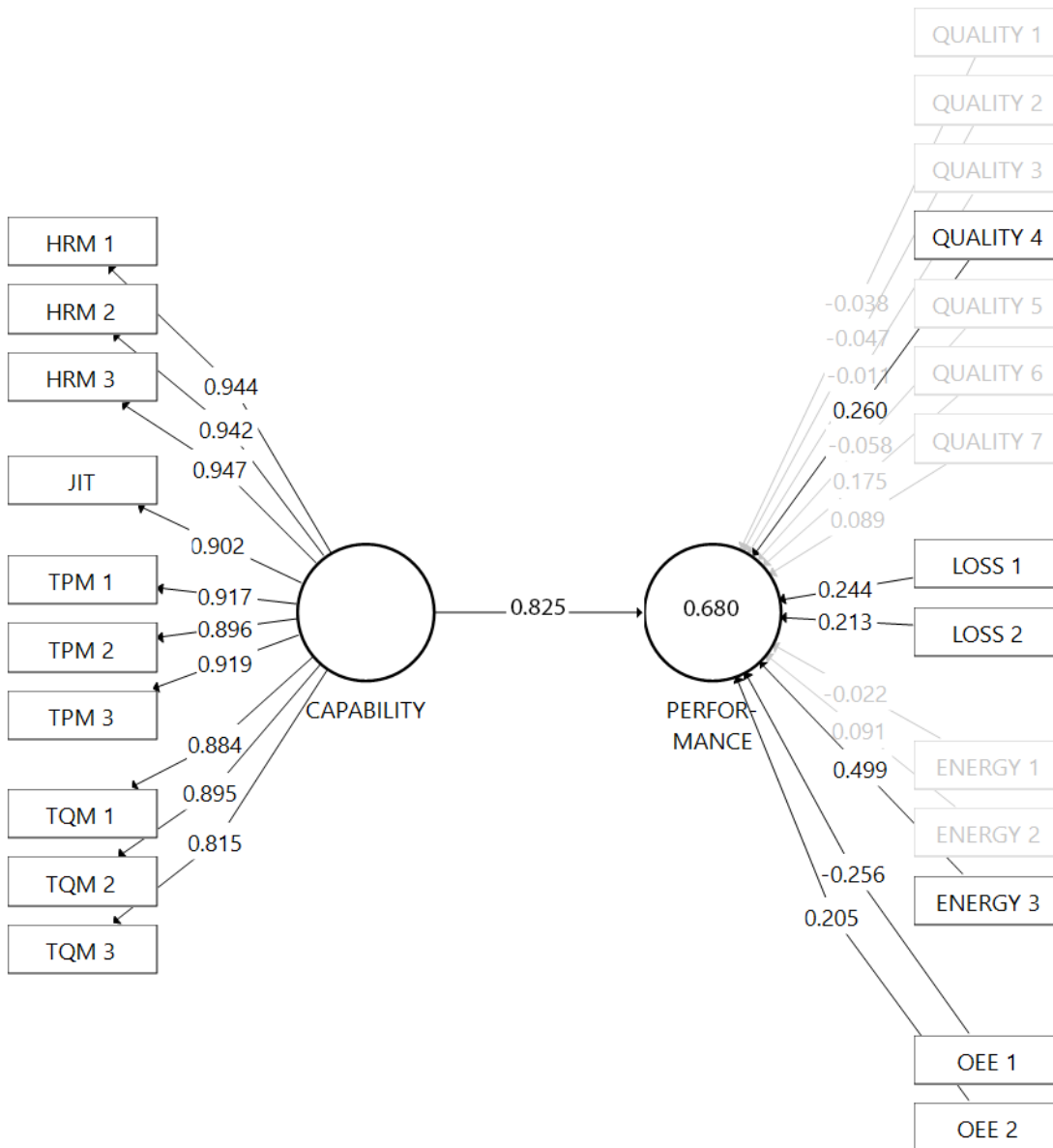
megbízhatósági érték valamivel nagyobb, mint az elvárt 0,90 érték, ami azt sugallja, hogy a képesség-érettség mérés redundáns elemeket is tartalmazhat. A kommunalitás (AVE) értéke - ami azt mutatja, hogy a látens változó a hozzá rendelt manifeszt változók összes varianciájának milyen mértékét magyarázza - erre a látens változóra 0,822, megfelelően nagy érték. A CAPABILITY látens változóhoz tartozó összes manifeszt változó regressziós súlya nagyobb, mint 0,7, így mindegyiknek szerepelnie kell a modellben (11. ábra). A teljesítmény (PERFORMANCE) formatív látens változó esetében a multikollinearitást vizsgáló statisztika azt mutatja, hogy az összes manifeszt változó varianciainflációs tényező (VIF) értéke kisebb mint 4, ami megfelelő érték. A varianciainflációs tényező (VIF) azt mutatja, hogy a j-edik változó becsült együtthatójának varianciája hányszorosa annak, ami a multikollinearitás teljes hiányakor lenne megfigyelhető.

A teljesítmény (PERFORMANCE) formatív látens változóhoz tartozó manifeszt változók közül számos faktorsúlya igen alacsony érték lett, melyeket el kell távolítani a modellből. A 11. ábrán ezeket a változókat szürke színnel jelöltem. Ezen felül a bootstrapping eljárás további manifeszt változókat talált inszignifikánsnak, így azok is eltávolításra kerültek a modellből (a 11. ábrán szintén szürke színnel jelölve). Abban az esetben, ha egy formatív látens változóhoz nagyszámú manifeszt változó tartozik, gyakori, hogy faktorsúlyuk igen alacsony érték és így azt a számítások irrelevánsnak jelölik. Ennek a problémának egy lehetséges megoldása a manifeszt változók több, különálló látens változóhoz rendelése, mely módszert a következő modellben alkalmazok. Érdekes megfigyelni, hogy a két, csomagolás hatékonyságot jelző mutató (OEE1 és OEE2) előjele ellentétes. OEE1 a csomagolóüzem teljes hatékonyságát méri, míg az OEE2 az előző mutató egy részmutatója, az a karbantartás elégtelenségéből eredő meghibásodások által okozott idővesztést méri. A PLS-SEM módszer eredménye azt sugallja, hogy a lean gyakorlatok bevezetése pozitív hatással van az OEE2 mutatóra, annak eredményeként csökken a meghibásodások által okozott idővesztés. Az OEE1 mutató - ami a teljes hatékonyságát méri - azonban nem javul, hanem romlik a lean gyakorlatok bevezetésével. Ez a jelenség további vizsgálatot igényel, valószínűleg más tényezők is közre játszhatnak a jelenségben. Egy lehetséges magyarázat a termékportfólió komplexitás lehet: azok a gyárak, melyek a lean gyakorlat magasabb szintű bevezetésén vannak, általában komplexebb termék-portfólióval rendelkeznek, ami az átállások számának és időtartamának megnövekedésén keresztül nagyobb idővesztést okoz.

Az útegyüttható - ami a képesség teljesítményre gyakorolt hatásának mértékét jellemzi (CAPABILITY → PERFORMANCE) - 0,825 a három év együttes adataira, míg a többszörös determinációs együttható (R^2), ami a modell pontosságát jelzi 0,680 (mindkét szám a bootstrapping eljárás során a konfidencia intervallum által korrigált érték). Mindkét érték igen magas, más kutatások eredményével összevetve is, ami azt sugallja, hogy a két látens változó között nagyon erős kapcsolat figyelhető meg. Ez alapján a **Q2 kutatási kérdésre a válasz: a lean gyakorlatok bevezetése és a teljesítmény között erős pozitív összefüggés figyelhető meg az esettanulmány kontextusában.** Ez a megállapítás összhangban van a korábbi kutatások eredményeivel, vagyis a lean gyakorlatok bevezetése szignifikáns hatással van a vállalatok teljesítményére (Cua, McKone és Schroeder, 2001; Shah és Ward, 2003).

Az egyes éveket külön-külön vizsgálva megfigyelhető, hogy az útegyüttható értéke az évek előrehaladtával gyengül (15. táblázat). Azt, hogy ez a változás szignifikáns-e nem tudtam ellenőrizni, mindenesetre ez alapján a **Q2a kérdés megválaszolható: az útegyüttható erőssége időben nem feltétlenül stabil, az változhat.** Ez a megállapítás összhangban van a leíró statisztikai eredményekkel is, amennyiben bár a képesség-érettség mértéke időben a vizsgált időszak alatt szignifikáns mértékben nem változott, a teljesítménymutatók szignifikánsan javultak. Ezt a jelenséget számos tényező okozhatja: 1) a lean képességeknek a gyárak által történő önértékelése pontatlan lehet, a gyárak alul mérhetik a lean gyakorlatok bevezetésének szintjét, annak növekedését az önértékelés során nem ismerik el. Ezt lehetséges problémát megerősíti az a megfigyelés, hogy az önértékelés pontszámait a vállalat központja rendszeresen felülvizsgálta és azoknak konzervatív értékelését szorgalmazta. Így a három év során a képesség-érettség önértékelések eredménye nem változott olyan mértékben, mint azt a fejlődés indokolhatott volna. 2) A másik lehetséges tényező a teljesítménynek olyan módon történő fejlesztése, mely nem lean gyakorlatokon alapul, mint pl. beruházások által. Ezt a lehetőséget a negyedik modell segítségével vizsgáltam, melynek eredménye azt sugallja, hogy a beruházások nincsenek direkt hatással a teljesítményre és a képesség-érettség és a teljesítmény kapcsolatában sem játszanak jelentős szerepet. 3) Végül a harmadik tényező az lehet, amit Netland és Ferdows (2016) az S-görbe hatásként (S-curve effect) ír le. Cikkükben úgy érvelnek, hogy a képességek fejlesztése során a teljesítmény eltérő mértékben változik annak szintjével: a képességfejlesztés kezdeti szakaszában a teljesítmény csak kismértékben növekszik a képességek növekedésével, majd elér egy olyan szakaszt, ahol a képesség kis növekedéséhez is nagymértékű

teljesítmény fejlődés tartozik. Végül, a képességek legmagasabb szintjét elérve a teljesítmény egy telítődési görbéhez hasonlóan viselkedik, fejlődése számottevően lassul az előző fázishoz képest. Ezt az elméletet alkalmazva lehetséges, hogy a vizsgált vállalatok a képesség fejlesztésük olyan szakaszában voltak, ahol kis képesség fejlesztés is jelentős teljesítmény fejlődést okozott.



11. ábra 1. modell: az egyszerű strukturális egyenletek útmodelljének eredményei 2014-2016 évek összesített adatai (saját szerkesztésű ábra)

Időszak	útegyütthető CAPABILITY → PERFORMANCE	R ² többszörös determinációs együtthető
2014–2016	0.825	0.680
2014	0.930	0.864
2015	0.875	0.764
2016	0.838	0.699

15. táblázat Az egyszerű strukturális egyenletek útmodelljének útegyütthetői és többszörös determinációs együtthetői az egyes időszakokra

A Q2b kutatási kérdést - vagyis, hogy léteznek-e olyan lean gyakorlatok, melyek különösen nagy hatással vannak a teljesítményre - e modell által sajnos nem lehet megválaszolni. Mivel a képességet (CAPABILITY) reflektív mérési modellként kellett modellezni, az ehhez a látens változóhoz tartozó manifeszt változók bizonyos mértékben felcserélhetők, azok együttesen írják le a lean képességet. Annak ellenére, hogy a humán erőforrásokhoz (HRM) kapcsolódó manifeszt változók rendelkeznek a legnagyobb regressziós tényezőkkel, ez nem azt jelenti, hogy ezek vannak a legnagyobb hatással a teljesítményre, ez lehet, hogy csak annak az megtestesülése, ahogy a képesség-érettség modell a lean képességek bevezetésének mértékét méri. A modell eredményeit a 11. ábra és a 15. táblázat tartalmazza. Az ábrán a CAPABILITY látens változóhoz tartozó nyilakon levő számok a regressziós együtthetőket, a PERFORMANCE látens változóhoz tartozó nyilakon levő számok a faktorsúlyokat, a CAPABILITY és PERFORMANCE közötti nyilon levő szám az útegyütthetőt, míg a PERFORMANCE látens változóban levő szám az R² többszörös determinációs együtthetőt jelenti.

