

Dr. Thalmeiner Gergő – Gáspár Bettina – Bányai Attila – Dr. Tóth Márk – Dr. Gáspár Sándor

Lean controlling modellezés fuzzy logika alkalmazásával: szintetizált megközelítés tejelő tehenészetek iparági specifikus környezetében

ÖSSZEFOGLALÁS

Ebben a tanulmányban egy olyan lean controlling modellt mutatunk be, amely kifejezetten tejelő tehenészetek működésére lett specializálva. A modell a fuzzy logika módszertanát alkalmazza, hogy rugalmasan kezelje a komplex és bizonytalan rendszerekkel kapcsolatos kihívásokat. A modell alapját három korábban végzett esettanulmány szintetizált eredményei képezik. A modell matematikai alapokra épül, és a lean menedzsmenttel kapcsolódó széleskörű teljesítménymutatókat használja, figyelembe véve a terv-tény elemzési módszertant és a szélsőséges értékek kezelését is. A tanulmány bemutatja a modell alkalmazását, annak előnyeit és korlátait, és felvázolja a modell továbbfejlesztésére vonatkozó lehetőségeket.

A tejelő tehenészetek operációs modelljeinek komplexitása, valamint az iparág sajátosságai miatt fokozott szükség van hatékony és rugalmas teljesítménymenedzsment eszközökre. A lean menedzsment megközelítése ilyen eszköztárként jelenik meg, azonban a specifikus mérési és értékelési technikák hiányában gyakran nehezen adaptálható ezekben a rendszerekben. Korábban végzett három esettanulmányunkban a tejelő tehenészetekben való lean menedzsment alkalmazását vizsgáltuk, kiemelt figyelmet fordítva a teljesítménymutatókra és azok komplex összefüggéseire. A tanulmányok során feltártunk néhány kulcsfontosságú kérdést, beleértve a standardizált normák használhatóságát, a lean teljesítmény mérésének módszertanát, valamint a hierarchikus és horizontális szinteken való értékelés kihívásait.

Jelen cikkben ezen esettanulmányok eredményeit szintetizáljuk, és létrehozunk egy modellt, mely a lean menedzsmenttel kapcsolatos döntéshozatali folyamatokat támogatja, kifejezetten a tejelő tehenészetek kontextusában. Ennek során fuzzy logikai módszert alkalmazunk, amely rugalmas eszközt biztosít a komplex és gyakran bizonytalan rendszerek modellezésére. A fuzzy logika előnye, hogy képes kezelni a pontatlanságokat és a bizonytalanságokat, amelyek számos esetben előfordulnak a gyakorlatban, például a teljesítménymutatók mérésében és értékelésében. A modellünk matematikai alapokra épül, és a lean menedzsmenttel kapcsolódó széleskörű teljesítménymutatókat használja. Ezen mutatók elemzése során a modell a terv-tény elemzési módszertant veszi figyelembe, és bizonyos feltételek mellett képes kezelni a szélsősé-

ges értékeket is. Ugyanakkor tudatában vagyunk annak, hogy a modell nem képes minden aspektust tökéletesen lefedni, ezért további kutatásokra és fejlesztésekre van szükség a modell pontosságának és hatékonyságának további növelése érdekében.

Kulcsszavak: lean controlling, fuzzy logika, teljesítményértékelés, tejelőtehenészet, matematikai modell

BEVEZETÉS

A controlling olyan vezetési funkció, amely a vállalati controlling tevékenységek irányításáért és koordinálásáért felelős. Ez a terület kulcsfontosságú szerepet játszik a vállalatirányításban, mivel biztosítja a szükséges információkhoz való hozzáférést és támogatást a döntéshozatal folyamatában. A controlling a stratégiai tervezésben való részvétele során magában foglalja a vállalati stratégia kidolgozását és a stratégiai tervek elkészítését. Segít az üzleti célok meghatározásában és a megfelelő controlling rendszerek és mutatók definiálásában, amelyek a vállalatirányítást támogatják. Fontos tevékenysége a controlling rendszer tervezése és kialakítása. Ez magában foglalja a jelentési struktúra kialakítását, a költségvetési rendszer meghatározását, valamint a teljesítménymutatók és riportok létrehozását. A megfelelően kialakított controlling rendszer lehetővé teszi a vezetők számára, hogy pontos és releváns információkat kapjanak a vállalat pénzügyi és üzleti teljesítményéről (Zéman, 2016). A controlling folyamatosan felügyeli és monitorozza a controlling rendszert és folyamatokat. Ez magában foglalja a rendszer hatékonyságának és megbízhatóságának ellenőrzését, valamint a szükséges fejlesztések és javítások bevezetését. A monitoring folyamat segítséget nyújt a vezetőknek a vállalatirányításban azzal, hogy megbízható információkhoz jutnak és időben észlelik a problémákat vagy az elmaradásokat. Az információszolgáltatás is fontos feladata, mivel a vezetőknek naprakész és releváns információkra van szükségük a pénzügyi és üzleti teljesítményről a döntéshozatalhoz. Felelős a rendszeres riportok és kimutatások elkészítéséért, valamint az elemzések és interpretációk nyújtásáért a vezetők számára. A controlling döntéstámogatást nyújt a vezetőknek. A controlling folyamatok során összegyűjtött információk és elemzések alapján segíti a vezetőket a döntések meghozatalában. Ez lehetővé teszi a vezetők számára, hogy tájékozott

döntéseket hozzanak a vállalat jövőjével, költségcsökkentési intézkedésekkel, beruházásokkal és más stratégiai kérdésekkel kapcsolatban (Berry et al. 2009).

