

OPTIMÁLIS ÁR, MINŐSÉG, ÉS FEJLESZTÉSI DÖNTÉSEK¹

VÖRÖS JÓZSEF

PTE, Közgazdaságtudományi Kar

A tanulmány egy nagyon általános modellt fogalmaz meg, és így a vállalkozások igen széles körére tesz megállapításokat. A vizsgálat fókuszában a fejlesztési tevékenységek dinamikájának alakulása áll, és arra a következtetésre jut, hogy a fejlesztési, beruházási tevékenységek alakulása nem szükségszerűen csökkenő, mint ahogy számos elméleti tanulmány és empirikus vizsgálat ezt bizonyítani igyekszik. A tanulmány fontos megállapítást tesz a termékek vagy termékmodellek váltásával kapcsolatban is, mely szerint a gazdaságmatematikai modell által előre jelzett fejlesztési intenzitás növekedése annak a jele, hogy a felgyülemlett termelékesységi és minőségi tudást már át kellett volna vinni az új termékbe. Érdekesnek vélhető azon eredmény is, hogy a termelékesységi tudásból eredő haszonból át kell engedni a fogyasztóknak valamennyit. Meghatározható az árcsökkentés mértéke, mely profitnövekményt generál a vállalkozás számára.

Kulcsszavak: ár, minőség, termelékesység, stratégia, irányításelmélet.

1 Bevezetés

A növekedés tényezőinek elemzése a gazdaságtannak mindig is kedvenc területe volt, kutatók tömegét vonzza annak meghatározása, miként lehet egy vállalkozás sikeres. A piaci siker forrása a versenyképesség, mely azt jelenti, hogy a vállalkozás hatékonyabban tudja hasznosítani erőforrásait azon vállalkozásokkal szemben, akik hasonló terméket vagy szolgáltatást állítanak elő. A versenyképesség a versenyprioritásokban ölt testet, melyek közül az átfogóbb kategóriákat az ár, a promóció, a költség, a minőség, a flexibilitás, az idő képezik. Ezek közül is a költség, minőség, flexibilitás, és idő játszik kiemelt szerepet, ugyanis e versenyprioritások terén elért versenyelőny igen nehezen utánozható vagy másolható, ezért fenntartható növekedést tesz lehetővé, amennyiben a versenyprioritást a fogyasztók méltányolják, és ez megrendelésekben tükröződik vissza. Tartós versenyelőny birtoklása monopolisztikus magatartást tesz lehetővé, egészen addig, míg a versenytársak a lemaradást be nem hozzák, vagy mással nem helyettesítik.

A minőség különösen azóta kapott nagy hangsúlyt, mióta a standard termékek fontos velejárója lett. A Toyota Termelési Rendszer (sokszor nevezik kanbán rendszernek, karcsúsított termelésnek, 6 szigmának, Just-in-Time

¹Beérkezett: 2008. április 14. E-mail: voros@ktk.pte.hu. Fax: +36-72-501553.

(JIT) rendszernek, vagy éppen TQM-nek (teljes körű minőségirányításnak)) sikeres alkalmazása forradalmasított számos iparágat, és az olcsó termelés tudása nem volt a továbbiakban elegendő a standard termékek piacán, a magas minőség is ugyanolyan fontos követelménnyé vált (Pine II et al. 1993). Azon japán cégek, melyek sikeresen alkalmazták a JIT, vagy TQM elveit, dramatikus sikereket értek el a 80-as években. Kétségtelen, hogy ennek hatására mind az amerikai, mind a nyugat-európai autóipar hatalmasat fejlődött azóta, azonban ma a Toyota részesedése az amerikai személygépkocsik forgalmából 13%-ra emelkedett az 1970-ben mért 2%-kal szemben, amikor a GM részesedése 40% volt, manapság pedig 26% (Watanabe, 2007). Igen figyelemreméltó a tény, hogy a Toyota tőkekapitalizációs értéke 2007. május 10-én 186,7 milliárd dollár volt, mely meghaladja a három nagy amerikai autógyártó cég (a Ford, GM, DaimlerChrysler) együttes értékét. E mögött minden bizonnyal olyan hajtóerők állnak, miszerint a Toyota és Lexus (a Toyota cég luxus kategóriás autói) 15 éve szinte megszakítás nélkül a megbízhatóság, kezdő minőség és tartósság vonatkozásában a J. D. Powers, és más piackutató cégek szerint is, szinte mindig az első (Watanabe, 2007). A minőség túlhajszolása azonban nem mindig vezetett üzleti sikerhez, és sokan kutatták annak okát, hogy különböző TQM programok adaptálása ellenére vállalkozások miért váltak veszteséggé (Hendricks and Singhal 1997). Részben a választ abban kereshetjük, hogy sokan elfelejtették, hogy a TQM lényege (lásd a TQM kormánykereke, Krajewski, Ritzman és Malhotra, 2008) a fogyasztói megelégedettség keresése. A fogyasztók akkor megelégedettek, amikor értéket kapnak. Másként megfogalmazva, amikor minőségi termékhez a lehető legalacsonyabb áron jutnak.

Sajnálatosan, a terminológiai zűrzavar ugyanakkor meglehetősen erős a minőség fogalma körül. Mind a populáris, mind a tudományos gazdaságtan a minőséget konform minőségnek definiálja a leggyakrabban. E szerint a minőség tervezésének célja olyan folyamat kifejlesztése, mely megvalósítja a kitűzött minőségi célokat bizonyos működési feltételek fennállása esetén (Deming híres 14 pontja, 1982). A JIT éppen ennek a nézetnek a valóra váltása, hiszen a JIT végső célja, egy olcsó, problémamentes, kiegyensúlyozott, gyors, azaz magas minőségű folyamat létrehozása. Ez a megközelítés számos tudományos kutatót inspirált, melyek közül elsőként említjük Fine (1986, 1988) és Fine és Porteus (1989) munkáit, akik a folyamatfejlesztést modellezik, de meg kell jegyezni, hogy Fine már világosan különbséget tesz design minőség és folyamatminőség között. Fine design minőség alatt a termék főbb vonásait, stílusát, tulajdonságainak összességét érti.

Crosby (1979), a nagy minőség guru kijelentése pedig, miszerint a minőség ingyen van, tovább növelte a gondokat, mely jól tükröződik a kutatók és gazdaságmodellezők munkáiban. Sok gondolatsorban azt találjuk, hogy a minőséggel kapcsolatos tanulás csökkenti a konform minőség javításából eredő költségeket, és ezért az optimális minőség hosszabb távon növekedni fog a folyamatos tanulás miatt. A javulás bekövetkezhet indukált és autonóm tanulási folyamat által. Dorroh és társai (1994) olyan modellt dolgoztak ki, mely meghatározza az erőforrások nagyságát, melyeket a megszerzendő

tudásra kell fordítani, de ők még nem foglalkoztak az autonóm tudással, mely egyszerűen a termelési tevékenység folytatása során adódik, minden további erőfeszítés és investíció nélkül. Analízisük fontos eredménye volt, hogy a tudás megszerzés intenzitását különösen a tervezési időszak elején kell növelni, az intenzitás pedig az idő folyamán csökkenni fog. Egy gazdagabb modellstruktúrával Li és Rajagopalan (1998) vizsgálata is arra jut, hogy a fejlesztési, beruházási tevékenységeknek csökkenőnek kell lenni az idő folyamán. Ezzel ellentétben Carillo és Gaimon's (2000) azt állítják, hogy léteznek olyan feltételek, amikor beruházási, fejlesztési tevékenységek növekvők lehetnek időben, viszont modellstruktúrájuk megnehezíti az összehasonlítást. Modelljükben a jövedelem növekedésének forrása a kapacitásokból és a tudásból ered, és a keresletet nem befolyásolja a termék minősége.

Másik oldalról viszont, a gazdaságmodellezők, akik az ár és minőség problémájával foglalkoznak, a minőséget a termék pozicionálásaként fogják fel, és a termék minőségét az attribútumait leíró vektor határozza meg (Karmarkar és Pitbladdo 1997). Ezzel a hangsúly az ellátó oldalról áttevődik a keresleti oldalra, ahol a minőséget a fogyasztó határozza meg. E szerint a minőség a terméknek vagy szolgáltatásnak az a képessége, hogy az mennyire elégti ki, vagy múlja felül a fogyasztó elvárásait (Stevenson 2005). (Ezt a minőség megközelítést nagyon gyakran tekintik teljesítmény centrikus megközelítésnek.) Ebből logikusan következik, hogy a minőség a keresletet befolyásolja, és a keresleti görbében változást hoz a minőség megváltozása. Karmarkar és Pitbladdo (1997) modelljükben mindkét minőség megközelítést alkalmazzák, és az analízist mind tökéletes verseny, mind oligopolisztikus piaci körülményekre elvégzik.

Feltétlenül meg kell említeni Bayus (1995)-ös munkáját, ahol összefüggést találunk a kutatásra és fejlesztésre szánt összeg, és a termék minősége között, továbbá hitet tesz amellelt, hogy a terméket és folyamatot innováló tevékenységek függetlenek egymástól. Ugyanakkor már Gaimon (1988a) úttörőnek tekinthető munkájában összefüggésbe hozza az új technológiai eredmények hatását és a termék minőségét. Modellje egy lineáris és dinamikus megközelítés, melyben a kereslet mind az ártól, mind a minőségtől függ.

E tanulmány egy új modellt ad közre, mely vélhetően tovább szaporítja az értéktermelés két legfontosabb ágának, a termelésnek és marketingnek kölcsönös kérdéseivel foglalkozó irodalmat. A területet gyakran nevezik operations-marketing interfésznek (Gaimon 1996), hiszen a megválaszolendő kérdések egyik fele a marketing (pl. ár) birodalmába tartozik, a másik része pedig a termelésé (pl. költség, fejlesztés). Modellünk megkülönböztető jegye abban van, hogy mind a keresleti, mind az ellátási oldalt egyszerre kezeli, és párhuzamosan keresi az optimális költség, minőség, kereslet, és fejlesztési tevékenységek szintjét, melyek a vállalkozás profitját maximalizálják. A tanulmány egyik legfontosabb eredménye, hogy a fejlesztési, beruházási tevékenységek kvázikonvexek, mely tény jelentősen módosítja eddigi ismereteinket a beruházási tevékenységek dinamikájával kapcsolatban. A beruházási tevékenységek dinamikája következtetések levonását teszi lehetővé a termék életciklusával kapcsolatban is, továbbá a tanulmány választ keres arra, hogy a

minőség fejlesztése mikor vezethet eredménytelenséghez.

A következő fejezet a modellt mutatja be, a 3.§ az analízist adja, a 4.§ a következtetéseket foglalja össze.

2 A modell

E fejezetben egy modellt fejlesztünk ki, mely a lehető legáltalánosabban igyekszik megfogalmazni a legelemibb összefüggéseket a kereslet, az ár, a költség, a minőség, a beruházások, a fejlődés és növekedés között. A modellezendő vállalkozásról azt tételezzük fel, hogy sikeres a stratégia megfogalmazásában és megvalósításában. Termékének vagy szolgáltatásának olyan egyedi tulajdonságai vannak, melyeket a versenytársak nem képesek követni, ezért monopolisztikus magatartása lehet a piacon. Következésképpen bizonyos fokú szabadsága van az ár meghatározásában, a kereslet az ár függvénye lesz, és a közgazdaságtanban általánosan elfogadott elv szerint a kereslet az árnak csökkenő függvénye. Ugyanakkor a kereslet nem csak az ártól függ, hanem a termék minőségétől is. Feltételezhető, hogy rögzített ár mellett, a kereslet a minőség növekvő függvénye. Minőség alatt e helyen teljesítmény minőséget értünk, azt tételezzük fel, hogy azonos ár mellett a vevő a jobb minőségű terméket preferálja, és azt vásárolja meg. Egy adott időpontban a kereslet nagyságát kifejező változónk formája így egy $D(p(t), u(t), t)$ függvény lehet, ahol a $p(t)$ a termék ára a t -edik időpontban, $u(t)$ a termék minősége a t -edik időpontban, ugyanakkor — a két változót rögzítve — a kereslet időben is változhat. Így lehetővé válik konjunkturális hatások érvényesítése, vagy azon jelenség figyelembe vétele, hogy egyre több és több versenytárs léphet be a piacra, és a verseny növekedésének hatására a kereslet egyre csökken, ha nem fejlesztjük a minőséget. Vagyis, $\partial D/\partial t = D_t < 0$, továbbá miként a legtöbb ármenedzsmenttel foglalkozó könyv (például Dolan and Simon 1996, Hirshleifer 1984) feltételezi, $D_p < 0$. Ugyancsak feltételezzük, hogy $D(p, 0, t) = 0$ és $D(p, u, t) > 0$ amikor $u > 0$.

A termék minőségével kapcsolatban azt tételezzük fel, hogy az két minőségfaktornak az eredője: az egyik a stratégiai minőség tudás, mely fejlesztéssel és beruházással gyarapítható, és azért stratégiai, mert a piacon nem szerezhető be. A másik minőségfaktor a nem stratégiai elem, mely a piacról beszerezhető, a termékbe viszonylag könnyen beépíthető. A Toyota hibrid autóját, a Priust tekintve például a Toyota egyedül rendelkezik több mint tíz éves termelési tapasztalattal, és értelemszerűen ezt a tudást soha nem adja el a piacon, nem szerezhető be mások által, következésképpen a hibrid faktor stratégiai minőségilem. Amikor a Priust bővíttük, akkor nem stratégiai minőségfaktort adtunk meg az autó teljesítményét. Az tételezhető fel tehát, hogy $u(t) = z(t)h_1 + w(t)h_2$, ahol a h_1 és h_2 pozitív súlyok, továbbá z a stratégiai minőségfaktor, a w pedig a nem stratégiai minőségfaktor. Collis és Montgomery (1995) szerint a fizikai egyediség (például egy kivételes hely), a gazdasági erőfölény (például döntő piaci részesedés) mellett a fejlesztési út az egyik legerősebb stratégiai fegyver. A hosszú évek

során kifejlesztett minőségi tudás ezért stratégiai erő.

Hasonlóképpen stratégiai erő a termelékenységi tudás. A legkiválóbb termelékenységi tudást sem lehet megvenni a piacról, amit már meg lehet venni, az nem élvonalbeli. A termelékenységi tudás a minőségi tudáshoz hasonlóan fejlesztés és beruházás eredménye, és azt tételezzük fel, hogy a minőségfejlesztés hatással lehet a termelékenységre, és az összefüggés fordított is lehet. A termelékenységi tudás növelésére fordított erőfeszítések a minőséget is növelhetik. A McDonald's konyhájában a gépesítés és automatizálás elsődleges célja a konzisztens minőség elérése, annak megvalósítása, hogy az élők munkája teljesítménye ne befolyásolja a termék minőségét. Ennek kellemes mellékterméke az élők munkája termelékenységének növekedése, de egyáltalán nem biztos, hogy a hamburgereket nem lehetne olcsóbban termelni. Hasonlóképpen a JIT lényege a rendkívül termelékeny, problémamentes termelés, melynek elérése kikényszeríti a magas minőségű termék előállítását. Ezek alapján tehát az alábbi tételvezhetjük fel:

$$\begin{aligned}\dot{q}(t) &= a_1 y(t) + a_2 x(t) \\ \dot{z}(t) &= b_1 y(t) + b_2 x(t),\end{aligned}$$

ahol $y(t)$ a termelési folyamat fejlesztésére szánt erőfeszítések mértékét jelenti, $x(t)$ pedig a teljesítményminőség fejlesztésére szánt erőfeszítések mértékét jelöli a t -edik időpontban. (Mértékegységként használni lehet a fejlesztésre szánt munkaórák mennyiségét, vagy hogy a munkaerő állomány teljes idejéből milyen arányt fordítunk fejlesztésre.) A fejlesztésekre szánt erőfeszítések költségét az $f(y)$, illetve a $g(x)$ függvények mérik a t -edik időpontban. Ezekről feltesszük, hogy növekvők és konvexek, azaz $f_y > 0$, $g_x > 0$, $f_{yy} > 0$, illetve $g_{xx} > 0$, ahol a jelölések a függvények változók szerinti első, illetve második deriváltjait jelölik.

Modellünk nem veszi figyelembe az autonóm tanulás lehetőségét. Ennek elsődleges oka, hogy a mondanivaló szempontjából túlságosan bonyolulttá teszi a modellt, és ezért nem segíti elő mondanivalónk explicitté tételét. Az autonóm tanulás hatásának vizsgálatát elvégzi a szerzőnek egy korábbi tanulmánya, melyet az érdeklődők figyelmébe ajánlhatok (Vörös, 2006).

A felhalmozott termelékenységi és minőségi tudást hasznosítani lehet a tervhorizont lejárta után. A vállalkozás vagy eladja ezt a stratégiai tudást, vagy átvihető a következő termékgenerációba, ahol újra hasznosíthatja. A felgyülemlett termelékenységi és minőségi tudásnak piaci értéke van tehát, melyet P_1 , illetve P_2 áron értékesíthetünk egységenként a tervezési időszak lejárta után, mely egyébként T időegységnyi. Az alábbi modellt fogalmazzuk meg tehát:

$$\begin{aligned}\max_{p(t), w(t), y(t), x(t)} \int_0^T e^{-rt} [(p - c(q, z, w))D(p, u, t) - f(y) - g(x)] dt + \\ + P_1 q(T)e^{-rT} + P_2 z(T)e^{-rT}\end{aligned} \quad (1a)$$

amikor,

$$\dot{q}(t) = a_1 y(t) + a_2 x(t) \quad (1b)$$

$$\dot{z}(t) = b_1 y(t) + b_2 x(t) \quad (1c)$$

$$q(0) = q_0, \quad z(0) = z_0, \quad p(t), w(t), y(t), x(t) \geq 0. \quad (1d)$$

ahol

T = a tervhorizont hossza, $T \in (0, \infty)$

t = időváltozó, $t \in [0, T]$,

$p(t)$ = egy termék eladási ára a t -edik időpontban, döntési változó,

$z(t)$ = a felhalmozott minőségi tudás a t -dik időpontban, állapotváltozó z_0 kezdőértékkel,

$w(t)$ = az alkalmazott nem stratégiai minőségszint a t -edik időpontban, döntési változó,

$u(t)$ = teljesítmény minőségszint a t -edik időpontban, mely két tényezőből áll: $u = zh_1 + wh_2$, ahol h_1 és h_2 pozitív paraméterek,

$q(t)$ = a felhalmozott termelékenységi tudás a t -edik időpontban, állapotváltozó, q_0 kezdőértékkel,

$y(t)$ = folyamatfejlesztési erőfeszítések mértéke a t -edik periódusban, döntési változó,

$x(t)$ = teljesítményminőség fejlesztésével kapcsolatos erőfeszítések mértéke a t -edik periódusban, döntési változó,

$f(y)$ és $g(x)$ = a fejlesztési tevékenységek költsége a t -edik időpontban,

$c(q, z, w)$ = egységnyi változó költség a t -edik időpontban,

$D(p, u, t)$ = kereslet és termelés volumene a t -edik időpontban, amikor az ár p , a minőség szintje pedig u ,

P_1 = egységnyi megmentett termelékenységi tudás értéke a tervhorizont végén,

P_2 = egységnyi megmentett minőségi tudás értéke a tervhorizont végén,

r = konstans diszkont ráta, továbbá

a és b adott paraméterek.

1. táblázat. A jelölések listája

Mint már említettük, a fajlagos termelési változó költségek és a minőség kapcsolatáról eléggé eltérő nézeteket találhatunk az irodalomban, melyek eredője részben Crosby (1979) elhíresült kijelentéséből ered, miszerint a minőség ingyen van ('quality is free'). Léteznek tanulmányok, ahol az egységnyi változó költség a minőségnek csökkenő, és máshol növekvő függvénye. (lásd Kouvelis and Mukhopadhyay 1995, Teng and Thompson 1996, Kouvelis and Mukhopadhyay 1999). E tanulmányban alkalmazott minőségkonceptió segíti az ellentmondás feloldását annyiban, hogy c -ről tételezzük: a nem stratégiai minőségváltozó növekvő függvénye, azaz $c_w > 0$, mi több konvex függvénye, tehát $c_{ww} > 0$. Ennek alapja azzal függ össze, hogy igen nehéz lenne megmagyarázni, egy bőrüléssel Prius miért kerülne kevesebbe, mint a szövetüléssel. Az előbbi természetesen magasabb minőséget jelent a legtöbb fogyasztó megítélésében. A fajlagos változó költség és z viszonyát viszont nem korlátozzuk, esetleg valóban lehet csökkenő a változó költség, miközben a felhalmozott minőségi tudás növekszik. Ehhez tekintsük például a bank automaták esetét. Amikor egy bank a város frekvenciált helyeit teletűzdeli bank automatákkal, a banki szolgáltatások minősége növekszik, a fajlagos változó költségek viszont csökkennek, mert olcsóbb az automatát üzemeltetni, mint a banki alkalmazottakat megfizetni. A forgalmas helyek megszerzése, az automaták üzembe helyezése, a mögötte meghúzódó információs rendszer kifejlesztése viszont komoly beruházást igényel. Ekkor az f és g függvények értéke növekszik, a c viszont csökken. A z értéke kifejezheti például az ezer lakosra jutó ATM-ek számát, a w pedig jelentheti az ATM-ek státuszát ellenőrző szervizelési szintet. Mivel a két minőségfaktor között átjárás, helyettesítés létezik az $u = zh_1 + wh_2$ meghatározás által, ésszerű azt feltételezni, hogy $c_z < c_w h_1/h_2$. Ez

a feltétel azt jelenti, hogy a stratégiai minőségelem növekedésének marginális költségghatása kisebb, mint a nem stratégiai minőségelem növekedésének (korrigált) marginális költségghatása. A feltételezés ésszerűsége azzal magyarázható, hogy z növekedéséhez még beruházásra van szükség, és ha már a stratégiai minőségelem növekedésének marginális költségnövekménye eleve nagyobb lenne a nem stratégiai minőségelem növekedésének marginális költségnövekményénél, a minőségstudásba történő beruházásnak semmi értelme nem lenne.

A feltételezésből az is következik, hogy $c_z/D_u h_1 < c_w/D_u h_2$, vagyis, ha ez nem lenne igaz, akkor a stratégiai minőségstudásba történő beruházásnak nincs értelme, hiszen azt a nem stratégiai minőségelemekkel helyettesíteni lehetne hatékonyabb módon. Legyen $\bar{c}_w = c_w h_1/h_2$, és a későbbiekben ezért feltesszük, hogy $c_z - \bar{c}_w < 0$. Mivel a növekvő termelékenységi tudás csökkenti a termelési költségeket, ezért feltehetjük, hogy $c_q < 0$. A termelékenységi tudásba azért történik beruházás, hogy a fajlagos termelési változó költségek csökkenjenek, és ezt a feltételezést számos tanulmány logikusan hasznosítja (lásd például Fine 1986, Bayus 1995, Teng és Thompson 1996, Chand et al. 1996, Li és Rajagopalan 1998, Carillo és Gaimon 2000). A termelékenységi tudás növekedése ugyanakkor nem csak céltudatos beruházásokon keresztül érhető el, a tanulási effektus a közgazdaságtanban jól ismert. A „gyakorlat teszi a mestert” megfigyelésnek valós tartalma van, és a modellezők is gyakran figyelembe veszik ezt az úgynevezett autonóm tanulási effektust. A legtöbb modellben az autonóm tanulás hatását a kumulatív termelési szinttel arányosítják, lásd például Bayus (1995), Li és Rajagopalan (1998) tanulmányait, és általában az összefüggés lineáris. Amennyiben mi is figyelembe szeretnénk venni az autonóm tanulás hatását, akkor az (1b) feltételt helyettesíthetnénk például a $\dot{q}(t) = a_1 y(t) + a_2 x(t) + a_3 D_t$ feltétellel, vagyis egy időpontban a termelékenységi tudás nem csak a szándékos, indukált fejlesztés által nőne, hanem minden befektetés nélkül, a termelés volumenétől is. A tanulmány fókuszát azonban nem befolyásolja, ha az autonóm tudástól most eltekintünk, viszont eredményeink tisztábbak lesznek (mint fentebb említettük, az érdeklődő olvasó az autonóm tanulás hatását figyelemmel kísérheti a Vörös, 2006 tanulmányban).

Ugyanakkor számos valós eset leírásából, lásd például Plus Development Corporation (Langowitz 1989), vagy Motorola (Gill and Wheelwright 1992), egyértelműen látható, hogy a termelékenységi tudás fejlesztése hat a minőségre, és a minőség tudás fejlesztése hatással van a termelékenységi tudásra, mint fentebb is kifejtettük példák illusztrálásával. Az (1b-c) összefüggések relevanciáját éppen ezek a tények magyarázzák (a feltételekben $dq/dt = \dot{q}(t)$). Megjegyezzük azt is, hogy modellünk nem tartalmaz korlátozást az x , y és a D változókra, vagyis termelési kapacitásaink nem korlátosak. Chand et al. 1996 modellje tartalmaz korlátokat a fejlesztési változókra, ugyanakkor a modell nem tartalmazza a teljesítmény minőség koncepciót, továbbá a felhalmozott tudás megmentett értékét, melyek döntően befolyásolják a közreadandó analízis eredményét.

Az (1) alatt megfogalmazott modell az r rátával diszkontált nettó je-

lenértéket maximalizálja a $[0, T]$ időhorizont felett, melynek végén a felhalmozott tudást értékesíteni lehet. Döntési változóink az ár $(p(t))$, a stratégiai képességeket befolyásoló beruházások nagysága $(x(t), y(t))$, továbbá a nem stratégiai minőségszint $(w(t))$.

3 A modell analízise

Az (1)-es feladat H Hamilton-függvénye az alábbi módon írható fel:

$$H(p, w, x, y, q, z, \lambda_1, \lambda_2) = (p - c(q, z, w))D(p, u, t) - f(y) - g(x) + \lambda_1(a_1y + a_2x) + \lambda_2(b_1y + b_2x), \quad (2)$$

ahol a λ_1 és λ_2 a jelenértékű csatlakozási (current value adjoint) változók. Ekkor az optimum szükséges feltételei Kamien and Schwartz (1991) alapján az alábbi módon írhatók fel:

$$\frac{\partial H}{\partial p} = D(p, u, t) + (p - c(q, z, w))D_p = 0, \quad (3a)$$

$$\frac{\partial H}{\partial w} = -c_w D(p, u, t) + (p - c(q, z, w))D_w h_2 = 0, \quad (3b)$$

$$\frac{\partial H}{\partial y} = -f_y + \lambda_1 a_1 + \lambda_2 b_1 = 0, \quad (3c)$$

$$\frac{\partial H}{\partial x} = -g_x + \lambda_1 a_2 + \lambda_2 b_2 = 0, \quad (3d)$$

$$\frac{\partial H}{\partial q} = -c_q D(p, u, t) = -\dot{\lambda}_1 + r\lambda_1, \quad (3e)$$

$$\frac{\partial H}{\partial z} = -c_z D(p, u, t) + (p - c(q, z, w))D_z h_1 = -\dot{\lambda}_2 + r\lambda_2. \quad (3f)$$

Az áthúzó feltételek pedig az alábbiak: $\lambda_1(T) = P_1$, $q(0) = q_0$, $\lambda_2(T) = P_2$, $z(0) = z_0$. Helyettesítve a $(p - c(q, z, w))$ kifejezést (3b)-ben és (3f)-ben, azt kapjuk, hogy

$$-c_w D/D_u h_2 = D/D_p \quad (4a)$$

$$-c_z D/D_u h_1 = (-\dot{\lambda}_2 + r\lambda_2)/D_u h_1 + D/D_p. \quad (4b)$$

Továbbá, D/D_p -t helyettesítve (4b)-ben és (4a)-ban

$$\dot{\lambda}_2 = D(c_z - \bar{c}_w) + r\lambda_2,$$

ahol $\bar{c}_w = c_w h_1/h_2$.

Következésképpen, a szükséges feltételek az alábbi módon összegezhetők:

$$D(p, u, t) + (p - c(q, z, w))D_p = 0 \quad (5a)$$

(vagy másként: $p = c(q, z, w) - D/D_p$)

$$-c_w = D_u h_2/D_p \quad (5b)$$

$$f_y = \lambda_1 a_1 + \lambda_2 b_1 \quad (5c)$$

$$g_x = \lambda_1 a_2 + \lambda_2 b_2 \quad (5d)$$

$$\dot{\lambda}_1 = c_q D(p, u, t) + r \lambda_1 \quad (5e)$$

$$\dot{\lambda}_2 = (c_z - \bar{c}_w) D(p, u, t) + r \lambda_2. \quad (5f)$$

Az áthúzódo feltételek pedig: $\lambda_1(T) = P_1$ és $\lambda_2(T) = P_2$.

1. állítás. *A nem diszkontált esetben, azaz amikor $r = 0$, az optimális folyamat és minőségfejlesztési erőfeszítések csökkennek időben. Diszkontált esetben azonban, amikor $r > 0$, létezhetnek olyan időintervallumok, amikor e változók növekvők idő szerint. Továbbá, amennyiben a fejlesztési tevékenységek növelésének hatása a marginális változó költségekre (a $-c_q D$ és a $-(c_z - \bar{c}_w) D$) időben csökkenő, akkor a fejlesztési erőfeszítések dinamikáját kvázi-konvex függvények írják le, azaz a fejlesztési erőfeszítések lehetnek*

- csökkenők,
- csökkenők, majd növekvők,
- vagy végig növekvők.

Amennyiben a fejlesztési erőfeszítések növekvők (csökkenők) a T időpontban, az időhorizont kiterjesztése a fejlesztési erőfeszítéseket a t -edik időpontban csökkenti (növeli).

Az állításhalmaz bizonyítását az *A függelék* tartalmazza. A fejlesztési tevékenységek idő szerinti csökkenését az irodalom általában azzal magyarázza, hogy ésszerűbb a tervezési időszak elején befektetni, hiszen akkor ennek gyümölcseit hosszú ideig élvezni lehet, és a tervidőszak vége felé már nincs elég idő a hasznosulásra. Eredményeink azonban azt mutatják, hogy a fejlesztési erőfeszítések mennyiségének változása egyrészt a jelen időszakra gyakorolt hatástól, másrészt azok jövőbeni hasznosulásától függ (lásd a csatlakozási változók deriváltjának kompozícióját). Amikor a befektetések jelenlegi hatása magas, a tudásba történő investíció csökkenő tendenciát mutat idő szerint, amikor viszont a jövőbeni hasznosulás viszonylag magas, növekvő beruházási ütem javasolható. A legfontosabb konklúzió tehát az, hogy a jelenben elvégzett beruházási tevékenységekre lényeges hatással bír azok jövőben remélt hasznossága, és a magas tőkeköltségek a beruházásokat visszafoghatják, azokat a hasznosulás időpontjához igazítják. A jövőbeni hasznosulás mértékét két tényező adja: az akkumulálódott tudáshalmaz hasznosíthatóságának mértéke a tervidőszak végén, továbbá a tervidőszak végéig a költségcsökkenésből eredő haszon. Különösen az utóbbi összefüggés ad érdekes betekintést arra vonatkozóan, hogy a fejlesztési tevékenységek dinamikáját mi mozgatja. A felgyülemlett tudás hasznosulása új termékgenerációk kifejlesztésében, vagy a kedvező konjunkcióra várható bekövetkezése a tudás egységárát felfelé hajtja, mert értelmessé teszi a tervidőszak vége felé történő intenzív fejlesztést. A fejlesztési tevékenység dinamikájának e tulajdonsága ellentmond számos irodalmi eredménynek, bár Carillo és Gaimon (2000) már korábban felhívta a figyelmet arra, hogy ez lehetséges kimenet. Azonban ismeretesek empirikus kutatási eredmények is (Ittner et al., 2001), melyek támogatják azon modellek

eredményét, melyek szerint a fejlesztési tevékenységek idő szerinti dinamikája csak csökkenő lehet (lásd Fine 1986, Chand et al. 1996, Li és Rajagopalan 1998).

Eme új eredménynek van további érdekes következménye. Mint a levezetésekől ez látható, amennyiben a fejlesztési tevékenységek növekszenek a T időpontban, az időhorizont kiterjesztése csökkenti a t -edik időpontban a fejlesztési erőfeszítések ütemét. Ez kisebb gazdasági eredmény elérését vonja maga után, ezért a vezetés számára figyelmeztető jel lehet, amikor olyan stádiumba érkezünk, hogy a fejlesztési tevékenységek üteme növekedni indul. Az időhorizont csökkentésével ilyenkor a t -edik periódusban a fejlesztés intenzitása növekedni kezd, mely erősebb vállalkozást hoz létre, hiszen a termelékenységi és minőségi tudás növekszik. Amikor a fejlesztési erőfeszítések csökkenőek, az időhorizont kiterjesztése tovább hasznosítja a felgyülemlett tudást. Ha megtaláljuk a nyugvópontot az időhorizonttal kapcsolatban, melyet már nem érdemes mozdtítani, akkor itt az ideje a termékváltásnak, és célszerű a felgyülemlett termelékenységi és minőségi tudást az új termékmodellben hasznosítani. Megemlítjük még, hogy ez az eredmény lényegesen módosítja eddigi ismereteinket az időhorizont megválasztásával kapcsolatban (lásd Li és Rajagopalan 1998 eredményeit).

További összefüggések nyérése érdekében a következőkben néhány feltételezéssel élünk, elsősorban a keresleti függvénnyel kapcsolatban. Azt tételezzük fel, hogy a fogyasztók reakciója a minőség és ár változásával kapcsolatban az időtől független. Formálisan megfogalmazva, azt tételezzük fel, hogy $d(D_u)/dt = 0$ és $d(D_p)/dt = 0$. Feltesszük továbbá, hogy $D_{uu} < 0$ és $D_{pu} < 0$. Ha például $D = D_1(p)D_2(u)$, akkor $D_{pu} < 0$ egyenesen következik. A valóságtól nem jelent elrugaszkodást, amikor azt tételezzük fel, hogy a minőség miatt beállt keresletnövekmény csökkenő ütemű. Hasonló módon, amikor az ár növekszik, akkor feltételezhető, hogy a minőség növekedése miatti keresletnövekmény csökkenő ütemű.