5.4.2.2 2. modell: területenkénti teljesítmény képesség-érettség strukturális egyenletek útmodell

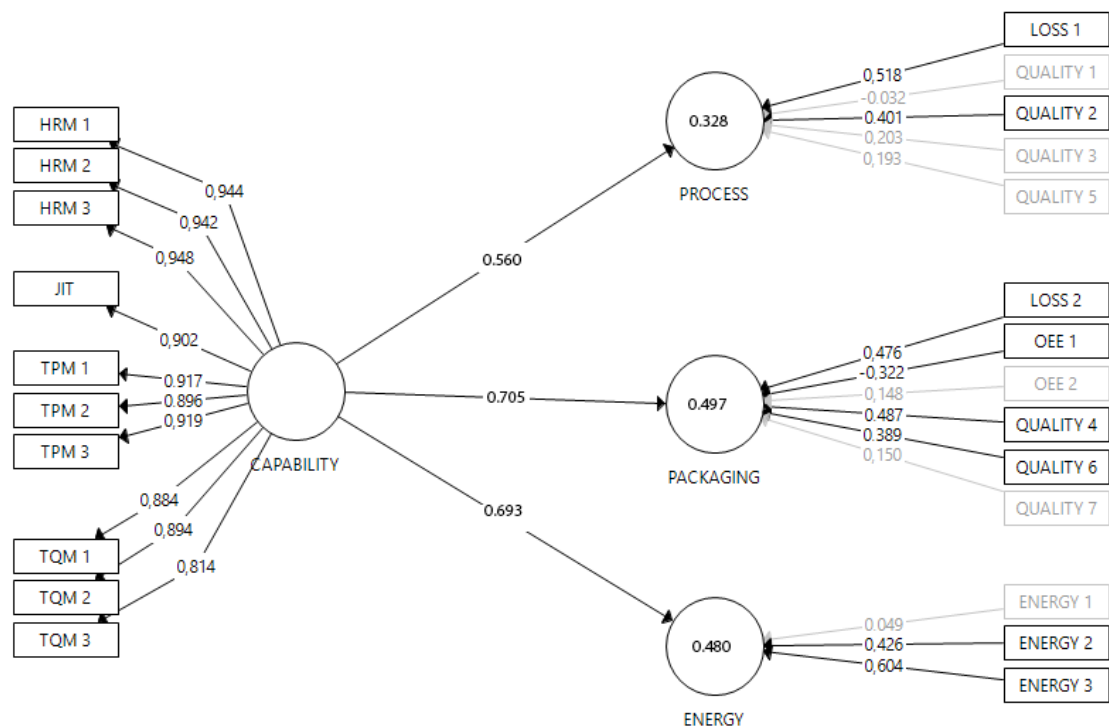
A második modell azt vizsgálja, hogy a lean képességek milyen - esetleg egymástól eltérő - hatással vannak az egyes teljesítmény különböző területeire. A teljesítménymutatókat három, különböző csoportba soroltam, követve a gyárak fő területeit: a minőség és veszteségmutatókat ahhoz a gyárterülethez, a folyadékot előállító, szakaszos folyamatot megvalósító területhez (PROCESS), illetve az ezt csomagoló, folytonos termelést megvalósító területhez (PACKAGING) soroltam, melyben azokat mérik, illetve arra a legnagyobb hatással vannak. A csomagolási hatékonyság mutatóit (OEE) értelemszerűen a PACKAGING területhez soroltam. Az energiafelhasználás teljesítménymutatóira

minkét gyárterület hatással van, ezért erre egy külön teljesítmény területet hoztam létre (ENERGY). Mivel az egyes gyárterületekre vonatkozó lean-képesség értékelések adatai nem álltak rendelkezésemre, így a lean gyakorlatok bevezetésének szintjét (CAPABILITY) úgy modelleztem, mintha az egyforma lett volna mindkét gyárterületre. A látens változók mérési modelljét a számítások ebben az esetben is érvényesnek találták, megerősítve azt az előző modellel azonos módon végzett bootstrapping eljárás által is. A képességek (CAPABILITY) látens változó reflektív mérési modellje az előző modellhez képest nem változott, így annak érvényesség-vizsgálati mutatói megegyeznek az előző modell esetében ismertekkel. A PROCESS, PACKAGING és ENERGY látens változók formatív mérési modelljei esetében – hasonlóan az előző modellhez – az alacsony faktorsúlyú, illetve a bootstrapping eljárás során inszignifikánsnak minősített manifeszt változók eltávolításra kerültek, azokat a 12. ábrán szürke színnel jelöltem. Érdemes megjegyezni, hogy az érvényes manifeszt változók száma az előző modell 6 változójáról 8-ra emelkedett. A modell eredményeit a 12. ábra és a 16-17. táblázatok mutatják. Az ábrán a CAPABILITY látens változóhoz tartozó nyilakon levő számok a regressziós együtthatókat, a PROCESS, PACKAGING és ENERGY látens változóhoz tartozó nyilakon levő számok a faktorsúlyokat, a CAPABILITY és PROCESS, PACKAGING és ENERGY közötti nyilakon levő számok az útegyütthatókat, míg a PROCESS, PACKAGING és ENERGY látens változóban levő számok az R^2 többszörös determinációs együtthatókat jelentik.

Az útegyütthatók ebben a modellben valamivel kisebbek, mint az előző modell esetében, de így is jelentősek. A PROCESS teljesítmény-terület esetében a legkisebb az útegyüttható, ami azt sugallja – az esettanulmány vállalatának ismeretében – hogy ez a terület talán kevésbé támaszkodik a lean gyakorlatokra, illetve azon felül az talán más, egyedi tudást is igényelhet. A probléma-megoldási technikák, a karbantartás vagy a csapatmunka e terület esetében is jelentős hatással lehet a teljesítményre, de a teljesítményfejlesztéshez ezen felül más képességekre is szükség lehet, mint például a gyártási folyamatok optimalizálásának speciális ismeretei. A legnagyobb értékű útegyüttható a csomagolás (PACKAGING) teljesítmény területen figyelhető meg. Ez az a terület, mely a tapasztalatok szerint a leginkább támaszkodik a lean gyakorlatokra, illetve számos közülük – mint például a gyors berendezés átállítás (SMED), vagy a karbantartás folyamatai – speciálisan e terület számára lettek kifejlesztve.

Mindez azt mutatja – megválaszolva a *Q2c kutatási kérdést* – *hogy a lean gyakorlatok különböző mértékben befolyásolhatják az egyes teljesítmény területeket, annak függvényében, hogy a terület milyen mértékben támaszkodik a lean gyakorlatokra, illetve más terület-specifikus tudásra.* Az útegyütthetők értéke - hasonlóan az előző modellhez - idővel itt is csökken.

Az útegyütthetők ilyen módon történő, teljesítmény területenként lebontott mérése lehetőséget adhat a gyakorlati szakembereknek, hogy annak segítségével vizsgálhassák a lean gyakorlatok bevezetésének összesített és területekre lebontott eredményességét, az képesség-érettség önértékelésének érvényességét és pontosságát, valamint azonosíthatják azokat a területeket – a kisebb útegyütthető értékkel rendelkezőket - ahol a lean gyakorlat nem eredményezi az elvárt teljesítmény fejlődést. Ezáltal a strukturális egyenletek útegyütthető módszere – melyet leginkább a kutatás területén alkalmaznak – új, gyakorlati alkalmazási lehetőséget kaphat, támogatást nyújthat a teljesítményfejlesztő programok számára.



12. ábra 2. modell: teljesítmény-területenkénti strukturális egyenletek útmodelljének eredményei 2014-2016 évek összesített adatai (saját szerkesztésű ábra)

út	útegyütthető	R ² többszörös determinációs együtthető
CAPABILITY → PROCESS	0.560	0.328
CAPABILITY → PACKAGING	0.705	0.513
CAPABILITY → ENERGY	0.693	0.484

16. táblázat A teljesítmény-területenkénti strukturális egyenletek útmodelljének útegyütthetői és többszörös determinációs együtthetői a 2014-2016 év (összesített) időszakra

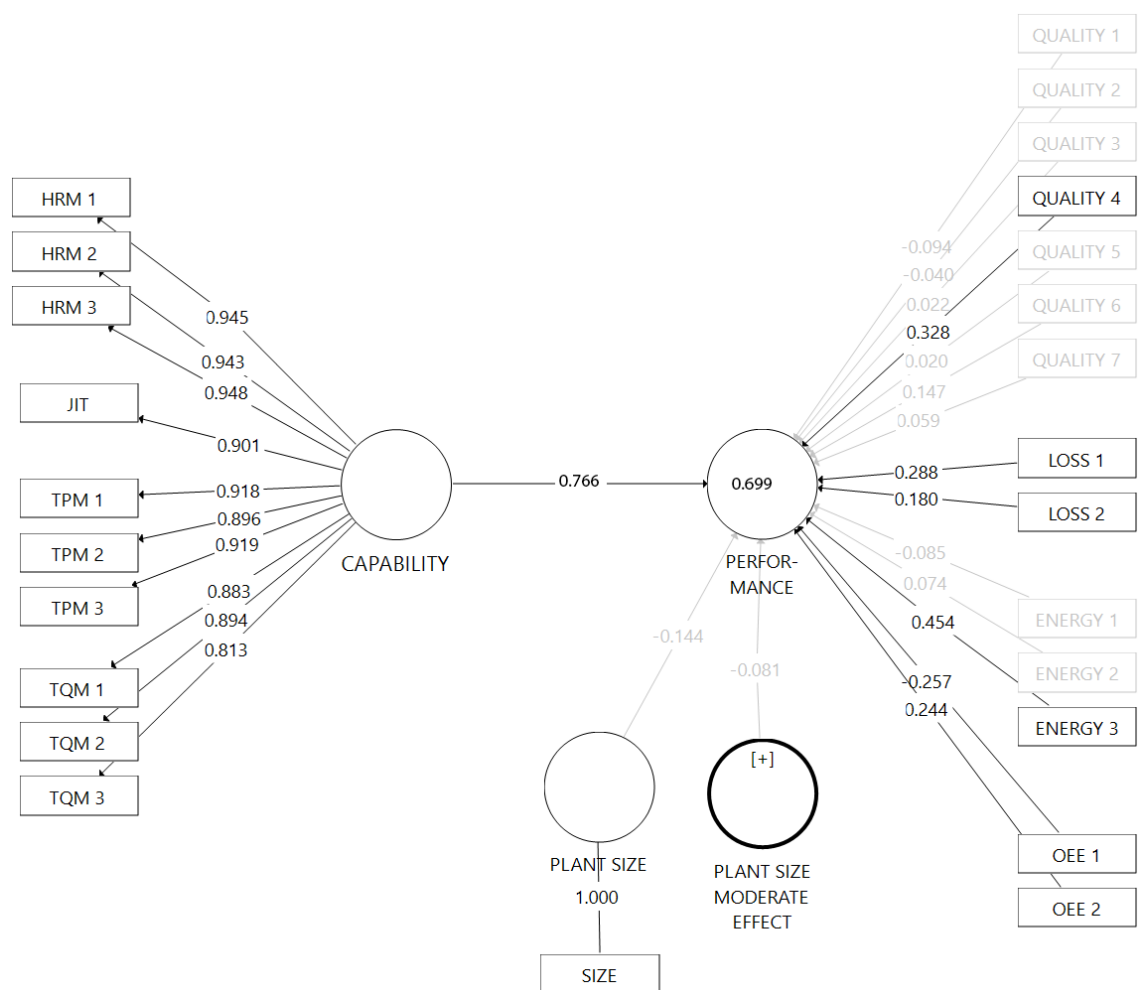
időszak	útegyütthető CAPABILITY → PROCESS	R ² többszörös determinációs együtthető
2014	0.717	0.555
2015	0.585	0.392
2016	0.453	0.246
időszak	útegyütthető CAPABILITY → PACKAGING	R ² többszörös determinációs együtthető
2014	0.768	0.644
2015	0.740	0.596
2016	0.650	0.488
időszak	útegyütthető CAPABILITY → ENERGY	R ² többszörös determinációs együtthető
2014	0.790	0.621
2015	0.689	0.490
2016	0.619	0.394