Telesítményértékelés

A szervezet teljesítményét általában a stratégiai célok eléréséért végzett feladatok és folyamatok eredményei alapján értékeljük. A teljesítményértékelés célja, hogy a szervezeti célokat lebontsa az egységek és az egyének szintjére és lehetővé tegye ezek nyomon követését. A controlling területén a teljesítményértékelés kulcsfontosságú folyamat, amely lehetővé teszi a controlling tevékenységek hatékonyságának és hozzájárulásának értékelését a vállalati teljesítményhez (Zéman, 2020). A controlling teljesítményértékelésének alapját a teljesítménymérési rendszerek jelentik. Ezek a rendszerek a stratégiai célok értékelését szolgálják, meghatározva a kapcsolódó eredmény- és teljesítmény mutatókat, melyeket mérnek, nyomon követnek, és az előre definiált standardokkal, mérési módszerekkel és kiértékelési mechanizmusokkal értékelnek. A controlling területén fontos az adatok elemzése és értékelése, hogy az eltéréseket, trendeket és összefüggéseket azonosítsák és megértsék a controlling tevékenységek hatását a vállalati teljesítményre. Ez segíti a vezetőket a fejlesztési lehetőségek felismerésében és a szükséges javító intézkedések meghozatalában (Niven, 2008).

A teljesítményértékelés során megkülönböztethetünk „lagging” és „leading” mutatókat. A „lagging” mutatók a folyamatokról adnak visszajelzést azokkal egy időben vagy utólag, míg a „leading” mutatók a jövőre irányulnak, és előre jelezhetik a folyamatok várható teljesítményét vagy problémáit. A controlling teljesítményértékelése a szervezeti stratégiai célok megvalósításának támogatását szolgálja. A rendszer segít a szervezeti működés meghatározásában, beavatkozási pontok feltárásában és a folyamatok nyomon követésében. A teljesítménymérés során a controlling tevékenységek hatékonyságát és hozzájárulását értékeli, és ennek alapján finomhangolja a controlling tevékenységeket a további fejlődés érdekében (Fülöp, 2018).

Ipar 4.0 hatása a teljesítményértékelésre

Az Ipar 4.0, más néven „intelligens gyártás”, jelentős hatással van a teljesítményértékelésre a controlling területén. Az Ipar 4.0 egy forradalmi paradigmaváltást hozott, integrálva az új technológiákat, mint az Internet of Things (IoT), a mesterséges intelligencia (AI), a nagy adatok (big data) és a robotika a gyártási folyamatokban. Ennek következtében a vállalatok működése és irányítása jelentősen megváltozott, hatást gyakorolva a teljesítményértékelésre. Lehetővé teszi a valós idejű adatgyűjtést és elemzést a gyártási folyamatokban (Barreto et al. 2017). Az eszközök és gépek, amelyek részt vesznek a gyártásban, képesek kommunikálni egymással és adatokat gyűjteni a teljesítményükről. Ez folyamatos és megbízható adatokat biztosít a controlling menedzsment számára, lehetővé téve objektív és pontos kép kialakítását a gyártási folyamatokról, az erőforrások kihasználtságáról és a termelékenységről (Kamble et al. 2020). Az Ipar 4.0 új lehetőségeket nyit meg a teljesítményértékelési folyamatokban is. Az automatizált adatgyűjtés és az adatok elemzése segítségével a controlling menedzsment könnyebben azonosíthatja a teljesítménybeli hiányosságokat, az erőforrások pazarlását vagy az nem hatékony folyamatokat. Ez lehetővé teszi az időben történő beavatkozást és az optimali-

zált irányítást a vállalat számára. Az Ipar 4.0 által biztosított adatok alapján a controlling menedzsment pontosabb és relevánsabb mutatószámokat tud használni a teljesítményértékelés során, amelyek tükrözik a valóságot és hozzájárulnak a hatékony döntéshozatalhoz. Lehetővé teszi az adatok integrációját az üzleti folyamatokba és a stratégiai tervezésbe. A controlling menedzsment a teljesítményértékelés során az Ipar 4.0 által generált adatokra támaszkodva képes a vállalati célokhoz kapcsolódó stratégiák kidolgozására és a megfelelő erőforrások kijelölésére. Az adatok elemzése segíti a controlling menedzsmentet abban, hogy azonnal reagáljon a változásokra, optimalizálja a folyamatokat és a teljesítményt, ezzel elősegítve a vállalat versenyképességét. Az Ipar 4.0 által indukált változások átformálják a teljesítményértékelést a controlling menedzsmentben. Az automatizált adatgyűjtés és elemzés révén pontosabb és objektívebb teljesítményértékelést érhetünk el. A vállalatok képesek kiaknázni a gyártási folyamatokban rejlő lehetőségeket, optimalizálni a reagálóképességet és javítani a hatékonyságot a teljesítményértékelés alapján (Zéman - Béhm, 2019). Az adatok és információk pedig segítenek a stratégiai tervezésben és a döntéshozatalban, hozzájárulva a vállalatok versenyképességének növeléséhez (Kamble et al. 2020).

Big Data hatása a teljesítményértékelésre

A Big Data jelentős hatást gyakorol a teljesítményértékelésre, különösen a controlling területén. A vállalatok ma már hatalmas mennyiségű és változatos adatot gyűjtenek és tárolnak különböző forrásokból, mint például üzleti tranzakciók, ügyféladatok, online tevékenységek és érzékelő rendszerek. Ezek az adatok lehetővé teszik a controlling menedzsment számára, hogy pontosabb és objektívebb képet kapjanak a vállalati teljesítményéről. Az adatok mélyebb elemzése segít felfedezni a vállalati tevékenységek közötti összefüggéseket és trendeket, például az ügyfélpreferenciákat, a termelési ciklusokat és a piaci trendeket. Ezáltal a controlling menedzsment időben reagálhat a változásokra, optimalizálhatja a folyamatokat és előrejelzéseket készíthet a jövőbeli teljesítményre vonatkozóan (Vats et al. 2020). Azonban a Big Data kihívásokat is jelent a teljesítményértékelés szempontjából. Az adatok nagy mennyisége és változatossága megnehezítheti az elemzést és a releváns információk megtalálását. A controlling menedzsmentnek képesnek kell lennie az adatok strukturálására, tisztítására és értelmezésére annak érdekében, hogy célorientált eredményeket érjenek el. Ezenkívül kiemelt figyelmet kell fordítani a Big Data kezelése során az adatbiztonságra és az adatvédelemre (Barbierato et al. 2014).