2. állítás. *Ha a termelékenységi és minőségi tudás növekedésének eredményeként a marginális változó költségek csökkennek, azaz amikor $c_{wz} < 0$ és $c_{wq} < 0$, a tudás növekedése elősegíti a nem stratégiai minőségfaktorok növekedését.*

Az irodalomban ismert több olyan eredmény is, melyek végső konklúziója, hogy a minőség csökkenő. Teng és Thompson (1996) eredményei összehasonlíthatóak a mi modellkonstrukciónkkal, és az ellentmondás egyértelmű. A magyarázat a stratégiai és nem stratégiai minőségtényezők szétválasztásában keresendő. A mi összefüggésünkben a minőségi és termelékenységi tudás játssza az alapvető szerepet. Amennyiben a minőségi és termelékenységi tudás növekedése a marginális költségek csökkenését eredményezi, akkor a nem stratégia minőségfaktorok szintje növekedni fog. Az eredmény igen érdekes abból a szempontból, hogy sokszor találkozunk szkepticizmussal a minőség fejlesztésével kapcsolatban. A szkepticizmus abból táplálkozik, hogy a minőséget minden határon túl fejlesztő vállalkozások sokszor csődbe mennek. Eredményünk éppen azt mutatja, hogy ha a minőség túlhasznosítása

éppen olyan dimenziókban történik, melyek nem tekinthetők stratégiaiainak, és a stratégiai minőségelemek fejlesztésére közben nem koncentrálnak, akkor valóban megkérdőjelezhető a minőség növelésének szükségessége. A tétel tehát azt javasolja, hogy a stratégiai képességeket kell elsőként fejleszteni, majd ennek eredménye lesz a nem stratégiai minőségfaktorok növekedése.

A további analízis során csak a $d(D_p)/dt = 0$ feltételezéssel élünk.

3. állítás. *A magas diszkontráta, az intenzív tudásgyarapodás a termelés intenzitásának növekedését eredményezi. A minőség nincs ingyen a fogyasztónak, viszont a termelékenységi tudás növekményének hasznait meg kell osztani a fogyasztókkal.*

Olyan modelleket, ahol az ár, a minőség, a termelési szint döntési változó, számos kutató elemzett már, lásd például Gaimon 1988b, Kouvelis és Mukhopadhyay 1995, Teng és Thompson 1996. A *C függelék* eredményei tovább bővítik ismereteinket e területen. Modellünk eredménye szerint a termék minősége folyamatosan növekszik, és még a nem stratégiai minőségelemek is növekednek, ha a c_{wq} , illetve c_{wz} keresztderiváltak negatívak. Az ár dinamikáját a minőség és a költségek alakulása alakítja, továbbá az, hogy a fogyasztóknak milyen a reagálása az ár és minőség növekedésére. A minőség növekedése az árat növeli, és nincs semmi jele annak, hogy a minőség ingyen lenne a fogyasztóknak. Viszont a tudásnövekedésből eredő költségmegtakarítás felét oda kell adni a fogyasztóknak, akik ennek viszonzásaként többet fognak vásárolni, hiszen az ár csökkenése növeli a keresletet. Gaimonnak (1988b) ismeretesek hasonló eredményei, aki numerikus adatsorok alapján arra a következtetésre jut, hogy olyan új technológia beszerzése, mely csökkenti a fajlagos termelési költségeket, az ár csökkentését eredményezi.

4 Következtetések

A tanulmány elsődleges eredménye, hogy a beruházási, fejlesztési tevékenységek dinamikájáról nem lehet kimutatni, hogy azok idő szerint mindig csökkenőek lennének. Módosításra szorul az elméleti feltételezés, hogy egy tervidőszak elejére célszerű összpontosítani a fejlesztéseket, azokat ott intenzívebbé tenni, mert akkor a fejlesztési erőfeszítések jobban hasznosulnak a vizsgált időhorizont alatt. A tanulmány megmutatta, hogy azok lehetnek csökkenőek, de növekvő fejlesztési intenzitású szakaszok ugyanúgy lehetségesek. Ezek kapcsolatban vannak a jövőbeni várakozásokkal, továbbá azzal, hogy a jelenben végzett fejlesztési tevékenységek miként hasznosulnak a jövőben. Minél nagyobb hangsúlyt kapnak az utóbbiak, annál nagyobb valószínűséggel lesznek fejlesztési tevékenységek növekvő intenzitásúak. Csakhogy a növekvő szakaszban célszerű csökkenteni a tervhorizontot, másként megfogalmazva, célszerű a felhalmozott tudást új termékben vagy új modellben hasznosítani. Ugyanis, a tervhossz csökkentésével a t -edik periódusban ilyenkor a fejlesztési tevékenységek intenzitása növekszik, mely magasabb tudást eredményez. A minőség növekszik, a termelékenység nő, ezért a vállalkozás eredményesebben használja erőforrásait, és eredményesebb lesz versenytársaival szemben.

Választ kaptunk arra a kérdésre is, hogy mi az oka néhány intenzív minőségfejlesztési tevékenységet végző vállalkozás csődjének. A valószínűsíthető okot abban véltük felfedezni, hogy gondosan kell kiválasztani a minőségfejlesztésének faktorait. Amennyiben az egyébként piacon is könnyen hozzáférhető tényezőket fejlesztjük csak, azaz olyan jellemzőkkel látjuk el a terméket, melyek a versenytársak számára is hozzáférhető, az erőfeszítéseknek nem lesz sok köszönete. E faktorok teljesítményét a termelékenységi tudás növekedésének függvényeként kell növelni, a stratégiai képességeket kell tehát elsőként fejleszteni, majd ezt követi a nem stratégiai minőség faktorok szintjének emelkedése.

A tanulmány elemzi azt is, vajon a minőség valóban ingyen jár-e a fogyasztónak. Modellkonstrukciónkban nem találtuk ennek jelét, viszont bizonyítottuk, hogy a minőségért a fogyasztónak fizetni kell. Öröme abból származhat, hogy a jó menedzsmentnek köszönhetően a termelékenységi tudás növekszik, és ennek hasznát meg kell osztani a fogyasztóval. Az ár ennek hatására csökkenni fog, mely növeli a keresletet. Természetesen ekkor a vállalati profit is növekedni fog.

A függelék

Az első állítás belátása érdekében szorozzuk meg (5e) mindkét oldalát e^{-rt} -vel, melyből következik, hogy

$$d(\lambda_1(t)e^{-rt})/dt = e^{-rt}c_qD(p, u, t) .$$

Az integrálját véve ennek az egyenletnek, adódik az

$$\lambda_1(t) = e^{rt} \int_0^t e^{-r\tau} c_q D(p, u, \tau) d\tau + e^{rt} A ,$$

egyenlet, ahol A konstans. A $\lambda_1(T) = P_1$ áthúzódo feltételt használva $\lambda_1(t)$ értéke pedig a következő lesz:

$$\lambda_1(t) = P_1 e^{r(t-T)} - e^{rt} \int_t^T e^{-r\tau} c_q D(p, u, \tau) d\tau , \quad (A1)$$

és $\lambda_2(t)$ hasonlóan származtatható:

$$\lambda_2(t) = P_2 e^{r(t-T)} - e^{rt} \int_t^T e^{-r\tau} (c_z - \bar{c}_w) D(p, u, \tau) d\tau . \quad (A2)$$

Verbálisan megfogalmazva a λ_1 és λ_2 tartalmát azonosító jobb oldalon álló kifejezések a termelékenységi és minőségi tudás t -edik időpontban bekövetkező egységnyi növekedésének jövőbeni hasznát határozzák meg. A jövőbeni haszon két részből áll: egyrészt a tervhorizont végén értékesített tudás jelen értékéből, másrészt a tudásnövekedés révén keletkezett költségmegtakarításból. Ennek alapján a Hamilton-függvény tartalma úgy interpretálható, hogy az a t időpontban megtermelt bruttó profit és a befektetés jövőbeni hasznának

összege, melyből le kell vonni a fejlesztés pillanatnyi költségeit. Mivel $c_q < 0$ és $(c_z - \bar{c}_w) < 0$, A1 és A2-ből az is kiderül, hogy mindkét csatlakozási változó pozitív, melyből az is következik, hogy mindkét fejlesztési változó (y és x) pozitív. \square

Idő szerinti differenciálját véve a csatlakozási változóknak az alábbi kifejezéseket kapjuk:

$$\dot{\lambda}_1(t) = rP_1 e^{r(t-T)} - r e^{rt} \int_t^T e^{-r\tau} c_q D(p, u, \tau) d\tau + c_q D(p, u, t), \quad (\text{A3})$$

$$\dot{\lambda}_2(t) = rP_2 e^{r(t-T)} - r e^{rt} \int_t^T e^{-r\tau} (c_z - \bar{c}_w) D(p, u, \tau) d\tau + (c_z - \bar{c}_w) D(p, u, t). \quad (\text{A4})$$

Az (5c) mindkét oldalát differenciálva idő szerint,

$$f_{yy}\dot{y} = \dot{\lambda}_1 a_1 + \dot{\lambda}_2 b_1, \quad (\text{A5})$$

vagyis, a két csatlakozási változó alapvetően meghatározza a bal oldalt. Az f -ről viszont tudjuk, hogy konvex, melyből egyrészt $f_{yy} > 0$ következik, másrészt az, hogy a beruházási változó idő szerinti alakulása a jobb oldal előjeléből kiolvasható. Így például $r = 0$ -ra mindkét csatlakozási változó előjele negatív, melyből az következik, hogy $\dot{y}(t) < 0$. Hasonlóan következik, hogy $\dot{x}(t) < 0$. \square

Most tekintsük a csatlakozási változók értékét a $t = T$ pontban:

$$\dot{\lambda}_1(T) = rP_1 + c_q D(p, u, T), \quad \text{és}$$

$$\dot{\lambda}_2(T) = rP_2 + (c_z - \bar{c}_w) D(p, u, T).$$

Mivel c_q , D , $(c_z - \bar{c}_w)$, tovább r véges számok, ezekhez mindig található olyan P_1 és P_2 ár, melyekre mindkét csatlakozási változó pozitív lesz a T időpontban. Ebből viszont egyenesen következik, hogy $\dot{y}(T) > 0$ minden további nélkül előfordulhat, és a folytonosság miatt T környezetében $y(t)$ növekvő lehet idő szerint. Hasonló tulajdonságokat lehet kijelenteni a másik fejlesztési változóra, azaz $\dot{x}(T) > 0$, így $x(t)$ -nek lehetnek idő szerint növekvő szakaszai. \square

Az (5e) és (5f) feltételeket megszorozva sorjában a_1 és b_1 értékekkel, nyerjük az

$$a_1 \dot{\lambda}_1 + b_1 \dot{\lambda}_2 = (a_1 c_q + b_1 (c_z - \bar{c}_w)) D + r(a_1 \lambda_1 + b_1 \lambda_2) \quad (\text{A6})$$

egyenletet, melynek véve az idő szerinti deriváltját kapjuk, hogy

$$a_1 \ddot{\lambda}_1 + b_1 \ddot{\lambda}_2 = d\{(a_1 c_q + b_1 (c_z - \bar{c}_w)) D\}/dt + r(a_1 \dot{\lambda}_1 + b_1 \dot{\lambda}_2). \quad (\text{A7})$$

Most tételezzük fel, hogy az $(a_1 \lambda_1 + b_1 \lambda_2)$ kifejezésnek lokális maximuma van a $t \in (0, T)$ pontban. Ebben a pontban $a_1 \dot{\lambda}_1 + b_1 \dot{\lambda}_2 = 0$. Felhasználva ezt (A7)-ben a maximumpontra

$$a_1 \ddot{\lambda}_1 + b_1 \ddot{\lambda}_2 = d\{(a_1 c_q + b_1 (c_z - \bar{c}_w)) D\}/dt \quad (\text{A8})$$

adódik, azaz $(a_1\lambda_1 + b_1\lambda_2)$ konvex lenne azon feltétel mellett, hogy a termelési és minőségi tudással kapcsolatos marginális költségek csökkenőek idő szerint, azaz

$$d\{(a_1c_q + b_1(c_z - \bar{c}_w))D\}/dt > 0.$$

Azonban ez ellentmondás, így az $(a_1\lambda_1 + b_1\lambda_2)$ kifejezésnek nem lehet helyi maximuma a tervezési időszak alatt. Következésképpen $(a_1\lambda_1 + b_1\lambda_2)$ vagy csökkenő, csökkenő majd növekvő (tehát van minimum pontja), vagy végig növekvő. A kifejezés tehát kvázikonvex. (A5) összefüggést használva kijelenthetjük, hogy ezek szerint $\dot{y}(t)$ negatív, negatív majd pozitív, vagy végig pozitív. Azaz $y(t)$ csökkenő, csökkenő majd növekvő, vagy végig növekvő. Hasonlóan származtathatjuk $x(t)$ tulajdonságait. \square

Az (A1) és (A2) kifejezéseket felhasználva (5c)-ben, majd T szerint differenciálva kapjuk az

$$\begin{aligned} f_{yy}\partial y/\partial T &= a_1[-rP_1e^{r(t-T)} - e^{r(t-T)}c_{q(T)}D(p(T), u(T), T)] + \\ &+ b_1[-rP_2e^{r(t-T)} - e^{r(t-T)}(c_{z(T)} - \bar{c}_{w(T)})D(p(T), u(T), T)] = \\ &= e^{-r(t-T)}[a_1(rP_1 + c_{q(T)}D(p(T), u(T), T)) + \\ &+ b_1(rP_2 + (c_{z(T)} - \bar{c}_{w(T)})D(p(T), u(T), T))] \end{aligned} \quad (\text{A9})$$

összefüggést. Meg fogjuk mutatni, hogy az utolsó kifejezés előjele, következésképpen a $\partial y/\partial T$ kifejezése is $\dot{y}(T)$ előjelétől függ. Néhány ötletet alkalmazva a Li and Rajagopalan (1998) tanulmányból, amikor (5e-f) kifejezést felhasználjuk (A5)-ben, azt írhatjuk, hogy

$$\begin{aligned} \dot{\lambda}_1(T)a_1 + \dot{\lambda}_2(T)b_1 &= a_1[c_{q(T)}D(p(T), u(T), T) + r\lambda_1(T)] + \\ &+ b_1[(c_{z(T)} - \bar{c}_{w(T)})D(p(T), u(T), T) + r\lambda_2(T)]. \end{aligned} \quad (\text{A10})$$

A $\lambda_1(T) = P_1$ és $\lambda_2(T) = P_2$ áthúzó feltételeket használva azt láthatjuk, hogy az (A9) utolsó kifejezése azonos az (A10) kifejezéssel. Így ha $\dot{y}(T) > 0$, akkor $\partial y/\partial T < 0$, és ha $\dot{y}(T) < 0$, akkor $\partial y/\partial T > 0$. (A1) és (A2) összefüggéseket felhasználva (5c)-ben, könnyen kapjuk, hogy $\partial y/\partial P > 0$. \square

Mivel

$$\partial\lambda_1/\partial r = (t - T)P_1e^{r(t-T)} - \int_t^T (t - \tau)e^{r(t-\tau)}c_qD(p, u, \tau) d\tau < 0,$$

és $\partial\lambda_2/\partial r < 0$ hasonlóan következik, azt írhatjuk, hogy $\partial y/\partial r < 0$. Hasonló tulajdonságok származtathatók x viselkedésére. \square

B függelék

Tekintsük az (5b) egyenletet. Differenciálva idő szerint, valamint feltételezve, hogy $\dot{D}_p = \dot{D}_u = 0$,

$$(c_{ww}\dot{w} + c_{wq}\dot{q} + c_{wz}\dot{z})D_p = 0, \quad (\text{B1})$$

melyből $c_{ww}\dot{w} = -c_{wq}\dot{q} - c_{wz}\dot{z}$ adódik. Mivel feltételezhető, hogy $c_{ww} > 0$, $\dot{w} > 0$ következik, ha legalább $c_{wq} < 0$, vagy $c_{wz} < 0$. \square

C függelék

Differenciálva (5a) kifejezést idő szerint, és feltételezve, hogy $\dot{D}_p = 0$,

$$D_p \dot{p} + D_u(h_1 \dot{z} + h_2 \dot{w}) + D_t + (\dot{p} - c_q \dot{q} - c_z \dot{z} - c_w \dot{w}) D_p = 0, \quad (C1)$$

és helyettesítve $c_w D_p$ és $c_z D_p$ kifejezéseket (C1)-ben (5b) és (4b) felhasználásával,

$$2(D_p \dot{p} + D_u h_1 \dot{z} + D_u h_2 \dot{w}) + D_t + [-c_q \dot{q} - (\dot{\lambda}_2 - r \lambda_2) \dot{z} / D] D_p = 0, \quad (C2)$$

továbbá felhasználva az (1b-c) differenciálegyenleteket, (C2) a következő formát nyeri:

$$2(D_p \dot{p} + D_u h_1 \dot{z} + D_u h_2 \dot{w}) + D_t - c_q D_p (a_1 x + a_2 y) + (b_1 x + b_2 y) (-\dot{\lambda}_2 + r \lambda_2) D_p / D = 0. \quad (C3)$$

Egyszerűsítések után, továbbá helyettesítve $\dot{\lambda}_2$ kifejezést (5f)-ből azt kapjuk, hogy

$$2(D_p \dot{p} + D_u h_1 \dot{z} + D_u h_2 \dot{w}) = -D_t + c_q D_p (a_1 x + a_2 y) + (c_z - \bar{c}_w) D_p (b_1 x + b_2 y). \quad (C4)$$

(C4) mindkét oldalát elosztva D_p -vel, a

$$2\dot{p} = -2D_u h_1 \dot{z} / D_p - 2D_u h_2 \dot{w} / D_p - D_t / D_p + c_q (a_1 x + a_2 y) - r \lambda_1 a_3 + (c_z - \bar{c}_w) (b_1 x + b_2 y) - r \lambda_2 b_3 \quad (C5)$$

kifejezéshez jutunk. (C5) jobb oldalán a két első kifejezés pozitív, míg az utolsó negatív. \square

Irodalom

1. Bayus, B. L., 1995, Optimal dynamic policies for product and process innovation, *Journal of Operations Management*, 12, 173-185.
2. Carillo, J. E. and C. Gaimon, 2000, Improving Manufacturing Performance Through Process Change and Knowledge Creation, *Management Science*, 46, 2, 265-288.
3. Chand, S., H. Moskowitz, A. Novak, I. Rekhi and G. Sorger, 1996, Capacity Allocation for Dynamic Process Improvement with Quality and Demand Considerations, *Operations Research*, 44, 6, 964-975.
4. Collis, D. J. and C. A. Montgomery, 1995, Competing on Resources: Strategy in the 1990s, *Harvard Business Review*, July-August, 118-128.
5. Crosby, Philip B., 1979, *Quality Is Free*, N.Y. McGraw-Hill.
6. Deming, W. Edward, 1982, *Quality Productivity and Competitive Position*, MIT, Center for Advanced Engineering Study.
7. Dolan, R. J. and H. Simon, 1996, *Power Pricing*, The Free Press.
8. Dorroh J. R., T. R. Gullledge and N. K. Womer, 1994, Investment in Knowledge: A Generalization of Learning by Experience, *Management Science*, 40, 8, 947-958.

9. Fine, H. Charles, 1986, Quality Improvement and Learning in Productive Systems, *Management Science*, 32, 10, 1301-1315.
10. Fine, H. Charles, 1988, A Quality Control Model with Learning Effects, *Operations Research*, 36,3, 437-444.
11. Fine, H. C. and E. L. Porteus, 1989, Dynamic Process Improvement, *Operations Research*, 37, 4, 580-591.
12. Gaimon, C., 1988a, The acquisition of new technology and its impact on a firm's competitive position, *Annals of Operations Research*, 15, 37-63.
13. Gaimon, C., 1988b, Simultaneous and dynamic price, production, inventory and capacity decisions, *European Journal of Operational Research*, 35, 426-441.
14. Gaimon, C., 1996, The price production problem: An operations and marketing interface, in: S. Zions and J. Aronson (eds.), *Operations Research: Methods, Models and Applications*, Quorum Books, Westport, CT.
15. Gill, G. K. and S. C. Wheelwright, 1992, Motorola, Inc.: Bandit Pager Project, *Harvard Business School*, 9-692-069.
16. Hendricks, B. K. and V. R. Singhal, 1997, Does Implementing an Effective TQM Program Actually Improve Operating Performance? Empirical Evidence from Firms That Have Won Quality Awards, *Management Science*, 43, 9, 1258-1274.
17. Hirshleifer, Jack., 1984, *Price Theory and Applications*, Prentice Hall, 3rd ed.
18. Ittner, C. D., V. Nagar and M. V. Rajan, 2001, An Empirical Examination of Dynamic Quality-Based Learning Models, *Management Science*, 47(4), 563-578.
19. Kamien, M. I. and N. L. Schwartz, 1991, *Dynamic Optimization: The Calculus of Variations and Optimal Control in Economics and Management*, North-Holland.
20. Karmarkar, Uday and Richard U. Pitbladdo, 1993, Internal Pricing and Cost Allocation in a Model of Multiproduct Competition with Finite Capacity Increments, *Management Science*, 39, 9, 1039-1053.
21. Kouvelis, P. and S. K. Mukhopadhyay, 1995, Competing on design quality: A strategic planning approach for product quality with the use of a control theoretic model, *Journal of Operations Management*, 12, 369-385.
22. Kouvelis, P. and S. K. Mukhopadhyay, 1999, Modeling the design quality competition for durable products, *IIE Transactions*, 31(9), 865-889.
23. Krajewsky J. L., L. P. Ritzman, and M. Malhotra, 2008, *Operations Management*, 9. kiad. Prentice Hall, N. J.
24. Langowitz, Nan S., 1989, Plus Development Corporation (A), *Harvard Business School*, 9-687-001.
25. Li, G. and S. Rajagopalan, 1998, Process Improvement, Quality, and Learning Effects, *Management Science*, 44, 11, 1517-1532.
26. Pine II, B. J., B. Victor and A. C. Boyton, (1993), Making Mass Customization Work, *Harvard Business Review*, Sept-Oct, 108-119.
27. Stevenson, J. William, 2005, *Production/Operations Management*, 8. kiad. Irwin.
28. Teng, J. T. and G. L. Thompson, 1996, Optimal Strategies for General Price-Quality Decision Models of New Products with Learning Production Costs, *European Journal of Operational Research*, 93, 476-489.

29. Vörös, József, 2006, The Dynamics of Price, Quality, and Productivity Improvement Decisions, *European Journal of Operational Research*, 170, 809-823.
30. Watanabe, Katsuaki, 2007, Lessons from Toyota's Long Drive, *Harvard Business Review*, July-August, 74-84.

OPTIMAL PRICE, QUALITY AND DEVELOPMENT ACTIVITIES

The paper develops a dynamic model in which productivity and quality knowledge can be increased by development activities. The net present value profit is maximized where price, quality, and the intensity of development activities are the decision variables. It is pointed out that the dynamics of the development activities are not necessarily decreasing over time as it intuitively would follow, or as the result of some research indicates. The paper also provides insights into the dynamic nature of price and quality.

VISSZUTAS LOGISZTIKA ÉS TERMELÉSTERVEZÉS¹

DOBOS IMRE

Budapesti Corvinus Egyetem

A dolgozat a visszutas logisztikát, az újrahasznosítást igyekszik beilleszteni a vállalati termelésstervezés keretei közé. A szükséglettervezési rendszerek (material requirements planning, MRP) célja a készletek és beszerzendő anyagok, alkatrészek időben ütemezett gyártásának és beszerzésének megtervezése. A klasszikus MRP rendszereket az utóbbi időben próbálja a tudomány az újrahasznosítással kibővíteni. Mivel ebben az esetben az új, és újrafelhasználható anyagokat külön kell nyilvántartani, ezért az MRP-táblák és készletek növekednek. A rendelési tétel nagyságok meghatározása is nehezebb, összetettebb tétel nagysághoz vezet. A dolgozatban egy visszutas logisztikai készletmodellt ismertetünk, valamint annak dinamikus kiterjesztését, amely alapja lehet az SAP-ba beépíthető rendelés állomány meghatározó heurisztikának.

1 Bevezetés

A visszutas logisztika és újrafelhasználás a gyakorlatban nem tekinthető újszerű jelenségnek, azonban a külföldi szakirodalom is csak a 1980-as évek elejétől foglalkozik a visszutas logisztika elméleti hátterével. A hazai szakirodalom forrásai pedig még ennél is szűkösebbek. Az angol elnevezés — reverse logistics — mellett hazánkban több magyar megfelelő is használatos, mint például a vissz irányú, reverse (Mike (2002)), illetve inverz logisztika (Rixer (1995)), de ide sorolhatjuk a recycling logisztikát is (Cselényi et al. (1997)). Ez utóbbin belül többek között beszélhetünk hulladékkezelési és újrafeldolgozási logisztikáról is. A visszutas logisztikában felmerülő készletezési problémák kezelésére adható megoldások közül néhány magyar nyelven is elérhető (Richter és Dobos (2003)), Dobos (2004)). Az elkövetkezendő években azonban a hazai szakirodalomban is — remélhetőleg — a visszutas logisztika elnevezés fog teret nyerni, hiszen ez nemcsak a fogyasztási és termelési folyamatból kivont használt termékek kezelését tartalmazza, hanem azoknak a fogyasztási és termelési folyamatba történő utólagos visszavezetésére is alternatívát nyújt.

A témával való foglalkozás létjogosultságát a szigorodó hazai és nemzetközi szabályozások támasztják alá. A termék életciklusa során keletkező hulladék kezelésével kapcsolatban az Európai Unió és hazánk is számos új törvényt hozott a közelmúltban (az elhasználdott járművekről szóló 2000/53/EK irányelv, a hazai szabályrendszerben a hulladékgazdálkodásról szóló 2000. évi

¹Beérkezett: 2007. augusztus 24. E-mail: imre.dobos@uni-corvinus.hu.

XLIII. törvény, Hulladékká vált gépjárművekről szóló előterjesztés KvVM/TJF/126/2/2004). A törvényi szabályozás háttérében az Európai Unió azon követelményrendszere áll, amely nagy figyelmet szentel a környezettel kapcsolatos problémák mielőbbi megoldására. Ez alatt a kimerülő természeti erőforrásokat, a túlzott energiafelhasználást, a pazarló életmóddal járó mértéktelen hulladék keletkezését értjük.

Hazánkban a 2000-ben meghozott XLIII. törvény jelenti az alapot a hulladékgazdálkodással kapcsolatban jogi szabályozásra. A törvény célja, hogy az állam védelmezze az emberi egészséget és a környezetet, az erőforrások pazarló felhasználását, valamint csökkentse a környezeti terhelést, és tegye mindezt a fenntartható fejlődés tükrében. A törvény hatálya általában a hulladéokra és az azokkal kapcsolatos tevékenységekre terjed ki, de bizonyos területeken (állati hulladék, szennyvíz, ásványi nyersanyagok) csak annyiban, amennyiben jogszabály másként nem rendelkezik. Ugyanakkor nem terjed ki a törvény hatálya a levegőbe kibocsátott anyagokra, illetve a radioaktív hulladéokra. Számos alapelvet említ a törvény, melyek elősegítik a sikeres megvalósítást: ilyenek például —a teljesség igénye nélkül— a megelőzés, a gyártói felelősség, a megosztott felelősség, a legjobb elérhető technika (BAT), a „szennyező fizet” elv, a regionalitás vagy a költséghatékonyság. Az előbb már felsorolt alapelvek tekintetében a törvény külön rendelkezik a gyártó, a forgalmazó, a fogyasztó, illetve a hulladék birtokosának kötelezettségeiről. A hulladékkezelés és -hasznosítás egyes lépéseit és fogalmi magyarázatát is ismerteti a törvény, ezek alapján meghatározza a hulladékgyűjtést, illetve begyűjtést, a hulladékszállítást, a hulladék be- és kivitelét, a hulladékhasznosítást és ártalmatlanítást. A törvényben külön fejezet taglalja a települési és a veszélyes anyagokkal kapcsolatos kötelezettségeket, majd ezt követően a hulladékgazdálkodás szervezését, ezen belül is az Országos Hulladékgazdálkodási Tervet. Rendkívül fontosnak tartom a a törvényben is hangsúlyozott társadalmi nyilvánosság és az adatközlési kötelezettség jelentőségének kiemelését.

A vállalati szféra számára a törvényi szabályozás betartása mellett fontos szempont lehet, hogy a visszatás logisztika alkalmazása hosszú távon való alkalmazása jelentős költségmegtakarítást eredményezhet. Ugyanakkor tény, hogy a jogszabályi kötelezettség önmagában az üzleti szféra számára nem feltétlenül jelent kényszerítő erőt, hiszen —megfelelő rövid távú gazdasági haszon hiányában— sok esetben inkább a könnyebben megfizethető bírságot választhatják.

Ahogy a logisztika kialakulásának is megvoltak a gazdasági, történelmi okai —például háborúk—, úgy a visszatás logisztika fejlődését is racionális gazdasági érvek magyarázzák. Az 1980-as évek végére az Egyesült Államokban a kereskedők felismerték bizonyos termékek visszavételében rejlő lehetőségeket és azokat a piaci térnyerés eszközeként kezdték használni. A visszavétel kontrollálása azonban kicsúszott kezükből, mivel nem létezett egységes és komoly szabályozás arra vonatkozóan, hogy mit és milyen formában lehet visszaszállítani. Ez oda vezetett, hogy a fogyasztók bármikor és bármit visszavittek a kereskedőknek, s a visszavétel költsége végül olyan méreteket

öltött, hogy mind a gyártók, mind a kereskedők kénytelenek voltak ráébredni: ez veszélyezteti jövedelmezőségüket és versenyképességüket. Felismerték, hogy egy jól kidolgozott, hatékony visszutas logisztikai program jövőbeli üzletpolitikájuknak fontos stratégiai részét képezheti.

A visszutas logisztika létjogosultságát tehát nem lehet megkérdőjelezni, alkalmazását azonban nehezíti, hogy szerzőnként más és más definícióval találkozhatunk, illetve ahány cég, annyiféle megoldás és alkalmazás létezik. A szerteágazó alkalmazhatóság miatt célszerű először meghatározni: mit is értünk visszutas logisztika alatt, illetve pontosan milyen területek tartoznak ennek keretébe.

A visszutas logisztika első meghatározásai az 1980-as években keletkeztek. A téma újszerűsége érezteti hatását, hiszen viszonylag kevesen foglalkoztak az elméleti meghatározással, valamint a meglévő elméleti alapok is kiforratlanok. Az első elméleti munkák közül Lambert és Stock (1981) megközelítését lehet említeni: a szerzőpáros szerint a hagyományos ellátási láncsal ellentétes irányú folyamatról van szó, amit egy „rossz” irányú folyamatnak tekintenek, azaz mintha egyirányú utcában a forgalommal szemben haladnánk. Ez azt jelenti, hogy míg a hagyományos ellátási láncban az anyagáramlás kizárólag a beszállító-termelő-nagykereskedő-kiskereskedő-fogyasztó láncban zajlik, addig a visszutas logisztika a használt termékek visszafelé áramlását ragadja meg azzal a céllal, hogy azokat az ellátási lánc mentén a fogyasztótól a beszállítóig kövesse.

Lambert és Stock (1981) negatív hangvételű definíciója után Murphy és Poist (1989) más szempontból közelít. Szerintük a visszutas logisztika nem más, mint az ellátási láncban a javak fogyasztótól termelőig való áramlása. Ugyanezt a meghatározást adja Pohlen és Farris (1992), akik marketing elvekből indulnak ki. A két szerzőpáros munkájának jelentősége az, hogy konkrétan megnevezik az ellátási láncban fontos szerepet betöltő végső felhasználót, és egyértelművé teszik a folyamat visszaáramló jellegét, inverzitását. A definíciók hátránya, hogy nem térnek ki az egyes tevékenységekre, mely megnehezíti a visszutas logisztika fogalmi kereteinek pontos behatárolását.

Az 1990-es években szélesebb körű definíciót ad Stock (1992), amelynek alapját a hulladékgazdálkodás adja. A logisztika azon szerepét hangsúlyozza, amely magában foglalja a recyclingot, a hulladék elhelyezést, a veszélyes anyagok helyettesítését és ártalmatlanítását, az erőforrás csökkentést, illetve az újrahasznosítást. Stock korábbi munkájához képest ez pontosabb, mégis általános definíció, melyből hiányzik az egyes tevékenységek kapcsolata az ellátási láncsal, illetve a folyamat ellentétes irányú jellegének kiemelése.

Ez utóbbi megközelítéseket foglalja össze Kopicky et al. (1993). Meghatározásában kitér a korábban már említett tevékenységekre, ezek visszirányú mozgására az elosztási láncban – szemben a hagyományos logisztikai folyamatokkal. A Kopicky et al. (1993) által adott definíció újszerűsége az információáramlás fontos szerepének hangsúlyozásában rejlik, mely kétséget kizáróan a hatékony gyakorlati működést szolgáló összekötő elemet jelenti.

Carter és Ellram (1998) a visszutas logisztikára több meghatározást is összegyűjtött, ezek közül a legjelentősebb a következő. A legátfogóbb megha-

tározás szerint „a visszutas logisztika olyan tevékenység, amellyel a vállalatok környezethatékonyabb politikát folytathatnak azáltal, hogy a szükséges anyagokat újrafelhasználják, újrafeldolgozzák, illetve csökkentik a szükséges anyag mennyiségét”, értve ezt akár a termelésben közvetlenül résztvevő személyek közötti viszonyra, akár a teljes ellátási, fogyasztási folyamatra. Carter és Ellram új szempontból közelít, hiszen kiindulási alapként a környezetvédelem szerepel. A környezettudatosság felvállalása a vállalati életben három motíváló tényezőre vezethető vissza: lehet a kormányzati vagy társadalmi nyomás hatása, illetve önkéntesen vállalt elkötelezettség.

A következő definíció jobb érthetősége kedvéért érdemes egymás mellett definiálni a logisztikát és annak visszutas megközelítését. A Council of Logistics Management (Stock (1998)) a következőképpen határozza meg a logisztikát: a logisztika az alapanyagok, a folyamatban lévő készletek, a késztermékek és a kapcsolódó információk áramlásának eredményes, költséghatékony tervezése, megvalósítása és ellenőrzése, a kiinduló ponttól a fogyasztásig, a fogyasztói igényeknek való megfelelés teljesítésével.

Ezzel szemben a visszutas logisztika Rogers és Tibben-Lembke (1999) megfogalmazása szerint: az alapanyagok, a folyamatban lévő készletek, a késztermékek és a kapcsolódó információk áramlásának eredményes, költséghatékony tervezése, megvalósítása és ellenőrzése a fogyasztástól a kiinduló pontig, érték visszaszerzése, illetve a hulladékról való gondoskodás érdekében.

A Reverse Logistics Executive Council (RLEC) következő megfogalmazása (Rogers és Tibben-Lembke (1999)) talán a legátfogóbb, ez összegzi az eddig ismertetteket. Eszerint a visszutas logisztika a termékek mozgása tipikus végső felhasználási céljuktól kiindulva valamely más irányba, értékszerzés vagy hulladékgazdálkodás céljából. A visszutas tevékenységbe beletartozik a sérült termékek, a szezonális készletek, illetve a hulladékok visszavétele; a készletek megújítása illetve bővítése miatti visszáru kezelés; a csomagolóanyagok újrafeldolgozása, a konténerek újrahasznosítása; a termékek rendbetétele és felújítása; az elavult berendezések megfelelő elhelyezése és az eszközök felújítása.

Az utóbbiakkal megegyező definíciót ad 2004-ben (de Brito és Dekker (2004)) a European Working Group on Reverse Logistics (REVLOG), azzal az eltéréssel, hogy a visszagyűjtés kiindulásaként nem a fogyasztást nevezi meg, hanem az lehet a gyártás, az elosztás, illetve a felhasználás bármely pontja.