17. táblázat A teljesítmény-területenkénti strukturális egyenletek útmodelljének útegyütthetői és többszörös determinációs együtthetői az egyes időszekekre

5.4.2.3 3. modell: a gyár méretének hatása a képesség-érettség kapcsolatra

Mivel a gyárak méretében szignifikáns különbségek figyelhetők meg – a legnagyobb gyár éves kibocsátása megközelítőleg ötszöröse a gyárak átlagos éves kibocsátásának – így a harmadik strukturális egyenletek útmodellje azt vizsgálja, hogy hatással van-e a gyár mérete képesség-érettség kapcsolatára. Ehhez az 1. modellt módosítottam úgy, hogy azt a gyár méretével (PLANT SIZE), mint egy moderáló tényezővel egészítettem ki. Ez a moderáló tényező a képesség-érettség (CAPABILITY → PERFORMANCE) kapcsolatra van hatással (13. ábra). A moderáló hatás útegyütthetőjét a kétlépéses

módszer (Hair és *mtsai.*, 2017) segítségével határoztam meg és a modell érvényességének vizsgálatát az előző két pontban leírtak szerint végeztem el. Mivel a képesség (CAPABILITY) és teljesítmény (PERFORMANCE) látens változók nem módosultak, így azok érvényességének vizsgálata megegyeznek a 1. modell esetében leírtakkal. A gyár méretének (PLANT SIZE), mint direkt és moderáló hatásnak érvényességét a bootstrapping eljárás segítségével ellenőriztem, ami mindkét tényezőre az elvártnál nagyobb p-értékeket eredményezett. Így ez a vizsgálat azt sugallja, hogy a gyár méretének nincs mérhető hatása a képesség-teljesítmény kapcsolatra az esettanulmány kontextusában.

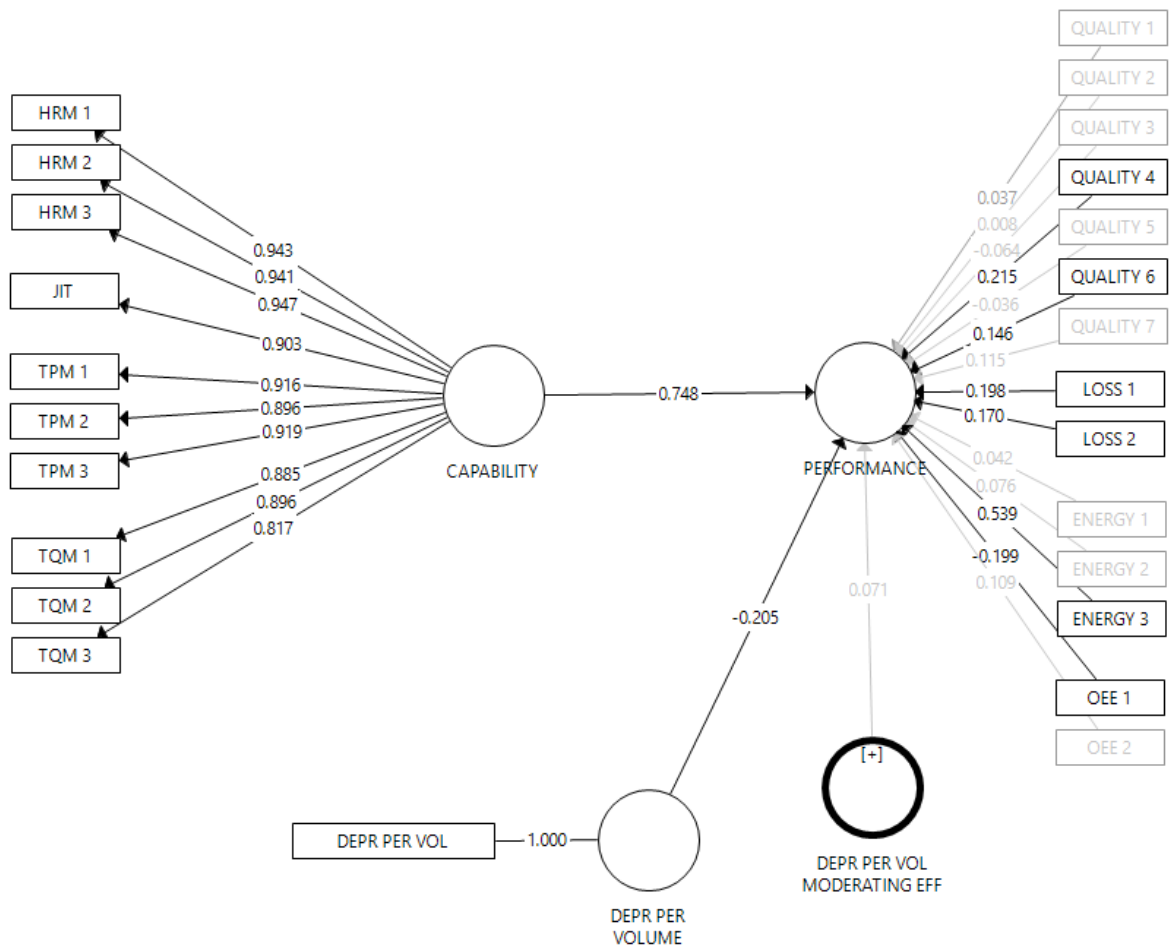


13. ábra 3. modell: a gyár méretének hatása a képesség-érettség kapcsolatra. 2014-2016 évek összesített adatai (saját szerkesztésű ábra)

5.4.2.4 4. modell: a gyár beruházási szintjének hatása a képesség-érettség kapcsolatára

A képesség-érettség és teljesítmény kapcsolatának vizsgálata során felmerült, hogy milyen hatással lehet a teljesítményre a gyárak számára biztosított beruházási források. Ezt a tényezőt sokan fontosabbnak gondolják, mint a képességfejlesztő programok hatását. Az esettanulmány során sajnos olyan adat nem állt rendelkezésemre, mely a beruházások konkrét mértékét mutatta volna. A beruházások szintjével kapcsolatos legközelebbi információ, ami elérhető volt, az a gyárakhoz tartozó gépek és berendezések értékcsökkenésének mértéke, mely megmutatja, hogy a vállalat a megelőző időszakban milyen összeget fordított gépeinek és berendezéseinek fejlesztésére, milyen szintű azok műszaki állapota. A modellezést a 2016 év adataira a 3. modellhez hasonlóan, az előzőekben leírtak szerint végeztem, a beruházások hatását a teljesítményre, valamint a képesség-érettség és teljesítmény kapcsolatára, mint egy direkt és egy moderáló hatást vizsgáltam. A modell érvényességét ebben az esetben is bootstrapping eljárás segítségével ellenőriztem.

A modell eredménye (15. ábra) meglepő módon azt mutatja – az esettanulmány vállalatainak kontextusában - hogy a beruházások szintjének direkt hatása a teljesítményre, a gyárak egységnyi termelési volumenre vetített értékcsökkenési szintje által közelítve negatív - de a képesség-teljesítményhez képest számottevően gyengébb - kapcsolatban van a teljesítménnyel. Vagyis azon vállalatok, melyek nagyobb beruházási forrásokhoz jutottak a megelőző időszakban és ezért egységnyi termelési volumenre vetített értékcsökkenésük mértéke nagyobb, alacsonyabb szintű teljesítménnyel rendelkeznek. Ez azt sugallja, hogy a beruházások mértéke jóval kisebb kapcsolatban van a teljesítménnyel, mint azt sokan gondolnák, és ez a kapcsolat a többletforrások eltékozlásán keresztül akár negatív is lehet. A számítások azt is mutatják, hogy a beruházások mértéke nem fejt ki moderáló hatást a képesség-teljesítmény kapcsolatára. Mindez – az esettanulmány kontextusában – megerősíti, hogy a vállalati teljesítményre a lean képességek vannak legnagyobb hatással.



14. ábra 4. modell: A beruházások szintjének hatása a teljesítményre, illetve a képesség-érettség és teljesítmény kapcsolatára. 2016 év adatai (saját szerkesztésű ábra)

5.5 A kutatás korlátai és további kutatási irányok

Kutatásom eredményinek általánosíthatóságát korlátozza, hogy az kizárólag egy vállalatcsoport esettanulmányán alapul. Az egy vállalaton alapuló elemzés segít számos zavaró tényező kiküszöbölésében és ezáltal pontosabb eredményeket nyújt, de megállapításai elsősorban a hasonló iparágban működő és hasonló lean gyakorlatokat alkalmazó vállalatok számára lehet közvetlenül alkalmazható. A kutatás nem vizsgálta, hogy melyek azok a teljesítménymutatók, melyek a vállalati teljesítmény mérésében egy adott vállalat esetében a leginkább célravezetőek. Az esettanulmány során vizsgált teljesítménymutatók tükrözték a vállalat stratégiáját és megfeleltek az irodalmi részben ismertetett elvárásoknak, de nem feltétlenül voltak teljesek. Léteztek az esettanulmány vállalatának olyan teljesítmény területei, melyeket a vizsgált teljesítménymutatók nem fedtek le. A kutatás eredményeinek más vállalat esetében történő alkalmazása minden esetben szükségessé teszi az adott vállalat stratégiáját tükröző teljesítménymutatók meghatározását és azokra a teljesítmény határok, skálák és hasznossági megválasztását. A többszemponútú döntési modelleken alapuló teljesítmény összegzést és a képesség érettség kapcsolatának vizsgálatát érdemes lenne elvégezni más iparágakra is. Ehhez javasolnék létrehozni egy olyan elektronikus platformot, hasonlóan az Európai Bizottság által a „Business Innovation and Virtual Enterprise Environment” keretében létrehozott kulcsmutató rendszerhez (Diamantini, Potena és Storti, 2013), ahol a piacon egyedül versenyző kis és középvállalatok oszthatnák meg anonim módon egymással teljesítménymutatóikat és versenyezhetnének teljesítményük javítása céljából.