A Big Data alkalmazása a mezőgazdasági és agrártudományi területeken izgalmas lehetőségeket kínál. A Big Data azon nagy mennyiségű, változatos és részletes adatokra utal, amelyeket a mezőgazdasági termelés során gyűjtenek, például növényi genetikai adatok, talajparaméterek, éghajlati adatok, traktor- és érzékelőadatok, valamint mezőgazdasági terményekkel kapcsolatos információk (Cravero - Sepúlveda, 2021). Lehetővé teszi a precíziós mezőgazdaság és a döntéstámogatás új szintjének elérését. Az adatok alapján a termelők és agronómiai szakemberek pontosabb és részletesebb információkat kapnak a talajállapotokról, a növények fejlődéséről, a kártevők és kórokozók jelenlétéről, valamint a víz- és tápanyagigényről, az állatok egészségügyi állapotáról. Ez lehetővé teszi az agrárium szereplői számára, hogy célzottabban alkalmazzák az erőforrás-

sokat, mint például a víz, a műtrágya és a növényvédő szerek, illetve takarmány felhasználást ezáltal csökkentve a költségeket és a környezeti hatásokat (Kamilaris et al. 2017). A Big Data alkalmazása a mezőgazdaságban lehetővé teszi a nagyobb skálájú adatintegrációt és adatmegosztást is. A mezőgazdasági termelők és szervezetek adataikat össze tudják kapcsolni más adatforrásokkal, például meteorológiai adatokkal, piacon elérhető árakkal vagy fogyasztói preferenciákkal, ami új lehetőségeket teremt az előrejelzések készítésére, a piaci trendek elemzésére és az üzleti döntések megalapozására. Az agrártudományban a Big Data hasznos lehetőségeket nyújt az automatizált és távérzékelési rendszerek fejlesztésében is. Az érzékelők és az IoT technológiák segítségével folyamatosan gyűjthetők az adatok a termőföldekről, az állatállományról vagy a növényekről. Az adatok elemzése révén a mezőgazdasági folyamatok automatizálhatók, optimalizálhatók és felügyelhetők, ami hatékonyabb termelést és jobb eredményeket eredményezhet (Cravero - Sepúlveda, 2021). Nemcsak a termelés hatékonyságának és fenntarthatóságának javításában játszik szerepet, hanem a mezőgazdasági kutatások előmozdításában is. Az adatok nagyobb hozzáférhetősége és felhasználhatósága lehetővé teszi a kutatók számára, hogy mélyebb összefüggéseket és trendeket fedezzenek fel a mezőgazdasági rendszerekben, ami új ismereteket és innovációkat hozhat létre az agrárium területén (Wolfert et al. 2017).

A controlling alkalmazása az agrártudományban kulcsfontosságú tényezőnek számít, amely jelentős hatással van a mezőgazdasági tevékenységek hatékonyságára és eredményességére. A controlling hozzájárul a hatékony erőforrásfelhasználáshoz az agrárium területén. A tejlő tehenészet ágazatban alkalmazott controlling rendszerek különösen fontos szerepet játszanak a hatékonyabb és eredményesebb működés elérésében. A tejlő tehenek tartása és a termelése számos kihívást jelent a gazdálkodók számára és a controlling segíthet a költségkontrollban, teljesítménymutatók nyomon követésében, egészségügyi adatok elemzésében, valamint a termelési tervezés és követés terén. A controlling lehetővé teszi a gazdálkodók számára, hogy jobban megismerjék a tehenek termelési ciklusát, az adott tejlő tehen teljesítményét és a legjobb döntéseket hozzák a takarmányozás, egészségügyi ellátás és reprodukció terén. Ezáltal növelhető a tejtermelés hatékonysága, csökkenthető a költségek és javítható a tejlő tehenek egészségi állapota és jóléte (Gáspár et al. 2020).

EREDMÉNYEK

A jelen vizsgálat során a célunk egy olyan controlling modell kialakítása volt, amely kifejezetten a tejlő tehenészetekre lett specializálva, alapvetően lean elveket követve. Az ehhez szükséges módszertani elemek összefüggéseit esettanulmányokból nyert adatok alapján elemeztük, és a modell kialakításakor főként a szakirodalomban és az esettanulmányok során feltárt módszerek előnyeire támaszkodtunk. Az integrálás során figyelembe vettük a lean menedzsmentnek a tejlő tehenészetekre történő alkalmazásából származó lehetséges hátrányokat is. A modell megfelel az öt alapvető controlling célnek: célorientáltság, szűk keresztmetszet, jövőorientáltság, költségorientáltság, és döntésorientáltság (Zéman – Tóth, 2018). A modell alkalmazásával lehetőség nyílik a lean teljesítmény értékelésére, a célok hatékonyabb elérésére és a beavatkozási pontok pontosabb definiálására. A modellben alkalmazott fuzzy logi-

ka lehetővé teszi a szubjektivitás kezelését, amely a lean fogalmi meghatározásából, illetve a lean célok definiálásának szubjektivitásából adódik. A fuzzy logika nem abszolút értékekkel, hanem elmosódottan meghatározott értékekkel operál. Ez lehetővé teszi a szubjektív inferenciális folyamatok értékelését. Az alkalmazott fuzzy logika matematikai keretet ad a szubjektív inferenciális folyamatok kezelésére. Ebben a keretben a modell paraméterei nem abszolút értékek, hanem a [0,1] intervallumon értelmezett, fuzzy halmazokhoz tartozó értékek. Az ilyen módon definiált fuzzy paraméterek lehetővé teszik a lean teljesítmény és a beavatkozási pontok precíz értékelését, amelyek segítségével a tehenészetek lean teljesítményének fejlesztése lehetővé válik.