A definíciók után rátérünk a visszutas logisztika háttérében álló motíváló tényezők bemutatására. Az ezzel kapcsolatban felmerülő legfontosabb kérdések négy csoportba sorolhatók: miért, hogyan, mit és kik mozgatják a visszutas logisztika láncolatát. Erre a négy kérdésre a legátfogóbb választ de Brito és Dekker (2004) tanulmányában találjuk.

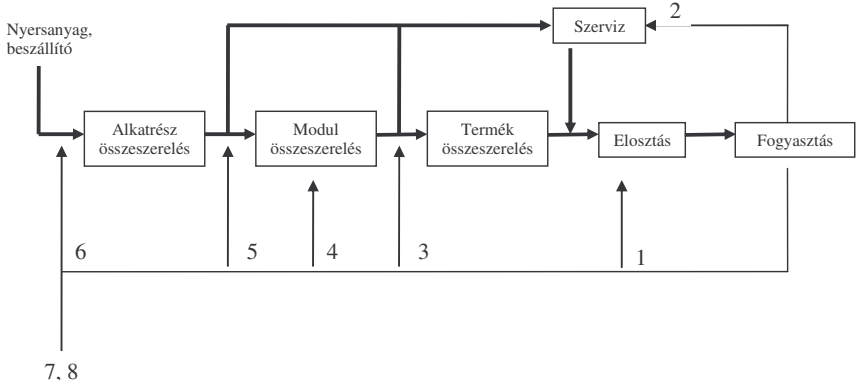
A *miért* kérdéscsoporton belül két területet különböztethetünk meg:

- egyrészt fontos kérdést vet fel, hogy egyes szereplők *miért küldik vissza*, illetve
- mások *miért fogadják el* a használt termékeket?

Már említettem a visszutas logisztikát kiváltó okokat, azaz a gazdasági, törvényi és társadalmi tényezőket. Ezek azok, amelyek a „miért?” kérdés „fogadó” csoportjába tartoznak. A gazdasági előnyökön belül a de Brito és Dekker (2004) szerzőpáros megkülönbözteti a közvetlen és közvetett hasznokat. A *közvetlen előnyöknél* legfontosabb a profitnövelés lehetősége, amit a kisebb mértékű nyersanyag-felhasználás, a hulladék-elhelyezési költség csökkenése, illetve az újrafeldolgozás által nyerhető hozzáadott érték jelenti. A *közvetett előnyök* közé sorolható a zöld image kialakítása, amivel napjainkban egyre szélesebb rétegeket nyerhet meg egy vállalat. Tapasztalatok igazolják, hogy a környezettudatos vállalati működés hosszú távon is stabil fogyasztói kapcsolatokat eredményez. Ezek által versenyelőnyre tehet szert a vállalat, mely további profitszerzésre ad lehetőséget. Újabb érv a visszutas folyamatok gyakorlati alkalmazására a törvényi szabályozás szigorodása, mely nagymértékben a környezet védelmét szolgálja. A környezetvédelmi törvények megalkotásában az Egyesült Államok és az Európai Unió járnak az élen, s kötelezik a területükön működő vállalatokat a jogszabályi feltételek betartására. A harmadikként említett társadalmi tényező alatt —a környezettel összefüggésben— a vállalatok önkéntes felelősségvállalását értjük, ami a szervezeteken belül alakul ki, és onnan fejti ki hatását.

A „miért?” kérdés másik területét a „küldők” alkotják, azaz azok a szereplők, akik különböző okok miatt döntenek egy-egy termék visszaküldéséről. Ugyanúgy, ahogyan a „fogadóknál”, itt is három csoportot találunk: gyártói, elosztói és fogyasztói visszaküldéseket.

- A gyártási jellegű visszaküldések alatt a gyártás során fennmaradó nyersanyag-többletet, a minőség-ellenőrzéskor fennakadó hibás termékeket és a melléktermékeket értem.
- Az elosztási visszaküldések csoportjába alapvetően az értékesítetlen, eladhatatlan termékek tartoznak: a készletfelesleg, hibás szállítások és termékek, romlott áru, illetve a csomagolási hulladék.
- A fogyasztói visszaküldések közé tartozik egyrészt a garancia, a jótállás, illetve a szervízszolgáltatás, másrészt az elhasználadott (end-of-life), további használatra alkalmatlan, azaz a gazdasági és fizikai élettartam végén lévő termék. További elem az úgynevezett „end-of-use” termék, ami alatt olyan terméket értek, mely adott fogyasztónak a továbbiakban nem képvisel értéket, de más fogyasztó számára akár változatlan formában is tovább értékesíthető és hasznosítható. Az utóbbi két fogalom megkülönböztetése viszonylag nehéz feladat, ezért a könnyebb érthetőség érdekében célszerű példákkal alátámasztani a két meghatározást: előbbi csoportra példa a roncsautó, melynek általában csak részei hasznosíthatók újra, illetve dolgozhatók fel, utóbbira pedig az autóbérlés lehet példa, amikor a bérleti szerződés lejártá után majdnem változatlan állapotban kerül egy újabb fogyasztóhoz.

**Hulladékkezelés**

7: égetés
8: deponálás

Termék visszanyerés

5: felfalás
6: recycling
2: javítás
3: feljavítás
4: feldolgozás

Közvetlen újrafelhasználás

1. közvetlen újrafelhasználás

Forrás: Thierry et. al. (1995)

1. ábra. Integrált ellátási lánc

A „miért?” kérdés tárgyalása után áttérek arra, hogy *hogyan* valósítható meg a visszatás logisztika. Ehhez Thierry et al. (1995) tanulmányát használhatjuk fel. Ennek alapján a folyamat nyolc lépésből áll, ezek sorban a következők: közvetlen újrafelhasználás (direct reuse), javítás (repair), feljavítás (refurbishing), feldolgozás (remanufacturing), felfalás (cannibalization), recycling, égetés (incineration) és hulladék-elhelyezés (landfilling). Az 1. ábra ezen elemek egymáshoz való viszonyát mutatja be.

Közvetlen újrafelhasználás: a termék fizikai és minőségi tulajdonságai változatlanok maradnak.

Javítás: a terméken bizonyos átalakításokat végeznek, így a javítás után a terméket mint újszerűt adhatják el, vagy használhatják fel. A javítás történhet a fogyasztónál, vagy javítóközpontban. Átalakításon például alkatrészcsere érteni, hiszen csak a sérült részt cserélik, vagy javítják, más eleme érintetlen marad.

Feljavítás: feljavításnál kevésbé szigorú minőség várható el a terméktől, hiszen a modulokra való szétszerelés során csupán a kritikus részeket vizsgálják, javítják, így annak élettartama növelhető.

Feldolgozás: ennek során a megmunkált termékkel szemben támasztott minőségvárás olyan, mint egy új terméktől. A feldolgozás annyival jelent többet a feljavításnál, hogy a feldolgozás általában munkaigényesebb, mivel nem csak modulokra, hanem részegységekre is bontják a terméket. Majd a vizsgálat során egyes elemeket újjal cserélnék ki, míg másokat csak javítanak.

Felfalás: szemben az előző fogalmakkal, ekkor a terméknek csak kis részét használják újra. A visszatérő terméket szigorú minőségvizsgálatnak vetik alá az újrabeépíthetőség szempontjából. A visszanyert elemeket ezután a javításnál, feljavításnál és a feldolgozásnál hasznosítják.

Recycling: a termék ebben az esetben elveszti eredeti funkcióját, szemben azzal, hogy az előzőekben megmarad. A cél a még felhasználható anyagok visszanyerése. Ha a visszanyert anyag megfelelő minőségű, akkor az eredeti rész gyártásához is felhasználható.

Égetés és hulladék-elhelyezés: a hulladékgazdálkodás témakörébe tartozó fogalmak. Mindkét esetben szigorú követelményeknek kell megfelelni. Az égetésből gazdasági haszon származhat, az ennek során visszanyerhető és visszaforgatható energiából.

A következő kérdés a visszutas logisztikában azzal foglalkozik, hogy *mi* az, amit visszaküldenek, illetve ezek milyen tulajdonságokkal, jellemzőkkel rendelkeznek. Ebben a csoportban a termékösszetétellel kell foglalkozni: melyek azok a károsító tényezők, melyek rontják a feldolgozás lehetőségét, illetve a fogyasztók milyen módon használják a később újrafeldolgozásra kerülő termékeket.

A termékösszetétel során fontos kérdéseket vet fel, milyen anyagokból áll a termék (heterogén vagy homogén), illetve milyen méretekkel rendelkezik (szállítás, kezelés miatt). A termék élettartamát befolyásoló tényezők, mint például romlandóság, az egyes alkotóelemek eltérő vagy azonos kora és az értékcsökkenés, ami megnehezíti az újrahasznosítás lehetőségét. Tipikus példa a műszaki cikkek köre, ahol a kifogástalanul működő termékeket kiszorítják az újabb és újabb fejlesztések (beépített elévülés).

A termék felhasználási módja, mint a használat helye, intenzitása, időtartama és ennek következményeként kialakuló minőség jelentősen befolyásolja a későbbi feldolgozást. A visszagyűjtendő termékeket érdemes aszerint megkülönböztetni, hogy lakossági vagy ipari fogyasztásról van-e szó (szállítási, kezelési, mennyiségi okok miatt). Ide sorolhatók többek között a pótalkatrészek, a csomagolási eszközök, közjavak is.

A negyedik fontos terület a *résztevők* azonosítása a visszutas logisztikában. Ezzel kapcsolatban a betöltött szerepük szerint megkülönböztetem a hagyományos értéklánc, illetve a visszutas folyamatok szereplőit, valamint más lehetséges résztvevőket (például ide tartoznak a karitatív szervezetek). Míg egyes érdekeltek a visszutas folyamat megszervezését végzik, mások annak gyakorlati megvalósításával foglalkoznak. A két ellátási lánc között nagyon fontos az összhang megléte, amihez elengedhetetlen a folyamatos és megbízható információáramlás. A sikeres működéshez szükséges információkat a már említett Thierry et al. (1995) cikk foglalja össze. Ennek alapján négy csoportot lehet megkülönböztetni:

- Információ a termékösszetételről, azaz az eltérő anyagokról, kombinálásukról, a minőségről, értékről, veszélyességről és a feldolgozhatósági lehetőségekről (elemzések);
- Információ a visszatérő folyamatok nagyságáról és bizonytalanságáról:
 - Garanciavállalás – a visszagyűjtésre kerülő termékek mennyisége és minősége bizonytalan, a javításhoz szükséges munkálatok is nehezen tervezhetőek.

- Lejárt lízing- és bérleti szerződések – viszonylag jól becsülhető mind mennyiségben, mind időben, ugyanakkor a minőség nehezen határozható meg előre.
- Önkéntes visszavásárlások – a gyártó anyagi és technikai lehetőségeitől függ, így ezzel viszonylag kevesen élnek. Ugyanakkor előnye, hogy olcsó forrást biztosít a javításokhoz, gyártáshoz; a fogyasztóknál jelentkező hulladékelhelyezési költség csökken; illetve lehetőséget nyújt a gyártóknak, hogy új terméket értékesítsenek.
- Információ az újrafeldolgozott termékek, alkatrészek, anyagok piacáról: nehéz piacot találni, döntő tényezőként az új és a használt termékek közötti minőségbeli és költségbeli különbségeket kell figyelembe venni. A feldolgozást végző szereplő lehet maga a gyártó vállalat, az ellátási láncan belüli és külső szereplő.
- Információ a termék visszagyűjtéséről és a hulladékkezelésről: számos területet kell megvizsgálni: a résztvevő szervezeteket, a felmerülő akadályokat, a környezeti hatásokat, a visszagyűjtésre kerülő mennyiséget, és szükséges a költség-haszon elemzés elvégzése is.

A visszatás logisztika szereplői másfajta szempontból is megközelíthetők, ehhez az alapot a Carter és Ellram (1998) cikk adja, mely szerint a visszatás logisztikára ható külső és belső tényezők különíthetők el.

Általában megkülönböztetik a szervezeten belüli és a szervezetek között ható, külső tényezőket. A belső tényezők közé sorolják magukat a vállalatban belül érdekelt személyeket, a környezet megóvásáért tett lépéseket, a sikeresen alkalmazott etikai szttenderdeket és főként azon egyéneket, akik felelősséget vállalnak a környezetbarát vállalati filozófia kiépítéséért. Szintén közvetlen hatást gyakorló külső tényezők a fogyasztók, a beszerzők, a versenytársak és a kormányzati erők. E négy elemre azonban még hatással van a makrokörnyezet is, a maga szociális, politikai, gazdasági trendjeivel, ezáltal közvetve érinti a visszatás logisztikát.

A felsorolt szektorok hatása eltérő, értelmezésük is többféle lehet. A külső tényezők közül, első megközelítés szerint a legmeghatározóbb a kormányzati szektor befolyása. Ez környezetvédelmi szempontból teljes mértékben elfogadható, figyelembe véve, hogy az Európai Unióban is az egyik legtöbb kérdést felvető téma a környezettel, környezetvédelemmel kapcsolatos. Itt érdemes ismét megjegyeznünk, hogy a törvény kényszerítő ereje hat a vállalkozásokra, míg a tényleges versenyképességhez ugyanilyen súllyal kell figyelembe venni a többi szereplőt is. Ebből kiindulva helyezhetünk nagyobb hangsúlyt a fogyasztói oldalra, hiszen a fogyasztói igényeknek való megfelelés nélkül, csupán a kormányzati előírások betartásával nem válhat versenyképessé egyetlen vállalat sem. A kétféle felfogás különböző vállalati magatartást tesz indokolttá.

A szállítói, input oldal fontosságára utal az a tény, hogy ha biztosított az újrarendelésre kerülő anyagok állandóan jó minősége, akkor a beszerzők

is készek annak minél nagyobb mennyiségű megvásárlására. A már használt termékek visszagyűjtése, szelektálása, szétválogatása általában a szállító kötelezettsége, a kívánt minőség biztosítása érdekében pedig szükség van a beszerző és a beszállító közti magas fokú együttműködésére, logisztikai tevékenységük összehangolására, a már említett kölcsönös információnyújtásra. Mivel a visszakerülő termékek minősége alapvetően magának a szállítónak is kockázati tényezőt jelent, így tovább kell erősíteni a beszerzők és beszállítók közti integrációt.

A belső tényezők közül elsőrendű szempont az érintett személyek szerepe. A cég működéséből profitálók (pl. részvényesek) hozzáállása hosszú távon befolyásolja a visszutas logisztika működőképességét. Ők ugyan nem közvetlenül határozzák meg ezen tevékenységeket, de hosszú távon lehetetlenné tehetik a cég működését. Egyértelmű támogatásuk feltételként szolgálhat a sikeres visszutas folyamatokhoz.

Hasonló a menedzsment megítélése is, hiszen a felső vezetés támogatása, jóváhagyása nélkül ki sem lehet alakítani a szükséges rendszert, a hatékony működtetés azonban már a középvezetők körébe sorolható. Esetükben nélkülözhetetlen a jó diplomáciai és kommunikációs készség, valamint az irányítási képesség. Az ő feladatuk minden érintett meggyőzése a hatékony visszutas folyamatok szükségességéről.

A harmadik csoportban mindenképpen figyelembe kell venni magukat az alkalmazottakat, akiknek a hozzáállása nagyban segítheti, de hátráltathatja is az eredményes végrehajtást. Az ösztönző, jutalmazó rendszerek kiépítése növeli a hatékonyságot. Az előbbieken részletezett külső és belső tényezőknél fontos megérteni azok egymásra hatását, egyik a másik nélkül nem működhet. El kell fogadni mind a szabályokból eredő, mind a fogyasztói részről észlelt nyomást. Figyelembe kell venni a külső és belső érdekeket is, különben nem valósítható meg sikeres visszutas logisztika.

Ebben a bevezetésben felvázolt különböző visszutas logisztikai tevékenységek együttesen természetesen egyetlen vállalatnál sem találhatóak meg. Ez számos okra vezethető vissza: a rendelkezésre álló technikai feltételek, a termékjellemzők sokszínűsége — összetétel, feldolgozhatóság, fellelhetőség, újraértékesíthetőség stb. —, a vállalatok eltérő gazdasági helyzete mind-mind befolyásolja a vállalati döntéseket az alkalmazott visszutas logisztikai terület tekintetében.

Az átfogó, elméleti jelleg miatt nem térhetünk ki konkrétan arra, hogy az egyes termékeknél pontosan mit is jelenthet a visszutas logisztika, melyek azok a területek, ahol az gazdaságosan megvalósítható. A különböző termékek előállítási folyamatának sokszínűsége további külön-külön elemzéseket igényelne arra vonatkozóan, hogy milyen késztermékből mi készíthető ismét, annak konkrétan mely elemeit, alkatrészeit lehet hatékonyan visszaforgatni a termelésbe. Például egy autó esetében minden egyes alkatrészt, építőelemet végigkövetni a gyártótól a fogyasztóig, majd a használat után a roncsautó egyes elemeit a begyűjtő hálózaton keresztül az újrafeldolgozó üzemig nyomon kísérni nem egyszerű feladat, és jelenleg nincs is meg az ehhez szükséges, a terméket végigkísérő pontos információszolgáltatás. Bizonyos esetekben vi-

szonylag könnyen végig lehet gondolni, mire is lehet felhasználni egy roncsautót, vagy egy csupán gazdaságilag leamortizált gépjárművet. Az üvegek, tükrök, gumikerekek újrafelhasználása akár az autóiiparban, akár más ágazatban ma már egyre egyszerűbben megoldható. Ugyanakkor sok más alkatrészt nem egyszerű újra feldolgozni, illetve nehéz megtalálni azt az iparágat, ahol gazdaságosan visszaforgatható a termelésbe. Tipikus példa erre a számítógép, melyből viszonylag kevés alkatrész nyerhető vissza, és azt is csak koncentráltan, nagy mennyiségben érdemes feldolgozni. A nehézségek általában kiküszöbölhetőek, feltéve, hogy a különböző iparágak minél inkább összehangolják működésüket, és létrejön közöttük a megbízható információáramlás.

A bevezetés kiinduló pontja a környezetvédelem volt, melynek két mozgatójaként a törvényi szabályozást, illetve a vállalati elkötelezettséget nevezhetjük meg. Általános érvényű, hogy a vállalatok a jogi kényszernek igyekeznek minél inkább megfelelni, ugyanakkor a környezetvédelemmel kapcsolatban az önkéntes felelősségvállalást jelentősen befolyásolják a rendelkezésre álló pénzügyi források. Hosszú távon elsődleges szempont a költségek és az elérhető haszon egymáshoz való viszonya, optimalizálása is. A környezettudatosság önmagában nem feltétlenül jelent vonzerőt, elengedhetetlen az ebből származó egzakt gazdasági haszon kimutathatósága is.

A dolgozat további részében egy visszatás logisztikai optimális tétel nagyságot mutatok be. Ezt azért is megtehetjük, mert a termelés-tervezésben a tétel nagyság heurisztikák alapja az optimális tétel nagyságot adó kifejezések tulajdonsága az optimumban. A modell matematikai tárgyalásától eltekintünk, csak az eredményeket ismertetjük. A harmadik részben a visszatás logisztika termelés-tervezésben betöltött szerepe kerül ismertetésre. A visszatás logisztikával bővített MRP-tábla alsó sorai mutatják az összevonásra kerülő anyagrendeléseket/termeléseket. Az utolsó részben egy Wagner-Within típusú visszatás logisztikai dinamikus tétel nagyság modellt ismertetünk, amely heurisztikus megoldáshoz az optimális tétel nagyság modellre szükségünk volt.

2 Egy visszatás logisztikai készletmodell beszerzéssel és javítással

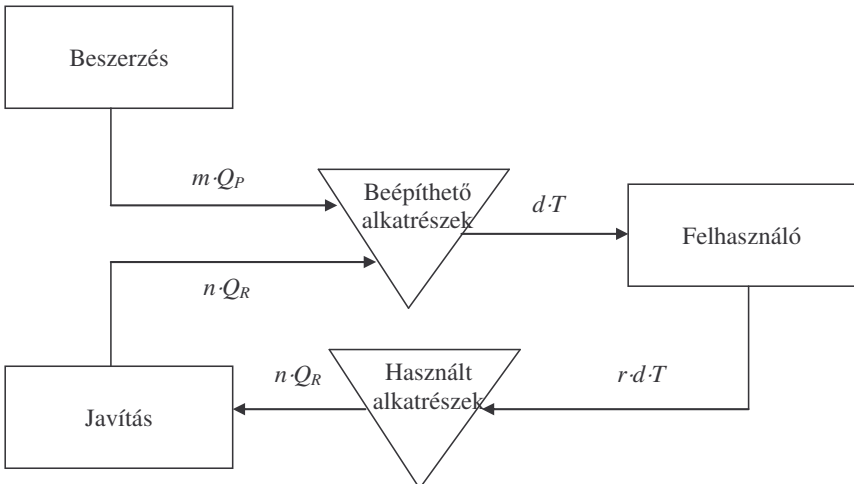
A determinisztikus optimális tétel nagyság modell javítható termékekkel történő kiterjesztését először Schrady végezte el 1967-ben (Schrady (1967)). Ezt a modellt nevezhetjük mai szóhasználattal a visszatás logisztika előfutárának. A vizsgált feladat gyökere gyakorlati indíttatású. Az Amerikai Egyesült Államok Tengerészete Ellátási Parancsnoksága készletezési problémáját elemezte a szerző. A tengerészetnél használt alkatrészek nagy értékűek voltak, de jó részük javítható. Mivel az alkatrészek újbóli beszerzése nagyon költséges volt, ezért költségmegtakarítást érhettek el a megjavítható alkatrészek összegyűjtésével. Ez azt jelenti, hogy a felhasználási helyen történt döntés arról, hogy mely alkatrészek javíthatóak. A összegyűjtött és javítható alkatrészeket ezután a karbantartási és javítási részleghez szállították vissza. A javítható alkatrészeket így a további feldolgozásig raktározták. Az összegyűjtött, de

nem javítható alkatrészeket, mint hulladékot a felhasználás helyén kezelték. A kijavított alkatrészeket a felhasználható alkatrészek raktárában tárolták.

A feladat így készletgazdálkodási szempontból egy kétraktáros problémaként áll elő. A keresletet, ami az alkatrészek iránt nyilvánul meg, két forrásból lehet kielégíteni, amelyek teljesen alternatívaknak tekinthetők: vagy beszerzésből elégítjük ki a keresletet, vagy a használt alkatrészek kijavításával. A használt, de javítható alkatrész fizikai tulajdonságát tekintve teljesen olyan minőségű, mint az újonnan beszerzett alkatrész. Ezt úgy is megfogalmazhatjuk, hogy a kijavított és beszerzett alkatrész között nem tudunk különbséget tenni, ha az a felhasználandó alkatrészek raktárába került.

Schrady (1967) a feladatot modellezve két készletezési politikát javasolt a releváns költségek, vagyis a rendelési és készlettartási költségek összegének minimalizálására. Az egyik stratégiát (politikát) a „folyamatos pótlás” (continuous supplement) stratégiájának, míg a másikat a „helyettesítés” (substitution) politikának nevezte el. Ez utóbbi politika esetén határozta meg a paraméterek ismeretében az optimális rendelési és javítási tétel nagyságokat. A készletezési stratégiára feltételezte, hogy a beszerzendő alkatrészeket csak egyetlen rendelési tételből elégítik ki a rendelési-javítási ciklusban (ebben a szóhasználatban ciklus alatt rendelési és javítási tételek olyan egymásutáni-ságát értjük, amelyek időben ismétlődnek).

A készletezési rendszer két készletezési pontot tartalmaz. A felhasználó keresletét a beépíthető alkatrészek raktárából elégítik ki. A kereslet időben állandó a felhasználási ciklus alatt. A beépíthető alkatrészek raktárát beszerzésből és javításból töltik fel. Ebben a raktárban hiányt nem engedünk meg, tehát mindig van rendelkezésre álló, beszerelhető alkatrész. Azonos beszerzési és azonos javítási tétel nagyságokkal végezzük a modellezést. Az alkatrész felhasználója időben állandó, konstans rátával juttatja vissza a használt, de felújítható alkatrészeket a használt alkatrészek raktárába, ahol azok a javításra várnak. Javítás után az alkatrészeket, mint újakat a beépíthető alkatrészek raktárába küldik. A modell anyagáramlását a 2. ábra mutatja.



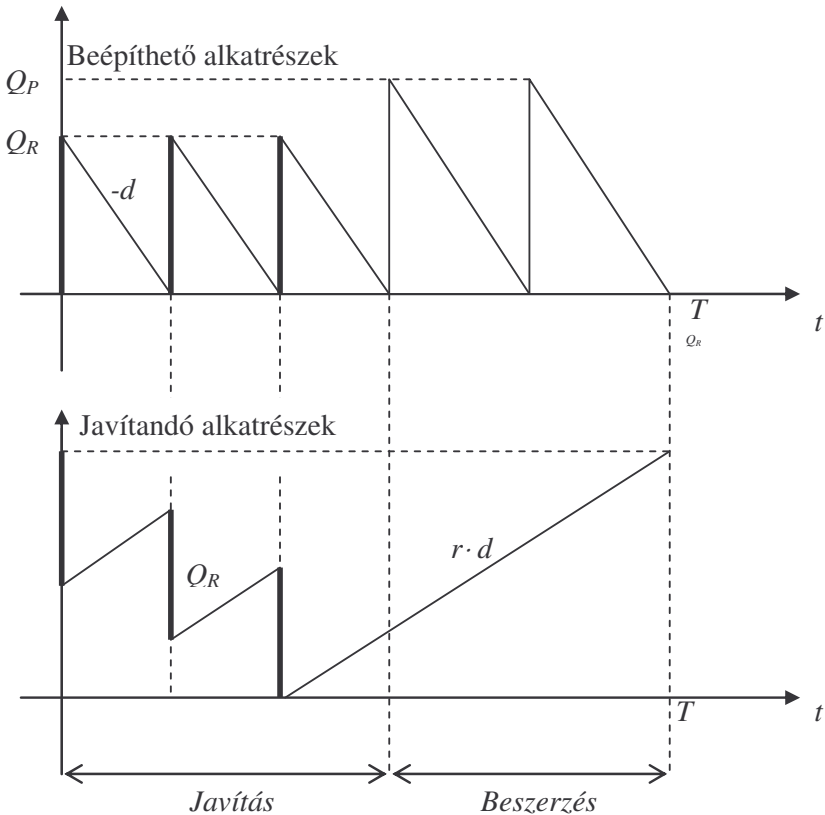
2. ábra. Anyagáramlás Schrady modelljében

A modell változóit és paramétereit a függelék tartalmazza.

Az alábbi egyenletek a készletezési pontokba történő ki- és beáramlást mutatják a beszerzési-javítási ciklus alatt:

$$m \cdot Q_P + n \cdot Q_R = d \cdot T$$

$$n \cdot Q_R = r \cdot d \cdot T$$



3. ábra. A beépíthető és javítható alkatrészek készletszintjei ($n = 3$, $m = 2$)

A javasolt „helyettesítési” politikának a következő tulajdonságai vannak. A beszerzési és javítási tételek utánpótlási idejét figyelmen kívül hagyjuk, mert determinisztikus modellekben ennek a hatását egy időbeli eltolással kiküszöbölhetjük. Tétélezzük fel, hogy a beszerzési-javítási ciklus egy javítási ciklussal kezdődik. Természetesen beszerzési ciklussal is kezdhetnénk, de az előbbi feltételezés megkönnyíti a készlettartás költségeinek meghatározását a területek kiszámításakor, ugyanis a maximális készletszinttől kezdődik a ciklus a javítandó alkatrészek esetén. A javítandó alkatrészek készletének szintje a ciklus megkezdődésekor azonnal egy javítási tétel nagyságával csökken. Ez azért van, mert ezt a tételt azonnal javításba vonják be. A javítandó készletállomány mindaddig csökken az állandó javítási tétel nagyságok javításba

történő bevonásával, amíg a készlet szint nullára nem apad. A készlet szintek időbeli lefolyását a 3. ábra szemlélteti. Ugyanakkor ez az ábra az alapja a költségfüggvény előállításának is.

A költségfüggvényt matematikailag nem vezetjük le, az a Dobos (2002) dolgozatban megtalálható:

$$C_1(T, n, m) = \frac{m \cdot A_P + n \cdot A_R}{T} + T \cdot \frac{d}{2} \cdot \left[h_1 \cdot (1-r)^2 \cdot \frac{1}{m} + (h_1 + h_2) \cdot r^2 \cdot \frac{1}{n} + h_2 \cdot r \cdot (1-r) \right], \quad (1)$$

ahol $T > 0$, m, n pozitív egész értékűek.

Az (1) modell optimális ciklus hossza

$$T^o = \sqrt{\frac{2}{d}} \cdot \sqrt{\frac{m \cdot A_P + n \cdot A_R}{h_1 \cdot (1-r)^2 \cdot \frac{1}{m} + (h_1 + h_2) \cdot r^2 \cdot \frac{1}{n} + h_2 \cdot r \cdot (1-r)}}.$$

Ezt a kifejezést visszahelyettesítve a $C_1(\cdot)$ költségfüggvénybe az alábbi $C_2(\cdot)$ költségfüggvényt kapjuk:

$$C_2(n, m) = \sqrt{2d} \cdot \sqrt{A \cdot \frac{m}{n} + B \cdot \frac{n}{m} + C \cdot m + D \cdot n + E}, \quad (2)$$

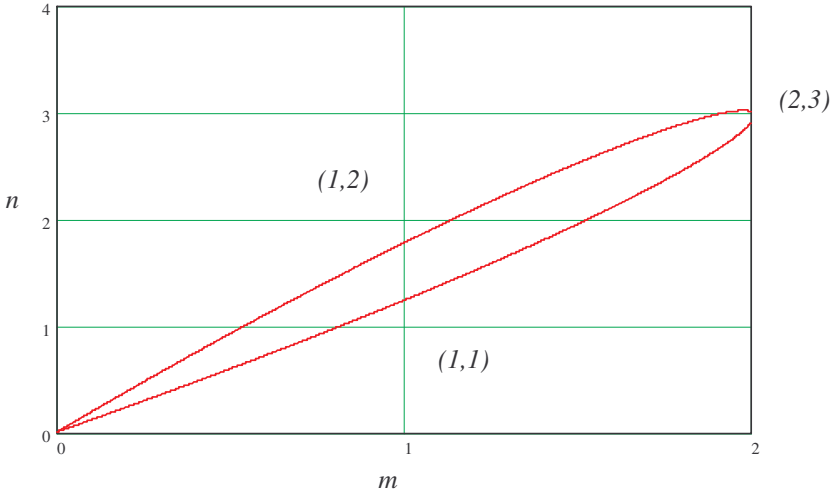
ahol

$$A = A_P \cdot (h_1 + h_2) \cdot r^2, \quad B = A_R \cdot h_1 \cdot (1-r)^2, \quad C = A_P \cdot h_2 \cdot r \cdot (1-r), \\ D = A_R \cdot h_2 \cdot r \cdot (1-r), \quad E = A_P \cdot h_1 \cdot (1-r)^2 + A_R \cdot (h_1 + h_2) \cdot r^2.$$

A (2) modell egyben nem más, mint egy meta-modell, tehát ezt a modellt annak segítségével lehet elemezni. A meta-modell részletes megoldását, valamint az egész értékű megoldások előállítását a Dobos és Richter (2000) dolgozat tartalmazza. Az optimális megoldásban általában a beszerzési vagy javítási tételek száma eggyel egyenlő. Azonban létezik olyan eset, amikor mindkét tétel szám nagyobb, mint egy. Erre mutat példát a következő példa.

Legyen most $d = 1000$, $r = 0,35$, $h_1 = 200\$$, $h_2 = 20\$$, $A_P = 750\$$, $A_R = 100\$$. Ebben az esetben az izoköltségvonalakat szemléltesse a 4. ábra. Ekkor az optimális megoldást az $(m^o, n^o) = (2, 3)$ adja. A két vonalon lévő megoldás, vagyis az $(m, n) = (1, 1)$ és $(m, n) = (2, 1)$ kisebb célfüggvényértéket ad, ami $C_2(3, 2) = 13543,7$, valamint $C_2(1, 2) = 13598,6 < C_2(1, 1) = 13656,1$. A példán látható, hogy ebben az esetben a beszerzési tételek száma nagyobb, mint egy, vagyis alacsonyabb visszatérési rátánál költséghatékonyabb többször beszerezni. A többi döntési változót visszahelyettesítéssel meghatározhatjuk.

Ebben a részben a Schradly-féle javítási modell általánosítását mutatuk be. Ez a modell tekinthető a visszatás logisztikai készletmodellek kiindulópontjának. Példát konstruáltunk olyan esetre, amikor az egészértékű megoldás beszerzési és javítási tétel számai egynél nagyobbak. A tétel számok halmazának belsejébe eső megoldások csak maximum 2 százalékkal térnek el a határmegoldásoktól (Dobos és Richter (2000)).



4. ábra. Példa olyan esetre, amikor az optimális megoldás a halmaz belsejében van

3 Termelésstervezés a visszutas logisztikában

A visszafelé irányuló anyagáramlás levezénylése közben számtalan menedzsment probléma merül fel. Ezek közül a legfontosabbak)

- a használt anyagok, termékek visszagyűjtése, és annak megszervezése;
- a termékek szállítása, tárolása és készletezése, valamint
- a szétszerelés megszervezése és irányítása után az újrafelhasználható alkatrészek és részegységek termelésstervezésbe történő bevonása.

Az egyik fontos kutatási és alkalmazási területnek az újrafelhasználás termelésstervezésbe történő integrálása tűnik. A nemzetközi kutatás ezen a területen még gyermekcipőben jár. A legtöbb alkalmazást a német irodalomban találhatjuk meg (Inderfurth (1998), Spengler et al. (1997), Rautenstrauch (1997)). Angol nyelvű irodalom is csak elvétve található (Ferrer-Whybark (2000), Guide (2000)). Ismereteink szerint magyar nyelvű vizsgálódások ezen a területen még nem születtek.

A visszutas logisztika jelentőségének növekedése —ami a használt termékek egyre nagyobb mértékű visszagyűjtéséből és felhasználásából következik— új feladatok elé állítja a termelésstervezést. E feladatok megoldása szükségessé teszi az szükséglettervezés (MRP) és az újrafelhasználás-tervezés összekapcsolását.

Maga a termelésstervezés és irányítás folyamatának kidolgozása a hagyományos termelési eljárásokra fókuszál, amelyet nem ciklikus anyagáramlási folyamat jellemez. Az újrafelhasználási-tevékenységek jelentősége az elsődleges nyersanyagok csökkenésével és megdrágulásával, valamint a hulladékanyagok korlátozott és költségesebb elhelyezési lehetőségével megnövekedett. Ennek vannak gazdasági és ökológiai okai is. Az egyre erősödő társadalmi

nyomás és a növekvő állami szabályozás még inkább aktuálissá teszi a használt termékek újrafelhasználását.