A képesség-érettség kapcsolatának elemzése nem, vagy nem elegendő részletességgel vizsgált számos olyan tényezőt, mely hatással lehet a teljesítményre. Ezek közül kiemelném a humán erőforrásokhoz kapcsolódó olyan, a lean gyakorlatokhoz nem közvetlenül kapcsolódó képességeket és folyamatokat, mint például a megfelelő munkaerő megszerzésének és megtartásának képessége, a munkaerő megfelelő (anyagi és erkölcsi) kompenzációja vagy a képzés folyamatai (Khandekar és Sharma, 2005). A beruházások vállalati teljesítményre gyakorolt hatását sem volt képes pontosan vizsgálni ez a kutatás, az értékcsökkenés mértékénél a célzott beruházások mértéke jobb független változó lehetne. Azt is érdemes lenne megvizsgálni, hogy bizonyos lean képességek mennyiben segítenek a beruházások jobb meghatározásában, megindoklásában és megvalósításában.

6. Összefoglalás

Kutatásom célja annak vizsgálata volt, hogy miként tudják többszempontú kvantitatív adatelemzési eljárások hatékonyan támogatni a termelővállalatok teljesítményfejlesztő programjait. A vizsgált esettanulmány vállalata – annak ellenére, hogy iparágának egyik meghatározó szereplője volt - meglepően kevés ismerettel rendelkezett a kutatásom során alkalmazott módszerekről, gyárainak teljesítményméréséhez viszonylag kezdetleges módszereket használt. Így a teljesítménymérés és összehasonlítás nem teljes mértékben érte el azt a célt, hogy elősegítse és meggyorsítsa a teljesítményfejlesztést. Azoknak a kutatásoknak a száma is viszonylag csekély, melyek kvantitatív módon vizsgálják a vállalati teljesítményt és annak a teljesítményfejlesztő programokban betöltött szerepét (Netland és Aspelund, 2014). Céloom így elsősorban az volt, hogy megvizsgáljam, miként járulhatnak hozzá a komplexebb adatelemzési módszerek a vállalatok teljesítményének vizsgálatához, azok által a vállalatvezetés milyen többletinformációhoz juthat, és ezt milyen módon lehet felhasználni a teljesítményfejlesztő programok sikeresebbé tételében. Kutatásom keretében a teljesítményfejlesztésének két kiemelt tényezőjét vizsgáltam: a vállalatok közötti versenyt és az ez által a vállalatvezetésre helyeződő nyomást, valamint a vállalati képességek fejlesztését, mint pl. a lean módszerek bevezetését és alkalmazását. A vállalatok közötti versennyel kapcsolatban azt vizsgáltam, hogy a vizsgált többszempontú döntési módszerek miként járulhatnak hozzá a vállalatok közötti verseny optimális szintjének eléréséhez, hogy az megfelelő motivációt biztosítson, de ne gátolja a tudásmegosztást. A vállalati képességek fejlesztésével kapcsolatban pedig azt vizsgáltam, hogy miként lehet mérni és számszerűsíteni a lean képességek és a teljesítmény között fennálló kapcsolatot és ezt a többlet információt miként lehet felhasználni a lean alapokon nyugvó teljesítményfejlesztő programok sikeresebbé tételéhez.

A vállalati teljesítmény mérése által előidézett verseny a menedzsmentre nehezedő nyomás által serkenti a legjobb gyakorlatok átültetését (Ungan, 2005) és ezáltal a teljesítményfejlesztést, de túlzott mértéke negatív hatással lehet arra. Akadályozhatja a tudásmegosztást amennyiben a teljesítmény mérése a relatív, összehasonlító teljesítménymutatókat hangsúlyozza az abszolút mutatók helyett, és a menedzsment úgy érzékeli, hogy annak eredményeként verseny csak néhány nyertest és igen sok vesztest eredményez (Pfeffer és Sutton, 1999). A többszempontú döntési modelleken és a DEA módszeren alapuló teljesítményösszegző eljárások vizsgálatával azt kívántam

meghatározni, hogy melyik módszer adja a leginkább hiteles képet a vállalatok összesített teljesítményéről. A módszerek eredményeinek összehasonlításából megállapítottam, hogy - az esettanulmány vállalatcsoportja által használt - Borda teljesítmény rangsor szükségtelenül felnagyíthatja a vállalatok közötti teljesítmény különbségeket és sorrendi skálája azt a veszélyt hordozza, hogy a laikus szemlélő számára úgy tűnhet, mintha az egyes rangsor helyek között azonos lenne a teljesítmény különbség. A Borda rangsor, és általában a rangsorok ezen kívül nem alkalmasak a teljesítmény időbeli változásának követésére, az a vállalatok között nulla kimenetű játékot eredményez, amennyiben egy vállalat csak egy másik rovására javíthat pozícióján. Mindez hátráltathatja a vállalatok közötti tudásmegosztást és a kooperációt. A DEA módszer elsősorban pénzügyi szempontok alapján vizsgálja a vállalati teljesítményt, az input-output csoportokba be nem sorolható teljesítménymutatók, mint például a minőség vizsgálata nehézkes. Ezeket a típusú mutatókat csak szelekciós kritériumként lehet felhasználni a módszer alkalmazása során, meghatározva, hogy mely gyárak vesznek részt a hatékony határterület meghatározásában. A módszer – bár szemléletesen jeleníti meg a teljesítményfejlesztés lehetőségének pénzügyi vetületét – a termelékenységet konzervatív módon becsli, az egyes gyárak között kevésbé differenciál, mint a többszemponútú döntési modelleken alapuló módszerek és érzékeny az input-output mutatók számára.

A Q1 kutatási kérdéseket megválaszolva: a teljesítményfejlesztő programokat legjobban a TOPSIS módszer, illetve a speciálisan megválasztott hasznossági függvények értékeinek súlyozott átlaga által képzett összesített teljesítménymutató támogatja. Az előbbi az összesített teljesítményt a teljesítménymutatók többdimenziós terében méri, képes figyelembe venni az egyes mutatók fontossági súlyát és így kiegyensúlyozott képet ad arról. Hátránya, hogy lineáris kapcsolatot feltételez a teljesítménymutatók értéke és a döntéshozó preferenciája között, mely feltételezés gyakran hibás lehet. Ezt speciálisan megválasztott hasznossági függvényekkel lehet kiküszöbölni és a vállalatok magatartását úgy befolyásolni, hogy az a vállalat stratégiájával egyetértésben a legnagyobb teljesítményfejlődését eredményezze. Mindkét módszer képes a teljesítmény határok körültekintő megválasztása esetén az összesített teljesítmény időbeli változását is megjeleníteni, akár több év távlatában is. Ebben az esetben a legjobb (ideal) - legrosszabb (anti-ideal) teljesítmény határokat, vagy a hasznossági függvény minimum-maximum értékeit úgy kell megválasztani, hogy a gyárak azt a vizsgált időszakban ne tudják meghaladni. A módszerek eredményeinek

grafikus ábrázolásával mind a teljesítmény rangsort, mind pedig a teljesítmény különbségeket meg lehet jeleníteni, mely segít a vállalatok közötti optimális verseny megteremtésében. Ezek a teljesítmény összegzési és rangsorolási módszerek elsősorban olyan környezetben alkalmazhatók, ahol számos vállalat végez hasonló tevékenységet, teljesítménymutatóik összehasonlíthatók és adataikat egymás között meg tudják osztani, illetve a TOPSIS és a hasznossági függvényeken alapuló módszerek egy vállalat esetében is alkalmazhatók az összesített teljesítmény időbeli nyomon követésére. A TOPSIS módszer lehetőséget nyújthat több, a piacon egyedül versenyző, de hasonló tevékenységet végző vállalat teljesítményének anonim összehasonlítására is, mely serkentőleg hathat azok versenyképességének javítására. A szereplők ilyen módon történő együttműködése csökkentheti a számos gyárral rendelkező termelési hálózatok versenyelőnyét. Az Európai Bizottság által a „Business Innovation and Virtual Enterprise Environment” keretében létrehozott kulcsmutató rendszer (Diamantini, Potena és Storti, 2013) lehet példa egy ilyen együttműködésre, felvázolva egy lehetséges megvalósítási módot.

A vállalati teljesítmény másik kiemelt tényezőjével, a vállalati képességekkel - esettanulmányomban a lean gyakorlatokkal - kapcsolatban vizsgáltam, hogy a sokdimenziós skálázás, illetve annak nem metrikus módszere az ALSICAL milyen módon képes feltárni az egymáshoz hasonló képességterületeket. Esettanulmányom vállalatának vizsgálata feltárta, hogy a humán erőforrásokhoz kapcsolódó képességek hasonlóak egymáshoz, azok egyidejűleg kerülnek bevezetésre. Az elemzés arra is rávilágított, hogy két teljeskörű hatékony karbantartáshoz (TPM) kapcsolódó lean gyakorlat a humán erőforrásokhoz kapcsolódó képességeket igényelhet. A módszer gyakorlati alkalmazása többlet információt biztosíthat a képességfejlesztésen alapuló teljesítményfejlesztő programok támogatásához, segítve az egyes képességterületeket jobb megértését, bevezetésük optimalizálását. Mivel a módszer nem támaszt feltételeket az adatok eloszlására, így az széleskörben alkalmazható.

Végül a képesség és teljesítmény kapcsolatának a strukturális egyenletek útmodellje (PLS-SEM) módszerével történő vizsgálatával azt kívántam megmutatni, hogy ez – a leginkább kutatásokban alkalmazott módszer – képes olyan számszerű információkat biztosítani a gyakorlati szakembereknek, amely segít mérni a teljesítményfejlesztő programok eredményességét. A Q2 kutatási kérdéseket megválaszolva: az eredmények megerősítették, hogy a teljesítmény fejlesztésében a vállalati képességek fejlesztése – esettanulmányomban a lean gyakorlatok bevezetése -

kitüntetett szerepet játszik. A vállalati képességeknek a módszer által alkalmazott reflektív modellezése sajnos nem képes megmutatni, hogy léteznek-e olyan képességek, melyek kitüntetett hatással vannak a teljesítményre, arra azonban rávilágított, hogy a képesség különböző hatással van a különböző teljesítmény területekre. Az útegyütthető értékének időbeli nyomon követése segíthet pontosabbá tenni a lean képesség értékelést, illetve megmutatni, hogy melyek azok a területek, ahol a képességfejlesztés nem eredményez megfelelő teljesítmény fejlődést. A kutatás azt is megmutatta, hogy – ellentétben azzal a gyakori véleménnyel, hogy a beruházások mértéke kitüntetett szerepet játszik a teljesítmény fejlesztésében – a legnagyobb hatással a teljesítményre a képességek fejlesztése van. Az eredmények azt mutatták, hogy a gyárak gépeinek és berendezéseinek értékcsökkenésének mértéke jóval kisebb és ellentételes irányú kapcsolatban van a vállalati teljesítménnyel, mint a lean képességek.