Modell feltételei

A fuzzy logika, amelyet Lotfi A. Zadeh dolgozott ki 1965-ben, egy matematikai eszköz a bizonytalanság és a tisztázatlan fogalmak kezelésére (Zadeh, 1965). Alapját a fuzzy halmazelmélet képezi, amely lehetővé teszi a nem egyértelmű vagy homályos értékek közötti átmenetek matematikai modellezését. A fuzzy logika ezt a tulajdonságot használja a komplex rendszerek modellezésében, beleértve a tejlő tehenészetek lean controlling modelljét is. A fuzzy rendszerekben a tagsági függvények határozzák meg egy adott elem halmazba való besorolását. Ezen függvények matematikailag modellezik a nyelvi változók értékét (Zadeh, 1978). Az előterjesztett lean fuzzy koncepció azon az előfeltevésen alapul, hogy a „lean” mint jelző nem rendelkezik éles határokkal, amelyek lehetővé tennék egyértelmű kategorizációt. Példák erre a „vállalkozás A lean szintje jobb, mint B vállalkozásé” vagy „C vállalkozás lean szintje kiváló” (Bayou – Korvin, 2008). A függvények alapján tehát a halmazba tartozás, vagyis a fuzzifikáció határozható meg (Havasi – Benő, 2012). A fuzzifikációt követően a szabály-rendszer kialakítása következik, amely nyelvi változókat felhasználva végez műveleteket és hoz következtetéseket. Ennek eredményeként létrejön egy aggregátum, amely több tagfüggvényt foglal magában és a defuzzifikáció folyamatának alapvető eleme (Zadeh 1965; Havasi – Benő, 2012). Ebben a cikkben a lean index osztályozását fuzzy részhalmazként definiáljuk. Egy fuzzy-logikai modell megfogalmazásához kötelező definiálni az univerzumot (U), az (xi) elemeket U, ahol $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, és a fuzzy részhalmaza A szereplő U, ahol

$$A = \left\{ \frac{x}{\mu_A(x)} \mid x \in U \right\}$$

A fuzzy „A” részhalmaz tagsági függvényét a legtöbb esetben a következők fejezik ki:

$\mu_A: U \rightarrow [0,1]$, amely az $x \in U$ minden eleméhez hozzárendeli az x μ_A tagsági fokát az A-ban: $\mu_A(x) = \mu_x$.

A legáltalánosabban alkalmazott fuzzy-logikai műveletek a metszéspont, az egyesülés és a komplementer:

- Két homályos A és B részhalmaz metszete: $\mu_{A \cap B} = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
- Két fuzzy A és B részhalmaz egyesülése: $\mu_{A \cup B} = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
- Komplementer: $\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$ (Zadeh 1965; Bayou – Korvin, 2008)

A modellünkben három különböző standardizált normát alkalmazunk a lean teljesítményértékelés osztályozására. Ezek a normák lehetővé teszik, hogy a lean teljesítmény azonos értékek mellett is eltérő osztályozási kategóriákba kerülhessen,

ami illusztrálja a különböző standardizált normák alkalmazásának hatásait. Az általunk alkalmazott standardizált normák esetében az elsődleges kritérium, hogy nem alkalmazunk külső viszonyítási alapot. Ez a kritérium adódik a controlling aspektusból, valamint az elemzett lean controlling rendszerek vizsgálatából. A standardizált normák alkalmazása nemcsak a belső erőforrások hatékonyabb felhasználását teszi lehetővé, hanem a lean teljesítmény pontosabb értékelését is. A modellünkben az osztályozást az adott időszakra vonatkozó prediktív terv-tény elemzés viszonzszám értékei adják. Matematikai szempontból, az osztályozás az adott időszak prediktív terv-tény elemzésének viszonzszám értékeinek összehasonlítása alapján történik. Az eltérések értékelése és az eredmények osztályozása segítségével a tehenészetek képesek azonosítani a hatékonysági problémákat és a lehetséges beavatkozási pontokat. A vizsgálatok során használt standardizált normák és az adott időszakra vonatkozó prediktív terv-tény elemzés viszonzszám értékeinek alkalmazása a lean teljesítményértékelésben lehetővé teszi a tehenészetek számára, hogy hatékonyabban értékeljék a lean teljesítményt és meghatározzák a beavatkozási pontokat. Ezáltal a tehenészetek képesek növelni a termelési hatékonyságot, csökkenteni a pazarlást, és javítani a termékek és szolgáltatások minőségét.

Modell lépései

Az általunk megalkotott lean controlling konceptuális modell a tejlő tehenészetekre vonatkozóan az alábbi lépésekből épül fel:

1. lépés: A szervezeti controlling rendszer összes kulcsteljesítmény mutatója (KPI) közül azonosítanunk kell a lean eredményességet és a lean célokat befolyásoló mutatókat. Ez magában foglalja a lean metodológia alkalmazását, amely az erőforrások hatékony felhasználására, a hulladék minimalizálására és a tevékenységek sztenderdizálására törekszik.
2. lépés: A vállalkozás lean KPI mutatóit strukturáljuk egy előre definiált hierarchikus rendszerben. Ez a rendezés a teljesítményértékelési és elemzési folyamatot megkönnyíti és hatékonyabbá teszi.
3. lépés: Extrapoláljuk a KPI tényértékeit a tervértékeknek megfelelő időpontra. Az extrapoláció matematikai módszer az adatok jövőbeni trendjeinek becslésére, ami segít a lean teljesítményértékelésben és a jövőbeli célok elérésében.
4. lépés: A terv-tény elemzés alapján prediktív viszonzszámokat határozunk meg. A prediktív viszonzszámok előrejelző eszközök, amelyek lehetővé teszik a jövőbeli teljesítményértékelést és a potenciális beavatkozási pontok azonosítását.
5. lépés: Értékeljük a terv-tény elemzésből származó prediktív viszonzszámokat különböző hierarchikus szinteken.
 - 5.1. lépés: A szervezeti controlling rendszerben előre definiált határértékek mentén osztályozzuk a prediktív viszonzszámokat (1. ST, 2.ST). Ez a lépés biztosítja, hogy a tehenészetek folyamatosan ellenőrizzék és értékeljék a teljesítményt.
 - 5.2. lépés: Meghatározunk egy aggregált standard normát (3. ST). Ez lehetővé teszi a tehenészetek számára, hogy pontosan azonosítsák a teljesítményhiányosságokat és meghatározzák a beavatkozási pontokat. A lean controlling konceptuális modellünk első lépéseiben kiemelten fontos a tejlő tehenészetekre jellemző mutatók azonosítása és súlyozása.

Fejlesztett modell

1. lépés: A szervezeti controlling rendszer összes KPI-ja közül ki kell választanunk azokat a mutatókat, amelyek befolyásolják a lean eredményességet és a lean célokat. Ez a feladat alapvető fontosságú, hiszen ezek a mutatók adják a mérőszámok alapját a további analízisek során. Minden esetben szükséges a súlyértékek meghatározása. A súlyozás szubjektív, és történhet különböző releváns operatív és stratégiai vezetők bevonásával, kérdőíves és félig strukturált mélyinterjúval módszerek alkalmazásával.

2. lépés: A lean KPI-ok struktúrába rendezés, több hierarchikus szinten. A strukturálás során az aggregációs módszert is meg kell határozni, amely a modellben súlyozott átlagszámítás. Fontos megjegyezni, hogy a modellünkben a súlyértékek csak a nem aggregált KPI-okhoz szükségesek. Az aggregált mutatókhoz az értékelési szinteken felhasználhatók a lean elvek, eszközök, módszerek és folyamatok. Egy KPI értéke több felsőbb szinten lévő aggregátum számításához is felhasználható. A modellünkben az egyedi mérőpontok fontos szerepet játszanak, hiszen ezek alapján hozhatóak létre a felsőbb hierarchikus rendszerekben lévő KPI-ok aggregátumai. Figyelembe véve, hogy az egyedi mérőpontok mennyisége jelentős, és információtartalmuk viszonylag alacsony, ezeket nem értékeljük külön. A KPI struktúra alsó szintjén helyezkednek el a lean KPI-ok és az aggregált lean KPI-ok. A modell hatékony működtetése érdekében az alsó szintet több szintre is lehet bontani. Ezáltal a legalacsonyabb szinten a lean KPI-ok helyezkednek el, míg a felette lévő szint(ek) az aggregált KPI-ok halmazait alkotják. A rendszer tetején található a főrendszer, amely mindig egy aggregált csúcsmutató, jelen esetben a lean index. A különböző szinteken található mutatók értékelése a standardizált normák, függvények és határértékek figyelembevételével lehetséges. A csúcsmutató, a lean index osztályozása is ezen az alapon történik.

3. lépés: az adott KPI-k tényértékeit extrapolálni kell a tervértékeknek megfelelő időpontra. A tényérték egy adott KPI jelen időszaki kumulált értéke, melyet a tejlő tehenészet specifikus lean KPI-ok és aggregátumok kumulált értékei alapján határozunk meg. A trendszerűséget figyelembe véve a tény érték a következőképpen számítható:

$$Z_{\text{pred}} = t - \lambda a$$

$$\lambda = \frac{\sum(a - \bar{a})(t - \bar{t})}{\sum(a - \bar{a})^2}$$

Megjegyezzük, hogy ebben az extrapolációs módszerben feltételezzük a lineáris trendet, ami nem mindig állja meg a helyét a gyakorlatban. Ezért az adott KPI dinamikájának és a környezeti tényezőknél megfelelően lehet szükség bonyolultabb előrejelzési módszerek alkalmazására is. Azonban a lean controlling keretrendszerben ezt a módszert általánosan alkalmazható és egyszerűen implementálható kiindulópontnak tekintjük.

4. lépés: A terv-tény elemzés alapján prediktív viszonzszámokat kell meghatározni. A terv-tény elemzés alkalmazása lehetővé teszi a különböző mutatószámok százalékos formában történő standardizálását. A tervérték a célköltség vagy a célérték alapján határozható meg, mely a legtöbb esetben a vállalat korábbi kapacitásai, belső szervezeti adatai és iparági előrejelzések alapján határozható meg. Amennyiben a muta-

tó költséget fejez ki, a viszonyszám értékét a skála szerint az additív inverz értékkel kell osztályozni.

5. lépés: A terv-tény elemzésből származó prediktív viszonyszámokat értékeljük.

5.1. lépés: Ezen belül az 5.1. lépés a szervezeti controlling tervezési rendszerben előre definiált határértékek mentén történő osztályozását foglalja magába (1. ST, 2. ST). Az első és második standardizált norma (1. ST, 2. ST) a meghatározott terv eltérések szubjektív értékelésén alapul. A szervezet által meghatározott határértékek szerint a viszonyszámok öt osztályba sorolhatók be. Az osztályozás határértékei szubjektív választáson alapulnak, ezért fuzzy logikaként értelmezhetők. Az osztályozás határértékei szubjektív választáson alapul, ezért fuzzy logikaként értelmezhető. Az osztályozáshoz alkalmazott függvény az alábbiak szerint épül fel:

$$\sigma_j = \frac{\sum \frac{A_{ji}}{N_j} \times \xi_i}{K}$$

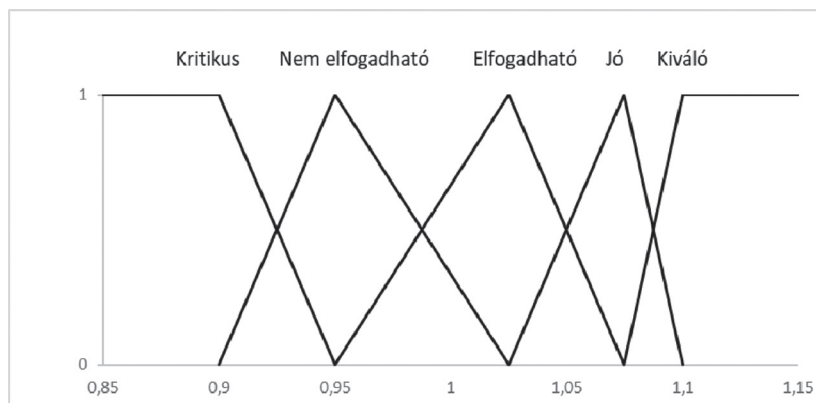
ahol, a: prediktív tényérték, n: előírányzott terv érték (1. ST); múltidőszak értéke (2. ST), j_i: A vizsgált elem sorszáma, K: KPI/Aggregált mutató vizsgált elemszáma (db), ξ_i: súly származtatott értéke

A szervezet a mutatók eredményességének értékelésére az alábbi öt osztály határozható meg.

$$T_j \begin{cases} \text{Kritikus} & \text{if } \sigma_j < -\alpha \\ \text{Nem elfogadható} & \text{if } \sigma_j \in [-\alpha; 1) \\ \text{Elfogadható} & \text{if } \sigma_j \in (1; \alpha) \\ \text{Jó} & \text{if } \sigma_j \in (\alpha; \beta] \\ \text{Kiváló} & \text{if } \sigma_j > \beta \end{cases}$$

$$T_j \begin{cases} \text{Kritikus} & \text{if } \sigma_j < 0,95 \\ \text{Nem elfogadható} & \text{if } \sigma_j \in [0,95; 1,0) \\ \text{Elfogadható} & \text{if } \sigma_j \in (1,0; 1,05) \\ \text{Jó} & \text{if } \sigma_j \in (1,05; 1,1) \\ \text{Kiváló} & \text{if } \sigma_j > 1,1 \end{cases}$$

A függvény a számítások központi eleme, mint olyan módszertan, amely lehetővé teszi a különböző KPI-ok, aggregált mutatók és a lean index értékelését és osztályozását. Az osztályozás fogalmi meghatározások, más néven nyelvi kifejezések mentén történik. Az osztályok fogalmi meghatározása során nem a skálán felvett érték a meghatározó, hanem a határértékek és a standardizált normák. A függvény határértékeit esettanulmányok eredményei alapján határoztuk meg, ugyanakkor ezek csupán közelítő értékek. A határértékek pontosabb meghatározásához



1. ábra Tagsági függvény (1ST és 2ST)

Forrás: Saját szerkesztés

figyelembe kell venni a vállalati specifikációkat és a döntéshozók szubjektív, egyedi véleményét. Például, a tejelő tehenészet specifikus KPI-ok esetében figyelembe kell venni a tejtermelés mennyiségi és minőségi mutatóit, az állategészségügyi indikátorokat, az etetési hatékonyságot és a takarmányfogyasztást, továbbá az állomány menedzsment rendszerének hatékonyságát is, amely mind az adott vállalkozástól függően változó lehet.

5.2. lépés: Aggregált teljesítményértékelő modell (3. ST)

Az aggregált standardizált norma alapján történő osztályozás különbözik az első két normától. Ez nem egy előre meghatározott terv értéken alapul, hanem az átlagos teljesítményhez való hozzájáruláson. A KPI-ok szintjén az aggregált standardizált norma csak akkor értelmezhető, ha az adott aggregált KPI-hoz tartozó KPI-ok terv-tény viszonyszámai megszorzódnak a hozzájuk tartozó súlyértékekkel. Tehát az egyes KPI-k hozzájárulása a következő módon számítható:

$$KPI_i^1 x \xi_i^1$$

A másik szint az aggregált KPI-ok szintje. Ezen a szinten az öt különböző aggregációs mutatóhoz tartozó KPI meghatározása szemlélteti a számítási módszertant. Ez a számítási módszer szükséges, mert az aggregált KPI-ok nem rendelkeznek önálló súlyértékekkel. Az alacsonyabb szintű KPI-ok súlyértékeinek és súlyozott átlagának számítását kell figyelembe venni.

$$A_i \in a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^n$$

$$B_i \in b_i^1, b_i^2, \dots, b_i^n$$

$$C_i \in c_i^1, c_i^2, \dots, c_i^n$$

$$D_i \in d_i^1, d_i^2, \dots, d_i^n$$

$$E_i \in e_i^1, e_i^2, \dots, e_i^n$$

ahol, a, b, c, d, e: adott KPI-hoz tartozó mérőpont, A, B, C, D, E: adott felsőbb hierarchikus szinten lévő aggregált KPI-hoz tartozó KPI.

A vizsgált KPI-ok eredményeinek csoportosított értékeiből átlagot kell számolni, ezáltal nem egy standard értékkel, hanem a vizsgált aggregált KPI-ok egymáshoz viszonyított helyzetével lesz összehasonlítva. A halmazok elemeinek átlaga az alábbiak szerint számolható:

$$\frac{A_1 A_2 \dots A_n}{n} \in A'$$

$$\frac{B_1 B_2 \dots B_n}{n} \in B'$$

$$\frac{C_1 C_2 \dots C_n}{n} \in C'$$

$$\frac{D_1 D_2 \dots D_n}{n} \in D'$$

$$\frac{E_1 E_2 \dots E_n}{n} \in E'$$

ahol, A', B', C', D', E': aggregált KPI

Az aggregált KPI-ok relatív sajátértékének meghatározásához szükséges a lean index értékének meghatározása. A lean index értékét az alábbi módon határozható meg.

$$\frac{A'+B'+C'+D'+E'}{n} = L$$

Az aggregált KPI-ok relatív sajátértékét az alábbiakban meghatározott módon lehet meghatározni. Ezek az értékek meghatározzák a skálán elfoglalt pozíciókat is.