Az anyagáramlás —a újrafelhasználási-folyamatokkal kibővítve— magában foglalja a nyersanyagok, félkésztermékek, késztermékek és használt termékek tárolását. A hulladék, illetve visszaküldött termék időbeli, mennyiségbeli és minőségbeli bizonytalansága —akárcsak magának az újrafeldolgozási folyamat időtartamának és tartalmának bizonytalansága— egyben a tervezés bizonytalanságát is maga után vonja. A tervezés ezek miatt bonyolulttá válik, s a hozzá kapcsolódó bizonytalanság megnöveli a döntések kimenetelének a számát. Elsősorban olyan új döntési helyzetek adódnak, amelyek lehetővé teszik a választást szétszerelési, feldolgozási, illetve felhasználási folyamatok között, s további döntési helyzetet jelentenek a termelési és beszerzési tevékenységek mellett az újrafelhasználási tevékenységeknek is, amelyek alternatív forrást jelentenek a nyersanyag-ellátási folyamatban. Mindezek egyértelművé teszik a termelés- és újrafelhasználás-tervezés integrációjának a szükségességét.

Maga az újrafelhasználás-tervezés —akárcsak a termelés-tervezés— elsősorban stratégiai-taktikai szempontokban jeleik meg, másodsorban pedig operatív tartalommal is bír. Az operatív rész az eredeti termelés-tervezés és irányítás feladatait osztja fel programtervezésre, mennyiségtervre, idő- és kapacitástervre, valamint gyártási/irányítási tervre, természetesen az újrafelhasználás tevékenységekre is kiterjesztve.

A programtervezés az újrafelhasználás esetében a használt termékek típus, mennyiség és időtartam alapján történő kereslet előrejelzését is jelenti. Az előrejelzés alapján lehetséges a újrafelhasználási tevékenységeket kialakítani. A jövőben elvárható termék-visszaküldések alapján aktív tervezésről is lehet beszélni. Ha ezeket az előrejelzéseket nem veszik figyelembe, akkor ezt passzív újrafelhasználás-tervezésnek nevezzük, hiszen csak reagálás történik az akkor éppen ismert használt termékek állományára.

Az integrációra a termelés- és újrafelhasználás-tervezés részfeladatai között mindenekelőtt azért van szükség, mert a termelés program- és mennyiségi terve a használt termékek programtervének előrejelzési alapját képezi, másrészt az újrafelhasználás mennyiségi terve befolyásolja a gyártás időbeni és mennyiségbeni nyersanyagszükségletét. Az MRP rendszer kibővítésére három fő koncepció létezik:

- amely az újrafelhasználás és az MRP integrációjával foglalkozik,
- amely a szétszerelésre és a felhasználás-tervezésre koncentrálna,
- az integrált anyagdiszpozíció tervezést állítja a középpontba.

Az MRP rendszerek továbbfejlesztési módzatainak első megközelítése nem tartalmaz újrafelhasználási döntéstámogatási rendszereket, míg a második és a harmadik koncepció igen. Ez determinisztikus bővítési rendszer, mert csak a passzív újrafelhasználás-tervezésre épít és az MRP rendszer közvetlen bővítése csak a meglévő, adott szétszerelési, újrafelhasználási és anyagellátási stratégiákat tartalmazza. Először a második és a harmadik koncepció lényegét

foglaljuk össze, s külön tárgyaljuk az első változatot, azaz az MRP rendszer és a recycling integrációját.

A szétszerelés- és a felhasználás-tervezés a szétszerelési és a felhasználási tevékenységek meghozatalának kérdéseit jelenti, mint például a használt termékek középtávú taktikai tervének meghatározása, valamint a terméktervezés. A szétszerelés-tervezés magáról a szétszerelés mélységéről való döntéseket, alternatív szétszerelési folyamatok közötti választást, a szétszerelési folyamat lebonyolításának lépéseit, gyakoriságát foglalja magában. A felhasználás tervezése során arról kell dönteni, hogy az eredeti termék újrafeldolgozására törekszik-e a vállalat, vagy csak termékegységeket, nyersanyagokat szándékozik-e visszanyerni. Az egyes anyagok és alkotóelemek recyclingja esetén arra irányul a döntés, hogy a meglévő vagy alternatív belső, illetve külső felhasználási lehetőséget alkalmaz-e a vállalat. Minden recycling-módszer esetén a hagyományos eljárások mellett léteznek alternatív lehetőségek is. A különböző recycling lehetőségek közötti választást nagyban determinálják az adottságként megjelenő technikai és politikai keretfeltételek, amelyek meghatározzák a termék visszavételt, a szétszerelést, feldolgozást és felhasználást. A tervezéshez feltétlenül szükségesek a következő adatok: az újrafelhasználható terméknek vagy bizonyos elemeinek minőségi állapota, a szétszerelési, vizsgálati, feldolgozási, tárolási költségek, valamint az értékesítési árbevétel.

Az integrált anyagdiszpozíció lényege, hogy az újrafelhasználható termék, vagy a termék alkotóelemének visszaáramlását a feldolgozási folyamat megfelelő szintjével kapcsolja össze. Ez komoly koordinációs problémát jelent, amit az okoz, hogy a termelés és a feldolgozás termékszükségletét vissztermékekkel is ki lehet elégíteni, miközben a két folyamat időigénye eltérő. A diszpozíciós feladat a hagyományos termelés és recycling tevékenységek, valamint a hulladék-elhelyezési tevékenységek összehangolása, továbbá az adott tervezési időszakban a várható költségek (termelési, újrafelhasználási, elhelyezési, tárolási és szállítási) minimalizálása. A tárolás diszpozíciós problémájának két különböző megoldási lehetősége van:

- a döntési folyamat folyamatos ellenőrzése, és
- a döntési folyamat periodikus ellenőrzése.

A bizonytalansági problematika kivédhető azáltal, hogy számításokat végeznek a termékek iránti szükségletre, valamint a recycling-termékek visszaküldésére vonatkozóan. Általában abból indulnak ki, hogy minden termék tárolása megoldható, és hogy a használt termékek esetén a feldolgozás során mindig fennáll a hulladéklerakóba való elhelyezés lehetősége is.

A megrendelés-korlátos stratégiát három paraméter jellemzi a tárolási diszpozícióval kapcsolatban:

- raktározási korlát a hagyományos termelésben,
- az újrafelhasználás adta lehetőségek korlátja és
- a hulladéklerakóba való elhelyezés lehetőségének a korlátja.

Abban az esetben, ha a használt termékek köztes tárolása nem lehetséges, akkor az újrafelhasználás és a hulladék-elhelyezési korlátok ezzel összhangban vannak (Inderfurth (1998)).

A termelési folyamat során inputjavakból más javakat állítanak elő, de az output előállítása során különböző melléktermékek keletkeznek, amelyek az ipari termelésből nem zárhatók ki. A termelési folyamat során tehát keletkeznek olyan javak, amelyek a termelési tervben nem jelennek meg. A melléktermékeket csak akkor tudjuk teljes mértékben kizárni, ha lemondunk az előállítandó javakról. A melléktermékek mennyiségét mindenekelőtt azal csökkenthetjük, ha gondoskodunk a megfelelő terméktervezésről, illetve megfelelő intézkedéseket hozunk a beszerzés, termelés és a minőség területén egyaránt.

A hulladékokat két fő kategóriába lehet csoportosítani: szubjektív hulladékokra és objektív hulladékokra. Szubjektív hulladéknak tekinthető minden olyan anyag, amittől annak tulajdonosa szabadulni akar, de arra vonatkozóan semmi megkötést nem tartalmaz, hogy ezek az anyagok felhasználhatók-e vagy sem. Az objektív hulladékok azok a hulladékok, amelyeknek újrahajósítására nincs lehetőség, tehát azokat hulladéklerakóban kell elhelyezni. Corsten és Reiss (1991) azon hulladékokat, amelyek felhasználhatók, recycling-javaknak nevezték el, s e körben a következő csoportosítást végezték el:

- *Melléktermékek* tekinthető minden olyan anyag és energia, amely az előállított végtermékben nem jelenik meg. A melléktermékek tovább csoportosíthatók anyagmaradék és hulladék kategóriákra. A maradékanyagok a melléktermékek azon csoportját képezik, amelyek újrafelhasználhatók, ezáltal az újrafelhasználás lehetséges terméke lehet, míg a hulladék esetén nincs lehetőség az újrafelhasználásra, vagy gazdasági okokból nem megvalósítható.
- A termelés során a termékek és a melléktermékek mellett *selejte*k is keletkeznek: ezen három objektumkategória hasznosítási formája a recycling. Abban az esetben, ha ezen anyagokat azonnal nem használják fel, akkor azok készletekké válnak, s ezáltal maga a recycling készletproblémává válik, amely döntési helyzetekhez vezet.
- *Használt termékek*: az életciklusuk végén lévő vagy technikailag elöregedett termékek.

A fenti besorolás hibája, hogy a melléktermékeket recycling-javaknak tekinti, habár azok objektív hulladékok, s nem lehetnek a recycling tárgyai. A recycling-javak fogalmába az objektív hulladékok nem számítanak bele. A hulladékok csoportosítását az 5. ábra szemlélteti.

Az újrafelhasználást megelőzi a hulladékok összegyűjtése és visszaszállítása —röviden visszagyűjtése— a vállalatához. A használt termékek visszagyűjtése a források és célállomások fizikai és információs összekapcsolásával valósulhat meg.



5. ábra. Az újrafeldolgozásra kerülő anyagok csoportosítása (Becher-Roseman (1993))

A *visszaggyűjtés* folyamatának első eleme az összegyűjtés. Az összegyűjtés alatt azt a folyamatot kell érteni, amikor a használt termékeket a gyűjtési helyre szállítják. Az összegyűjtés a rendelkezésre álló — gyűjtésből származó — tervezési információkon alapul. Az adatgyűjtés az összegyűjtés része — egy információs folyamat —, amely során meghatározzák az összegyűjtési szükségletet, mégpedig a vásárlók lakóhelye, az összegyűjtendő készülékek száma és az elszállítás határideje alapján. További adatok szükségesek a használt termékek típusáról, koráról és minőségi állapotáról. Ezen információk képezik az alapját a begyűjtés túratervezésének, valamint a szétszerelési és felhasználási folyamatnak, azaz ennek alapján tervezik meg az összegyűjtést.

A használt termékek összegyűjtésének három típusa van:

- Az összegyűjtő tevékenységet végzők elmennek a használt termékekért és a közös gyűjtőhelyre szállítják azokat, ami lehet egy szétszerelő gyár, vagy pedig egy átrakodóhely.
- A használt termék tulajdonosa szállítja a használt terméket a gyűjtőhelyre.
- Az előző két rendszer kombinációja.

Az összegyűjtést általában az önkormányzat által megbízott szemétszállító vállalkozások végzik, bár az is egyre jellemzőbb lesz, hogy a különböző műszaki cikket forgalmazó cégek visszaveszik a használt gépeket, amennyiben a tulajdonos új gépeket vesz náluk. Az adatok és a használt termékek összegyűjtését különböző nehézségek hátráltathatják, például:

- Az adatgyűjtésre különböző párhuzamos rendszerek állnak rendelkezésre a vásárlók számára, s a szolgáltatók specifikus kínálata nem megfelelően konkretizált.
- Telefonon történő rendelésvétel vagy adatgyűjtés nem minden esetben lehetséges, ha igen, akkor is csak hosszú várakozási idő után, illetve többszöri próbálkozásra.
- A bejelentés és az összegyűjtés között a város és a gyűjtőrendszer elérhetősége miatt egytől akár több hét is eltelhet.
- A megadott elszállítási időt sok esetben nem tudják betartani.

- Maga az összegyűjtés csak az utcára kihelyezett használt termékek elvitelét jelenti, a házban, lakásban, illetve pincében elhelyezett gépekre nem terjed ki.
- Olyan járműveket használnak az összegyűjtésre, amelyek maximális tárolókapacitása nincs kihasználva.
- Az egyre növekvő számú gyűjtőrendszer versenyhez vezet a használt termékekért, mégpedig azért, hogy a gyűjtőrendszer, valamint a felhasználóüzemek kapacitáskihasználtsága is maximális legyen. Ezáltal a gyűjtési útvonalak egyre hosszabbak lesznek, ami egyben nagyobb szállítási távolságot, környezetterhelést, valamint költséget jelent stb.

Rakodás mindazon szállítási és tárolási folyamat, amely a termék szállítási eszközre való felrakása, szállítóeszközzel való levétele, illetve szállítóeszköz váltása esetén merül fel. Sok esetben azért van szükség az átrakodásra, hogy csökkentsék a termékáramlás koncentrációját. Az átrakodás nem opcionális tevékenység, hiszen mind a közvetlen visszavezetés, mind pedig a lépcsőzetes visszavezetés folyamatában szerepel. Az átrakodás nagyrészt kézzel történik, ami egyfelől magas rakodási költségeket okozhat, másrészt kárt okozhat a feldolgozandó termékekben a nem szakszerű kezelés.

Szállítás alatt jelen esetben a termelési és fogyasztási folyamatból kivont, de még újrafelhasználható termékek elszállítását értjük a gyűjtőhelyekre vagy valamilyen központi gyűjtőhelyre. A szállítás egylépcsős visszavezetés esetén a szétszerelő gyárba történő eljuttatást jelent, míg egy többlépcsős visszavezetés esetén pedig a következő gyűjtőhelyre. A szállítási költségek csökkentése érdekében a szállításhoz más járműveket használnak, mint az összegyűjtéshez. A szállítás nem kényszerű tevékenység a visszavezetés folyamatában, hiszen ha csekély a távolság a forrás és a célállomás között, akkor a gyűjtőtúra a célállomáson végződik. A szállítást általában teherautókkal végzik.

A szállítással kapcsolatban felmerülő problémák:

- Az automatizálható, s ezáltal hatékonyabb átrakodási folyamatok száma korlátozott.
- A használt termékek a fel- és lepakolásnál —akárcsak a szállítás során— megsérülhetnek.
- A csapadék korrózióhoz vezet s ez által csökkenti a szétszerelhetőséget.
- A szállításhoz használt segédanyagok nem raktározhatók, ezért nincs lehetőség azok helytakarékos tárolására.

A *tárolás* a megmunkálendő anyagok tervezett elhelyezése. A raktározás célja

- a beszerzés, szállítás és termelés ingadozásainak kivédése,
- a kínálat és a kereslet közötti különbségek kiegyensúlyozása,
- az ismeretlen keresleti és kínálati divergenciák bizonytalanságának csökkentése,
- választék kialakítása.

Létezik outputorientált és inputorientált tárolás. Ahogy a neve is mutatja, az outputorientált a használt termékek forrására, tehát a használt termékek tulajdonosaira koncentrál, akik le akarják adni használt termékeiket. Az inputorientált tárolás a visszagyűjtés célállomására vonatkozik, ami lehet egy szétszerelő gyár, amely a szétszereléssel inputot állít elő a termelés számára.

A *szétválogatás* vagy *szortírozás* a begyűjtött használt termékek speciális szétszerelő vagy újrafelhasználó műveletek szerinti szétválogatását jelenti. Magán a konkrét szétszerelésen kívül itt végzik el a rendelkezésre álló, illetve szállítható használt termékek dokumentációját, s ez által a szétszereléshez szükséges információknak nagy jelentősége van. Ezen dokumentációk és információk lehetővé teszik a specializált szétszerelő gyárak, illetve üzemek számára, hogy tervezni tudják kapacitásukat, akár csak a szétszerelés eredményeként létrejövő értékesíthető alkatrészeket. Ebből következően már a szortírozás keretében elvégezhető egy előzetes szétszerelés, s ez által növelhető az ezt követő szállítási folyamat hatékonysága, s a szétszerelendő mennyiség csökkentésével jobb szállításkihasználat is érhető el. Ezen kiegészítő tevékenységek révén megnő a kereslet a speciális szolgáltatásokat nyújtó szortírozó üzemek iránt. Maga a szortírozás már nem a géptípusok és variánsok szerinti szétválogatást jelenti, hanem a későbbi szétszerelés céljából végzendő tevékenységet.

A *csomagolás*nak védelmi, tárolási, szállítási, azonosítási és információs funkciója van, amelyek az értékesítést és használatot lehetővé teszik. A csomagolás során a legfontosabb, hogy az a lehető legkevésbé szennyezze a környezetet, amely elérhető azáltal, hogy a vállalatok olyan szállítóeszközöket használnak, amelyek kevesebb vagy semennyi csomagolóanyagot nem igényelnek (pl. konténerek).

A visszagyűjtés folyamatát befolyásolják továbbá a teljesítményprogramok, a szolgáltatások színvonala és minősége. Fontos ismerni a vásárlók elvárásait a visszagyűjtési rendszerrel szemben, mint például a szolgáltatások minőségét illetően, hiszen ezek befolyásolják azt, hogy mennyire fogják a kiépített rendszert, hálózatot használni, azaz ezen szolgáltatások iránti keresletet, ami a szolgáltatások költsége nagyban meghatároz (Waltemath, 2001).

A használt termékekkel kapcsolatos alapvető logisztikai feladatok ismeretete után térjünk rá az újrafelhasználás MRP-be történő integrációra. Az MRP rendszer alapvető célja a befolyásolható költségek (termelési, szállítási, tárolási, eszközököltség) minimalizálása. E rendszer időbeli és mennyiségbeli céljai a következők:

- minimális átfutási idő,
- nagy pontosság,
- alacsony készletszint,
- maximális kapacitáskihasználat.

A 6. ábra az MRP rendszer befolyásolható elemeit foglalja össze .

Cél	Objektum	Kapacitás	Feladat
Időnagyság		Kapacitáskihasználtság	Átfutási idő (Átf.idő csökkentése)
Mennyiségbeli nagyság		Személyzeti és eszközállomány	Szállíthatóság
Értékbeli nagyság		Kapacitásköltség	Hiany- és tárolási költség

6. ábra. Az MRP célrendszere (Corsten-Reiss (1991))

Annak érdekében, hogy az újrafelhasználási folyamatot integrálni tudjuk az MRP rendszerbe, a tervezéshez szükségünk van a használt termékekről és az újrafelhasználási folyamatokról lényeges információkra. Ahhoz, hogy ezen információk a megfelelő formában rendelkezésre álljanak, egy megfelelően kiépített vállalati információs rendszerre van szükség. Ezen információs rendszernek figyelemmel kell kísérnie a jogszabályi környezet folyamatos változását, kibocsátás-csökkentési intézkedéseket kell bevezetnie, környezetvédelmi statisztikákat, információkat kell tartalmaznia a hulladékkezelésről, beszerzési módokról, minőségről, anyag- és energiapályokról (anyag- és energiamérleg) a különböző inputok és outputok tekintetében. Azt is vizsgálják, hogy mely vállalati/termelési folyamatok kapcsán lép fel környezetszennyezés és azok milyen mértékű környezetszennyezést okoznak, mert ez alapján kell a szennyezési adót fizetni. Az MRP rendszernek az újrafeldolgozási rendszerrel történő horizontális kibővítése három területen jelent kiszélesítési igényt:

1. újrafelhasználási programtervezés,
2. újrafelhasználási kapacitástervezés,
3. újrafelhasználási folyamattervezés.

Az MRP rendszerben a következő bővítési szükségletek adódnak:

- A szállítási és tárolási kapacitásokat figyelembe kell venni és prioritási szabályok meghatározására van szükség, hogy a nem vagy csak a korlátozottan tárolható javakat használják fel először.
- A szállítás felülvizsgálatára mindenképpen szükség van, mégpedig a szállítandó használt termékek mennyiségére és határidejére vonatkozóan. Tekintettel kell lenni továbbá a feldolgozási folyamat során a gyártási lépésekre, valamint a használt termékek mennyiségére és határidejére. Figyelni kell a kibocsátási határértékekre a nem felhasználható melléktermékek kezelésekor. A további feldolgozáshoz mennyiségi és minőségi kritériumok betartására van szükség.

A mennyiségi tervezés során is szükség van az MRP rendszer kibővítésére és átalakítására. A maradóanyagok és hulladékok elsősorban az alkatrészek és nyersanyagok nettó szükségletét csökkentik, s ezen újrafelhasznált inputjavitakat a termelési folyamatban inputként lehet felhasználni. A használt termékek keletkezése azonban nagyfokú bizonytalanságot hordoz magában. A bruttó szükségletet az anyagszükségleti tervből határozzák meg. Bővítésre van szükség az adatok kezelése és feldolgozása tekintetében. Ide tartozik:

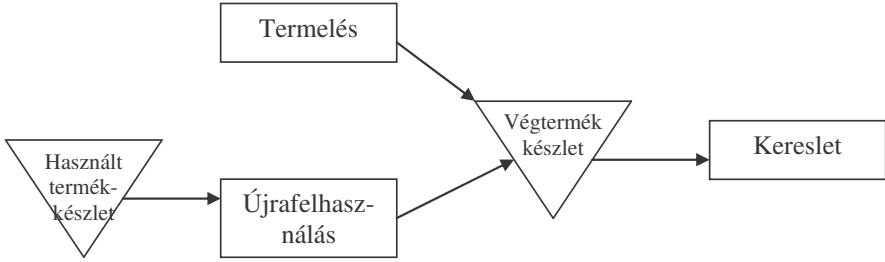
- a megbízhatósággal kapcsolatos (termelési idő, mennyiség és minőség),
- gépekkel kapcsolatos (állási idő),
- munkaerővel kapcsolatos (hiányzások és jelenléti idők) és
- anyagokkal kapcsolatos (anyaghiány és rendelkezésre állás az egyes anyagokból az egyes termelési helyeken) adatok begyűjtése, tárolása, frissítése, feldolgozása.

Természetesen ezen anyagoknak nemcsak a termelési, hanem az újrafelhasználási folyamat számára is rendelkezésre kell állnia. Szükség van továbbá munkatervre is, amely a használt termékek mennyiségbeli és típus szerinti csoportosítását végzi.

Az MRP rendszerben az egyes tervezési szintek egyoldalúan függenek egymástól, egymásra épülnek, míg maga az újrafelhasználási folyamat körkörös természetű, azaz a folyamatai függetlenek egymástól. A termelés-tervezés különböző lépcsőfokai lineárisan kiépítettek, ezáltal az egyes tervezési szintek közötti függetlenséget törvényszerűen figyelmen kívül hagyják. Az egyes lépcsőfokok teljesíthetősége az előzményektől függ, azaz az egyes döntési szintek a következő döntési szint számára feltételként jelentkeznek. A termelési programnak és a kapacitásoknak illeszkedniük kell egymáshoz. Ha a tevékenységeket a kapacitásoktól független átfutási idővel végzik, az inkonzisztenciákhoz vezet a tervezésben, mivel a mennyiségi tervben meghatározott naturáliák, valamint a határidő és kapacitástervben meghatározott határidő nem tartható be, hiszen a szerződésben megadott határidő nem egyezik meg a szükséges határidővel. Mivel az újrafelhasználáshoz szükséges maradékanyagok és hulladékanyagok nem állandó, hanem rendszertelen mennyiségben érkeznek, ezért az újrafelhasználási folyamatban megbízható átfutási idő meghatározása a hagyományos MRP rendszer alkalmazását nehezíti. A tervezés linearitása és a tervezési objektum ciklikussága a tervezés időbeliségét nehezíti.

A nettó szükséglet fedezésére az újrafelhasznált termék feldolgozás után felhasználható. A bruttó szükséglet esetén pedig a gyári, a rendelt, a tartalék és a biztonsági készletek mellett a beépíthető használt termékek felhasználhatóak.

A tervezés kapcsán fontos megjegyezni a döntések centralizáltságának mértékét. Abban az esetben, ha az újrafelhasználási folyamatban a maradékanyagok, a hulladékanyagok, illetve selejtek, valamint használt termékek is megjelennek, annál inkább mondhatjuk, hogy az újrafelhasználási folyamat többlépcsős, s ezáltal maga az MRP rendszer sokkal centralizáltabb lesz. Tehát a komplexitás és a centralizáltság között pozitív korreláció van. Továbbá minél bizonytalanabb az újrafelhasználási folyamat, annál kevésbé centralizált a kibővített MRP rendszer (Corsten-Reiss (1991)).



7. ábra. Az MRP-tábla anyagáramlása

A recyclinggal bővített MRP-tábla első fele nem igazán tér el a hagyományos MRP-táblától, bár az ebben kiegészítésként szereplő sor — a használt termék készlet — azt jelenti, hogy a hagyományos készletek kibővülnek, mégpedig alternatív készlettel, hiszen a visszaküldött termékekből kinyert alkatrészek és anyagok bekerülnek a készletek közé, s innentől kezdve nem tesznek különbséget a használt, illetve új készletek között. A tervezési horizont 6 periódusos, 15 egységes biztonsági szint és 2 hetes átfutási idő jellemzi a 8. ábrát. Az anyagáramlási folyamatot, amit az MRP-tábla mutat, a 7. ábrán szemléltetjük.

A jelen időszak raktárkészlete sort a következő művelet eredménye adja: a termelt, a recycling, valamint az előző időszaki raktárkészlet összege, csökkentve a bruttó szükséglettel. A raktárkészlet mennyiségénél figyelni kell arra, hogy a biztonsági készlet szint 15 egység. A visszaérkezések várható szintje adott, azaz 4 egység. Az újrafelhasználási folyamat raktármennyisége is adott. A újrafelhasználási szükséglet 4, ez a várható visszaküldésekéből következik. Az használt termék rendelés az újrafelhasználási szükségletből adódik, 2 hét átfutási idővel eltolva. A kezelési szükséglet az újrafelhasználási folyamat raktármennyisége, csökkentve a használt termék rendeléssel. A termelési szükséglet a nettó szükséglet, csökkentve a újrafelhasználási szükséglettel, a termelésfeladás pedig ennek eltolása két hét átfutási idővel.

	0	1	2	3	4	5	6
Bruttó szükséglet		10	10	10	10	10	10
Termelt készlet		8	14				
Újrafelhasználási készlet		5	4				
Raktárkészlet	9	12	20	15	15	15	15
Nettó szükséglet		3	0	5	10	10	10
Várható visszaérkezés		4	4	4	4	4	4
Újrafelhasználási folyamat raktár mennyisége	7	4	4	4	4	4	4
Újrafelhasználási szükséglet		–	–	5	4	4	4
Újrafelhasználási rendelés		5	4	4	4	–	–
Kezelési szükséglet		2	0	0	0	–	–
Termelési szükséglet		–	–	0	6	6	6
Termelésfeladás		0	6	6	6	–	–

8. ábra. Az újrafelhasználással bővített MRP-tábla (Inderfurth-Jensen (1998))

Ezzel sikerült az anyagszükséglet tervezési rendszerbe kiegészítésként beépíteni a visszaáramlott használt termékek újrafeldolgozását.

Összegzésként megállapítható, hogy napjainkban egyre fontosabbá válik a környezetvédelem, s ez a folyamat komoly előrelépésnek tekinthető a néhány évtizeddel ezelőtti gondolkodáshoz képest. Mindaddig azonban, amíg a vállalatok nem látják a tudatos környezetvédelemben igazi üzletet, azaz nem ébrednek rá arra, hogy versenyelőnyre válhat visszatás logisztikai tevékenységük —ha azt stratégiai szinten kezelik—, addig környezetünk megóvása érdekében nem léphetünk nagyot. Versenyelőnyre válhat, ha a társadalom szemében egy vállalat környezettudatos tevékenységet folytat, s ezt különböző auditokkal és környezetvédelmi elismerésekkel alátámasztja, hiszen a társadalom tagjai növekvő környezettudatosságuk miatt egyre inkább a környezetbarát termékek felé fordulnak.

Bemutattunk több eljárást is, melyek révén a vállalatok csökkenthetik az elsődleges nyersanyagok, illetve energia felhasználását, valamint a környezetszennyezést, s az alkalmazható módszerek közül kiválaszthatják a tevékenységüknek leginkább megfelelőt. A lehetőség tehát adott, „csak” el kell kötelezniük magukat a szemléletváltás és a hosszú távú környezetvédelem mellett. Ugyanakkor szükség van arra is, hogy az emberek fogyasztói szemlélete megváltozzon, aktívan vállaljanak szerepet a környezet védelme érdekében. Természetesen az államnak is jelentős befolyásoló szerepe van és lehet annak alakítására, hogy az adott társadalom mennyire környezettudatos, illetve mennyire sikerül megértetni, hogy nemcsak a mi életünkről, jövőnkről van szó, hanem a jövő generációk sorsáról is, s nem tehetjük meg, hogy lehetetlen életkörülményeket hagyjunk magunk után.

4 Összefoglalás és további kutatások

A dolgozatban a visszatás logisztikát és annak a termelésstervezésbe történő beépíthetőségét mutattuk be. A visszatás logisztika az MRP-be (anyagszükséglettervezési rendszerek) teljes mértékig integrálható, ugyanakkor megnehezítheti a modellépítést, hogy ebben az esetben az adattáblában kezelni kell a beérkező és újrafeldolgozható termékeket is a szokásos új termékeken kívül. Az adattábla utolsó sora mutatja a megelőző fázisok és/vagy beszerzés szükségletét. Itt jelenik meg a készletgazdálkodási probléma: összevonjon-e a döntéshozó termelési és/vagy beszerzési tételeket. A klasszikus MRP-ben a szükségletek kielégítésére heurisztikákat alkalmaznak, mint a Groff-algoritmus, Silver-Meal-heurisztika stb. Az ilyen heurisztikák szinte minden esetben az optimális tétel nagyság modell (EOQ) optimalitási kritériumát használják fel. Ez az a tulajdonság, hogy az optimumban a rendelési/átállítási költségek megegyeznek a készlettartási költségekkel. A kérdés most úgy hangzik, hogy a létező EOQ-típusú visszatás logisztikai modellek hogyan alkalmazhatóak az MRP-ben?

A kérdés megválaszolásához hat, az irodalomban elérhető EOQ-típusú visszatás logisztikai modellt ismertettem. A modellek azon közös feltevésen

alapulnak, hogy a hiányt kizárják. A költségstruktúra teljesen analóg a klasszikus tételnagyaság modellekkel, vagyis az új termékek beszerzési/termelési ciklusfix és készlettartási költségei ismertek, valamint a használt termékek újrafeldolgozási ciklusfix és készlettartási költségei is.

Ezen feltételezések mellett egységes szerkezetben vizsgáltam a modelleket; megmutatva, hogy azok a függelékben található meta-modellhez vezetnek. Erre azért van szükség, mert a készletezési célfüggvény felírása után két helyettesítéssel egyszerűsíthető a függvény: vagy a tételnagyaságokat helyettesítjük a költségfüggvénybe, vagy a tételszámokat. Ha a tételszámokkal kezdjük az egyszerűsítést, akkor a költségfüggvényben nem tudjuk a tételszámok egészértékűségét a továbbiakban vizsgálni. Ezért a matematikai kezelhetőség kedvéért célszerűbb a tételnagyaságokat behelyettesíteni, ami pedig a meta-modellhez vezet. Ezzel a módszerrel sikerült a modelleket általánosítani azokra az esetekre is, amikor mind a beszerzési/termelési tételszámok, mind az újrafeldolgozási tételszámok nagyobbak, mint egy. Olyan példát is mutattam, amikor mind a két tételszám határozottan nagyobb, mint egy.

Vizsgáltam azokat az eseteket is, amikor az EOQ-típusú költségeken kívül lineáris beszerzési/termelési, újrafeldolgozási és hulladékkezelési költségekkel bővül a költségfüggvény. Ekkor azt mutattam meg, hogy az optimális megoldásban a hulladékkezelés negligálható, azaz minden visszatérő és újrafeldolgozható terméket gazdaságos használni. Ennek szükséges feltétele az, hogy a két tiszta stratégia közül, vagyis a beszerzés/termelés és a teljes újrafeldolgozás közül az újrafeldolgozás legyen gazdaságosabb.

A bemutatott készletmodellek lehetnek az alapjai olyan heurisztikák megalkotásához, amelyeket az MRP-ben is lehet alkalmazni. Ismereteim szerint ezen a területen még nincs előrelépés az irodalomban. A Wagner-Whitin dinamikus tételnagyaság modell újrafeldolgozással történő kibővítését Richter-Sombrutzki (2000), Richter-Weber (2001) és Richter-Gobsch (2005) végezték el.

Most a Richter-Sombrutzki (2000) modellt ismertetem, ami lényegében Schrady (1967) modelljének kiterjesztése arra az esetre, amikor a kereslet és a visszaérkezés időben változik. Ebben a modellben nem értelmezzük a hulladékkezelést. A modell paramétereinek és változóinak használatánál eltérnek a hivatkozott cikkben alkalmazottól, helyette a Schrady-féle jelölést veszem át.

A modell mérlegegyenletei a következő formában írható fel:

$$\begin{aligned} I_t &= I_{t-1} + Q_t^P + Q_t^R - D_t \\ i_t &= i_{t-1} - Q_t^R + R_t \end{aligned} \quad (t = 1, 2, \dots, T)$$

$$\begin{aligned} I_t &\geq 0, & i_t &\geq 0 \\ Q_t^P &\geq 0, & Q_t^R &\geq 0 \end{aligned} \quad (t = 1, 2, \dots, T)$$

ahol $I_0 = i_0 = 0$. Az első egyenlőség azt mondja ki, hogy az új termékek induló készlete egy t -edik időszakban növekszik a beszerzéssel és javítással, amit csökkent a kereslet. A második egyenletben a használt termékek készletét

növeli a beáramlás, de csökkenti a javításba vont használt termékek mennyisége. A következő egyenlőtlenségek a modell változóinak nemnegativitását mondják ki.

A célfüggvény

$$\sum_{t=1}^T (A_P \cdot \text{sign } Q_t^P + h_1 \cdot I_t + A_R \cdot \text{sign } Q_t^R + h_2 \cdot i_t) \rightarrow \min .$$

A célfüggvény a rendelési, átállítási költségek és a készlettartási költségek összege. A sign függvény értéke nulla, ha az argumentum értéke nulla, különben egy. A modell változói és paraméterei a függelékben találhatóak.

Richter és Sombrutzki (2000) bebizonyították a modell néhány tulajdonságát:

$$\text{i) } Q_t^P \cdot Q_t^R = 0, \quad (t = 1, 2, \dots, T)$$

$$\text{ii) } I_{t-1} \cdot (Q_t^P + Q_t^R) = 0, \quad (t = 1, 2, \dots, T).$$

Ezeket a tulajdonságokat nem bizonyítjuk, mivel az említett cikkben megtalálhatóak. Az (i) pont szerint egy periódusban vagy beszerzés, vagy javítás lehet az optimális megoldásban, de egyszerre a kettő nem. A második egyenlőség szerint ha a készletállomány pozitív egy periódus elején, akkor a periódusban beszerzés vagy javítás nem történik. Ha azonban a készletállomány zérus, akkor az időszakban beszerzésre, vagy javításra sor kell, hogy kerüljön. Ez a második egyenlőség teljesen analóg a Wagner-Whitin (1958) modellben foglaltakkal, vagyis termelni ott csak akkor kell, ha a készletállomány nulla. Amint látjuk, a Schrady-féle modell készletezési stratégiája felhasználta e két tulajdonságot. A bemutatott modell megoldható a dinamikus programozás módszerével, de a megoldás számítástechnikailag rendkívül időigényes, ami szükségessé teszi szuboptimális megoldást előállító heurisztikák előállítását.