Összefoglalva megállapítható, hogy a megfelelően megválasztott, modern adatelemzési módszerek számottevően hozzájárulhatnak a vállalati teljesítmény fejlesztéséhez és így a képesség- és teljesítményfejlesztő programok sikeréhez. Ahhoz, hogy valamilyen programot vagy beavatkozást irányítani tudjunk, információra van szükségünk annak eredményességéről. A kutatás eredményei alapján az összesített vállalati teljesítmény mérésére a TOPSIS illetve a speciálisan megválasztott hasznossági függvények módszerét javaslom alkalmazni. Továbbá a lean gyakorlatok bevezetésén alapuló teljesítményfejlesztő programok esetében tanácsolom a gyakorlatok egymáshoz való viszonyának ALSCAL sokdimenziós skálázás módszerével történő vizsgálatát, valamint a képesség és teljesítmény kapcsolatának a strukturális egyenletek útmodellje (PLS-SEM) módszerével történő mérését. A javasolt módszerek olyan többlet információt képesek biztosítani a teljesítményfejlesztő programok számára, mely hozzájárul azok eredményességéhez.

7. Irodalomjegyzék

- Akyuz, A. G. és Erkan, T. E. (2010) „Supply chain performance measurement: a literature review”, *International Journal of Production Research*, 48(17), o. 5137–5155. doi: 10.1080/00207540903089536.
- APICS Supply Chain Council (2015) „SCOR model ver. 11.0 quick reference guide”, *Apicsscc.Org*, o. 10. Elérhető: <http://www.apics.org/docs/default-source/scor-p-toolkits/apics-scc-scor-quick-reference-guide.pdf?sfvrsn=2>.
- Arrow, K. J. (1951) „Social Choice and Individual Values”, *Book*. New-York: Wiley, o. 124. doi: 10.2307/2227013.
- Azzone, G., Masella, C. és Bertelè, U. (1991) „Design of Performance Measures for Time-based Companies”, *International Journal of Operations & Production Management*, 11(3), o. 77–85. doi: 10.1108/01443579110143412.
- Bana e Costa, C. A. és Vansnick, J.-C. (1994) „MACBETH — An interactive path towards the construction of cardinal value functions”, *International Transactions in Operational Research*, 1(4), o. 489–500. doi: 10.1016/0969-6016(94)90010-8.
- Barclay, D., Higgins, C. és Thompson, R. (1995) „The partial least squares (PLS) approach to causal modeling: Personal computer adoption and use as an illustration”, *Technology studies*, 2(2), o. 285–309.
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A. és Kumar, V. (2014) „The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations”, *International Journal of Production Research*. Taylor & Francis, 7543(July 2014), o. 1–21. doi: 10.1080/00207543.2014.903348.
- Bhamu, J. és Singh Sangwan, K. (2014) „Lean manufacturing: literature review and research issues”, *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), o. 876–940. doi: 10.1108/IJOPM-08-2012-0315.
- Bigliardi, B. és Bottani, E. (2010) „Performance measurement in the food supply chain: a balanced scorecard approach”, *Facilities*, 28(5/6), o. 249–260. doi: 10.1108/02632771011031493.
- Bogetoft, P. (2012) *Performance Benchmarking*, Springer. Boston, MA: Springer US (Management for Professionals). doi: 10.1007/978-1-4614-6043-5.
- Bogetoft, P. és Lars, O. (2015) „Package ‘Benchmarking’”. Elérhető: <https://cran.r-project.org/package=Benchmarking>.
- de Borda, J.-C. (1781) „Mémoire sur les élections au scrutin, Histoire de l’Académie Royale des Sciences”, *Paris, France*.
- Bourne, M., Mills, J., Wilcox, M., Neely, A. és Platts, K. (2000) „Designing, implementing and updating performance measurement systems”, *International Journal of Operations & Production Management*, 20(7), o. 754–771. doi: 10.1108/01443570010330739.

- Brown, B. B. (1968) *Delphi Process: A Methodology Used for the Elicitation of Opinions of Experts*. Santa Monica, CA. Elérhető: <http://www.dtic.mil/get-tr-doc/pdf?AD=AD0675981>.
- De Bruin, T., Freeze, R., Kaulkarni, U. és Rosemann, M. (2005) „Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model”, *Australasian Conference on Information Systems (ACIS)*, o. 8–19. Elérhető: <http://eprints.qut.edu.au/25152/>.
- Chan, F. T. S. (2003) „Performance Measurement in a Supply Chain”, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21(7), o. 534–548. doi: 10.1007/s001700300063.
- Chan, F. T. S. és Qi, H. J. (2003) „An innovative performance measurement method for supply chain management”, *Supply Chain Management: An International Journal*, 8(3), o. 209–223. doi: 10.1108/13598540310484618.
- Chang, C. H., Lin, J. J., Lin, J. H. és Chiang, M. C. (2010) „Domestic open-end equity mutual fund performance evaluation using extended TOPSIS method with different distance approaches”, *Expert Systems with Applications*. Elsevier Ltd, 37(6), o. 4642–4649. doi: 10.1016/j.eswa.2009.12.044.
- Charnes, A., Cooper, W. W. és Rhodes, E. (1978) „Measuring the efficiency of decision making units”, *European Journal of Operational Research*, 2(6), o. 429–444. doi: 10.1016/0377-2217(78)90138-8.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O’Donnell, C. J. és Battese, G. E. (2005) *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. 2nd kiad. Springer US.
- Colotla, I., Shi, Y. és Gregory, M. J. (2003) „Operation and performance of international manufacturing networks”, *International Journal of Operations & Production Management*, 23(10), o. 1184–1206. doi: 10.1108/01443570310496625.
- Cook, W. D. és Kress, M. (1991) „A multiple criteria decision model with ordinal preference data”, *European Journal of Operational Research*, 54(2), o. 191–198. doi: 10.1016/0377-2217(91)90297-9.
- Cua, K. O., McKone, K. E. és Schroeder, R. G. (2001) „Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance”, *Journal of Operations Management*, 19(6), o. 675–694. doi: 10.1016/S0272-6963(01)00066-3.
- Demeter, K. és Losonci, D. (2011) „Lean termelés és üzleti teljesítmény – nemzetközi empirikus eredmények”, *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 42(10), o. 14–27.
- Deming, W. E. (1994) *The new economics: for industry, government, education*. 2nd kiad. Cambridge, MA: MIT press.
- Diamantini, C., Potena, D. és Storti, E. (2013) „A Logic-Based Formalization of KPIs for Virtual Enterprises”, in: Springer, Berlin, Heidelberg, o. 274–285. doi: 10.1007/978-3-642-38490-5_26.

- Dul, J. és Hak, T. (2009) *Case Study Methodology in Business Research* - Jan Dul, Tony Hak - Google Books.
- EFQM (évszám nélkül) *European Foundation For Quality Management*. Elérhető: <http://www.efqm.org/>.
- Eisenhardt, K. M. (1989) „Building Theories from Case Study Research.”, *Academy of Management Review*, 14(4), o. 532–550. doi: 10.5465/AMR.1989.4308385.
- Ferdows, K. és Thurnheer, F. (2011) „Building factory fitness”, *International Journal of Operations & Production Management*, 31(9), o. 916–934. doi: 10.1108/01443571111165820.
- Fishburn, P. C. . (1967) „Methods of Estimating Additive Utilities”, *Management Science*, 13(7), o. 435–453. doi: 10.1287/mnsc.13.7.435.
- Flynn, B. B., Schroeder, R. G. és Flynn, E. J. (1999) „World class manufacturing: an investigation of Hayes and Wheelwright’s foundation”, *Journal of Operations Management*, 17(3), o. 249–269. doi: 10.1016/S0272-6963(98)00050-3.
- Fullerton, R. R., Kennedy, F. A. és Widener, S. K. (2014) „Lean manufacturing and firm performance: The incremental contribution of lean management accounting practices”, *Journal of Operations Management*. Elsevier B.V., 32(7–8), o. 414–428. doi: 10.1016/j.jom.2014.09.002.
- Füstös, L. és Tárnok, O. (2017a) „Módszertani füzetek - Sokdimenziós skálázás MDS–modellek”. Budapesti CORVINUS Egyetem Gazdálkodástudományi Kar Informatikai Intézet TEAM Társadalmi Elemzések Alkalmazott Műhelye vezetője.
- Füstös, L. és Tárnok, O. (2017b) „Módszertani füzetek - Strukturális egyenletek modellje (SEM)”. Budapest: Budapesti CORVINUS Egyetem Gazdálkodástudományi Kar Informatikai Intézet TEAM Társadalmi Elemzések Alkalmazott Műhelye vezetője.
- Gigerenzer, G. és Gaissmaier, W. (2011) „Heuristic Decision Making”, *Annual Review of Psychology*, 62, o. 451–482. doi: 10.1146/annurev-psych-120709-145346.
- Globerson, S. (1985) „Issues in developing a performance criteria system for an organization”, *International Journal of Production Research*, 23(4), o. 639–646. doi: 10.1080/00207548508904734.
- Glur, C. (2017) „Package ‘ahp’”. Elérhető: <https://cran.r-project.org/package=ahp>.
- Gunasekaran, A. és Kobu, B. (2007) „Performance measures and metrics in logistics and supply chain management: a review of recent literature (1995–2004) for research and applications”, *International Journal of Production Research*, 45(12), o. 2819–2840. doi: 10.1080/00207540600806513.
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M. és Sarstedt, M. (2017) *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. Second Edi. SAGE Publications.
- Hair, J. F., Ringle, C. M. és Sarstedt, M. (2011) „PLS-SEM: Indeed a Silver Bullet”, *The Journal of Marketing Theory and Practice*, 19(2), o. 139–152. doi: 10.2753/MTP1069-6679190202.

- Hair Jr, J. F., Sarstedt, M., Hopkins, L. és Kuppelwieser G., V. (2014) „Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)”, *European Business Review*, 26(2), o. 106–121. doi: 10.1108/EBR-10-2013-0128.
- Ho, W., Xu, X. és Dey, P. K. (2010) „Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review”, *European Journal of Operational Research*. Elsevier B.V., 202(1), o. 16–24. doi: 10.1016/j.ejor.2009.05.009.
- Hwang, C.-L. és Yoon, K. (1981) „Methods for Multiple Attribute Decision Making”, in *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State-of-the-Art Survey*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, o. 58–191. doi: 10.1007/978-3-642-48318-9_3.
- „IBM SPSS Statistics for Windows” (2013). Armonk, NY: IBM Corp.
- „ISO 9000:2015” (2015). Geneva, Switzerland: ISO/IEC.
- Jørgensen, F., Matthiesen, R., Nielsen, J. és Johansen, J. (2007) „Lean maturity, lean sustainability”, *IFIP International Federation for Information Processing*, 246, o. 371–378. doi: 10.1007/978-0-387-74157-4_44.
- Kadipasaoglu, S. N., Peixoto, J. L. és Khumawala, B. M. (1999) „Global manufacturing practices: an empirical evaluation”, *Industrial Management & Data Systems*, 99(3), o. 101–108. doi: 10.1108/02635579910370652.
- Kahneman, D. és Tversky, A. (1982) „Judgment under uncertainty”, *Science*, 185(4157), o. 1124–1131. doi: 10.1093/oxfordhb/9780195376746.013.0038.
- Kaplan, R. S. és Norton, D. P. (1992) „The balanced scorecard – measures that drive performance”, *Harvard Business Review*, (January-February), o. 71–79.
- Kaplan, R. S. és Norton, D. P. (1996) „The Balanced Scorecard: Measures that Drive Performance”, *Harvard Business Review*, 70(1), o. 71–79.
- Kása, R. és Réthi, G. (2017) „Fuzzy logikán alapuló modellezési módszerek gazdálkodástudományi alkalmazásának episztemológiai megközelítése”, *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 48(4), o. 84–99. doi: 10.14267/VEZTUD.2017.04.10.
- Kedar, A. P., Lakhe, R. R., Deshpande, V. S., Washimkar, P. V és Wakhare, M. V (2008) „A Comparative Review of TQM, TPM and Related Organisational Performance Improvement Programs”, in *Emerging Trends in Engineering and Technology, 2008. ICETET '08. First International Conference on*, o. 725–730. doi: 10.1109/ICETET.2008.133.
- Kelvin, W. T. B. (1889) *Popular Lectures and Addresses: Navigational Affairs*. London: Macmillan and Company.
- Kendall, M. G. (1945) „The Treatment of Ties in Ranking Problems”, *Biometrika*, 33(3), o. 239–251. doi: 10.2307/2332303.
- Kendall, M. G. (1970) *Rank correlation methods*. 4th ed. London : Griffin.