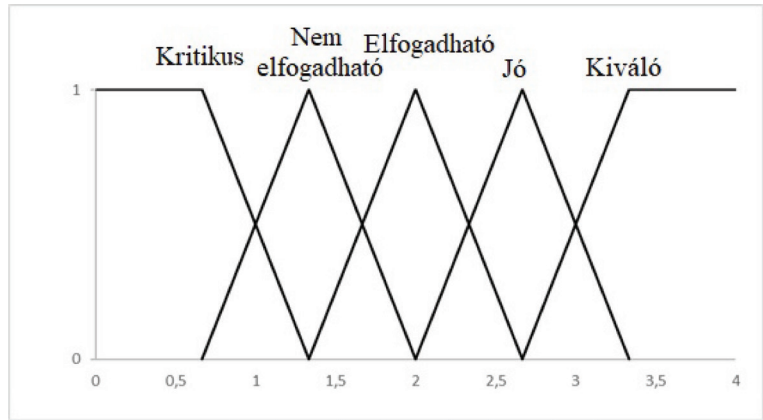
$$\begin{aligned} \frac{A'}{L} &= X_{A'} | X \in (0, \infty) \\ \frac{B'}{L} &= X_{B'} | X \in (0, \infty) \\ \frac{C'}{L} &= X_{C'} | X \in (0, \infty) \\ \frac{D'}{L} &= X_{D'} | X \in (0, \infty) \\ \frac{E'}{L} &= X_{E'} | X \in (0, \infty) \end{aligned}$$

ahol, L : a lean index

A sajátérték a vizsgált különböző halmazoknál más lehet. Így az aggregált KPI-ok átlagos teljesítményhez viszonyított helyzetét, lehet meghatározni. Ha az aggregált KPI-okat lineáris skálán helyezük el, láthatóvá válhat, hogyan helyezkednek el a csoport tagjai az átlagos teljesítményhez képest. A fuzzy logikai elmélet alapján a módszerrel kapott sajátértékek minőségi fogalmakkal, lehet meghatározni, nem pedig konkrét számokkal. Ezáltal pedig egy fuzzy logikai tagsági függvény hozható létre. Így a minőségi kategóriák, minden esetben a csoport átlagához viszonyított helyzetre utalnak. Az alábbiakban öt osztályozási kategória lett meghatározva.

$$\begin{aligned} \mu_{kritikus}(\omega_i) &= \max\left(\min\left(\frac{1-\omega_i}{\frac{2}{3}}, 1\right), 0\right) \\ \mu_{nem\ elfogadható}(\omega_i) &= \max\left(\min\left(\frac{\omega_i - \frac{2}{3}}{\frac{2}{3}}, \frac{2-\omega_i}{\frac{2}{3}}\right), 0\right) \\ \mu_{elfogadható}(\omega_i) &= \max\left(\min\left(\frac{\omega_i - 1\frac{1}{3}}{\frac{2}{3}}, \frac{2\frac{2}{3} - \omega_i}{\frac{2}{3}}\right), 0\right) \\ \mu_{jó}(\omega_i) &= \max\left(\min\left(\frac{\omega_i - 2}{\frac{2}{3}}, \frac{3\frac{1}{3} - \omega_i}{\frac{2}{3}}\right), 0\right) \\ \mu_{kiváló}(\omega_i) &= \max\left(\min\left(\frac{\omega_i - 2\frac{2}{3}}{\frac{2}{3}}, 1\right), 0\right) \end{aligned}$$

Ez a modell szisztematikusan nyújt lehetőséget a teljes tehenészetekben alkalmazott különböző aggregált KPI-ok értékelésére és osztályozására. A beavatkozási pontok - kritikus és kiváló osztályozások - azok a szintek, ahol a teljesítmény és a cél értékek felülvizsgálata és korrigálása történik. Ez a modell jelentős előnye, hiszen lehetővé teszi az adott rendszer realiztikus mérését és optimalizálását. A standardizált norma alkalmazásának hatására a beavatkozási pontok a kiváló és a kritikus osztályozású szintek, ahol a vállalat lehetőséget kap az esetleges teljesítményhiányos területek azonosítására és javítására, vala-



2. ábra Tagsági függvény (3ST)

Forrás: Saját szerkesztés

mint a kiválóan teljesítő területek további fejlesztésére. Ily módon, a modell nem csak a problémás területeket tárja fel, hanem azokat a területeket is, ahol a tehenészet túlteljesít, ami a tervezési folyamat felülvizsgálatát igényelheti. Például, ha egy adott KPI, mint a tejtermelés volumene, rendkívül magas értékeket mutat, míg a többi mutatószám normál tartományban marad, az a tervezési folyamat hibájára utalhat. Ez lehetőséget teremt a tervezési szempontok és eljárások finomítására, hogy jobban tükrözzék a valós teljesítményt és elvárásokat. A folyamatos értékelés és korrekció révén ez a modell segít a tehenészetnek abban, hogy maximalizálja a hatékonyságot és a termelékenységet, míg minimalizálja az erőforrások pazarlását.