Az első, további kutatást kívánó kérdés az, hogy mennyire használható az EOQ-típusú visszutas logisztikai készletmodell a fentebb ismertetett kibővített Wagner-Whitin-féle dinamikus tétel nagyság megoldására. Egy másik vizsgálandó kérdés, hogy hogyan állítható elő egy szuboptimális megoldást nyújtó algoritmus.

A következő kérdés a létrehozandó heurisztikák működésére irányul: ha vannak ismert algoritmusok, amelyek az EOQ-ra alapozódnak, akkor azok milyen költség- és rendszerparaméterekre adnak az optimálisához legközelebb eső megoldást? Az ilyen típusú vizsgálatok szimulációk végrehajtásához vezetnek. Numerikus elemzések nélkül a kérdést nem lehet megválaszolni. Ezeket a jövőben létrehozandó heurisztikákat lehetne majd felhasználni a termelésstervezésben a rendelési/gyártási tételek összevonására.

A. Függelék. Schrady modelljének változói és paraméterei

A modell döntési változói

- Q_P beszerzési tétel nagyság, nemnegatív,
- m a beszerzési tételek száma, $m \geq 1$, egészértékű,
- Q_R javítási tétel nagyság, nemnegatív,
- n a javítási tételek száma, $n \geq 1$, egészértékű,
- T a beszerzési-javítási ciklus hossza, nemnegatív.

A modell paraméterei

- d időegységre eső keresleti ráta,
- r újrafelhasználási ráta, a d keresleti ráta százalékában, a hulladékra $1 - r$,
- A_P egy rendelésre eső fix rendelési költség, PE/rendelés,
- A_R egy javítási tételre eső fix indítási költség, PE/tételindítás,
- h_1 a beépíthető alkatrészek készlet tartási költsége, PE/darab/idő,
- h_2 a javítandó alkatrészek készlet tartási költsége, PE/darab/idő.

B. Függelék. Richter és Sombrutzki modelljének változói és paraméterei

A modell paraméterei

- D_t a t -edik periódus kereslete az új termék iránt, nemnegatív,
- R_t a t -edik időszak visszaérkező használt termék mennyisége, nemnegatív,
- I_0 az új termékek kezdőkészlete a tervezési horizont kezdetén,
- i_0 a használt termékek kezdőkészlete a tervezési periódus elején,
- A_P egy rendelésre eső fix rendelési költség, PE/rendelés,
- A_R egy javítási tételre eső fix indítási költség, PE/tételindítás,
- h_1 a beépíthető alkatrészek készlet tartási költsége, PE/darab/idő,
- h_2 a javítandó alkatrészek készlet tartási költsége, PE/darab/idő,
- T a tervezési időhorizont hossza.

A modell változói

- I_t az új termékek kezdőkészlete a t -edik ciklus kezdetén, nemnegatív,
- i_t a használt termékek kezdőkészlete t -edik periódus elején, nemnegatív,
- Q_t^P beszerzési tétel nagyság a t -edik periódusban, nemnegatív,
- Q_t^R javítási tétel nagyság a t -edik időszakban, nemnegatív.

Irodalom

1. Becher J., Rosemann M. (1993): *Logistik und CIM*, Springer-Verlag, Berlin et al.
2. Carter, C. R., Ellram, L. M. (1998): Reverse logistics: A review of the literature and framework for future investigation, *Journal of Business Logistics*, No. 1, 85–101.
3. Corsten H., Reiss M. (1991): Recycling in PPS-Systemen, *Die Betriebswirtschaft*, 615–627.

4. Cselényi J.– Mang B. – Bányainé Tóth Á. – Bányai T. (1997): A recycling logisztika, mint a logisztikai kutatások dinamikusan fejlődő egyik új iránya, *Logisztika*, 1. sz. 8–13.
5. de Brito, M. P., Dekker, R. (2004): A framework for reverse logistics, In: Dekker, R., Fleischmann, M., Inderfurth, K., van Wassenhove, L. (2004, Eds.): *Reverse Logistics: Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains*, Springer, Berlin et al., 3–27.
6. Dobos I. (2004): Készletmodellek a visszatás logisztikában, In: Czakó E., Dobos I., Kóhegyi A. (Szerk.): *Vállalatai versenyképesség, logisztika, készletek: Tanulmányok Chikán Attila tiszteletére, BKÁE Vállalatgazdaságtan Tanszék*, (2004), Budapest, 290-303.
7. Dobos, I. (2002): *The generalization of Schradly's model: a model with repair*, Working Paper Nr. 7, Department of Business Economics, Budapest University of Economics and Public Administration.
8. Dobos, I., Richter, K. (2000): The integer EOQ repair and waste disposal model – further analysis. *Central European Journal of Operations Research* 8, 173–194.
9. Ferrer, G., Whybark, D. C. (2000): Material Planning for a Remanufacturing Facility, *Production and Operations Management* Vol. 10, 112–124.
10. Guide, V. D. R. (2000): Production planning and control for remanufacturing: industry practice and research needs, *Journal of Operations Management* 18, 467–483.
11. Inderfurth K. (1998): *Neue Aufgaben und Lösungsansätze der Produktionsplanung bei Produktrecycling*, Preprint Nr. 26, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Otto-von-Guericke Universität, Magdeburg.
12. Inderfurth, K., Jensen, T. (1998): Analysis of MRP policies with recovery options, *10th Int. Working Sem. on Production Economics*, Innsbruck/Igls, Austria, Pre-Prints Vol. 2., 265–300.
13. Kopicky, R. J., Berg, M. J., Legg, L., Dasappa, V., Maggioni, C. (1993): *Reuse and recycling: Reverse logistics opportunities*, Council of Logistics Management, Oak Brook, IL.
14. Lambert, D. M., Stock, J. R. (1981): *Strategic Physical Distribution Management*, Irwin, Homewood, IL.
15. Mike, G. (2002): *A logisztika környezetvédelmi kérdései és a Reverse Logistics*, 19. sz. műhelytanulmány BKÁE, Vállalatgazdaságtan Tanszék, Budapest.
16. Murphy, P. R., Poist, R. P. (1989): Managing of logistics retromovements: An empirical analysis of literature suggestions, *Transportation Research Forum*, Vol. 29, No. 1, 177–184.
17. Pohlen, T. L. – Farris, M. (1992): Reverse logistics in plastic recycling, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 22, No. 7, 35–47.
18. Rautenstrauch C. (1997): *Fachkonzept für ein integriertes Produktions-, Recyclingplanungs- und Steuerungssystem (PrPS)*, Walter de Gruyter, Berlin.
19. Richter, K., Dobos I. (2003): Az újrahasonosítás hatása a gazdasági sorozatnagyságra, *Szigma*, Vol. 34, 45–63.
20. Richter, K., Gobsch, B. (2005): Kreislauf-Logistik mit Losgrößenrestriktionen, *Zeitschrift für Betriebswirtschaft – Special Issue 4/2005*, 57–78.

21. Richter, K., Sombrutzki, M. (2000): Remanufacturing planning by reverse Wagner/Whitin models, *European Journal of Operational Research* 121, 304-315.
22. Richter, K., Weber, J. (2001): The reverse Wagner/Whitin modell with variable manufacturing and remanufacturing cost, *Int. J. of Production Economics* 71, 447-456.
23. Rixer, A. (1995): Az inverz logisztika és a logisztika, mint körfolyamat, *Közlekedéstudományi Szemle XLV.*, 166-175.
24. Rogers, D. S. – Tibben-Lembke, R. S. (1999): *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*, Reverse Logistics Executive Council, Pittsburgh.
25. Schrady, D. A. (1967): A deterministic inventory model for repairable items, *Naval Research Logistic Quarterly* 14, 391-398.
26. Spengler T., Püchert H., Penkuhn T., Rentz O. (1997): Environmental Integrated Production and Recycling Management, *European Journal of Operational Research* 97, 308-326.
27. Stock, J. R. (1998): *Development and Implementation of Reverse Logistics Program*, Council of Logistics Management, Oak Brook, IL.
28. Stock, J. R. (1992): *Reverse Logistics*, Council of Logistics Management, Oak Brook, IL.
29. Thierry, M., Salomon, M. J., van Nunen, J., van Wassenhove, L. (1995): Strategic Issues in Product Recovery Management, *California Management Review*, Vol. 37, No. 2, 114-135.
30. Wagner, H. M., Within, T. M. (1958): Dynamic version of the economic lot size model, *Management Science* 5, 89-96.
31. Waltemath, A. M. (2001): *Altprodukt rückführung als logistische Dienstleistung*, Dissertation, Technische Universität, Berlin.

REVERSE LOGISTICS AND PRODUCTION PLANNING

The aim of the paper is to extend production planning with reverse logistics and reuse. Material requirements planning (MRP) systems plan and control inventory levels and purchasing activities of the firm. In the last decade scientists on this field try to involve reverse logistics activities in MRP systems. Size of MRP-tables is growing in this case because of the alternative use of newly purchased products and reusable old items. Determination of order quantities will be more complex with these two modes of material supplies. An EOQ-type reverse logistics model is presented in the paper with a dynamic lot size generalization. The generalized model can be seen as a basic model to build in production planning and control system like SAP.

AZ EXPRESSZ PÉNZTÁRAK VÁRAKOZÁSBEFOLYÁSOLÁSÁNAK KVANTITATÍV ELEMZÉSE¹

KOLTAI TAMÁS – KALLÓ NOÉMI
BME, Menedzsment és Vállalatgazdaságtan Tanszék

Nagyobb üzletekben gyakran alkalmaznak expressz pénztárakat a kis mennyiséget vásárló vevők elkülönített kiszolgálására. Az expressz pénztáraknál megengedett maximális vásárolható mennyiség, a *limitérték* meghatározása általában szokásokon, intuíción, illetve különböző heurisztikus menedzsment-megfontolásokon alapszik. A bemutatásra kerülő modell az expressz pénztárak *optimális limitértékét* kvantitatív vizsgálatok segítségével határozza meg. Az optimális limitérték az összes vevő sorban töltött átlagos várakozási idejét minimalizálja. Az optimális limitérték meghatározására alkalmas modellt érzékenységvizsgálatokkal egészítettük ki, amelyek azokra a kérdésekre adnak választ, hogy hogyan változik az optimális limitérték, ha a modell főbb paramétereinek értékei megváltoznak. Az érzékenységvizsgálati eredmények a rövid- és középtávú menedzsmentdöntések meghozatalában nyújtanak segítséget. A modell működését és az érzékenységvizsgálatok eredményeinek menedzsmentkövetkeztetéseit egy barkácsáruház valós példájával illusztráljuk.

1 Bevezetés

Az időalapú-verseny térnyerésével a szolgáltató rendszerek idővel kapcsolatos teljesítménytényezőinek fejlesztése egyre fontosabb menedzsmentcélá válik (Stalk, 1988; De Toni – Meneghetti, 2000). Üzletek hirdetései hangsúlyozzák a pénztáraknál tapasztalható rövid várakozási időt, gyorséttermek és házhozszállítással foglalkozó vállalkozások kárpótlást ígérnek, ha a várakozási idő túllép egy bizonyos mértéket. A hasonló példák nagy száma arról tanúskodik, hogy az *idő* fontos marketing- és működési tényezővé vált (Kostecki, 1996). Szolgáltatásoknál a várakozási mutatók fejlesztésének gyakran alkalmazott módja a sorképzési szabályok bevezetése. Ezek a szabályok valamely tulajdonságuk alapján csoportokra osztják a vevőket, és a különböző vevői csoportokat különböző kiszolgáló egységekhez rendelik (Hillier – Lieberman, 1995). A sorképzési szabályok egyik népszerű típusa az expressz pénztárak kialakítása, amelyekkel nagyobb üzletek pénztárainál találkozhatunk. Ilyenkor a vevői csoportok képzése a vásárolt mennyiség alapján történik. Ha egy adott vevő nem vásárol több tételt, mint a kijelölt limitérték, akkor igénybe veheti az expressz pénztár(ak)at. Általános nézet, hogy az expressz pénztárak

¹Beérkezett: 2008. január 16. E-mail: koltai@mvt.bme.hu, kallo@mvt.bme.hu.

alkalmazása javítja a várakozási mutatókat. Ez azonban nem mindig helytálló feltételezés.

Annak ellenére azonban, hogy az expressz pénztárak sok esetben nem csökkentik a vevői várakozást, igen népszerűek a vevők körében. Ez az ellentmondás az emberi tényező jellegzetességeivel magyarázható. A várakozás vevők által észlelt és tényleges hossza ugyanis általában különbözik egymástól. Ennek oka, hogy a várakozás észlelt hosszát a vevői jellemzők (például a tolerálható várakozás mértéke, a várakozás iránti attitűd), illetve a várakozási folyamat tényezői (például a várakozási környezet, a szolgáltatás előtti és közbeni várakozás aránya) is képesek befolyásolni (Nie, 2000). E tényezőkkel és azok várakozásészlelésre való hatásával az észlelésmenedzsment (perception management) foglalkozik. Ezekre a tényezőkre pedig az expressz pénztárak kedvező hatással vannak, ami elegendő a vevők várakozással kapcsolatos elégedettségének növeléséhez (Koltai – Kalló, 2006).

E cikk célja az expressz pénztárakkal rendelkező rendszerekben tapasztalható sorban töltött átlagos várakozási idő vizsgálata. Egy modellt hoztunk létre, amelynek segítségével meghatározható az expressz sorokhoz csatlakozást kontrolláló paraméter optimális értéke. Ez a kontrollparaméter (a limitérték) az a maximális mennyiség, amelyet az expressz sorba álló vevők vásárolhatnak, és optimális értéke minimalizálja az összes vevőre érvényes sorban töltött átlagos várakozási időt. Az expressz sorok itt bemutatásra kerülő vizsgálatai egy valós eset adatain alapulnak. Egy áruház menedzsmentje expressz pénztárak kialakítását fontolgatta, azonban e döntés meghozatalához információkra volt szüksége az új rendszer várakozásra gyakorolt várható hatásairól. A kérdés elemzésére létrehozott modell numerikus vizsgálata fontos információkat tárt fel a rendszer optimális kialakításával és működésével kapcsolatban.

A cikk felépítése a következő. Először a várakozó sorok kialakításakor felmerülő menedzsmentkérdéseket tárgyaló legfontosabb irodalmakat tekintjük át. Ezt követően egy modell kerül bemutatásra, ami az átlagos várakozási időt minimalizálja a limitérték függvényében. A modell alkalmazását egy áruház valós adatainak segítségével szemléltetjük. Végül a várakozási folyamat érzékenységvizsgálatait mutatjuk be, és néhány, általánosan is érvényes következtetést vonunk le az expressz sorok kialakításával és hatékony üzemeltetésével kapcsolatban.

2 Irodalmi áttekintés

A sorban töltött várakozási idő a szolgáltatási színvonal fontos jellemzője. Az idővel kapcsolatos teljesítménymutatók többségét (például a várakozási időt, az átfutási időt) nagymértékben befolyásolja a szolgáltató rendszer kapacitása (Bitran – Mondschein, 1997; Chebat et al., 1995). Szolgáltatásoknál a kínálat és kereslet összehangolása sokkal bonyolultabb feladat, mint termelő rendszerekben. Termelésnél ugyanis a kapacitáshiány gyakran orvosolható készlettartással. Ha egy bizonyos időszakban magas igény jelentkezik

egy termék iránt, akkor az kielégíthető az alacsony igényű időszakokban legyártott készletekből. A szolgáltatások azonban nem tárolhatóak. Ennek következtében, ha az igény kapacitáshiány miatt nem elégíthető ki, az ügyfélnek várnia kell. Ha például egy ügyfél érkezésekor a bank minden ablaka foglalt, akkor az adott ügyfélnek egy sorhoz kell csatlakoznia, vagyis szabad kapacitásra kell várakoznia.

A szolgáltatások iránti igény igen változékony és a legtöbb esetben nehezen kontrollálható. E változékonyság következtében nehéz a kapacitás és igény közötti egyensúly megteremtése, ezért a várakozó sorok kialakulása természetes jelenség, és a várakozás hossza a szolgáltatási színvonal fontos jellemzője (Bitran – Mondschein, 1997). A várakozás egy bizonyos mértéke — a tolerálható várakozási idő — a vevők többsége által elfogadható, azonban, ha a várakozás túllépi ezt a mértéket, a vevők elégedetlensége jelentősen megnő. Számos kutatás igazolta a várakozás és a vevői elégedettség közötti szoros kapcsolatot, és alátámasztotta a vevői elégedettség vevői lojalitásra gyakorolt jelentős hatását (Chebat et al., 1995; Carmon et al., 1995). A vevői lojalitás a profitszerzés egyik fő forrása szolgáltató rendszerekben, így a várakozási időnek kiemelt szerepe van a szolgáltatások értékteremtő láncában (Heskett et al., 1994).

A vevői elégedettség kiemelt fontosságú kérdés szolgáltató rendszerekben, ezért az időalapú-verseny korszakában a várakozással kapcsolatos vevői elégedetlenség csökkentése egyre fontosabbá válik (Kostecki, 1996; Heskett et al., 1994). Ennek következtében a szolgáltató vállalatok nagy erőfeszítéseket tesznek vevőik várakozásának csökkentése érdekében. Ennek megfelelően napjainkban a szolgáltatások menedzsereinek fontos törekvése a várakozási folyamat olyan módon való kialakítása, ami csökkenti a várakozási időt, és ezáltal növeli a szolgáltatás színvonalát (Hill et al., 2002).

A várakozási folyamat megváltoztatásával járó hatások vizsgálata több módon lehetséges. Egyszerű esetekben a *sorállási formulák* gyors és elfogadható becslését adják a legfontosabb teljesítményparamétereknek. Az ilyen jellegű vizsgálatokkal foglalkozó tanulmányok általában valós eseteket írnak le (például Andrews – Parsons, 1989; Srikar – Vinod, 1989), de léteznek elméleti jellegű munkák, amelyek a várakozási folyamat tipikus kialakítási lehetőségeinek teljesítménymutatóit vizsgálják. Például Shue és Babbar (1996) a sorálláselmélet eredményeit alkalmazta egy szolgáltató rendszer négy különböző kialakítási lehetőségének összehasonlítására, és általános következtetéseket fogalmazott meg arra vonatkozóan, hogy a várakozási folyamat egyes kialakítási módjai milyen előnyökkel járnak a különböző szolgáltató rendszerekben. Ha a sorállási formulák nem adják elfogadható közelítést a valós rendszer működésének, akkor a folyamatváltoztatás *közvetlen megfigyelése* alkalmazható. Ilyen módon vizsgálta Lou et al. (2004) az expressz kiszolgálás bevezetésének hatását gyorséttermekben. A változtatás hatásának értékelése a régi és az új rendszer közvetlen megfigyelésén alapult. Ha a rendszer átalakítása költséges és a menedzsment előzetes információkat igényel a várható hatásokról, akkor *szimulációs vizsgálatok* elvégzése szükséges. A szimuláció ugyan sokszor költséges és időigényes, azonban az ilyen vizsgálá-

tok alapján sokkal kedvezőbb szolgáltatási folyamat alakítható ki, amelynek előnyei általában felülmúlják e többletráfordítást.

A szolgáltatásmenedzsment előzőekben ismertetett eszközeinek közös tulajdonsága, hogy a változtatások elfogadhatóságát kizárólag jól számszerűsíthető várakozási mutatók alapján értékelik. A várakozáscsökkentés mellett azonban sok más módon is csökkenthető a vevők várakozással kapcsolatos elégedetlensége. Sok olyan példával találkozhatunk, amelyeknél az átlagos várakozási idő csökkentése, a várakozási idő eloszlásának megváltoztatása nélkül, illetve éppen a várakozás növelése mellett volt képes csökkenteni a menedzsment vevői várakozással kapcsolatos elégedetlenségét. A várakozási mutatók befolyásolása nélkül csökkenthetők a vevői panaszok például magas irodaépületekben (Kostecki, 1996). Itt a legtöbb panasz a liftekre való hosszú várakozással kapcsolatos. A liftek mellé kihelyezett tükrök segítségével ugyanis egyfajta elfoglaltság biztosítható várakozás közben, ami csökkenti a várakozás észlelt hosszát, és ezáltal a várakozással kapcsolatos elégedetlenség jelentősen csökkenthető. A várakozással kapcsolatos elégedetlenség várakozásnöveléssel való csökkentését alkalmazták például a texasi repülőtéren (Larson, 1987). Az utasok egy része a csomagok lassú érkezése miatt panaszkodott, ugyanis a csak kézipoggyásszal rendelkező utastársaikhoz képest ők sokkal később hagyhatták el a repülőteret. Ezt követően a járatot egy távolabbi terminálhoz irányították. Ekkor minden utas repülőtéren töltött ideje megnőtt, de a poggyászukra várakozó utasok nem tapasztaltak igazságtalanságot a „kiszolgálás” során, aminek következtében a várakozással kapcsolatos panaszok gyakorlatilag megszűntek.

Az előbbi példából is kitűnik, és számos kutatás is igazolta, hogy a várakozás mutatószámai mellett sok társadalmi és viselkedési faktor is hatással van a várakozás vevői megítélésére (Chebat et al., 1995; Katz et al., 1991). Ez a felismerés vezetett az *észlelésmenedzsment* (perception management) kialakulásához. E tényezők következtében ugyanis az *észlelt* várakozási idő általában különbözik a várakozás *tényleges* hosszától, mert az előbbit nagyban befolyásolják a várakozás körülményei, illetve a várakozási folyamat jellege (Larson, 1987; Jones – Dent, 1994).

A szolgáltatás- és az észlelésmenedzsment által egyaránt gyakran alkalmazott várakozáscsökkentési eszköz a sorképzési szabályok bevezetése. A sorképzési szabályok egyik gyakran alkalmazott típusa az expressz pénztárak kialakítása, amikor a vevői csoportok képzése a vásárolt mennyiség alapján történik. A kis mennyiséget vásárló vevők vehetik igénybe az expressz pénztár(ak)at. Az expressz pénztárak kialakításával kapcsolatos legfőbb elméleti eredmények Whitt (1999) nevéhez köthetők. Whitt a vevői csoportok kialakításának várakozásra gyakorolt hatásait vizsgálta. Megmutatta, hogy ha a kiszolgálási idő szórása nem kiugróan magas, az aggregált modell alacsonyabb átlagos várakozási időt eredményez. Rothkopf és Rech (1987) számos soraggregálás ellen és mellett szóló gyakorlati érvet foglaltak össze. Arra a következtetésre jutottak, hogy ha a várakozó sorokat egymástól függetlennek tekintő modell a tényleges működés jobb közelítésének is tűnik (mert a vevők sorválasztásukat követően általában nem állnak át másik sorba), az egy közös

sort alkalmazó modell jobb közelítését adja a valós teljesítménynek – a vevők sorválasztást megelőző várakozásbecslése miatt. A vevők ilyen módon való sorválasztásának eredményeként ugyanis a várakozó sorok nem tekinthetők egymástól függetlenek.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a különböző módon kialakított kiszolgálási folyamatok várakozáscsökkentési képességének értékelése kiemelten fontos az időalapú-verseny korszakában. Expressz pénztárak gyakran kerülnek alkalmazásra nagyobb üzletekben, és az ezeknél a pénztáraknál megengedett maximális vásárolható mennyiség széles határok között változik a gyakorlatban. A limitparaméter értékének meghatározása általában szokásokon, intuíción, illetve a menedzsment különböző heurisztikus megfontolásain alapszik. Az expressz pénztárak nem megfelelő működésével kapcsolatban számos kritikával találkozhatunk a populáris irodalmakban, azonban kevés tudományos munka foglalkozik e témával a szakirodalomban. Ennek következtében minden eredmény, ami segít megérteni az expressz pénztárak várakozásra gyakorolt hatását, nagy segítséget nyújthat az azokat alkalmazó szolgáltatók menedzsmentdöntéseinek meghozatalában.

3 Az átlagos várakozási idő a limitparaméter függvényében

Ebben a fejezetben levezetjük a teljes rendszerre érvényes sorban töltött átlagos várakozási időt (t_S) a limitparaméter (L) függvényében. Az 1. táblázat összefoglalja az alkalmazott jelöléseket. A levezetésnél a következő feltételeket vettük figyelembe:

- A vevők pénztárakhoz érkezésének folyamata λ várható értékű Poisson-eloszlással írható le. Az L vagy annál kevesebb tételt vásárló vevők kiszolgálása az expressz pénztáraknál történik. A vevők maximum K tételt vásárolnak.

- A vevők beérkezését leíró Poisson-folyamatot a vevők által vásárolt mennyiség alapján két folyamatra bontattuk. A Rényi által bizonyított határeloszlástétel értelmében a Poisson-folyamat invariáns a véletlen ritkításokra (Rényi, 1956), tehát a ritkított folyamat továbbra is Poisson-eloszlású marad. Ennek, valamint e tétel általánosításainak (lásd pl. Szántai, 1971a; Szántai, 1971b) következtében a két vevői csoport beérkezési folyamatai szintén Poisson-eloszlással írhatóak le. Az expressz és a korlátozások nélküli pénztárakhoz érkező vevők beérkezési folyamatait tehát Poisson-folyamatnak tekintettük λ_E , illetve λ_H várható értékkel, amely paraméterek között fennáll a $\lambda = \lambda_E + \lambda_H$ összefüggés.

- P pénztár található az üzletben, amelyek mindegyike önálló sorral rendelkezik. A P pénztár közül E expressz pénztár és H korlátozások nélkül igénybe vehető, általános pénztár, tehát $P = E + H$. A vevők megoszlása az azonos típusú pénztárak között egyenletes. Az expressz és általános pénztárakhoz érkező vevők aránya a vásárolt tételek eloszlásának segítségével határozható meg. Ha i tétel vásárlásának valószínűsége p_i , akkor az ex-

pressz, illetve az általános pénztáraknál tapasztalható beérkezési ráta (λ_E , illetve λ_H) a következő:

$$\lambda_E = \lambda \cdot \sum_{i=1}^L p_i \quad \text{és} \quad \lambda_H = \lambda \cdot \sum_{i=L+1}^K p_i. \quad (1)$$

(1) implicit módon azt is kifejezi, hogy minden vevő, aki igénybe veheti az expressz pénztárakat, valóban igénybe is veszi azokat.

– A kiszolgálási idő a vevők által vásárolt mennyiség függvénye. Jelen esetben a kiszolgálási idő a vevők által vásárolt tételek számának lineáris függvénye, tehát i tételt vásárló vevő várható kiszolgálási ideje (t_i) a következő:

$$t_i = a + b \cdot i. \quad (2)$$

(2)-ben a kiszolgálási idő állandó tagja (a) független a vevők által vásárolt mennyiségtől, mint például a bankkártya leolvasásához szükséges idő, illetve a készpénzes fizetés időszükséglete. A kiszolgálási idő változó tagja (b) az egyetlen termék számlázásának időszükséglete, mint például a termék vonalkódjának begépeléséhez, illetve vonalkód-leolvasóval történő rögzítéséhez szükséges idő.

- P – összes pénztárak száma
- E – expressz pénztárak száma
- H – általános pénztárak száma
- L – expressz sorban maximálisan megengedett vásárolt mennyiség (limitérték)
- L_{opt} – minimális átlagos vevői várakozást biztosító, optimális limitérték
- K – vevők által vásárolt maximális mennyiség
- N – mintanagyság
- l – vevők által vásárolt tételek átlagos száma
- a – kiszolgálási idő konstans tagja
- b – egyetlen tétel számlázásához szükséges idő
- p_i – i darab tétel vásárlásának valószínűsége
- λ – áruház egészére jellemző beérkezési ráta
- λ_E – expressz pénztárak beérkezési rátája
- λ_H – általános pénztárak beérkezési rátája
- μ_E – expressz pénztárak kiszolgálási rátája
- μ_H – általános pénztárak kiszolgálási rátája
- t_i – i tétel átlagos kiszolgálási ideje
- t_E – átlagos kiszolgálási idő az expressz pénztáraknál
- t_H – átlagos kiszolgálási idő az általános pénztáraknál
- σ_{t_i} – i tételt vásárló vevők kiszolgálási idejének szórása
- σ_E – expressz pénztárak kiszolgálási idejének szórása
- σ_H – általános pénztárak kiszolgálási idejének szórása
- t_S – az áruház egészére jellemző sorban töltött átlagos várakozási idő
- t_{SE} – sorban töltött átlagos várakozási idő az expressz pénztáraknál
- t_{SH} – sorban töltött átlagos várakozási idő az általános pénztáraknál

1. táblázat. Az alkalmazott jelölések

– Az expressz pénztáraknál tapasztalható átlagos kiszolgálási idő (t_E) az L tételt vagy annál kevesebbet vásárló vevők kiszolgálási időinek súlyozott átlaga. Az általános pénztáraknál tapasztalható átlagos kiszolgálási idő (t_H) az L tételnél többet vásárló vevők kiszolgálási időinek súlyozott átlaga, tehát

$$t_E = \frac{\sum_{i=1}^L p_i \cdot (a + b \cdot i)}{\sum_{i=1}^L p_i} \quad \text{és} \quad t_H = \frac{\sum_{i=L+1}^K p_i \cdot (a + b \cdot i)}{\sum_{i=L+1}^K p_i}. \quad (3)$$

– Mivel a kiszolgálási időt a vásárolt mennyiség függvényeként fejezzük ki, ezért azt általános eloszlással írjuk le. Az általános eloszlás alkalmazásához azonban szükséges a kiszolgálási idő expressz, illetve általános pénztáraknál tapasztalható szórásának (σ_E , illetve σ_H) ismerete is. A kiszolgálási idő szórása két forrásból származik. Egyrészt az azonos mennyiséget vásárló vevők kiszolgálási ideje nem azonos, t_i szórása σ_{t_i} . Másrészt egy pénztárnál különböző mennyiségeket vásárló vevők kiszolgálására kerül sor, és az eltérő mennyiségeket vásárló vevők kiszolgálási ideje különböző. A kiszolgálási idő szórásának e két forrása jelenik meg a két pénztártípus kiszolgálási idejének szórását kifejező képletek számlálójában (a részletes levezetéshez lásd Koltai et al., 2006):

$$\sigma_E^2 \approx \frac{\sum_{i=1}^L p_i N \sigma_{t_i}^2 + \sum_{i=1}^L p_i N \left(a + bi - \sum_{i=1}^L p_i (a + bi) \right)^2}{\sum_{i=1}^L p_i N - 1} \quad \text{és} \quad (4)$$

$$\sigma_H^2 \approx \frac{\sum_{i=L+1}^K p_i N \sigma_{t_i}^2 + \sum_{i=L+1}^K p_i N \left(a + bi - \sum_{i=L+1}^K p_i (a + bi) \right)^2}{\sum_{i=L+1}^K p_i N - 1}$$

– A sorban töltött átlagos várakozási idő (t_S) az expressz és általános sorokban tapasztalható átlagos várakozási idők súlyozott átlaga. A súlyok a két pénztártípust igénybevevő vásárlók arányát fejezik ki:

$$t_S = t_{SE} \cdot \sum_{i=1}^L p_i + t_{SH} \cdot \sum_{i=L+1}^K p_i \quad (5)$$

– A kiszolgálási rendszert két M/G/k rendszerre osztottuk, ahol $k = E$ az expressz és $k = H$ az általános pénztáraknál. M/G/k rendszerben t_S becslésére a Whitt (1999) által javasolt közelítést alkalmazva a következő összefüggést kapjuk:

$$t_S\{M/G/P\} = \frac{1 + \sigma_E^2/t_E^2}{2} \cdot t_{SE}\{M/M/E\} \cdot \sum_{i=1}^L p_i + \frac{1 + \sigma_H^2/t_H^2}{2} \cdot t_{SH}\{M/M/H\} \cdot \sum_{i=L+1}^K p_i \quad (6)$$

Az egyszerűség kedvéért a sorban töltött átlagos várakozási időt kifejező összefüggés feltüntetése helyett a paraméter mögött kapcsos zárójelben feltüntetettük a számításához használandó modellt. Például $t_{SE}\{M/M/E\}$ a sorban töltött átlagos várakozási idő számolására szolgáló képletre utal egy olyan modellel, amelyben a vevők beérkezése Poisson-eloszlást, a kiszolgálási idő exponenciális eloszlást követ, és az E számú kiszolgáló egység előtt egyetlen közös várakozó sor alakul ki. A (6) összefüggés számolásához szükséges képletek szinte minden sorálláselmélettel foglalkozó irodalomban megtalálhatók (lásd például Hillier – Lieberman, 1995).

Kutatásunk célja (6) minimalizálása volt a limitparaméter (L) függvényében. Az átlagos várakozási idő azonban L igen bonyolult függvénye. A limitparaméter az első összegzés felső, illetve a második összegzés alsó határában jelenik meg explicit módon. Emellett azonban L befolyásolja λ_E , λ_H , t_E , t_H , σ_E és σ_H értékeit, amint az az (1), (3) és (4) összefüggésekből látható. Ennek következtében (6) analitikus minimalizálása helyett L optimális értékét numerikus módon határoztuk meg.

4 Az átlagos várakozási idő numerikus vizsgálata

Az áruház egészére érvényes sorban töltött átlagos várakozási idő numerikus vizsgálatához t_S értékét L különböző értékeire kell meghatározni a (6) összefüggés alapján. A számítások során a Bricostore Hungary Ltd. egyik áruházának valós adatait alkalmaztuk. A vizsgált áruházban átlagosan 5 pénztár üzemel. A pénztárgépek információs rendszerében rendelkezésre álló adatok segítségével megbecsültük a hét napjainak különböző időszakaihoz tartozó beérkezési rátákat. Minden egyes időszakban magasabb, mint 10%-os szignifikancia szinten volt elfogadható a beérkezési folyamat Poisson-eloszlással való leírása. A vásárolt tételek számának eloszlásfüggvénye szintén rendelkezésre állt a pénztárgépek információs rendszerében, az elvégzett χ^2 -próba alapján a 3,089-es várható értékű csonkított geometrikus eloszlás elfogadható közelítést adta a tapasztalati eloszlásnak. A kiszolgálási időre vonatkozóan nem állt rendelkezésre adat, így a kiszolgálási idők mérésére volt szükség. A vásárolt tételek száma és a kiszolgálási idő közötti kapcsolatot lineáris regresszióval vizsgáltuk. A 0,777-es korrelációs együttható alátámasztotta a lineáris kapcsolat feltételezését (az adatok statisztikai tulajdonságainak részletesebb leírásához lásd Koltai et al., 2006).