- Khandekar, A. és Sharma, A. (2005) „Managing human resource capabilities for sustainable competitive advantage: An empirical analysis from Indian global organisations”, *Education and Training*, 47(8–9), o. 628–639. doi: 10.1108/00400910510633161.
- Kocaoğlu, B., Gülsün, B. és Tanyaş, M. (2013) „A SCOR based approach for measuring a benchmarkable supply chain performance”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 24(1), o. 113–132. doi: 10.1007/s10845-011-0547-z.
- Konis, K. (2016) „Package ‘lpSolveAPI’”. Elérhető: <https://cran.r-project.org/package=lpSolveAPI>.
- Kovács, T. és Kő, A. (2018) „Termelési hálózatok gyárainak összesített teljesítménymérése többváltozós döntési modellek alkalmazásával”, *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 49(4), o. 32–43. doi: <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2018.04.04>.
- Kurz-Milcke és Gigerenzer, G. (2007) „Heuristic Decision Making”, *Marketing JRM*, (1), o. 48–56. doi: 10.1146/annurev-psych-120709-145346.
- Kwiesielewicz, M. és van Uden, E. (2004) „Inconsistent and contradictory judgements in pairwise comparison method in the AHP”, *Computers & Operations Research*, 31(5), o. 713–719. doi: 10.1016/S0305-0548(03)00022-4.
- London Stock Exchange* (2015). Elérhető: <http://www.londonstockexchange.com/exchange/news/market-news/market-news-detail/SAB/12576961.html> (Elérés: 2017. március 11.).
- Looy, A. Van, Backer, M. De és Poels, G. (2011) „Defining business process maturity. A journey towards excellence”, *Total Quality Management & Business Excellence*, 22(11), o. 1119–1137. doi: 10.1080/14783363.2011.624779.
- Marin-Garcia, J. A. és Bonavia, T. (2015) „Relationship between employee involvement and lean manufacturing and its effect on performance in a rigid continuous process industry.”, *International Journal of Production Research*. Taylor & Francis, 53(11), o. 3260–3275. doi: 10.1080/00207543.2014.975852.
- McCormack, K., Bronzo Ladeira, M. és Valadares de Oliveira, M. P. (2008) „Supply chain maturity and performance in Brazil”, *Supply Chain Management: An International Journal*, 13(4), o. 272–282. doi: 10.1108/13598540810882161.
- Mefford, R. N. és Bruun, P. (1998) „Transferring world class production to developing countries: A strategic model”, *International Journal of Production Economics*, 56–57, o. 433–450. doi: 10.1016/S0925-5273(98)00085-1.
- Narayanamurthy, G. és Gurumurthy, A. (2016) „Leanness assessment: a literature review”, *International Journal of Operations & Production Management*, 36(10), o. 1115–1160. doi: 10.1108/IJOPM-01-2015-0003.
- National Institute of Standards and Technology (NIST) (2015) „2015-2016 Baldrige Excellence Framework”. Elérhető: <http://www.nist.gov/baldrige>.

- Neely, A., Gregory, M. és Platts, K. (1995) „Performance measurement system design: A literature review and research agenda”, *International Journal of Operations & Production Management*, 15(4), o. 80–116. doi: 10.1108/01443579510083622.
- Negrão, L. L. L., Filho, M. G. és Marodin, G. (2017) „Lean practices and their effect on performance: a literature review”, *Production Planning & Control*, 28(1), o. 33–56. doi: 10.1080/09537287.2016.1231853.
- Netland, T. H. és Aspelund, A. (2013) „Company-specific production systems and competitive advantage”, *International Journal of Operations & Production Management*, 33(11/12), o. 1511–1531. doi: 10.1108/IJOPM-07-2010-0171.
- Netland, T. H. és Aspelund, A. (2014) „Multi-plant improvement programmes: a literature review and research agenda”, *International Journal of Operations & Production Management*, 34(3), o. 390–418. doi: 10.1108/IJOPM-02-2012-0087.
- Netland, T. H. és Ferdows, K. (2016) „The S-Curve Effect of Lean Implementation”, *Production and Operations Management*, 25(6), o. 1106–1120. doi: 10.1111/poms.12539.
- Nightingale, D. J. (2000) „Lean Enterprise Self-Assessment Tool (LESAT)”. Elérhető: <http://hdl.handle.net/1721.1/7325>.
- Nightingale, D. J. és Mize, J. H. (2002) „Development of a Lean Enterprise Transformation Maturity Model”, *Inf. Knowl. Syst. Manag.* Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands: IOS Press, 3(1), o. 15–30. Elérhető: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1234203.1234204>.
- Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B. és Weber, C. V (1993) „Capability Maturity Model for Software, Version 1.1”, *Software, IEEE*, 98(February), o. 1–26. doi: 10.1.1.93.1801.
- Pennings, J. M. E. és Smidts, A. (2003) „The Shape of Utility Functions and Organizational Behavior”, *Management Science*, 49(9), o. 1251–1263. doi: 10.1287/mnsc.49.9.1251.16566.
- Pfeffer, J. és Sutton, R. I. (1999) *The Knowing-Doing Gap: How Smart Companies Turn Knowledge into Action*. Kindle Edi. Boston, MA: Harvard Business Review Press.
- Pomerol, J.-C. és Barba-Romero, S. (2000) *Multicriterion Decision in Management: principles and practice*. 1. kiad. New York, NY: Springer US (International Series in Operations Research & Management Science). doi: 10.1007/978-1-4615-4459-3.
- Pont, G. D., Furlan, A. és Vinelli, A. (2009) „Interrelationships among lean bundles and their effects on operational performance”, *Operations Management Research*, 1(2), o. 150–158. doi: 10.1007/s12063-008-0010-2.
- Rahman, S., Laosirihongthong, T. és Sohal, A. S. (2010) „Impact of lean strategy on operational performance: a study of Thai manufacturing companies”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21(7), o. 839–852. doi: 10.1108/17410381011077946.

- Rangone, A. (1996) „An analytical hierarchy process framework for comparing the overall performance of manufacturing departments”, *International Journal of Operations & Production Management*, 16(8), o. 104–119. doi: 10.1108/01443579610125804.
- Ringle, C. M., Wende, S. és Becker, J.-M. (2015) „SmartPLS 3”. SmartPLS GmbH.
- Röglinger, M., Pöppelbuß, J. és Becker, J. (2012) „Maturity models in business process Management”, *Business Process Management Journal*, 18(2), o. 328–346.
- Saaty, T. L. (1977) „A scaling method for priorities in hierarchical structures”, *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), o. 234–281. doi: 10.1016/0022-2496(77)90033-5.
- Saaty, T. L. (1986) *Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. Pittsburgh, PA: RWS Publications.
- Saaty, T. L. (1990) „How to make a decision: The analytic hierarchy process”, *European Journal of Operational Research*, 48(1), o. 9–26. doi: 10.1016/0377-2217(90)90057-I.
- Saaty, T. L. (2004) „Fundamentals of the analytic network process — Dependence and feedback in decision-making with a single network”, *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(2), o. 129–157. doi: 10.1007/s11518-006-0158-y.
- Schmenner, R. W. és Vollmann, T. E. (1994) „Performance Measures: Gaps, False Alarms, and the “Usual Suspects””, *International Journal of Operations & Production Management*, 14(12), o. 58–69. doi: 10.1108/01443579410072391.
- Schoemaker, P. J. . H. és Waid, C. . C. (1982) „An Experimental Comparison of Different Approaches to Determining Weights in Additive Utility Models”, 28(2), o. 182–196. doi: 10.1287/mnsc.28.2.182.
- Schonberger, R. (1986) „World class manufacturing”. Free Press; Collier Macmillan.
- Schonberger, R. (1990) *World Class Manufacturing: The Next Decade*. New York: Free Press.
- Schroeder, R. G., Linderman, K., Liedtke, C. és Choo, A. S. (2008) „Six Sigma: Definition and underlying theory”, *Journal of Operations Management*, 26(4), o. 536–554. doi: 10.1016/j.jom.2007.06.007.
- Shah, R. és Ward, P. T. (2003) „Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance”, *Journal of Operations Management*, 21(2), o. 129–149. doi: 10.1016/S0272-6963(02)00108-0.
- Shapiro, S. S. és Wilk, M. B. (1965) „Biometrika Trust An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples) Published by : Oxford University Press on behalf of Biometrika Trust Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2333709> Accessed : 25-04-2016 16 : 06 UTC An analysis of varianc”, *Biometrika*, 52(3), o. 591–611.

- Sherman, H. D. és Zhu, J. (2006) „Benchmarking with quality-adjusted DEA (Q-DEA) to seek lower-cost high-quality service: Evidence from a U.S.bank application”, *Annals of Operations Research*, 145(1), o. 301–319. doi: 10.1007/s10479-006-0037-4.
- Sheskin, D. J. (2004a) „Test 12: Mann-Whitney U Test”, in *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures: Third Edition*. 3rd kiad. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, o. 423–452.
- Sheskin, D. J. (2004b) „Test 13: The Kolmogorov-Smirnov test for Two Independent Samples”, in *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures: Third Edition*. 3rd kiad. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, o. 453–464.
- Shi, Y. és Gregory, M. (1998) „International manufacturing networks—to develop global competitive capabilities”, *Journal of Operations Management*, 16(2–3), o. 195–214. doi: 10.1016/S0272-6963(97)00038-7.
- Singh, R. K. (2013) „Prioritizing the factors for coordinated supply chain using analytic hierarchy process (AHP)”, *Measuring Business Excellence*, 17(1), o. 80–97. doi: 10.1108/13683041311311383.
- Supply Chain Council (2012) „Supply Chain Operations Reference Model Revision 11.0”. Supply Chain Council, Inc. Elérhető: www.supply-chain.org.
- Suwignjo, P., Bititci, U. . és Carrie, a. . (2000) „Quantitative models for performance measurement system”, *International Journal of Production Economics*, 64(1–3), o. 231–241. doi: 10.1016/S0925-5273(99)00061-4.
- Swink, M. és Jacobs, B. W. (2012) „Six Sigma adoption: Operating performance impacts and contextual drivers of success”, *Journal of Operations Management*, 30(6), o. 437–453. doi: 10.1016/j.jom.2012.05.001.
- Syverson, C. (2011) „What Determines Productivity?”, *Journal of Economic Literature*, 49(2), o. 326–365. doi: 10.1257/jel.49.2.326.
- Taj, S. és Morosan, C. (2011) „The impact of lean operations on the Chinese manufacturing performance”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 22(2), o. 223–240. doi: 10.1108/17410381111102234.
- Takane, Y., Young, F. W. és de Leeuw, J. (1977) „Nonmetric individual differences multidimensional scaling: An alternating least squares method with optimal scaling features”, *Psychometrika*, 42(1), o. 7–67. doi: 10.1007/BF02293745.
- Tangen, S. (2005) „Improving the performance of a performance measure”, *Measuring Business Excellence*, 9(2), o. 4–11. doi: 10.1108/13683040510602830.
- Trochim, W. M. K. (1989) „Outcome pattern matching and program theory”, *Evaluation and Program Planning*, 12(4), o. 355–366. doi: 10.1016/0149-7189(89)90052-9.
- Ungan, M. (2005) „Management support for the adoption of manufacturing best practices: key factors.”, *International Journal of Production Research*, 43(18), o. 3803–3820. doi: 10.1080/00207540500140989.