ÖSSZEGRZÉS

A jelen kutatás keretében három esettanulmány eredményeinek felhasználásával kidolgoztunk egy általános érvényű lean controlling modellt, amely kifejezetten tejelő tehenészetek működésére van optimalizálva. A modellünk három különböző standardizált normát használ fel, amelyeket szakértői rendszerek különbözősége miatt külön, de egymás mellett szemléltetünk. A modell felépítéséhez esszenciális az adatok megfelelő strukturálása. Ezzel a struktúrával lehetőség adódik különböző hierarchikus, horizontális szintek definíciójára. A szinteken megfogalmazott mutatószámok minden esetben támogatják a lean célokat, és a lean folyamatok értékeléséhez, monitoringozásához kapcsolódnak. A különböző vállalatirányítási rendszerek jelentős alapot képeznek a mérőpontok hatékony paraméterezéséhez, valamint a dinamikus adatváltozások nyomon követéséhez. A modellben létrehozható csúcsmutató, a lean index, jelentősen eltér a szakirodalomban megfogalmazott lean indexektől. A legjelentősebb különbség a terv-tény elemzési viszonyszám formájában történő lean teljesítmény megfogalmazása, amely egy mutatószámokban özpontosul és a pénzügyi adatokon túl a kiterjedtebb és széleskörűbb KPI-ok alkalmazását is lehetővé teszi. Ugyanakkor, a modellnek vannak korlátai is. A különböző szélsőséges értékek kezelését nem kezeli hatékonyan, torzítva ezzel a tagsági függvények hatékonyságát és csökkentve a modell pontosságát. Továbbá, a modell csak fuzzy számokat definiál, így az egzakt értékek objektív értékelésére csak megközelítőleg képes. Ez összhangban van Giangiacomo (2017) kritikájával, miszerint a módszer az inferenciális folyamatok formalizálása szempontjából nem ad elég pontos választ. Továbbá a modell a költségorientáltságnak, mint alapvető controlling célnak csak részben

felel meg. Tehát a modell kiváló alapot képez a tejelő tehenészetek lean teljesítményének értékelésére, mivel a lean menedzsment eszközeinek és módszereinek alkalmazása mellett a lean célok megfogalmazását is lehetővé teszi. Ennek eredményeképpen, a modell alkalmazása a vállalkozások hatékonyságának növeléséhez és a teljesítmény optimalizálásához vezethet, mindezt belső adatok felhasználásával és a szubjektív értékelési rendszer mellett, így iparágtól és tevékenységi jellegtől függetlenül külső benchmark nélkül is alkalmazható.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

„A KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS MINISZTERIUM ÚNKP-22-4-I KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.”



IRODALMI FELDOLGOZÁS

BARBIERATO, E. – GRIBAUDO, M. – IACONO, M. (2014): Performance evaluation of NoSQL big-data applications using multi-formalism models. *Future Generation Computer Systems*, 37, 345–353. p.

BARRETO, L. – AMARAL, A. – PEREIRA, T. (2017): Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245–1252. p.

BERRY, A. J. – COAD, A. F. – HARRIS, E. P. – OTLEY, D. T. – STRINGER, C. (2009): Emerging themes in control: A review of recent literature. *The British Accounting Review*, 41(1), 2–20. p.

CRAVERO, A., – SEPÚLVEDA, S. (2021): Use and Adaptations of Machine Learning in Big Data—Applications in Real Cases in Agriculture. *Electronics*, 10(5), 552.

FÜLÖP, K. (2018): A szervezeti teljesítmény értékelése. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem.

KAMBLE, S. S. – GUNASEKARAN, A. – GHADGE, A. – RAUT, R. (2020): A performance measurement system for industry 4.0 enabled smart manufacturing system in SMMEs- A review and empirical investigation. *International Journal of Production Economics*, 107853.

KAMILARIS, A. – KARTAKOULLIS, A. – PRENAFETA-BOLDÚ, F. X. (2017): A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 23–37. p.

NIVEN, P. R. (2008): *Balanced scorecard step-by-step for government and nonprofit agencies*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc. Hoboken.

GÁSPÁR, G. – CZIKKELY, M. – THALMEINER, G. (2020): Improvement of the BSC model with KPI-tree method through a dairy farm case study. *Hungarian Agricultural Engineering*, 38, 5-14. p.

VATS, S. – SAGAR, B. B. – SINGH, K. – AHMADIAN, A. – PANSERA, B. A. (2020): Performance Evaluation of an Independent Time Optimized Infrastructure for Big Data Analytics that Maintains Symmetry. *Symmetry*, 12(8), 1274.

WOLFERT, S. – GE, L. – VERDOUW, C. – BOGAARDT, M.-J. (2017): Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. p.

ZÉMAN, Z. (2016): A kontrolling fejlődésének főbb irányzatai. *Társadalom és Gazdaság*, 2 (1) 77-92. p.

ZÉMAN, Z. (2020): Future-proof technology. Blockchain's expected impact on accounting. *Economics & working capital*, SI 91-96. p.

ZÉMAN, Z. – BÉHM, I. (2019): *Módszertan vállalkozások pénzügyi teljesítményének mérésére*. Budapest: Akadémiai Kiadó Zrt.

ZÉMAN, Z. – TÓTH, A. (2018): *Stratégiai pénzügyi controlling és menedzsment*. Budapest: Akadémiai Kiadó.

ZADEH, L. A. (1965): Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 (3) 338–353. p.

ZADEH, L. A. (1978): PRUF—a meaning representation language for natural languages. In: *International Journal of Man-Machine Studies*, 10 (4) 395-460. p.

BAYOU, M. E. – KORVIN A. (2008): Measuring the leanness of manufacturing systems—A case study of Ford Motor Company and General Motors. *J. Eng. Technol. Manage.*, 25 287–304. p.

HAVASI, I. – BENŐ, D. (2012): Hagyományos és Fuzzy nem Felügyelt osztályozás összehasonlítása vegetációs index példáján. *Tájékológiai Lapok*, 10 (1) 115–123. p.

GIANGIACOMO, G. (2017): Vagueness and formal fuzzy logic: Some criticisms. *Logic and Logical Philosophy*, 26 (4) 431–460. p.