A számítások elvégzéséhez egy Excel modellt hoztunk létre (2. táblázat). A táblázat *felső része* a rendszer alapvető paramétereit tartalmazza. A táblázatban egy olyan időszakra elvégzett számítások láthatóak, amikor 5 pénztár üzemel, ebből 2 expressz, 3 pedig általános pénztárként, és a megfigyelt legnagyobb beérkezési ráta ($\lambda = 180$ vevő/óra) érvényes. A táblázat *alsó része* az átlagos vevői várakozás számításának lépéseit tartalmazza 0 és 5 közötti limitértékekre. Az expressz és általános pénztáraknál tapasztalható beérkezési és kiszolgálási ráták a limitérték függvényei. Ennek következtében a stabil állapot létezését minden egyes limitértéknél ellenőrizni kell, tehát a $\lambda_E < E \cdot \mu_E$ és $\lambda_H < H \cdot \mu_H$ feltételeknek teljesülniük kell. (1) és (3) felhasználásával a stabil állapotra vonatkozó feltételek a következő módon alakulnak:

$$\lambda \sum_{i=0}^L p_i < E \frac{1}{\sum_{i=1}^L p_i (a + bi)} \quad \text{és} \quad \lambda \sum_{i=L+1}^K p_i < H \frac{1}{\sum_{i=L+1}^K p_i (a + bi)} \quad (7)$$

Beérkezési ráta (λ) [vevő/óra]	180
Vásárolt tételek átlagos száma (l)	3,0890
Kiszolgálási idő állandó tagja (a) [perc]	0,5463
Kiszolgálási idő változó tagja (b) [perc]	0,1622
Pénztárak száma (P)	5
Expressz pénztárak száma (E)	2
Mintanagyság (N)	146

Limitérték (L) / Vásárolt mennyiség (i)	0	1	2	3	4	5
Sűrűségfüggvény (p_i)	0,0000	0,3237	0,2189	0,1481	0,1001	0,0677
Eloszlásfüggvény (P_i)	0,0000	0,3237	0,5427	0,6907	0,7908	0,8585
Kiszolgálási idő i tétel vásárlásakor (t_i)	0,0000	0,7085	0,8707	1,0329	1,1951	1,3573
Kiszolgálási idő szórása (σ_i^2)		0,0016	0,0012	0,0011	0,0012	0,0015
Kiszolgálási idő expressz pénztáraknál (t_E)		0,7085	0,7739	0,8294	0,8757	0,9137
Kiszolgálási ráta expressz pénztáraknál (μ_E)		1,4114	1,2921	1,2056	1,1419	1,0944
Kiszolgálási idő szórása (σ_E^2)		0,0016	0,0078	0,0178	0,0305	0,0452
Kiszolgálási idő általános pénztáraknál (t_H)	1,0473	1,2095	1,3717	1,5339	1,6961	1,8583
Kiszolgálási ráta általános pénztáraknál (μ_H)	0,9548	0,8268	0,7290	0,6519	0,5896	0,5381
Kiszolgálási idő szórása (σ_H^2)		0,1608	0,1557	0,1483	0,1373	0,1207
Beérkezési ráta expressz pénztáraknál (λ_E)	0,0000	0,9712	1,6280	2,0721	2,3725	2,5756
Beérkezési ráta általános pénztáraknál (λ_H)	3,0000	2,0288	1,3720	0,9279	0,6275	0,4244
Sorban töltött átlagos várakozási idő $\{M/G/k\}$						
Expressz pénztárak (t_{SE})		0,0477	0,2580	1,2014	$\lambda > \mu!$	$\lambda > \mu!$
Általános pénztárak (t_{SH})	$\lambda > \mu!$	0,8292	0,2585	0,1082	0,0483	0,0217
Teljes rendszer (t_S)	$\lambda > \mu!$	0,5762	0,2582	0,8633	$\lambda > \mu!$	$\lambda > \mu!$

2. táblázat. A sorban töltött átlagos várakozási idő számítása

Amennyiben a limitérték nulla, nem engedünk vevőket az expressz pénztárakhoz. Ez az eset egyenértékű azzal, amikor csak 3 általános pénztár üzemel, ugyanis a 2 expressz pénztárat egyetlen vevő sem veheti igénybe. Pilyenkor a 3 működő általános pénztár nem tudja kiszolgálni a vevőket, mivel $\lambda_H > 3 \cdot \mu_H$. Ez az információ jelenik meg az általános pénztáraknál tapasztalható átlagos várakozási idő (t_{SH}), illetve az összes pénztárnál tapasztalható átlagos várakozási idő (t_S) sorában. Ha a limitértéket növeljük, az expressz pénztárak több vevőt szolgálnak ki, ezért az általános pénztáraknál tapasztalható beérkezési ráta csökken, és teljesül a stabil állapot feltétele ($L = 1, 2, 3$). Ha L értéke magas, a rendszer úgy működik, mintha csak 2 pénztár üzemelne, mert szinte minden vevő az expressz sorokba kell, hogy álljon. Ha $L > 3$, az expressz pénztárak beérkezési rátája meghaladja a kiszolgálási rátát, amint az t_{SE} és t_S sorában is látható. Ekkor sem létezik stabil állapot. Ez azt jelenti, hogy túl sok vevő érkezik az expressz pénztárakhoz, aminek következtében a várakozó sor hossza folyamatosan nő.

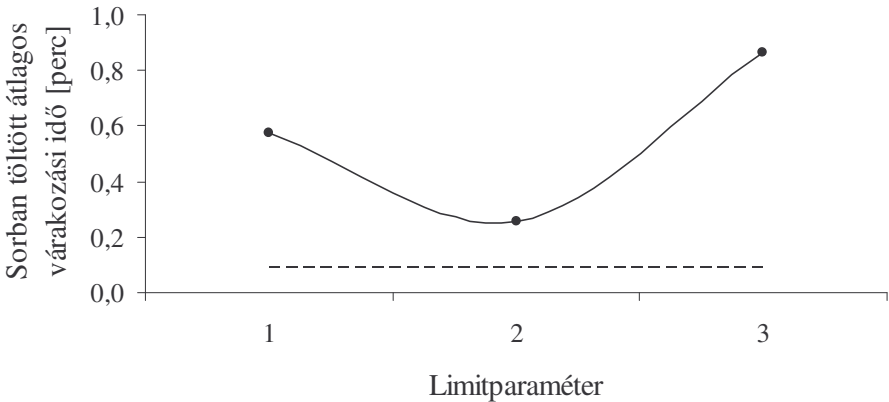
A 2. táblázatból látható, hogy (6) minimuma $L = 2$ esetén valósul meg. Tehát az áruházigazgatás jellemző sorban töltött átlagos várakozási idő optimális értéke 0,2582 perc. Ha nem az optimális kontrollparamétert alkalmazzuk, akkor az átlagos várakozási idő sokkal magasabb lesz. $L = 1$ és $L = 3$ esetén t_S több mint kétszerese az optimális értéknek. Más limitértékekre az átlagos várakozási idő nem határozható meg számszerűleg, azonban még ennél is jóval kedvezőtlenebb.

Értelemszerűen a gyakorlatban a szélsőséges esetek sosem fordulnak elő. Egyrészt, ha túl sok vevő veheti igénybe az expressz pénztárakat (a limitérték túl magas), akkor a vevők az expressz sorokból átállnak az általános sorokba. Másrészt, ha csak kevés vevő használhatja az expressz pénztárakat (a limitérték túl alacsony), akkor az általános sorokban várakozó vevők pró-

báznak átállni az expressz pénztárakhoz. Ezekben az esetekben a rendszer működése 5 általános pénztárral rendelkező modellel közelíthető.

A sorban töltött átlagos várakozási idő akkor is meghatározható (6) segítségével, ha nem alakítunk ki expressz pénztárakat. Ehhez $P = 5$ és $E = 0$ értékeket kell alkalmazni. Ebben az esetben az áruháza egészére jellemző sorban töltött átlagos várakozási idő (t_S) 0,0882 perc. Az 1. ábra a sorban töltött átlagos várakozási idő változását írja le L függvényében a két expressz pénztárral, valamint a csak általános pénztárakkal üzemelő rendszer esetére.

A folytonos görbe t_S változását ábrázolja a limitérték függvényében, amennyiben 2 expressz pénztár üzemel az 5 pénztár közül ($E = 2$). A szaggatott vonal a csak általános pénztárakat tartalmazó rendszer ($E = 0$) átlagos várakozási idejét írja le. Az ábrán látható, hogy még az optimális limitérték alkalmazásával sem csökken az átlagos várakozás a csak általános pénztárakat tartalmazó rendszerben tapasztalható érték alá. Ugyanakkor, ha nem az optimális limitértéket alkalmazzuk, az átlagos várakozási idő szignifikánsan magasabb, mint a csak általános pénztárakat alkalmazó rendszerben. Ezen eredmények alapján tehát a forgalmas időszakokban a menedzsmentnek vagy 2 expressz pénztárat kellene kijelölnie 2 darabos limitértékkel, vagy 5 általános pénztárat kellene üzemeltetnie.



1. ábra. A sorban töltött átlagos várakozási idő (t_S) alakulása a limitérték (L) függvényében ($\lambda = 180$ vevő/óra, $P = 5$, $E = 2$ és $E = 0$)

5 Érzékenységvizsgálatok és az azokból levonható menedzsmentkövetkeztetések

A sorban töltött átlagos várakozási idő minimalizálása a limitparaméter függvényében azt az expressz pénztáraknál megengedett maximális vásárolható mennyiséget határozza meg, ami minimális sorban töltött átlagos vevői várakozást eredményez.

A számítás fő paraméterei a következők:

- Teljes áruháza érvényes beérkezési ráta (λ)
- Vásárolt tételek átlagos száma (l)
- Kiszolgálási idő fix eleme (a)
- Kiszolgálási idő változó eleme (b)
- Expressz pénztárak száma (E)
- Általános pénztárak száma (H)
- Összes pénztárak száma (P)

Ezek a paraméterek sok ok miatt változhatnak. Például a beérkezési ráta értéke változhat egy nap során, illetve eltérő lehet a hét különböző napjain; a vevők által vásárolt átlagos mennyiséget befolyásolják a különböző értékesítésösztönzési akciók, ünnepek stb. A paraméterek változásai pedig befolyásolhatják az optimális limitértéket. Menedzsmentszempontról azonban nem tanácsos a limitérték gyakori változtatása. Például előfordulhat, hogy péntek délelőtt az optimális limitérték 5 darab, vasárnap délelőtt pedig 2 darab a beérkezési ráta és az üzemelő pénztárak számának egyidejű növekedésének következtében. Egy vevő, aki 4 tételt vásárolt pénteken, és azzal az expressz sorba állhatott, nem fogja érteni, hogy ha vasárnap 3 tételt vásárol, miért nem veheti igénybe az expressz pénztárakat. Még zavaróbb a helyzet, ha a vevő automatikusan be is áll az expressz sorba emlékezve, hogy pénteken —több tétellel— megtehetette ezt.

Az érzékenységvizsgálatok segítségével elemezhetők az előbbihez hasonló szituációk. Az érzékenységvizsgálatok eredményeként —többek között— az egyes paraméterek *független érvényességi tartományai* határozhatóak meg. Egy paraméter független érvényességi tartománya azt az intervallumot jelenti, amelyen belül az adott paraméter értéke változhat anélkül, hogy az befolyásolná a limitparaméter optimális értékét. A paraméterek független érvényességi tartományait az Excel modell segítségével határoztuk meg. A modell fő paramétereinek érvényességi tartományai a 3. táblázatban láthatóak. Az alsó és felső érvényességi határok meghatározásához az adott paraméter értékét addig csökkentettük, illetve növeltük, amíg az optimális limitérték ($L_{\text{opt}} = 2$) változatlan maradt.

Paraméter	Jelenlegi érték	Érvényességi tartomány
Beérkezési ráta (λ)	180	$70 \leq \lambda \leq 285 \dots$
A vásárolt tételek átlagos száma (l)	3,089	$2,8 \leq l \leq 3,7$
A kiszolgálási idő fix eleme (a)	0,5463	$0,025 \leq a \leq 0,825 \dots$
A kiszolgálási idő változó eleme (b)	0,1622	$0,1 \leq b \leq 0,25 \dots$
Az általános pénztárak száma (H)	3	$3 \leq H \leq 3$
Az expressz pénztárak száma (E)	2	$2 \leq E \leq 2$
Általános és expressz pénztárak aránya ($H : E$)	3:2	3:2; 3:2

3. táblázat. A független érzékenységvizsgálatok eredményei ($L_{\text{opt}} = 2$)

A 3. táblázat első oszlopa a modell főbb paramétereit foglalja össze, a második oszlop pedig e paraméterek eredeti értékeit tartalmazza. A harmadik oszlop az egyes paraméterek értékeinek azon tartományait adja meg, amelyekben belül az optimális limitérték ($L_{\text{opt}} = 2$) nem változik. A továbbiakban a 3. táblázatban foglalt paraméterváltozások menedzsmentkövetkezményeit tárgyaljuk részletesen.

A *beérkezési ráta* (λ) eredeti értéke 180 vevő/óra. A 3. táblázatból látható, hogy a limitparaméter optimális értéke igen robusztus a beérkezési ráta változására nézve. Minden forgalmas időszakban — amelyekben az expressz pénztárak kialakításának igénye felmerülhet — az optimális limitérték állandó. A felső érvényességi határ után lévő pontok azt jelentik, hogy az érvényességi tartomány a jelzettnél szélesebb, azonban, mivel a vizsgált rendszer a feltüntetettnél több vevő kiszolgálására nem alkalmas, a vizsgálatokat megszakítottuk.

A vevők által *vásárolt tételek átlagos számának* (l) eredeti értéke 3,089 darab. Ez az érték változhat, például, speciális értékesítési időszakokban, illetve ünnepek idején. Ha az érték a feltüntetett határok között marad, akkor az optimális limitérték nem változik. Ha l kisebb, mint az alsó határ, akkor túl sok vevő érkezik az expressz pénztárakhoz, és az átlagos várakozási idő megnő. Ha l nagyobb, mint a felső érvényességi határ, akkor túl kevés vevő veheti igénybe az expressz pénztárakat. Ekkor az általános pénztáraknál tapasztalható beérkezési ráta növekedése növeli az átlagos várakozási időt. Mindkét esetben új limitérték alkalmazása szükséges.

A *kiszolgálási idő fix elemének* (a) eredeti értéke 0,5463 perc. Ez az érték a fizetési technológia, illetve a fizetési szokások változása miatt módosulhat. (Például, ha a bankkártyás fizetések vagy a vásárlási utalványok használatának gyakorisága megnő.) Az érvényességi tartomány relatív széles voltából látható, hogy e paraméter értékének növekedése gyakorlatilag semmilyen hatással nincs az optimális limitértékre. Ha azonban a értéke jelentősen csökken, a kiszolgálás olyan gyorsá válik, hogy a limitérték növelése kedvezőbb átlagos várakozási időt eredményez ($L_{\text{opt}} = 3$).

A *kiszolgálási idő változó elemének* (b) eredeti értéke 0,1622 perc. Ez az érték a kiszolgálási folyamat technológiai fejlesztésének következtében változhat. (Például, ha vonalkód-leolvasó kerül bevezetésre, vagy új, gyorsabb adatfeldolgozásra képes pénztárgépeket alkalmaznak.) Az ilyen jellegű változások nem gyakoriak, de ha sor kerül rájuk, az alkalmazott limitértéket felül kell vizsgálni.

Az *általános pénztárak számának* (H) eredeti értéke 3. Ez az érték csökkenhet, ha technikai, személyi okokból vagy menedzsmentdöntés következtében be kell zárni bizonyos pénztárakat. H értéke nőhet, ha például a kialakult hosszú sorok miatt a menedzsment újabb pénztárakat nyitvatart. Az érvényességi tartomány jelzi, hogy ha $H < 3$, akkor az általános pénztáraknál a várakozási idő megnő. Ebben az esetben, ha több vevőt engedünk az expressz pénztárakhoz ($L_{\text{opt}} = 3$), kedvezőbben alakul a várakozás. Ha az általános pénztárak száma nagyobb, mint a feltüntetett felső határ, akkor az általános pénztáraknál tapasztalható várakozás lecsökken. Ebben az eset-

ben jobb szolgáltatás nyújtható, ha kevesebb vevő veszi igénybe az expressz pénztárakat ($L_{\text{opt}} = 1$).

Az *expressz sorok számának* (E) érvényességi tartományára az előbbihez hasonló magyarázat adható. E paraméter jelenlegi értéke 2. Az érvényességi tartomány jelzi, hogy ha $E < 2$, akkor az expressz sorokban tapasztalható várakozás olyan mértékben megnő, hogy a vevők expressz pénztárakhoz való érkezésének szigorúbb kontrollálása ($L_{\text{opt}} = 1$) rövidebb átlagos várakozást eredményez. Ha $E > 2$, akkor az expressz sorokban nagyon megnő a várakozás. Ebben az esetben jobb szolgáltatás nyújtható, ha több vevő veszi igénybe az expressz pénztárakat ($L_{\text{opt}} = 3$).

Az *expressz és általános pénztárak számának* változása általában nem független egymástól. A menedzsment a pénztárak összes számát (P) sokszor állandó értéken tartja, ezért az expressz pénztárak számának (E) növelése csökkenti az általános pénztárak számát (H), és fordítva. H és E értékei eredetileg 3 és 2. A 3. táblázat utolsó sorából kiolvasható, hogy az általános és expressz pénztárak számának aránya (konstans összes pénztárszám esetén) nem változtatható anélkül, hogy az ne módosítaná az optimális limitértéket.

A *független* érvényességi tartományokból kiderül, hogy hogyan alakul az optimális limitérték, ha a főbb rendszerparaméterek *egyikének* értéke megváltozik. Általában azonban egyidejűleg nem csak egy paraméterérték változik. Például a növekvő beérkezési ráta miatt a menedzsment további pénztárakat nyitthat. Ilyenkor több paraméter egyidejű változásának hatását szükséges vizsgálni. E többváltozós elemzések az Excel modellel jól támogathatók több inputparaméter értékének egyidejű módosításával.

6 Összefoglalás

Kutatásunk eredményeként levezettük egy összefüggést, mely a sorban töltött átlagos várakozási időt a limitparaméter függvényében írja le. A szakirodalomban foglaltak és az elemzett áruház jellemzői alapján az átlagos várakozási időt $M/G/k$ modell segítségével határoztuk meg. A valós működés $M/G/k$ modellel való közelítése a legkedvezőbb eset alapján becsüli a tényleges várakozást. Ez a modell ugyanis a vevők —kapacitáskihasználás és várakozási idő szempontjából— optimális sorválasztását feltételezi, így elhanyagolja a valós rendszer tökéletlen működésének várakozásnövelő hatását. Nem veszi figyelembe például annak lehetőségét, hogy a rendszerben egyszerre lehetnek jelen várakozó vevők és szabad pénztárak, illetve, hogy a vevők nem képesek mindig pontosan megítélni a várakozó sorok haladásának sebességét. Amennyiben a várakozási idő pontosabb becslése szükséges, szimulációs modell alkalmazható különböző sorválasztási szabályokkal. A várakozási folyamatok részletesebb —szimulációval és analitikus módszerekkel végzett— vizsgálata azt mutatatta, hogy a limitparaméter optimális értéke (L_{opt}) igen kevésbé érzékeny a modellválasztásra (Koltai et al., 2006). A szimulációs modellek ugyan magasabb várakozási időhöz vezetnek, mint az itt bemutatott sorállási modell, de a legtöbb esetben a két megközelítés azonos optimális

limitértéket határoz meg. Következésképpen a gyorsabb és kevésbé költséges Excel modell alkalmazása megfelelő információt nyújt az alkalmazandó limitértékkel kapcsolatos döntés meghozatalához.

Az érzékenységvizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy az optimális limitérték igen robusztus a beérkezési ráta változására. Az expressz pénztárakkal kapcsolatos operatív döntéseket ez nagyban leegyszerűsíti, ugyanis a beérkezési ráta igen gyakran változik a nyitva tartás során. A menedzsmentnek arra azonban figyelemmel kell lennie, hogy ha a beérkezési ráta változása miatt a működő pénztárak száma is módosul, akkor az optimális limitérték változhat. A bemutatott modell egyik továbbfejlesztési lehetősége egy olyan rendszer kialakítása, ami több egymást követő időszakra határozza meg a limitparaméternek és az expressz pénztárak számának optimális értékeit. Egy ilyen modell kialakítása további kutatásaink tárgya.

A gyakorlati alkalmazások elemzése azt mutatja, hogy az expressz pénztárral rendelkező rendszerek kialakítása heurisztikusan történik: az expressz pénztárakban megengedett maximális vásárolt mennyiség, a limitérték meghatározása általában szokásokon, illetve a menedzsment egyéni megfontolásain alapszik. Az itt bemutatott modell a limitparaméter optimális értékét a működés kvantitatív vizsgálataira alapozva határozza meg. Az 1. ábrán látható, hogy bizonyos esetekben kedvezőbb nem kialakítani expressz pénztárakat, mint nem optimális limitértékkel üzemeltetni azokat. A vevők várakozással kapcsolatos elégedettségét, illetve elégedetlenségét ugyanakkor a hagyományos várakozási mutatókon túl számos egyéb, a várakozás észlelésével kapcsolatos tényező is befolyásolja. Emiatt az expressz pénztárak sikeres alkalmazása a működési és észlelési folyamatok alapos vizsgálatát követeli meg (Katz et al., 1991).

Irodalom

1. Andrews, B. H. and Parsons, H. L. (1989): L. L. Bean Chooses a Telephone Agent Scheduling System. *Interfaces*, Vol. 19, No. 6, pp. 1–9.
2. Bitran, G. and Mondschein, S. (1997): Managing the Tug-of-war Between Supply and Demand in the Service Industries. *European Management Journal*, Vol. 15, No. 5, pp. 523–536.
3. Carmon, Z., Shanthikumar, J. G., and Carmon, T. F. (1995): A Psychological Perspective on Service Segmentation Models: The Significance of Accounting for Customers' Perceptions of Waiting and Service. *Management Science*, Vol. 41, No. 11, pp. 1806–1815.
4. Chebat, J. C., Filiatrault, P., Gélinas-Chebat, C., and Vaninsky, A. (1995): Impact of Waiting Attribution and Consumer's Mood on Perceived Quality. *Journal of Business Research*, Vol. 34, No. 3, pp. 191–196.
5. De Toni, A. and Meneghetti, A. (2000): Traditional and Innovative Path Towards Time-based Competition. *International Journal of Production Economics*, Vol. 66, pp. 255–268.
6. Heskett, J. L., Jones, T. O., Loveman, G. W., Sasser, W. E. Jr., and Schlesinger, L. A. (1994): Putting the Service-profit Chain to Work. *Harvard Business Review*, Vol. 72, No. March-April, pp. 164–174.

7. Hill, A. V., Collier, D. A., Froehle, C. M., Goodale, J. C., Metters, R. D., and Verma, R. (2002): Research Opportunities in Service Process Design. *Journal of Operations Management*, Vol. 20, No. 2, pp. 189–202.
8. Hillier, S. F. and Lieberman, G. J. (1995): *Introduction to Operations Research*. McGraw-Hill, Inc.
9. Jones, P. and Dent, M. (1994): Improving Service: Managing Response Time in Hospitality Operations. *International Journal of Operation & Production Management*, Vol. 14, No. 5, pp. 52–58.
10. Katz, K. L., Larson, B. M., and Larson, R. C. (1991): Prescription for the Waiting-in-line Blues: Entertain, Enlighten, and Engage. *Sloan Management Review*, Vol. 32, No. Winter, pp. 44–53.
11. Koltai, T., Kalló, N., and Lakatos, L. (2006): Optimization of Express Line Performance: Numerical Examination and Management Considerations. *Optimization and Engineering* (közlésre elfogadva).
12. Koltai T. and Kalló N. (2006): Kvantitatív és puha módszerek alkalmazása a szolgáltatásmenedzsmentben: várakozó sorok vizsgálata. *Menedzsmentkonferencia 2006*, Balatonfüred, pp. 151–158.
13. KostECKI, M. (1996): Waiting Lines as a Marketing Issue. *European Management Journal*, Vol. 14, No. 3, pp. 295–303.
14. Larson, R. C. (1987): Perspectives on Queues: Social Justice and the Psychology of Queuing. *Operations Research*, Vol. 35, No. 6, pp. 895–905.
15. Luo, W., Liberatore, M. L., Nydick, R. L., Chung, Q. B., and Sloane, E. (2004): Impact of Process Change on Customer Perception of Waiting Time: A Field Study. *Omega*, Vol. 32, No. 1, pp. 77–83.
16. Nie, W. (2000): Waiting: Integrating Social and Psychological Perspectives in Operations Management. *Omega*, Vol. 28, No. 6, pp. 611–629.
17. Rényi A. (1956): A Poisson-folyamat egy jellemzése, *MTA Mat. Kut. Int. Közl.*, Vol. 1, pp. 519–527.
18. Rothkopf, H. M. and Reich, P. (1987): Perspectives on Queues: Combining Queues is not Always Beneficial. *Operations Research*, Vol. 35, No. 6, pp. 906–909.
19. Sasser, W. E. (1976): Match Supply and Demand in Service Industries. *Harvard Business Review*, Vol. 54, No. November-December, pp. 133–140.
20. Sheu, C. and Babbar, S. (1996): A Managerial Assessment of the Waiting-time Performances for Alternative Service Process Designs. *Omega*, Vol. 24, No. 6, pp. 689–703.
21. Srikar, B. N. and Vinod, B. (1989): Performance Analysis and Capacity Planning of a Landing Gear Shop. *Interfaces*, Vol. 19, pp. 52–60.
22. Stalk, G. Jr. (1988): Time – The Next Source of Competitive Advantage. *Harvard Business Review*, Vol. 66, No. July-August, pp. 41–51.
23. Szántai T. (1971a): On limiting distributions for the sums of random number of random variables concerning the rarefaction of recurrent processes, *Studia Scientiarum Mathematicarum Hungarica*, Vol. 6, pp. 443–452.
24. Szántai T. (1971b): On an invariance problem related to different rarefactions of recurrent processes, *Studia Scientiarum Mathematicarum Hungarica*, Vol. 6, pp. 453–456.
25. Whitt, W. (1999): Partitioning Customers into Service Groups. *Management Science*, Vol. 45, No. 11, pp. 1579–1592.

QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE EFFECT OF EXPRESS CHECKOUTS
IN STORES ON THE WAITING PROCESS

Improving the waiting process at checkouts in stores is an important goal of operations management. The paper presents a method for evaluating the effect of express lines on the waiting process. An optimization model is developed which minimizes the average waiting time in line with respect to the maximum number of items allowed in the express lines. The research is based on a real case of a do-it-yourself superstore, but the methodology applied at the store can be used generally. The optimization model is completed with numerical sensitivity analyses. Sensitivity analyses show how the optimal value of the limit parameter changes if major parameters of the model change. The results of these analyses help managers make decisions about short and medium-term operations of express lines. The major conclusion of the paper is that the optimal operation of express lines does not improve the average waiting time significantly, but the effect of non-optimal operation can be very unfavorable.

KARBANTARTÁSI STRATÉGIÁK MONTE CARLO OPTIMALIZÁLÁSA¹

KOVÁCS ZOLTÁN
Pannon Egyetem GTK

A karbantartási tevékenységet alapvetően sztochasztikus események váltják ki. A cikkben bemutatandó stratégia kiválasztás célfüggvénye az összes költség minimuma. A költségeknél a megelőzés költségeit és a meghibásodások bekövetkezéséből adódó költségeket tekintjük. Ugyancsak figyelembe vehetők a leállásokból adódó használdozati költségek. A Monte Carlo optimalizálást az teszi szükségessé, hogy a hibamentes működési idők (és az állásidők) egy rendszeren belül többféle eloszlást követhetnek, ezért analitikus modell általános esetre nem hozható létre. A szimulációs modell fontosabb elemei: a hibamentes működési idők eloszlása, a meghibásodások következtében adódó állásidők eloszlása, a leállások alkalomfüggő költsége, a leállások időfüggő költsége. Az egyes rendszerelemek közötti sajátos logikai kapcsolatok és függőségek figyelembe vehetők. A cikkben bemutatunk néhány szimulációs eszközt is.

1 A karbantartási tevékenység optimalizálásának elvi alapja

A karbantartási stratégiát egyrésztől a vállalati stratégia, másrésztől pedig a karbantartandó berendezések, eszközök állapota határozza meg. A gyakorlatban a következő négy stratégiát szokás megkülönböztetni:

- eseti,
- ciklikus,
- állapotfüggő,
- karbantartás-megelőzés.

A sorrend egyúttal fejlettségi szintet is mutat. Az adott helyzettől függ, hogy melyik stratégia optimális. Az eseti stratégia alkalmazásánál megvárják a meghibásodást, csak utána történik javítás. A ciklikus stratégiánál valamilyen jellemzőtől (például naptári idő, üzemóra, elvégzett munka, termelt mennyiség) tekintik függőnek az elhasználódást. A jellemző adott értékénél megelőző javítást végeznek. Ennek előnye a nagyobb biztonság, de bizonyos mértékű termelési potenciál elveszik. Itt egyensúlyozni kell a meghibásodás

¹Beérkezett: 2007. május 21. E-mail: kovacs@gtk.uni-pannon.hu.

kockázata és a visszamaradó (elvesző) teljesítőképesség-tartalék között. Mindkettő csökkentésére szolgál az állapotfüggő stratégia, amely nem egy változón keresztül feltételezi az elhasználságot, hanem közvetlenül méri. A karbantartásmegelőzés azt jelenti, hogy olyan a konstrukció és az üzemeltetés, hogy nincs szükség karbantartásra.

Az egyes stratégiák a gyakorlatban keverten is megjelennek. Például az állapotvizsgálat is lehet ciklikus.

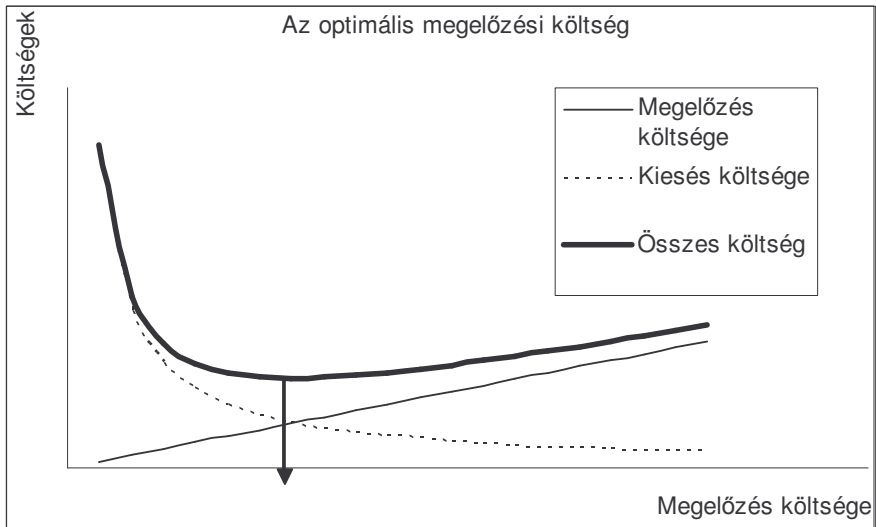
Jelen dolgozatban az eseti és a ciklikus stratégiákkal kapcsolatban végzett vizsgálatok egy lehetséges módszertanát és eredményeit mutatjuk be.

A megelőző karbantartás elvi alapját mutatja az 1. ábra. Az optimálisnál kisebb ciklusidőnél a megelőzési, az optimálisnál nagyobb ciklusidőnél pedig a meghibásodások okozta költségek miatt lesz nagyobb az összköltség. Az ilyen egyensúlyozás különböző tényezők között (trade off) különösen jellemző a termelő rendszerekre. (Vörös, 1999)

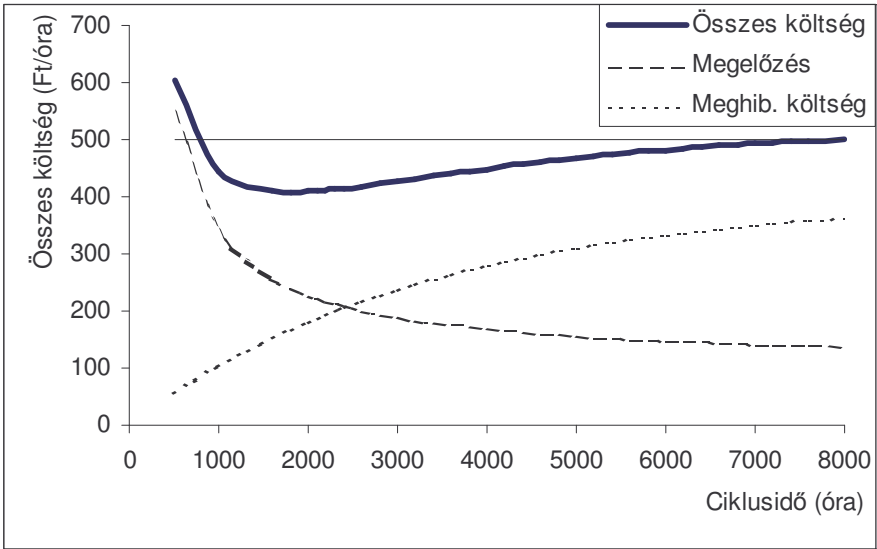
Az összköltségfüggvény alakja —és ennek következtében a javasolható stratégia— két tényezőtől függ:

- a hibamentes működési idők eloszlásától,
- a váratlan hiba elhárítása és a tervszerű leállás során végzett javítás költségének arányától.

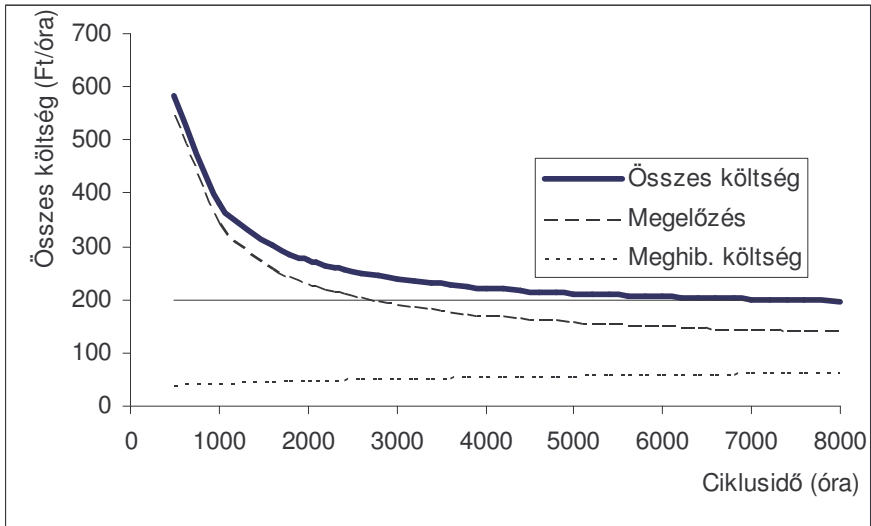
Ha a változó a ciklusidő, akkor az ábra megváltozik. (2a-b. ábrák). Eseti stratégia javasolható, ha a költségminimum a végtelenben van. (Végtelen ciklusidő, 2b. ábra.)