- Utah State University, S. I. (2014) „The SHINGO Prize for Operational Excellence Application Guidelines”.
- Wickramasinghe, G. és Wickramasinghe, V. (2017) „Implementation of lean production practices and manufacturing performance: the role of lean duration”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(4), o. JMTM-08-2016-0112. doi: 10.1108/JMTM-08-2016-0112.
- Wimmer, Á. (2004) „Üzleti teljesítménymérés az értékteremtés szolgálatában”, *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 35(9), o. 2–11.
- Wimmer, Á. és Csesznák, A. (2012) Mit mérünk és hogyan ? – A vállalati teljesítménymérés szemléletmódja és eszköztára a döntéstámogatás tükrében *. Budapest.
- Wong, W. P., Ignatius, J. és Soh, K. L. (2014) „What is the leanness level of your organisation in lean transformation implementation? An integrated lean index using ANP approach”, *Production Planning and Control*, 25(4), o. 273–287. doi: 10.1080/09537287.2012.674308.
- Yazdi, M. M. (2013) „Package ‘topsis’”. CRAN. Elérhető: <https://cran.r-project.org/package=topsis>.
- Yin, R. K. (2003) *Case studies research: Design and Methods*. Third Ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.
- Yin, R. K. (2017) *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. 6th Editio. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, Inc.
- Zoltayné, P. Z., Wimmer, Á. és Szántó, R. (2007) „Vezetői döntéshozatal és versenyképesség (The managerial decision making and the competitiveness)”, *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 38(5), o. 18–28.

8. A témában megjelent saját közlemények

Angol nyelvű referált folyóiratok

Kovács T. (2018) „Forecasting performance improvement: comparison of automated ARIMA and neural network based methods”, *TAYLOR: Gazdálkodás- és Szerveztudományi Folyóirat: A Virtuális Intézet Közép-Európa Kutatására Közleményei*, 8(1), o. 127-134.

Magyar referált folyóiratok

Kovács T. és Kő A. (2016) „Termelőüzemek energiahatékonyságának vizsgálata a képesség-érettség függvényében”, *SEFBIS Journal: Periodical of the Scientific and Educational Forum on Business Information Systems and the IFP TC8 Enterprise Information System Working Group*, (a cikket befogadták)

Kovács, T. és Kő, A. (2018) „Termelési hálózatok gyárainak összesített teljesítménymérése többváltozós döntési modellek alkalmazásával”, *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, 49(4), o. 32–43. doi: <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2018.04.04>.

Referált konferencia kiadványok

Kő Andrea, Vas Réka, Borbásné Szabó Ildikó, Kovács Tibor: Vállalati kooperáció és hálózatosodás a technológiai innováció kontextusában, In: Bacsárdi László, Bencsik Gergely, Pödör Zoltán (szerk.), OGIK'2017 Országos Gazdaságinformatikai Konferencia: Az előadások összefoglalói. 108 p., Konferencia helye, ideje: Sopron, Magyarország, 2017.11.10-2017.11.11. Győr: Alexander Alapítvány a Jövő Értelmiségéért, 2017. pp. 98-99., (ISBN:978-615-00-0464-8)

Kovács T. és Kő A. (2017) Evaluation of multiple criteria decision models based aggregate performance measures In: Bacsárdi László, Bencsik Gergely, Pödör Zoltán (szerk.) OGIK'2017 Országos Gazdaságinformatikai Konferencia: Az előadások összefoglalói. 108 p. Konferencia helye, ideje: Sopron, Magyarország, 2017.11.10-2017.11.11. Győr: Alexander Alapítvány a Jövő Értelmiségéért, 2017. p. 35.(ISBN:978-615-00-0464-8)

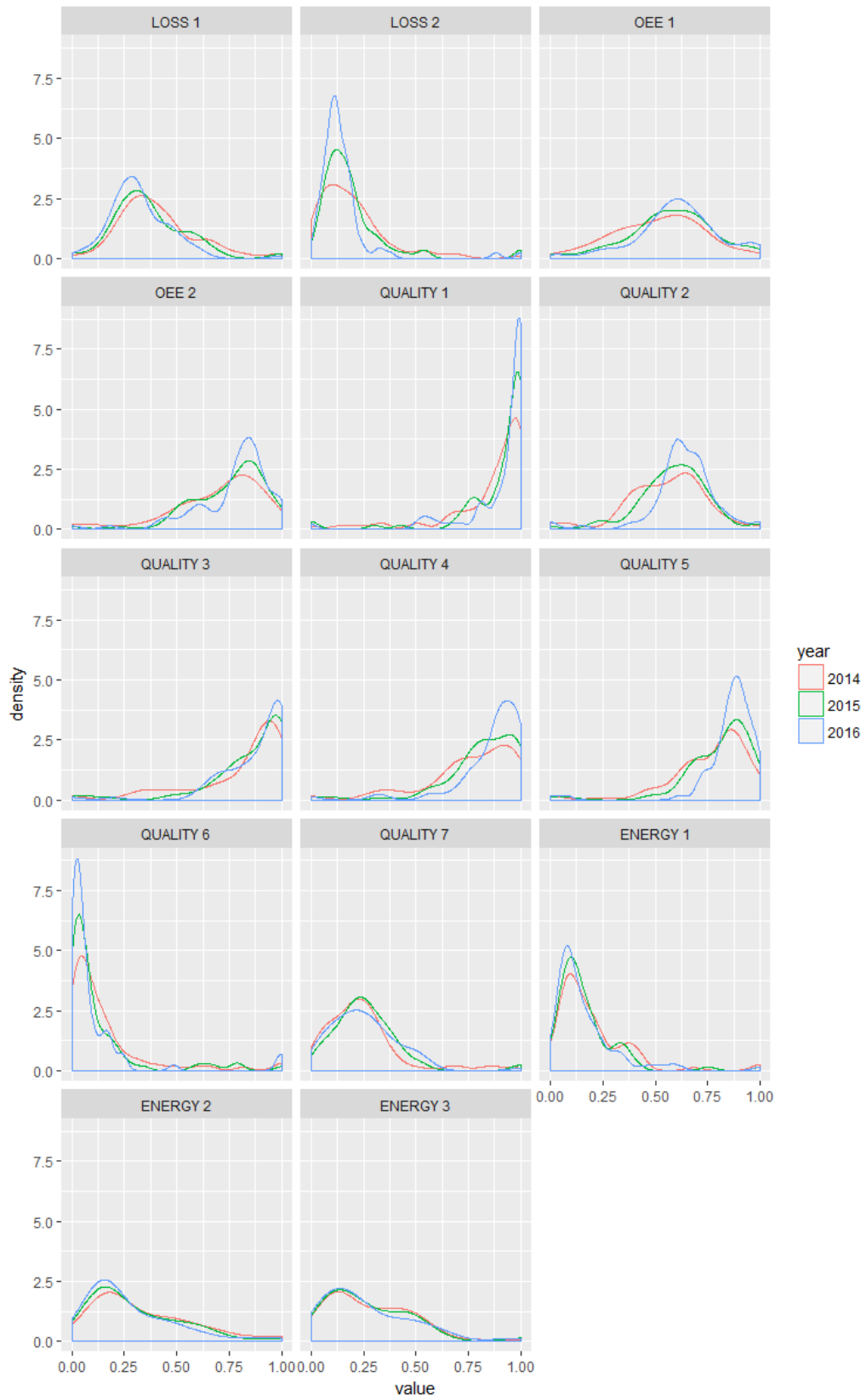
9. Függelék

Függelék 1 – Az esettanulmány képesség-érettség modellje

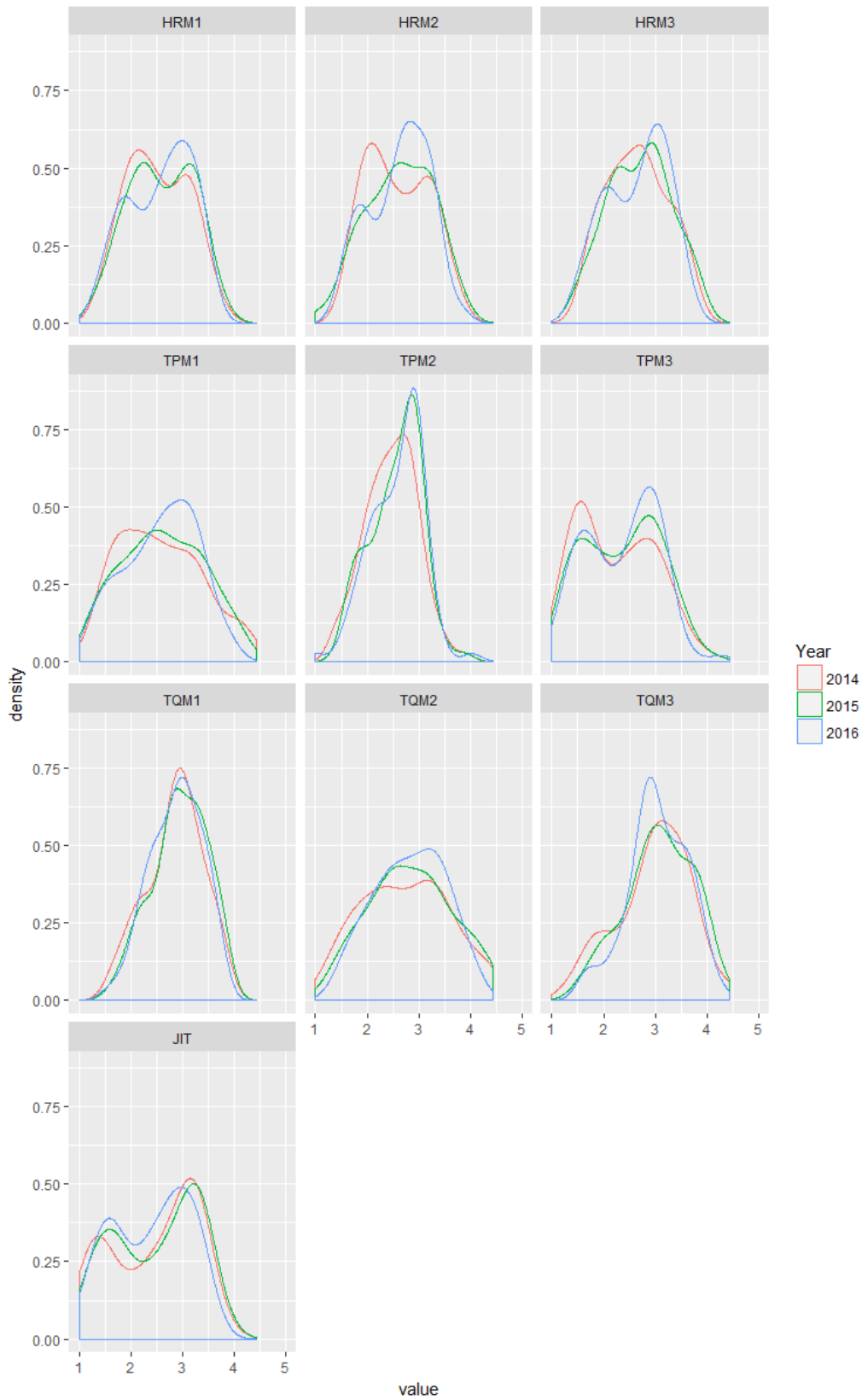
Lean bundle	Kód	Képesség-terület	Tartalom, definíció
HRM	HRM 1	Célzott fejlesztés	A célzott javító és fejlesztőintézkedések biztosítják a szervezet folyamatos fejlődését a veszteségek, a folyamatképeség és egyéb problémák elemzése és az abból adódó megoldások megvalósítása által.
	HRM 2	Csapatmunka	A csapatmunka egy olyan gyakorlatot takar, ami képessé teszi a munkatársak által alkotott csapatokat, hogy a közösen kitűzött célokat öntevékeny módon a stratégiával egyetértésben el tudják érni.
	HRM 3	Teljesítmény-irányítás	A teljesítmény-irányítás azokat a tevékenységeket fedi le, amelyek biztosítják, hogy a termelési folyamatok teljesítménye minden pillanatban ismert és a sztenderdektől való esetleges eltérés azonnali javító intézkedéseket von maga után.
JIT	JIT	Rugalmasság	A változó és komplex igények termelés által történő rugalmas és hatékony kielégítése megköveteli a munkatársak tudásának, a technológiának és a folyamatoknak felkészültségét.
TPM	TPM 1	5S	Az 5S megnevezés a japán Seiri (rendszerzés), Seiton (egyszerűsítés), Seiso (tisztítás), Seiketsu (standardizálás), Shitsuke (fenntartás) szavakból származik és a tevékenységek egyszerűsítésének, könnyebbé tételének konzisztens alkalmazását takarja.
	TPM 2	Karbantartás	A karbantartási folyamatok biztosítják, hogy a gépek és berendezések rendelkezésre állása, megbízhatósága és az általuk előállított minőség megfeleljen az elvárásoknak és ezt költséghatékonyan érjük el. Ide tartozik még a gépkezelők által