1. ábra. A ciklikus stratégia elvi alapja



2a. ábra. Eseti stratégiánál a ciklusidő optimuma a végtelenben van



2b. ábra. Eseti stratégiánál a ciklusidő végtelen hosszú

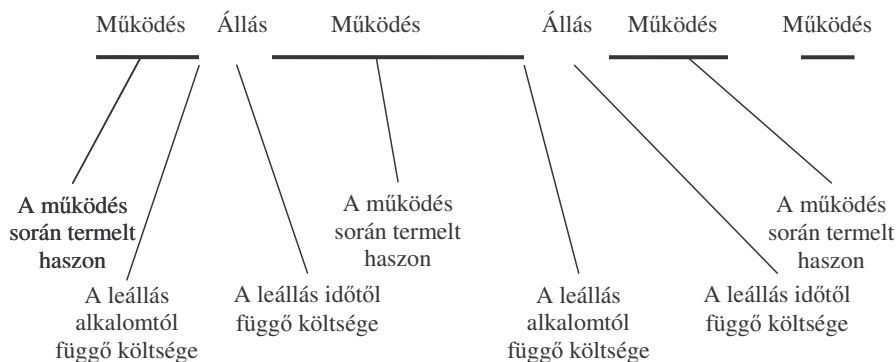
2 A szimulációs modell

A különböző szintű vezetői döntések támogatásának fontos eszköze lehet a szimuláció (Koltai – Jelinek, 1994). A karbantartási döntésekhez tartozó szimuláció a véletlen eseményeken alapul. Szimulációval olyan modellek is vizsgálhatók, amelyek analitikus megoldására nincs lehetőség. Szimulációval

nemcsak a valós, fizikai folyamatok elemezhető, hanem azok költség-következményei is (Koltai, 1995).

A sztochasztikus (Monte Carlo) szimuláció régóta és széles körben alkalmazott eszköz a véletlennel terhelt folyamatokkal kapcsolatban. A karbantartás és megbízhatóság területén jelentős irodalmi előzménye van. Bruzzone és munkatársai (Bruzzone et al., 2004.) turbinák karbantartása területén végeznek több éve vizsgálatokat. Kövesi János és Andor György a Minitab program felhasználásával optimalizáltak karbantartási ciklusidőt (Kövesi – Andor, 1999). Korábban a papíriparban került sor stratégiák szimulációs vizsgálatára (Ködmön – Kovács, 2000).

A szimulációs modell elve, hogy a működési és nem működési eseményekhez gyűjtjük a gazdasági vonatkozásokat. Többféle karbantartási ciklusidőre kiszámítva a célfüggvényt jellemző mutatószámokat, lehet dönteni a stratégiáról illetve a ciklusidő értékéről. A szimulációs modell vázlata a 3. ábrán látható.



3. ábra. Az alkalmazott szimulációs modell a gazdasági jellemzőket figyeli

3 Egy fejlettebb modellezési eljárás

A szimuláció folyamatának kiválasztása mellett lényeges kérdés a konkrét rendszermodell is. A két modell különválasztása azt eredményezi, hogy a szimulációs programot csak egyszer kell elkészíteni, a különböző rendszerek modelljei adatként jelennek meg. Ehhez rugalmas, több esetben használható modellezési technikára van szükség.

Egy rendszer megbízhatóságát alapvetően a struktúrája határozza meg. (Azért „alapvetően”, mert más, például környezeti hatások is lehetségesek, de az ezekre adott válasz ugyancsak függ a rendszer struktúrájától.) A megbízhatóságot ebből adódóan a rendszerelemek megbízhatósága és kapcsolatuk határozza meg.

A megbízhatóságelméletben hagyományosan a blokkdiagram technikát alkalmazzák a modellezésre. Ebben a párhuzamos kapcsolás jelképezi a „vagy” kapcsolatot, a soros pedig az „és” kapcsolatot. Bár szemléletes, ezzel a modellezéssel több probléma is van:

- elvi probléma, hogy a logikai kapcsolat eltűnik, fizikai analógiát alkalmaz, ami nem mindig igaz, hiszen fizikailag párhuzamosan kötött elemek is lehetnek olyan kapcsolatban, hogy több, vagy mindegyik működése szükséges a rendszer működéséhez;
- csak tisztán „és” és „vagy” kapcsolatok megjelenítésére alkalmas, más logikai kapcsolatok, például „ k az n -ből”, feltételes kapcsolat, függőség nem jeleníthető meg;
- a rendszer megbízhatóságára ható tényezők (például karbantartás) nem jeleníthető meg;
- a fentiekből adódóan valós rendszerek szimulációjára nem alkalmas.

A problémákra a megoldást a modellezési koncepció újragondolása adja. Ehhez újra definiáljuk az elem és a kapcsolatok fogalmát. Eszerint a rendszerelem fogalmát tágan értelmezzük:

Elem mindaz, ami a rendszer megbízhatóságát a benne lezajló (állapot)változások következményeként befolyásolja.

Néhány példa elemre:

- alkotórészek
- környezeti hatások (pl. energiahány)
- az irányítás (ember) tervezte/okozta beavatkozások
- a rendszer okozta visszahatások

Általánosságban úgy is fogalmazhatunk, hogy a rendszerekben fellépő hatások jelennek meg a modellben elemként. Ezeknek csak egy lehetséges esete egy fizikai összetevő meghibásodása. Egy termelő rendszer esetén elemnek kell tekintenünk pl. azt a ciklikus megelőzési stratégiát is, ami a gépek bizonyos időközönkénti leállítását, majd indítás után a hibamentes működési idő mérésének újratekadését idézi elő. Ez a tevékenység ugyanis éppen azért van, hogy a rendszer megbízhatóságát —pozitívan— befolyásolja.

Az elemeket idő és költségadatok jellemzik:

- a hibamentes működési idők eloszlása,
- az állásidők eloszlása,
- a leállások alkalomfüggő költségei,
- a leállások időfüggő költségei.

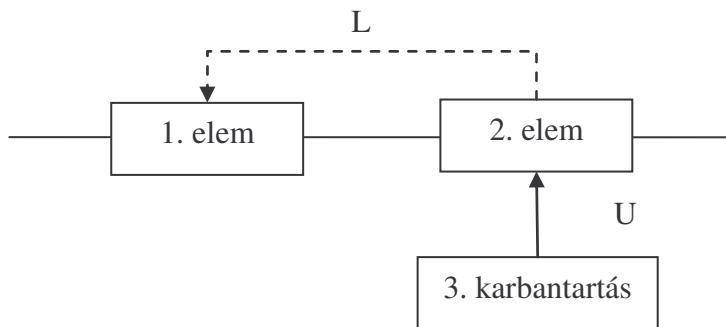
Ezeket ugyancsak nem tudja megjeleníteni a hagyományos blokkdiagram technika. A hagyományos kapcsolat fogalom a rendszer megbízhatóságára gyakorolt hatásra utal. Az elemeket egymástól függetlennek tekintti. A függőségi és egyéb viszonyok leírására ugyancsak egy, a korábbiaknál tágabban értelmezett kapcsolat fogalom szolgál:

Kapcsolatnak nevezzük a hatások érvényesülési módját.

Mivel ez sokféle lehet, ezért a modellben is többféle módon jelenhetnek meg. A hagyományos blokkvázlatban a kapcsolatot az elemek közötti vonalak jelentik. Ezek csak a kapcsolat tényére utalnak, de a hatásokról nem mondanak semmit, és számítógéppel sem kezelhetők. Hátrányuk továbbá, hogy csak a rendszer megbízhatóságra gyakorolt közvetlen hatást mutatják. (Például soros kapcsolás esetén). Amellett, hogy a grafikus ábrázolás során ezt a technikát megtartjuk, a modell egy más, a szakirodalomból már ismert elemmel, a működési út megadásával bővül. Ez gyakorlatilag azon elemek felsorolását jelenti, amelyek egyidejű működése szükséges ahhoz, hogy a rendszer működjön. Egy úton belül tehát az elemek **ÉS** kapcsolatban vannak. Egy rendszerben több ilyen (lásd párhuzamos kapcsolás), működési út is lehetséges, melyek közül az egyik működőképessége (minden hozzá tartozó elem működik) már biztosítja a rendszer működését. A működési utak tehát **VAGY** kapcsolatban vannak.

Előnye a működési utak megadásának, hogy belőle a rendszer működő vagy leállt állapota az elemek állapotának ismeretében a rendszerelemek tényleges kapcsolatától független algoritmussal, számítógépi programmal meghatározható. Ugyancsak előny, hogy az **ÉS** és **VAGY** kapcsolatokon kívül más logikai kapcsolatok —beleértve a függőségeket is— széles köre alkalmazható.

A modellezési módszerre látható egy illusztrációs példa a 4. ábrán. Az ábrán látható modell értelmezése: A rendszer 1. és 2. elemei „és” kapcsolatban vannak egymással, tehát bármelyik leállása a rendszer leállítását eredményezi. A rendszerműködés rajtuk keresztül valósul meg, elemeik a működési útnak. A két elem között olyan függőségi kapcsolat van, amely szerint a második elem leállása esetén leáll az első is. Ez azt jelenti, hogy az első elem felfüggeszti a működését. A rendszernek azonban van egy olyan eleme is, amelyen keresztül működés nem valósul meg, de a többi elemen keresztül befolyásolja a működést. Nevezzük ezt most karbantartásnak. Erre az a jellemző, hogy bizonyos időszakonként leállítja a 2. elem működését, majd bizonyos állásidő (megelőző javítási idő) után újraindítja.



4. ábra. A fejlettebb modellezési eljárás

Az elemeket jellemző idő és költségadatok:

- A hibamentes működési idők eloszlása az 1. elemnél Weibull-eloszlású, $\alpha = 0,0005$, $\beta = 2,1$, a 2. elemnél normális eloszlású, $m = 800$, $\sigma = 120$. A karbantartást a 2. elemre 700 óránként végzik (determinisztikusan).
- Az állásidők eloszlása az 1. elemnél normális eloszlású, $m = 10$, $\sigma = 1,5$, a második elemnél normális eloszlású, $m = 25$, $\sigma = 3$. A tervszerű karbantartás ideje a 2. elemnél normális eloszlású, $m = 20$, $\sigma = 2$.
- A leállások alkalomfüggő költségei az 1. elemnél 30 EUR, a 2. elemnél 50 EUR.
- A leállások időfüggő költségei az 1. elemnél 15 EUR/h, a 2. elemnél 20 EUR/h.
- A rendszer egyórai működése 200 EUR hasznot termel. (Általánosan a „haszon” fogalmát használjuk a nyereség, és más, az idő szerinti fajlagos képzésénél problémás mutató helyett. A rendszer egyórai működésének a hasznosságát jelenti értékben kifejezve.)

A —már számítógépes inputra is alkalmas— leíró modell az alábbi módon néz ki:

$$M : \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow \quad (\text{A működési út.})$$

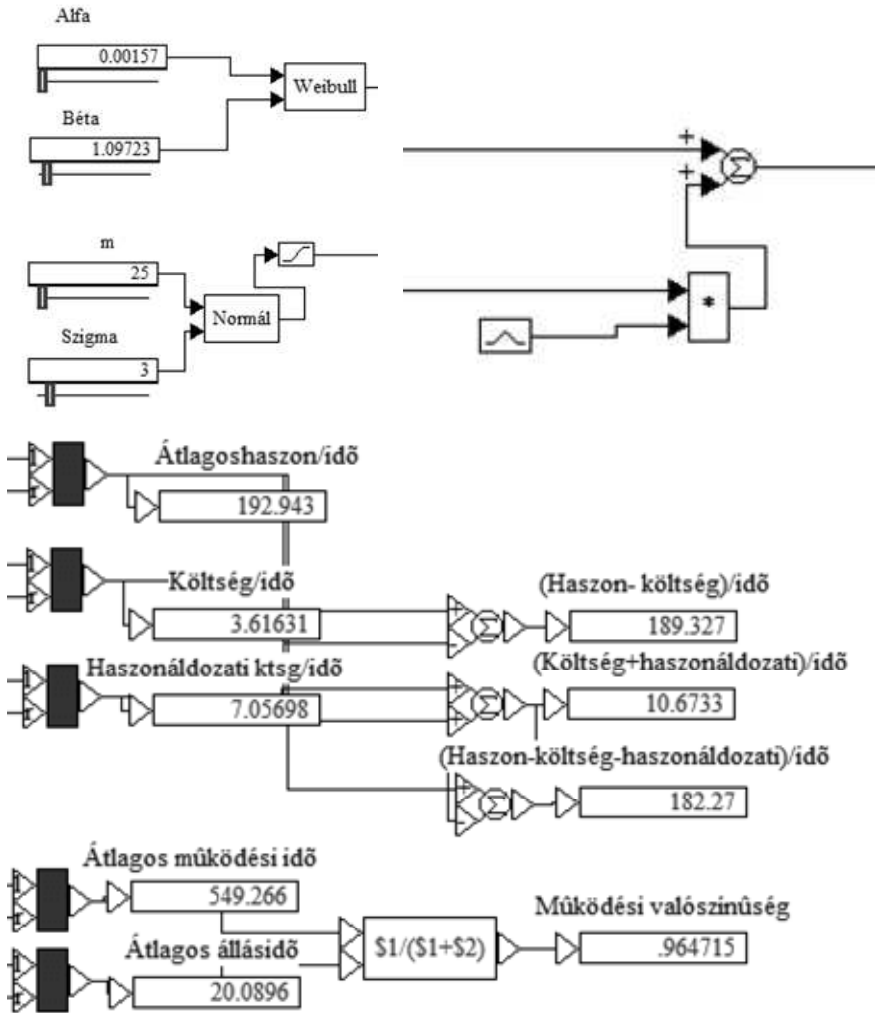
- | | | |
|------|--|---|
| 1 : | $W(t_m, \alpha = 0,0005, \beta = 2,1)$ | (A hibamentes működési idők eloszlása az 1. elemre) |
| | $N(t_a, m = 10, \sigma = 1,5)$ | (Az állásidők eloszlása az 1. elemre) |
| 2 : | $N(t_m, m = 800, \sigma = 120)$ | (A hibamentes működési idők eloszlása a 2. elemre) |
| | $N(t_a, m = 25, \sigma = 3)$ | (Az állásidők eloszlása a 2. elemre) |
| 3K : | $D(t_m, \text{érték} = 700)$ | (A karbantartási időközök) |
| | $N(t_a, m = 20, \sigma = 2)$ | (A karbantartás ideje) |

- Az egy óra alatt termelt haszon: 200 EUR/h;
- 1. elem leállításából származó költség: alkalomfüggő: 30 EUR; időfüggő: 15 EUR/h;
- 2. elem leállításából származó költség: alkalomfüggő: 50 EUR; időfüggő: 20 EUR/h.

4 Szimulációs kísérletek

4.1 Kísérletek a szimulációs szoftver verifikálására

A szimulációs vizsgálatokra a VisSim vizuális szimulációs programot használtuk. (A Visual Solutions terméke.) Ebben a különböző matematikai műveleteknek blokkok (téglalapok) felelnek meg, amelyek között az adatok vezetékeken mennek. Az 5. ábrán látható példa az adatok megadására. Az ábra bal felső részén látható csúszkákkal kényelmesen lehet változtatni a modell (ebben az esetben a véletlenszám generátor) paramétereit. A jobboldali rész a normál eloszlású véletlenszám generátor „belseje”, az $m + u\sigma$ képlet leképezése, ahol u standard normális eloszlású eloszlású. Alul az eredmények megjelenítése látható. A blokkokba C szintaxissal képletek is beírhatók.



5. ábra. A VisSim modell építőelemei

A különböző jellemzőjű elemek viselkedésének szimulálására készült program verifikálására az előző fejezet 2. elemét választottuk. Ennek jellemzői:

- A hibamentes működési idők normális eloszlásúak, $m = 800$, $\sigma = 120$.
- Az állásidők normális eloszlásúak, $m = 25$, $\sigma = 3$.
- A tervszerű karbantartás ideje a 2. elemnél normális eloszlású, $m = 20$, $\sigma = 2$. (Ennél a futtatásnál nem vettük figyelembe a karbantartást.) A kísérletek száma 1 000 000 volt.

	Átlagos működés	Átlagos állás	Időegységre jutó jellemzők			
			Haszon (A)	Költség (B)	Elmaradt haszon (C)	$A - B - C$
Analitikus	800	25	193,9394	0,666667	6,060606	187,2121
Szimuláció	800,024	24,9985	193,9399	0,666613	6,06008	187,2132

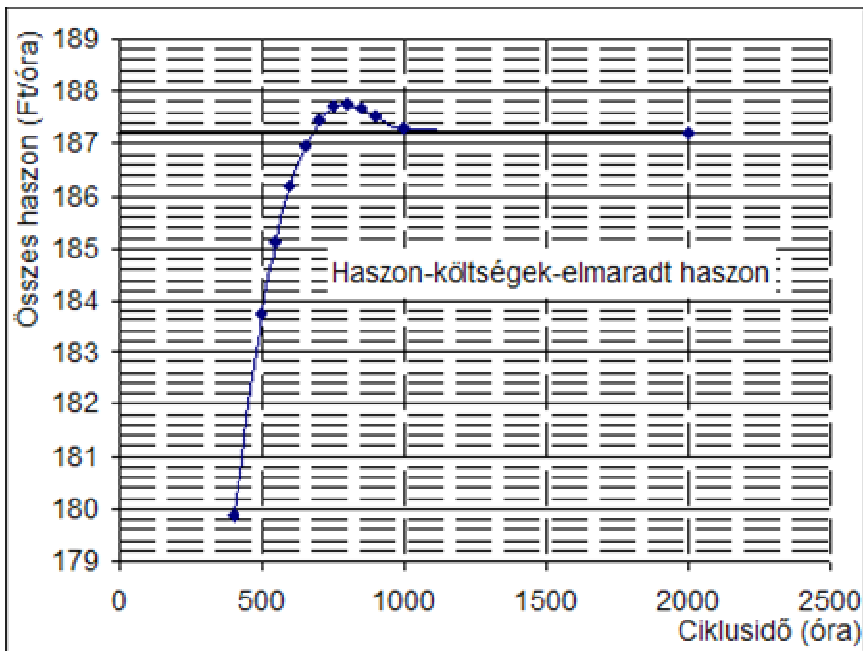
1. táblázat. A szimulációs futtatások és az analitikus számolások eredményei

Megállapítható, hogy az analitikus számolás és a szimuláció azonos eredményre vezetett. Az elvégzett számítások az eseti karbantartási stratégiára vonatkoznak. Kérdés, hogy jobb értéket lehet-e ennél kapni a működés megszakításával bizonyos idő után és egy gyorsabb tervszerű javítás alkalmazásával.

4.2 Karbantartás szimulációja

Különböző karbantartási ciklusidőket feltételezve a futásokra a 2. táblázat szerinti eredmények adódtak (az első két sor az eseti stratégiát mutatja, az első sorban az analitikus számolás eredménye látható).

Az eredményeket ábrázolva (6. ábra) látható, hogy a maximum helye 650 óra környékén van.



6. ábra. Normális eloszlású hibamentes működési idők esetén van optimális ciklusidő

Ciklusidő	Átlagos működés	Átlagos állás	Időegységre jutó jellemzők			
			Haszon (A)	Költség (B)	Elmaradt haszon (C)	$A - B - C$
Végtelen	800	25	193,9394	0,666667	6,060606	187,2121
1000000	800,024	24,9985	193,9399	0,666613	6,06008	187,2132
400	399,994	20,0002	190,476	1,07145	9,52405	179,8805
500	499,808	20,0265	192,295	0,866681	7,70494	183,723379
550	549,266	20,0896	192,943	0,793517	7,05698	185,092503
600	597,708	20,2394	193,4495	0,735967	6,55054	186,162993
650	643,977	20,5324	193,8203	0,693215	6,17972	186,947365
700	686,366	21,0197	194,0571	0,667976	5,9493	187,439824
750	722,895	21,6994	194,1715	0,650002	5,82851	187,692988
800	751,953	22,4975	194,1901	0,645554	5,80992	187,734626
850	772,912	23,2937	194,1488	0,647915	5,85117	187,649715
900	786,402	23,974	194,0832	0,653376	5,91676	187,513064
1000	797,749	24,7605	193,9793	0,662861	6,02072	187,295719
2000	800,024	24,9985	193,9399	0,666613	6,06008	187,213207

2. táblázat. Eredmények normális eloszlású hibamentes működési idők esetén

Bizonyos mértékű ellenőrzésre itt is lehetőség van, ugyanis a ciklusidő függvényében könnyen számítható a várható állásidő. A számítások mellőzésével közöljük a táblázatot (3. táblázat).

Ciklusidő	Állásidő	
	Szimulációval	Analitikusan
400	20,0002	20,0021453
500	20,0265	20,03104833
550	20,0896	20,09305213
600	20,2394	20,23895176
650	20,5324	20,52824887
700	21,0197	21,0116419
750	21,6994	21,6923056
800	22,4975	22,5
850	23,2937	23,3076944
900	23,974	23,9883581
1000	24,7605	24,76104824
2000	24,9985	25

3. táblázat. A szimulált és számított állásidők

4.3 Számolás tetszőleges eloszlással

A módszer igazi erejét az adja, hogy a hibamentes működési idők és az állásidők széles körére lehet azonos módon az elemzéseket elvégezni. Legyen a következő elemzés tárgya a korábbi rendszer 1. eleme!

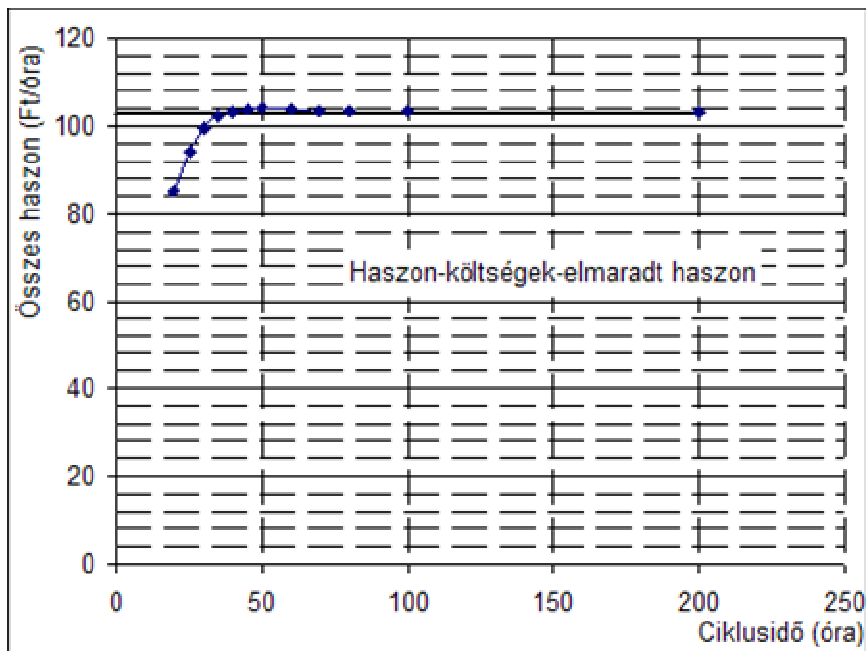
- A hibamentes működési idők Weibull-eloszlásúak, $\alpha = 0,0005$, $\beta = 2,1$.
- Az állásidők normális eloszlásúak, $m = 10$, $\sigma = 1,5$.
- A tervszerű karbantartás ideje az 1. elemnél legyen determinisztikusan 6 h.
- Az 1. elem leállításából származó költség: alkalomfüggő: 30 EUR, időfüggő: 15 EUR/h

Ciklusidő	Átlagos működés	Átlagos állás	Időegységre jutó jellemzők			
			Haszon (A)	Költség (B)	Elmaradt haszon (C)	$A - B - C$
Végtelen	33,052	10	153,54495	4,180955	46,455054	102,9089375
1000000	33,1218	9,99814	153,6263	4,17367	46,3737	103,07893
20	18,393	6,94623	145,1742	5,29481	54,8258	85,05359
25	21,9311	7,39823	149,5525	4,80644	50,4475	94,29856
30	24,8879	7,86968	151,952	4,51942	48,048	99,38458
35	27,2608	8,32671	153,2043	4,35267	46,7957	102,05593
40	29,0871	8,74031	153,7889	4,25891	46,2111	103,31889
45	30,4342	9,09096	153,9992	4,20907	46,0008	103,78933
50	31,3877	9,36913	154,0261	4,18413	45,9739	103,86807
60	32,4595	9,73208	153,8673	4,171	46,1327	103,5636
70	32,8804	9,9036	153,7043	4,17337	46,2957	103,23523
80	33,0196	9,97096	153,6163	4,17662	46,3838	103,05588
100	33,067	9,99683	153,572	4,17874	46,428	102,96526
200	33,0714	9,99803	153,5725	4,17862	46,4275	102,96638

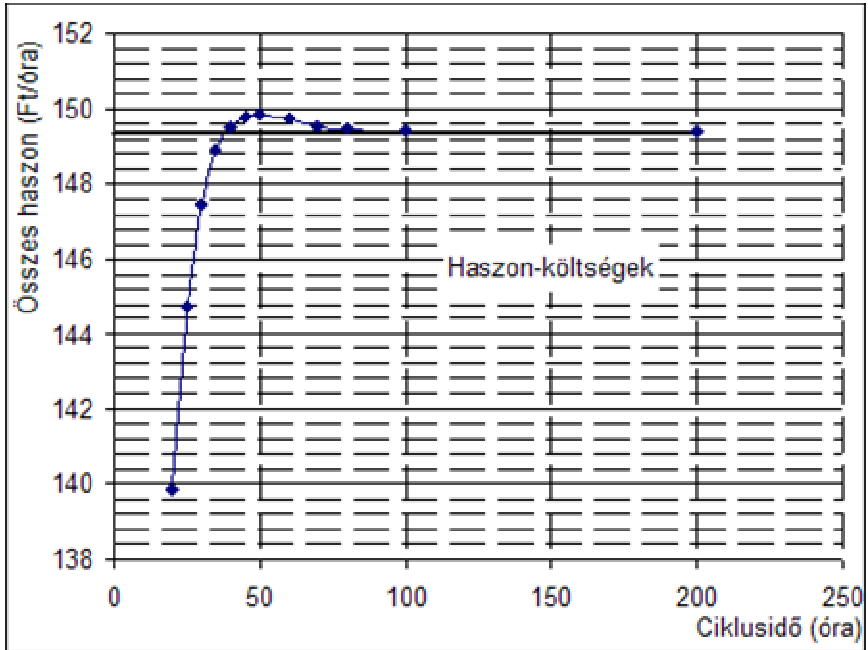
4. táblázat. Az 1. elem futtatási eredményei

A futtatások eredményei az első elemre a 4. táblázatban láthatók, az első sor itt is analitikus számolással adódott. A 4. táblázatból és a 7. ábrából is látható, hogy bár számszerűen van maximumhely, ez (103,87) azonban alig nagyobb a végtelen ciklusidőhöz (eseti stratégia) tartozó értéknél (103,08), a különbség adódhat a szimulált adatok szórásából.

Az optimum megléte, értéke természetesen függ a választott célfüggvénytől. Ha az elmaradt hasznot nem vesszük figyelembe, a 8. ábrán látható diagramot kapjuk. Ennek már jól kivehető maximuma van 50 óra környékén.

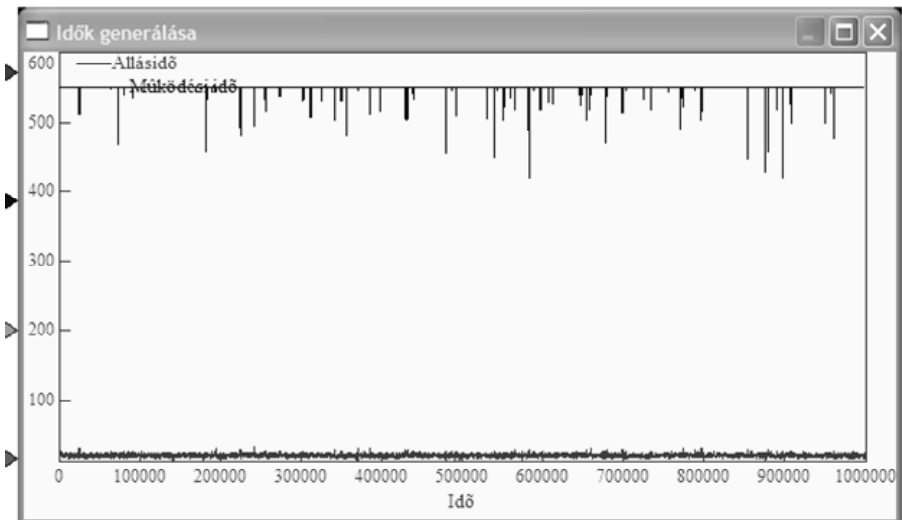


7. ábra. Az eseti stratégia optimális

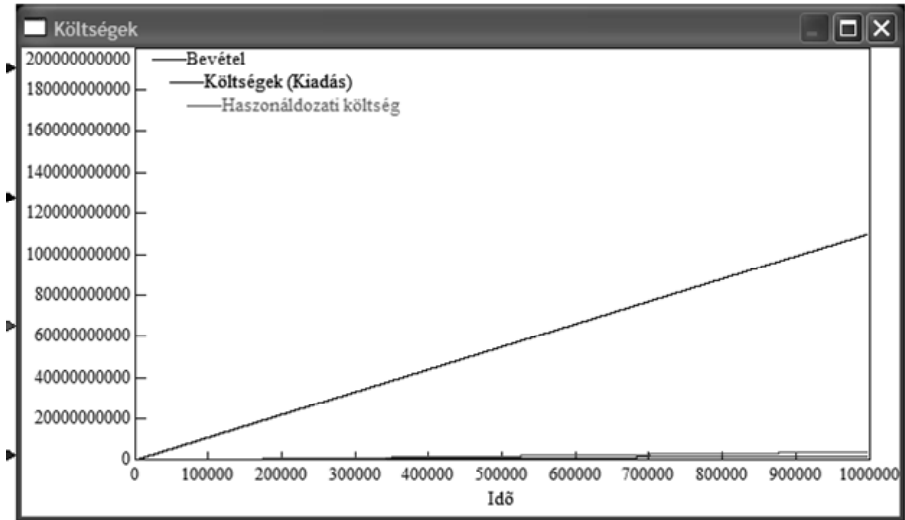


8. ábra. Ha csak a kiadás jellegű költségeket vesszük figyelembe, van optimális ciklusidő

A generált idő- és költségadatokat a szimuláció során megjeleníthetők. (9, 10. ábra.) A 9. ábrán a működési időket az 550 óránkénti karbantartás csonkolja. Alul az állásidők láthatók. A kísérletek száma 1 000 000 volt.



9. ábra. A generált működési és állásidők



10. ábra. A költségadatok gyűjtése a szimuláció során

5 Következtetések

A kapott eredmények azt igazolják, hogy szimuláció alkalmazásával valóban hatékonyan lehet megoldani analitikusan problémás feladatokat is. Bizonyos problémátípusoknál célszerű általános modell kezelésére alkalmas szoftvert készíteni, ami különböző konkrét rendszerekre alkalmazható. Tanulságos az is, hogy a célfüggvény megválasztása kritikus lehet a stratégiával kapcsolatos döntések meghozatalánál.

A bemutatott optimalizáláshoz hasonló alkalmazunk az oktatásban is. Szemléletesség folytán segíti a hallgatókat a Monte Carlo szimuláció lényegének megértésében.

Irodalom

1. Bruzzone, A. G. – Briano, C. – Simeoni, S. (2004): Industrial Maintenance Metrics based on Simulation and Fuzzy Logic, *Proceedings 16th European Simulation Symposium*
2. Gaál Z. – Szabó L. (1997): Stratégiai menedzsment és vállalati siker, *Gazdaság Vállalkozás Vezetés* 1997/4, 34-44. o.
3. Gaál Z. – Kovács Z. (1994): *Megbízhatóság, karbantartás*, Veszprémi Egyetem Kiadói Iroda.
4. Koltai T. – Jelinek T. (1994): A szimuláció az iparfejlesztés és termelés-szervezés szolgálatában. *Ipari Szemle*, 6 sz., 51–52 o.
5. Koltai T. (1995): Simulation based product costing: the application of discrete event simulation for activity-based costing. *Proceedings of The International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Marakesh, Marocco, pp. 344–353.

6. Koltai T. – Maczó K. (1987): Az elmaradó hozamok értékelése felügyeletnélküli gyártó-rendszerek esetén. *Felügyeletnélküli Gyártás - Automatizálás* 87, GAMF Sokszorosító, Kecskemét, 161–173 o.
7. Kovács Z. (1990): *A megbízhatóság és a karbantartás kapcsolata technológiai rendszerekben*, Kandidátusi értekezés.
8. Kovács Z. (1994): Nem független elemekből álló rendszerek megbízhatósága, *Minőség és Megbízhatóság* 94/3, 40–45.
9. Kovács Z. (1994a): Nem független elemekből álló rendszerek megbízhatóságának modellezése I. *Minőség és Megbízhatóság* 94/4, 41–41.
10. Kovács Z. (1994b): Nem független elemekből álló rendszerek megbízhatóságának modellezése II. *Minőség és Megbízhatóság* 94/5-6, 63–69.
11. Kovács Z. – Ködmön I. (1994).: Szimulációs módszerek alkalmazása a berendezésmegbízhatóság vizsgálatában – Karbantartás az ezredfordulón – kihívások és válaszok, *Nemzetközi karbantartási konferencia*, Veszprém, 1994. június 13-15. 148–158 o.
12. Kovács Z. (2001): A karbantartás új definíciója – Karbantartás új szerepei – értéképzés, kiválóság, képességfejlesztés, *Nemzetközi karbantartási konferencia*, Veszprém, 2001. június 11–13. 1–6. o.
13. Kovács Z. (2001): *Termelésmenedzsment*, Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2001.
14. Ködmön I. – Kovács Z. – Koscsó L. (2000): Reliability-Centered Maintenance at the Fűzfő Paper Company. *Hungarian Journal of Industrial Chemistry*, Veszprém, Vol. 28. pp. 59–66.
15. Ködmön I. – Kovács Z. – Koscsó L. (2000): Kísérlet a megbízhatóság alapú karbantartás szervezésére a Fűzfői Papír Részvénytársaságnál. I. A technológiai rendszer dekomponálása, *Papíripar* XLII. évf. 3. szám 101–105.
16. Ködmön I. – Kovács Z. – Koscsó L. (2000): Kísérlet a megbízhatóság alapú karbantartás szervezésére a Fűzfői Papír Részvénytársaságnál. II. Optimálási kísérletek, *Papíripar* XLII. évf. 4. szám 137–142.
17. Kövesi J. – Andor Gy. (1999): Economic and reliability analysis in the frame of total productive maintenance. Új utakon a karbantartás - *Nemzetközi konferencia*, Veszprém, 1999. június 14–16, 5–25.
18. VisSim: A VisSim a Visual Solutions terméke.
19. Vörös J. (1999): *Termelési és szolgáltatási rendszerek vezetése*, Janus Pannonius Egyetemi Kiadó, Pécs, 1999.