Lean bundle	Kód	Képesség-terület	Tartalom, definíció
			végzett autonóm karbantartás és a gépek esetleges cseréjének projektjei is.
	TPM 3	Autonóm Karbantartás	Az autonóm karbantartás egy olyan gyakorlat, amely által a termelés gépkezelői vállalnak közvetlen felelősséget az általuk működtetett gépekért és berendezésekért, és elvégzik azokon az alapvető karbantartási tevékenységeket, mint tisztítás, kenés, ellenőrzés és kisebb javítások.
TQM	TQM 1	Minőségbiztosítás	A minőségbiztosítás folyamatai biztosítják, hogy az előállított termékek hibamentesek, a lehető legjobb minőségűek legyenek, aminek elengedhetetlen feltétele a gyártás folyamatába integrált, a gépkezelők által végzett minőség-ellenőrzés.
	TQM 2	Környezetvédelem	A környezetvédelmi folyamatok biztosítják, hogy a tágabb értelemben vett termelés fenntartható legyen a véges erőforrások takarékos felhasználása és a különböző környezeti ártalmak feltérképezése és megakadályozása által.
	TQM 3	Munka- és egészségbiztonság	A munkakörülményeknek és munkafolyamatoknak biztonságosnak kell lenniük, hogy ne következessen be miattuk baleset vagy megbetegedés. Ezt a megfelelő képzéssel, veszélyfeltárással, a munkatársak felhatalmazásával és javítóintézkedések azonnali megvalósításával lehet elérni.

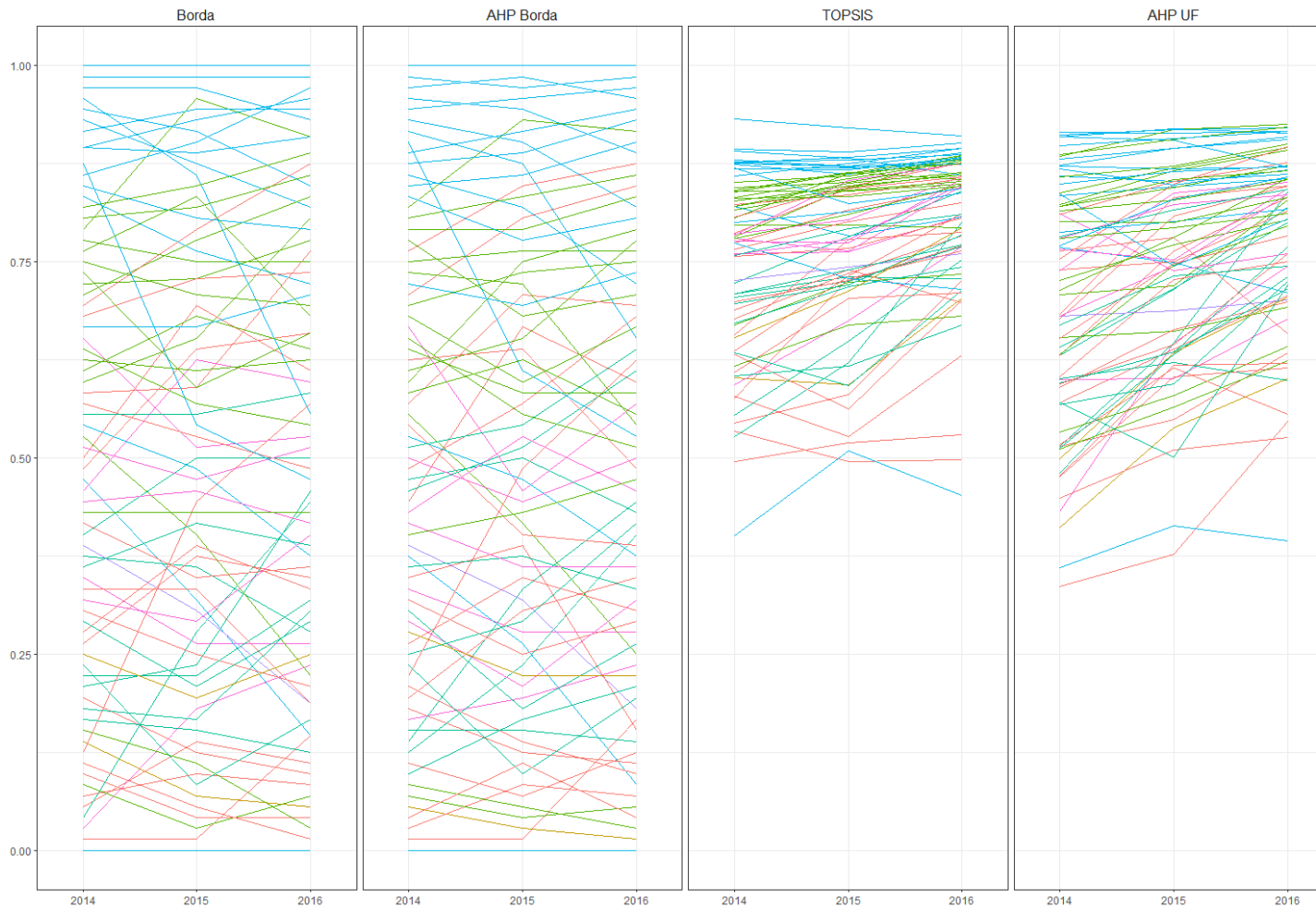
Függelék 2 – A teljesítménymutató értékek eloszlása



Függelék 3 – A képesség-érettség szintek eloszlása



Függelék 4 – A többszempontú döntési modelleken alapuló teljesítmény rangsorolási módszerek grafikus összehasonlítása
(saját szerkesztésű ábra, a vonalak az egyes gyárakat jelölik, míg színük azt, hogy melyik régióba tartoznak)



Függelék 5 – A képesség-érettség területek közötti korrelációs együtthatók

	TPM 1	TPM 2	TPM 3	HRM 1	HRM 2	HRM 3	JIT	TQM 1	TQM 2	TQM 3
TPM 1	1									
TPM 2	0.782	1								
TPM 3	0.844	0.874	1							
HRM 1	0.888	0.83	0.849	1						
HRM 2	0.908	0.849	0.853	0.921	1					
HRM 3	0.880	0.842	0.866	0.920	0.918	1				
JIT	0.759	0.775	0.827	0.811	0.792	0.828	1			
TQM 1	0.743	0.739	0.766	0.806	0.811	0.834	0.802	1		
TQM 2	0.789	0.738	0.766	0.802	0.776	0.800	0.829	0.793	1	
TQM 3	0.692	0.694	0.673	0.706	0.685	0.674	0.750	0.730	0.838	1

Függelék 6 – A teljesítménymutatók közötti korrelációs együtthatók

	QUALIT Y 1	QUALIT Y 2	QUALIT Y 3	QUALIT Y 4	QUALIT Y 5	QUALIT Y 6	QUALIT Y 7	LOSS 1	LOSS 2	ENERGY 1	ENERGY 2	ENERGY 3	OEE 1	OEE 1
QUALITY 1	1													
QUALITY 2	0.403	1												
QUALITY 3	0.592	0.338	1											
QUALITY 4	0.367	0.563	0.509	1										
QUALITY 5	0.346	0.483	0.353	0.494	1									
QUALITY 6	0.249	0.242	0.285	0.178	0.289	1								
QUALITY 7	0.388	0.49	0.574	0.548	0.435	0.212	1							
LOSS 1	0.532	0.435	0.49	0.509	0.456	0.192	0.379	1						
LOSS 2	0.179	0.316	0.211	0.399	0.239	0.231	0.252	0.331	1					
ENERGY 1	0.179	0.508	0.113	0.355	0.190	0.309	0.177	0.176	0.474	1				
ENERGY 2	0.333	0.475	0.279	0.409	0.302	0.436	0.231	0.305	0.421	0.635	1			
ENERGY 3	0.325	0.407	0.182	0.322	0.327	0.368	0.234	0.272	0.403	0.622	0.753	1		
OEE 1	0.371	0.414	0.394	0.434	0.382	0.221	0.563	0.371	0.394	0.272	0.152	0.173	1	
OEE 2	0.272	0.453	0.489	0.584	0.486	0.247	0.576	0.428	0.429	0.263	0.259	0.185	0.776	1

Függelék 7 – A PLS-SEM modell multikollinearitás vizsgálatának eredménye, a varianciainflációs tényezők (VIF) értékei

Képességterület	VIF	Teljesítménymutató	VIF
HRM 1	9,504	QUALITY 1	2,151
HRM 2	11,516	QUALITY 2	2,211
HRM 3	10,911	QUALITY 3	2,396
JIT	5,129	QUALITY 4	2,330
TPM 1	7,922	QUALITY 5	1,753
TPM 2	5,697	QUALITY 6	1,370
TPM 3	7,011	QUALITY 7	2,213
TQM 1	4,465	LOSS 1	1,858
TQM 2	5,854	LOSS 2	1,623
TQM 3	3,966	ENERGY 1	2,432
		ENERGY 2	3,168
		ENERGY 3	2,799
		OEE 1	3,266
		OEE 2	3,798