MONTE CARLO OPTIMIZATION OF MAINTENANCE STRATEGIES

Maintenance activities are triggered basically by stochastic events. In this article the objective function of choosing strategy is the minimum of total costs. Preventive and failure related costs are taken into consideration as well as opportunity costs. The necessity of Monte Carlo simulation is the fact that that failure free (and standstill) times might have different distribution hence there is no way to create a general analytical model. Basic elements of the simulation model: distribution of failure free time, distribution of standstill time, frequency dependent standstill time costs, time dependent standstill costs. Interdependency among elements can be taken into consideration. Author presents simulation tools also.

A MARKETING, A TERMELÉS ÉS A LOGISZTIKA HOZZÁJÁRULÁSA A VÁLLALATI EREDMÉNYESSÉGHEZ¹

DEMETER KRISZTINA – KOLOS KRISZTINA

Budapesti Corvinus Egyetem

A vállalatok komplex szervezetek, ahol a tevékenységeknek és folyamatoknak megfelelően kell működniük, ha a vállalat eredményes akar lenni. Sok tényezőtől függ, hogy mikor melyik tevékenység kap nagyobb hangsúlyt, vagy éppen működik a háttérben. Mivel a szervezeti funkcióknak külön szakirodalma van, és független gyakorlati tapasztalatokkal rendelkeznek, ezért a közöttük való átjárás ritka. Így nagyon kevés ismeretünk van arról, hogy az egyes funkciók *együttesen* miként járulnak hozzá a vállalati sikerhez. A Budapesti Corvinus Egyetem Versenyképességkutató Központjának 2004-ben lekérdezett kérdőíve alapján, ami 154 feldolgozóipari vállalat adatait tartalmazza, azt vizsgáljuk, hogy az ellátási lánc három lényeges vállalati funkciója, a marketing, a termelés és a logisztika milyen mértékben járul hozzá az üzleti eredményességhez. Az eredmények szerint a marketingnek és a termelésnek erősebb hatása van a vállalati teljesítményre, mint a logisztikának. A három funkció együttesen csekély, bár statisztikai értelemben szignifikáns szerepet játszik az üzleti sikerben.

1 Bevezetés

A globalizáció eredményeképpen a piacokon egyre ádagabb verseny zajlik, ami folyamatos fejlesztést kíván a vállalatoktól, ha túl akarnak élni. Mivel a pénzügyi erőforrások korlátozottak, ezért a vállalatoknak dönteniük kell, hogy melyek azok a beruházási területek, amelyek a legnagyobb hozadékkal kecsegtetnek. Az erősödő folyamatszemplélet ellenére a vállalatok rendszerint még mindig funkcionális silókban gondolkodnak. Ezért a beruházási döntések is a funkcionális területek közötti hatalmi harcokban dőlnek el.

Tanulmányunkban először megnézzük, mit jelenthet a marketing, a termelés és a logisztika —mint különálló működési egységek— funkcionális kiválósága. Az adatbázis bemutatása után funkcionális kiválósági skálákat képezzünk, hogy mérni tudjuk egy-egy vállalatban belül a funkcionális kiválóság szintjét. Ezt követően elemezzük a képzett mutatók kapcsolatát a vállalati teljesítménnyel, a mérettel, a tulajdon jellegével, a diverzifikáció szintjével, a piaci célokkal és a változásokkal szembeni attitűdökkel. Megvizsgáljuk azt is, hogy milyen mértékben járul hozzá a három funkcionális terület együttesen a

¹Beérkezett: 2007. január 29. E-mail: krisztina.demeter@uni-corvinus.hu, krisztina.kolos@uni-corvinus.hu.

vállalati teljesítményhez. Képezzünk vállalati csoportokat, hogy jobban meg tudjuk ragadni az egyes funkcionális területek kiválóságának együttmozgási jellemzőit. Végül, természetesen, levonjuk a fő következtetéseket.

2 Funkcionális kiválóság

Marketing

A marketing vállalaton belüli megjelenésével, a tevékenységek jellemzésével számos hazai és nemzetközi kutatás foglalkozott. Berács és Kolos (1994) kutatásai alapján látható, hogy a marketingorientált hazai vállalatok jobb eredményeket értek az értékesítési volumen és a piacrészesedés vonatkozásában. További kutatások (Hooley és Jobber, 1986; Hooley 1993) a marketing vállalati teljesítményre gyakorolt hatását empirikus adatokkal támasztották alá.

A vállalatok részéről azonban jogosan merül fel a kérdés, hogy vajon elég fejlett-e marketingtevékenységük a hazai vállalatokhoz vagy az iparág hasonló vállalataihoz képest. Ezért szükségesnek látszik egy olyan mérőskála kialakítása, amely komplex módon méri a marketingteljesítményt, és alkalmas arra, hogy egy konkrét mutatószámmal visszajelzést adjon a vállalat tevékenységéről, annak időbeni változásáról, illetve más funkciókhoz való viszonyáról.

A marketing mérőskála kialakításánál a piacorientáció, és a vállalati erőforrások elméleteire támaszkodtunk. Narver és Slater (1990) a piacorientációt egy olyan vállalati kultúraként határozzák meg, amely eredményesen járul hozzá a magasabb vevői érték megteremtéséhez. A szerzők három tényezőt különböztetnek meg: *vevő-orientációt*, *versenytárs-orientációt*, és *funkciók közötti koordinációt*. A piacorientáció alapja tehát a vevői igények megismerése, és kielégítése, a versenytársak tevékenységének nyomon követése, a vállalat erősségeinek, gyengeségeinek ismerete, illetve a pozicionálás révén a termékek és szolgáltatások megkülönböztetése a versenytársaktól. A harmadik tényező utal a marketingfunkció azon sajátosságára, hogy e funkció sikere alapvetően függ attól, hogyan tud együttműködni a vállalat más funkcióival, például az emberi erőforrás-menedzsmenttel, a termeléssel, a logisztikával. Kohli és Jaworski (1990) felfogásában a *piacorientáció* a következő elemekből áll: információszerzés a fogyasztókról és a versenytársakról (*intelligence generation*), az információknak a vállalaton belüli formális és informális áramoltatása (*dissemination*), valamint a válaszképesség (*responsiveness*). A fent említett kutatók későbbi munkáikban tesztelték is az általuk kifejlesztett skálákat, és pozitív összefüggést találtak a teljesítménnyel (profit). A piacorientáció és a teljesítmény kapcsolatát vizsgáló kutatásokról Deshpande és Farley (2004) ad átfogó képet.

Az erőforrás-elméletnek és a piacorientációnak számos kapcsolódási pontja van, hiszen az erőforrások lehetnek emberek, információk, tudás, vállalati sajátosságok. Hooley és társai (1998) a *marketingeszközök* négy formáját határozták meg, ezek a következők: vevőalapú eszközök (*customer-based assets*), az elosztási csatorna eszközei (*supply chain assets*), belső eszközök (*internal assets*), és szövetség-alapú eszközök (*alliance-based assets*).

Termelés

A termelés versenyképességben játszott szerepével leginkább a '80-as évek végétől a '90-es évek közepéig terjedő időszakban foglalkoztak a világszínvonalú termelés keretében. Sok kutató vizsgálta azt a kérdést, hogy milyen jellemzőkkel írható le a világszínvonalú termelés. Legelőször Hayes-Wheelwright (1984) használta a fogalmat, amit később kicsit más értelmezésben Schonberger (1986) és Giffi et al. (1990) is átvett. Az akkoriban végzett empirikus kutatások és gyakorlati tapasztalatok alapján a vállalatok világszínvonalú termelésének két sarkalatos pontja a minden téren tanúsított *legjobb termelési gyakorlat* és az ezzel párhuzamosan jelentkező *magas színvonalú teljesítmény* (Collins et al. 1996; Flynn et al., 1999; Prabhu et al., 2000; Voss-Blackmon, 1996). A két fő dimenziót számos jellemzővel ragadták meg.

A termelési gyakorlat szintjét meghatározó tényezők a következők

- *Munkaerő ismereteinek növelése, folyamatos képzés* (Hayes-Wheelwright, 1984). Ide tartozik a gyakornoki rendszerek kiépítése, iskolákkal tartott kapcsolatok ápolása, a munkaerő ösztönzése és motiválása, a tudás támogatása és mérése, a keresztképzés és rotáció használata stb.
- *Munkaerő bevonása, feladatok delegálása* (Hayes-Wheelwright, 1984). Elsősorban a menedzsment és a dolgozók közötti korlátok leépítését, a munkások döntési jogkörének növelését takarja.
- *Gyártási technológia folyamatos fejlesztése* (Hayes-Wheelwright, 1984). A gépek folyamatos, házon belüli, vagy legalábbis a szállítóval szoros kapcsolatban való fejlesztéséről, a technológia és a hozzá szükséges szoft ismeretek egyensúlyban tartásáról szól.
- *Fogyasztóközpontúság, minőségmenedzsment* (Hayes-Wheelwright, 1984). A minőséget, annak szintjét a fogyasztói elvárásoknak kell meghatározni, és törekedni kell ennek a szintnek a folyamatos elérésére minden dolgozó bevonásával.
- *Folyamatfókusz* (Flynn et al., 1999). Ez a szempont már a '90-es évek terméke, amikor a veszteségek kiküszöbölésére való törekvés, illetve az átfutási idők radikális csökkentésének fogyasztói elvárása kikényszerítette a vállalatokból a folyamatok átgondolását.
- *JIT kulcselemei* (húzásos rendszer, átállítási idő csökkentése) (Flynn et al., 1999). A JIT rendszer egészen új alapokra helyezte a termelési rendszereket. Részben ennek terméke a folyamatfókusz is, ami azonban a JIT-től függetlenül is versenyképességet növelő tényezővé vált. A JIT kulcselemei közé elsősorban a készletcsökkentést célzó, fogyasztói igényekből kiinduló húzásos rendszer és az átállítási-idő csökkentés sorolható.
- *Gyártási rendszer* (Voss-Blackmon, 1996 és Collins et al., 1996). Ezt a dimenziót az IBM szervezésében lezajlott, a termelés európai színvonalának meghatározására szervezett kutatás (Made in Europe, MIE) nem

részletezte, csak felsorolásszerűen tartalmazta. Valószínűleg a korábbiakban már felsorolt tényezők, például a gyártási technológia korszerűsége, összehangoltsága, a gyártás szervezési kérdései sorolhatók ide.

- *Logisztika* (Voss-Blackmon, 1996 és Collins et al., 1996). Hasonlóan a korábbi szemponthoz ezt a dimenziót is a MIE kutatás említi, részletezés nélkül. Mindenesetre ezzel a tényezővel a kutatók már jelzik, hogy a termelés egy anyagáramlási rendszer része, attól nem tud függetlenül működni és jól teljesíteni.
- *Párhuzamos fejlesztés* (Voss-Blackmon, 1996 és Collins et al., 1996). A párhuzamos fejlesztés megint a termelés nyitását jelzi, ezúttal az innováció felé. A termék élettartamok rövidülésével a termékek gyors termelésbe vétele és felfuttatása kritikus tényező a vállalatok jövedelmezőségében.

A felsorolt tényezők vállalati teljesítményhez való hozzájárulását Flynn (1999) empirikusan is igazolta. Az azóta eltelt időben, az ellátási lánc menedzsment előretörésével egyre többen hangsúlyozzák a vállalaton belüli és azok közötti integráció szerepét a versenyképesség elérésében (Ballou et al., 2000, Narasimhan – Kim, 2001; Scannel et al., 2000; Vickery et al., 2003; Rosenzweig et al. 2003). A termelésben ez elsősorban a) az információs rendszerek összekapcsolásában, azaz az információáramlás felgyorsulásában és a tervezési rendszerek megosztásában nyilvánul meg (versenyképességre gyakorolt pozitív hatását több irodalmi forrás is alátámasztja, pl. Ballou et al., 2000, Narasimhan – Kim, 2001), valamint b) a vállalati tevékenységek letisztulásában, és ezzel párhuzamosan a kiszervezés egyre gyakoribb megjelenésében érhető tetten. Kannan és Tan (2005) megvizsgálták a JIT, a TQM és az ellátási lánc menedzsment közötti kapcsolatot. Azt találták, hogy mindháromnak megvannak a saját jellemzőik és céljaik, és képesek a vállalati teljesítményre pozitív hatást gyakorolni. A vállalatoknak azonban meg kell találniuk a szinergiákat közöttük, hogy valóban magasabb teljesítményt tudjanak elérni.

A MIE kutatásban alkalmazott modell szerint a jó termelési gyakorlat vezet a jó termelési teljesítményhez, és ezek eredője a jó üzleti teljesítmény. A *termelési teljesítmény* tehát a moderáló változó a termelési gyakorlat és az üzleti teljesítmény között. A termelési teljesítmény operacionalizálásakor a termelési szakirodalomban jól ismert versenyelőny forrásokat (termelési költség, minőség, szállítási megbízhatóság és idő, rugalmasság) fogták meg mutatókkal. A MIE kutatás objektív és szubjektív mutatókat egyaránt használt.

Logisztika

A Michigan Állami Egyetem kutatói három egymást követő kutatást csináltak 1989 és 1995 között, hogy feltárják a logisztikai kiválósághoz vezető utat (The Global Logistics Research Team, 1995). A *Leading Edge Logistics: Competitive Positioning for the 1990's* kutatás 1989-ben elkészült anyaga szerint a

legjobban teljesítő vállalatok magatartás jellemzői a következők (Bowersox et. al., 1989): 1) nagyfokú elkötelezettség felmutatása a fogyasztók felé; 2) hangsúly az alapteljesítmény biztosításán; 3) kifinomult logisztikai megoldások fejlesztése; 4) tervezés hangsúlyozása; 5) széles ívű funkcionális kontroll biztosítása; 6) magas fokon formalizált logisztikai folyamat; 7) rugalmasság hangsúlyozása; 8) külső szövetségesek iránti elkötelezettség; 9) információ-technológiai beruházások; 10) átfogó teljesítménymérés.

Ezt követte a Logistical Excellence kutatás (Bowersox et al, 1992), amely egy legjobb gyakorlat modellt állított fel. A modell szerint a legjobb gyakorlat a belső logisztikai folyamatok integrációjának eredménye, amit a külső ellátási lánc kapcsolatok integrációja követ. A belső integráció fő letéteményesei a logisztikai folyamatok formalizálása, a megfelelő technológia adaptálása és a folyamatos teljesítménymérés. A külső integráció alkotórészei az információ megosztása, az összekapcsolhatóság és a vállalatok közötti logisztikai folyamatok formalizálása.

A harmadik kutatás használta először a világszínvonalú logisztika (*world class logistics*) fogalmát. A kutatócsoport kutatásaik alapján a logisztikát képesség alapon definiálta és meglehetősen tágan értelmezte. Az empirikus vizsgálatok során négy fő képességcsoportot (kompetenciát) határoztak meg, amelyek összesen a zárójelben található 17 képességen keresztül jelennek meg:

- pozicionálás (stratégia, ellátási lánc, hálózat, szervezet),
- integráció (ellátási lánc egységesítés, IT, információmegosztás, összekapcsolódás, standardizáció, egyszerűsítés, fegyelem)
- agilitás (relevancia, rugalmasság, alkalmazkodás) és
- mérés (funkció értékelése, folyamat értékelése, benchmarking).

Shang és Marlow (2005) a logisztikai képességek és a teljesítmény közötti kapcsolatot vizsgálták Tajvanban. Kutatásaik során azt találták, hogy az információ alapú képesség a legfontosabb, mivel ez hatást gyakorol más képességekre, például a benchmarkingra és a rugalmasságra, és a logisztikai teljesítményen keresztül pozitív a pénzügyi teljesítményre gyakorolt hatása is. Fawcett és Cooper (1998) egy longitudinális tanulmány alapján a logisztikai teljesítménymérés fontosságát hangsúlyozzák, mint a siker eléréséhez vezető eszközt.

A szakirodalom áttekintése alapján a kutatók rendszerint belső funkcionális problémákkal foglalkoznak, vagy speciális kapcsolatokat vizsgálnak két vagy több funkcionális terület között. Néha még mérik is e kapcsolatok teljesítményre gyakorolt hatását, de nem az egyes funkcionális területek teljes és egyenkénti hozzájárulásával foglalkoznak. Például olvashatunk a marketing és a termelés kapcsolatáról (Parente, 1998), a marketing és a logisztika együttműködéséről (Ellinger et al, 2000; Mollenkopf et al, 2000), vagy több mint két funkció kapcsolatáról, jellemzően úgy, hogy egy funkcionális területről kiindulva vizsgálnak néhány másikat. Például, Ruekert és társai

(1987) és Kahn-McDonough (1997) marketing szemszöveget használt; Gimenez-Ventura (2003) a logisztikai területből indult ki. Más cikkek döntéshozatali vagy folyamataszpektusból vizsgáloáltak, de nem elemezték a funkciók teljes hozzájárulását (Morash, 1997). Az ellátási lánc irodalom tovább erősíti az integráció és koordináció szükségességét (Ballou et al, 2000), de szintén nem foglalkozik a funkciók hozzájárulásának kérdésével.

Cikkünkben az integráció és versenyképesség kérdését olyan irányból közelítjük meg, amelyre nem találtunk példát az irodalomban. Abból a feltevésből indulunk ki, hogy minden szervezeti funkció — köztük a marketing, a termelés és a logisztika is — igazolni akarja létjogosultságát. Ennek egyik módja, hogy a funkcionális területek egyenként milyen mértékben járulnak hozzá a vállalati teljesítményhez. Meggyőződésünk, hogy a funkcionális kiválóság lényeges szerepet játszik az integrációs folyamatban. A jobb funkciók belátják, mennyire fontos bizonyos szintű információcsere, kommunikáció és kooperáció; használják a területükön elérhető legmegfelelőbb eszközöket és módszereket; mérik teljesítményüket; a vállalati tevékenységeket saját perspektívájukból integrálják; és nem utolsó sorban képességeket fejlesztenek.

Ez a megközelítés a következő kérdéseket veti fel: milyen szerepet játszik a marketing, a termelés és a logisztika az általános vállalati teljesítményben? Milyen körülmények között lehet az egyik fontosabb, mint a másik? Vajon milyen tényezők befolyásolják, hogy melyik funkció vállalja fel az integráló szerepet? Vagy inkább arról van szó, hogy mindhárom terület hatékony működésére vagy még inkább együttműködésére van szükség a vállalati szintű sikerhez?

3 A funkcionális kiválóság hatása

A szakirodalom áttekintése alapján néhány hipotézist állítottunk fel. A marketing, termelés, és logisztikai kiválósággal foglalkozó szakirodalom (Morash, 1997; Frochlich és Westbrook, 2001; Li, 2006; Hooley és Berács, 1997) egyértelműen azt jelzi, hogy erős kapcsolat várható a funkcionális kiválóság és a vállalati teljesítmény között.

*H1: A marketing, a termelési és a logisztikai kiválóság szoros kapcsolatban áll a vállalati teljesítménnyel. A jobban teljesítő vállalatok magasabb szintű funkcionális kiválóságot mutatnak.*²

A magyar versenyképességre végzett korábbi elemzések szerint (Demeter, 2002), a vállalati méret hatást gyakorol a termelési gyakorlatra. A kisebb vállalatoknak nincs szüksége olyan mértékű koordinációs erőfeszítésekre, mint

²A vállalati teljesítményt a kérdőívben az iparági átlaghoz viszonyított, szubjektív 1-5 skálával mértük (1 – jelentősen elmarad az iparági átlagtól, 5 – jóval az iparági átlag felett van) a következő dimenziók mentén: a) árbevétel-arányos nyereség, b) tőkearányos nyereség, c) piaci részesedés, d) technológiai színvonal, e) menedzsment színvonal, f) versenytársakhoz viszonyított termék/szolgáltatásminőség. A fenti hat változó alapján a vállalatokat klaszterelemzéssel 3 csoportba soroltuk: lemaradók, átlagosak és vezetők (Wimmer-Csesznák, 2005).

a nagyobbaknak; átláthatóbb és egyszerűbb folyamatokkal rendelkeznek, és rendszerint korlátozottabbak a beruházási lehetőségeik. Ráadásul egyes akcióprogramok méretgazdaságossága és ezáltal a kifizetődés mértéke is várhatóan egyenes arányban áll a vállalat méretével. Ugyanez a logika a logisztikára is érvényes, hiszen feladatai végrehajtásához elsősorban fizikai eszközöket használ. A marketingre azonban nem alkalmazható ez az érvelés. Coviello (2000) empirikus elemzésében úgy találta, hogy bár a kisebb vállalatok marketingje bizonyos szempontok szerint egyedi ugyan, alapjaiban mégsem különbözik a nagyobb vállalatok marketingjétől.

*H2: A termelési és a logisztikai kiválóság szignifikáns kapcsolatban állnak a vállalati mérettel, a marketing azonban nem. A nagyobb méretű vállalatok magasabb szintű termelési és logisztikai kiválóságot mutatnak.*³

A tulajdonos kiléte (külföldi, állami, vagy belföldi magántulajdonos) alapján kialakított vállalatcsoportok valószínűleg nagyfokú rokonságot mutatnak a vállalati méretnél feltételezett tendenciákkal, különösen a rendelkezésre álló pénzügyi erőforrások tekintetében, mivel a hazai vállalatok általában krónikus tőkehiányban szenvednek a kisméretű vállalatokhoz hasonlóan. Ráadásul, a külföldiek hozzák magukkal külföldről a know-how-t és sokkal hatékonyabban és gazdaságosabban képesek befektetett tőkéjüket hasznosítani (Voss-Blackmon, 1996). Korábbi kutatások is megerősítik ezt a feltevést. Egy kutatás, amely a külföldi közvetlen tőkebefektetések hazai vállalatokra gyakorolt hatását mutatta (Hooley, 1996), arra a megállapításra jutott, hogy azon cégek, ahol van külföldi tulajdonos, hosszabb távú piaci célokat fogalmaznak meg, mint a hazai vállalatok. Fő stratégiai prioritásuk a hosszú távú piaci pozíciók kiépítése, a versenyelőnyt pedig a magasabb minőséggel és kevésbé az alacsony árakkal kívánják elérni. Várakozásunk tehát az, hogy mindhárom kiválósági skála erősen szignifikáns kapcsolatban áll a tulajdonosi háttérrel.

H3: A marketing, a termelési, és a logisztikai kiválóság összefüggésben van a vállalat tulajdonviszonyaival. A domináns külföldi tulajdonban lévő vállalatok magasabb szintű marketing, termelési és logisztikai kiválóságot mutatnak.

Noha minden vállalat megosztja erőforrásait e három funkcionális terület között, kutatási tapasztalataink alapján feltételezzük, hogy a legtöbb vállalat ezeket a funkciókat nem egyenlő súllyal kezeli. A különbség oka lehet a menedzserek eltérő alku pozíciója, a vállalat rövid- és hosszú távú célkitűzései, és más külső tényezők. Amikor a vállalatok döntenek erőforrásaik allokációjáról, feltételezhető, hogy a döntések kimenetét befolyásolják azok a prioritások, amelyek a döntéshozók egyes funkciók vállalati eredményességre gyakorolt hatásával kapcsolatos várakozásait jelenítik meg.

H4: A vállalati teljesítmény alapján képzett vállalatcsoportok közötti különbséget meghatározza a marketing, a termelési, és a logisztikai kiválóság.

³A vállalati méret hatásának vizsgálatához egy kombinált, az EU meghatározással összhangban lévő vállalati méret besorolással dolgoztunk (Wimmer, Csesznák, 2005). Ez egyrészt a vállalati létszámot, másrészt pedig az árbevételt veszi figyelembe. Eszerint kisvállalat: 49 fő és 700 millió Ft árbevétel alatt, középvállalat: 50–249 fős és 700 millió–4 Mrd Ft árbevétel, nagyvállalat: 250 fő, és 4 Mrd Ft árbevétel felett.

Miközben azt feltételezzük, hogy az egyes funkciók eltérő hatást gyakorolnak a vállalati teljesítményre, az is valószínűsíthető, hogy az egyes funkciók függenek egymástól, és a kombinációjuk speciális magatartásmintákat eredményez. Mivel a szakirodalom erre vonatkozóan kevés eredményt mutat, a következő hipotézisünk alapvetően feltáró jellegű.

H5. A vállalatok csoportokba sorolhatóak a funkcionális kiválóság skálák alapján, és ezen csoportok a teljesítménnyel szignifikáns kapcsolatban állnak.

4 A kutatás módszertana

A minta jellemzői

A „Versenyszerben a világgal” versenyképesség kutatás 3. kérdőív fordulójára 2004 májusában, közvetlenül az EU csatlakozást megelőzően került sor. A kérdőív négy részből állt, melyeket a vállalatvezetőnek, illetve egy-egy funkcionális terület vezetőjének (marketing, pénzügy, termelés) kellett kitöltenie. Az összesen mintegy 3000 kérdést tartalmazó kérdőív gazdag tárháza a magyar versenyképesség kutatásának, melynek célja a vállalati szintű versenyképesség okainak feltárása Magyarországon a vállalatokon belüli és kívüli befolyásoló tényezők elemzésével, valamint a funkcionális jellemzők és menedzsment kérdések vizsgálatával (a kutatás 3. fordulójára keretében született műhelytanulmányok elérhetőek a www.vallgazd.hu honlapon a kutatások között; az előző forduló összefoglaló eredményeit ld. Chikán és társai, 2002). A mintába 1300 vállalat lett kiválasztva vállalatméret (minimum 50 fő) és földrajzi elhelyezkedés alapján. Iparágra, illetve gazdasági szektorra vonatkozóan nem volt korlát. Egy információs levelet követően hallgatók keresték fel a vállalatokat és kérték meg a vezetőket a megfelelő kérdőív részek kitöltésére. Végül az 1300 vállalatból 301 vállalat töltötte ki a kérdőívet, ami 23%-os válaszadási aránynak felel meg. Az így kapott mintában a középvállalati réteg túl-, a nagyvállalati réteg alulreprezentált a vizsgált sokasághoz képest. A feldolgozóiparból 154 vállalat töltötte ki a kérdőívet, ami jóval nagyobb arány, mint amekkorát ez a sokaság betölt a gazdaságban. A 154 vállalat között 30 az élelmiszeriparban, 27 a vegyiparban, 26 a gépiparban és 31 más iparágakban tevékenykedik. Mivel a logisztika és főleg a termelés ezekben a vállalatokban a leginkább releváns, ezért vizsgálatainkat a 154 vállalatra korlátoztuk, kihagyva a szolgáltató, a mezőgazdasági, az építőipari és a kitermelő szektorokat az elemzésből.

A funkcionális kiválóság skálák kialakítása

Az operacionalizálás során minden funkcióból 20 változót választottunk ki (marketing, termelés, logisztika), és funkcióként egy 1-100 pontig terjedő skálát alakítottunk ki. Ily módon minden vállalat három indexszel jellemezhető, amelyek az egyes funkcionális területek fejlettségének mértékét mutatják. Mivel összesen 60 változót használtunk fel az indexek kialakításakor,

ami jelentős mértékben csökkentheti a mindenre választ adott vállalatok számát, ezért hiányzó értékek esetén az adott változó átlagával helyettesítettük azokat. Ellenőriztük, és nem találtunk olyan vállalatot, ami notóriusan került volna a válaszadást a vizsgált kérdésekben.

A marketing kiválóság mérése

A marketingteljesítmény mérésénél a korábban említett tényezőket vettük figyelembe. A versenyorientáció, és a szövetség alapú erőforrás kivételével (ezekre a kérdőív nem tartalmazott megfelelő mérést), a skála minden fontos kritériumot tartalmaz. Az alkalmazott skála 20 tételből áll, egy-egy tétel mérése 5 fokú skálán történt, ahol az 1 alacsony egyetértést jelent a vizsgált állítással, vagy kisfokú használatot sugall adott eszköz vagy módszer tekintetében, míg az ötös érték nagyfokú egyetértésre, illetve intenzív használatra utal. Az 1-5 skála miatt a marketing kiválóság skála értékei 20-100 között változhatnak. Az 1. táblázatban foglaljuk össze a skála főbb jellemzőit.

Tétel*	Átlag	Cronbach α a tételt elhagyva	Elméleti kapcsolódás
A hangsúlyt a piaci igények előzetes elemzésére helyezzük, és termékeinket szolgáltatásainkat ennek megfelelően alakítjuk (M)	1,80	0,64	Vevőorientáció
Vállalatunk célja a fogyasztók minél jobb kiszolgálása (C)	4,57	0,59	Vevőorientáció
A fogyasztók jogainak, érdekeinek, elvárásainak figyelembe vétele a döntéshozatal során (C)	4,16	0,60	Vevőorientáció
A marketing súlya az összvállalati működés sikere szempontjából (M)	4,31	0,61	Funkciók közötti koordináció
Vásárlói elégedettség mérésének fontossága (C)	4,51	0,59	Információszerzés fogyasztókról
Információáramlás hatékonysága a munkatársak felé (T)	3,99	0,61	Információ vállalat- ton belüli áramoltatása
Rugalmas reagálás a fogyasztói igényekre (C)	3,54	0,59	Válaszképesség
Piaci változások előrejelzésének képessége (C)	3,00	0,60	Válaszképesség
Panaszkezelési folyamat erősítése (M)	3,42	0,61	Válaszképesség
Fogyasztók száma versenytársakhoz képest (M)	3,12	0,61	Vevőalapú eszközök
A fogyasztókkal kialakított jó viszony vállalatunk fontos erőforrása (C)	4,22	0,57	Vevőalapú eszközök
Fogyasztói szolgáltatások színvonala (C)	3,28	0,59	Vevőalapú eszközök
Az alkalmazottak képzettsége (C)	3,32	0,60	Vevőalapú eszközök
Elosztási csatornák szervezettsége (C)	3,03	0,59	Elosztási csatorna eszközei
A vállalati stratégia szempontjából hosszú távú beszállítói kapcsolat (C)	4,08	0,58	Elosztási csatorna eszközei
Termelési rendszer rugalmassága (C)	3,47	0,61	Belső eszközök
A vállalati információrendszer támogatja az árképzést (P)	3,51	0,55	Belső eszközök
A vállalati információrendszer támogatja a vevőkiszolgálás költségeinek elemzését (P)	2,69	0,55	Belső eszközök
A vállalati információrendszer támogatja a termékfejlesztési döntéseket (P)	2,69	0,56	Belső eszközök
A vállalati információrendszer támogatja az értékesítési csatornákkal kapcsolatos döntéseket (P)	2,70	0,54	Belső eszközök
Összes	69,43	$\alpha = 0,61$	

*Minden tétel után jeleztük, hogy ki válaszolta meg a kérdést. A C a felső vezetőre (CEO), M a marketingre, P a pénzügyre és T a termelésre utal.

1. táblázat. A marketing kiválóság skála jellemzői

Hozzá kell tennünk, hogy a marketing változók egy része a kérdőív más-más részéből származik (amint azt zárójelben jeleztük), így más vállalati felső vezető véleményét tükrözi, ami alacsony, de még elfogadható Cronbach alfat eredményezett.⁴

A termelési kiválóság mérése

A világszínvonalú termelési gyakorlat megragadásához egy változócsoportot használtunk fel a kérdőívből. A kérdéscsoport azt vizsgálja, hogy milyen akcióprogramokat alkalmazott (projekteket indított, például vállalati információs és kommunikációs programot, vagy ERP rendszert vezetett be) a közelmúltban a vállalat, és milyen kifizetődönnek tartja ezeket a próbálkozásokat. A bevont változókat a 2. táblázat mutatja.

Míg az egyes akcióprogramok használata mutatja a termelési gyakorlat szintjét, a kifizetődést vizsgáló kérdések azt mérik, milyen hatékonyan tudja a vállalat használni ezeket a programokat. A kifizetődés azt jelzi, hogy a működési teljesítmény milyen mértékben javult a termelésvezetők észlelése, véleménye szerint. Természetesen ezeknek a programoknak a hatása szélesebb lehet, a teljes üzleti teljesítményre, illetve más funkcionális területek teljesítményére is hathatnak (gondoljunk az ERP rendszerekre), de feltételezzük, hogy ezeket a hatásokat tartalmazzák a válaszok. A hagyományos teljesítménymutatóknak (pl. minőség, megbízhatóság, gyorsaság) nincs ilyen direkt kapcsolata a termelési gyakorlathoz.

A termelési kiválóság skálájának kialakításához tehát a használat tényét (amely egy 0-1 értékű bináris változó) súlyoztuk a kifizetődés mértékével (ami 1-5 Likert skálával lett mérve, 1-semennyire nem kifizetődő, 2- kétséges, hogy kifizetődik-e, 3-inkább kifizetődő, mint nem, 4-egyértelműen kifizetődő, 5-kitüntetett szerepe van az eredményesség szempontjából).

Ily módon 10 szorzat adódik, melyek mindegyikének értéke így 0-5 között változhat: 0 az érték, ha a vállalat nem használja az adott gyakorlatot, és 5, ha használja, és annak kulcsszerepet tulajdonít. Ezután a 0-5 skálát 1-5 skálává transzformáltuk, hogy a másik két funkcionál kialakított skálákhoz hasonlóvá tegyük. (Az átkódolás a következő: 0=1, 1=2, 2=3, 3=4, 4,5=5). Ez utóbbi azt jelenti, hogy egy kategóriába soroltuk a kifizetődésnek azt a mértékét, mely szerint egyértelműen kifizetődő egy program (4) azzal, hogy kitüntetett szerepe van (5). Elemzésünk szempontjából ez a két érték ekvivalens, hiszen mindkettő azt jelzi, hogy sikeresen tudta a vállalat az adott programot bevezetni. A 10 változószorzat összege 10-50 között változhat (szorzatonként a legalacsonyabb érték 1, a legmagasabb 5). Mivel a célunk egy 100 pontos index kialakítása volt, ezért a szorzatok összegét még 2-vel megszoroztuk (a 2. táblázat a 2-vel való szorzás előtti értékeket tartalmazza).

⁴A kérdések mintegy 20%-a mind a négy, kitöltésért felelős vezető kérdőívében szerepelt. Az egyik ilyen kérdéscsoport arra kérte a vezetőket, hogy ötfokozatú Likert skálán becsüeljék meg az egyes funkcionális területek hozzájárulását a vállalati versenyképességhez. A válaszok nem különböztek szignifikánsan a funkcionális vezetők között, ami alátámasztja feltevéseinket, miszerint a különböző vezetők által adott válaszok konzisztensnek tekinthetők.

Tétel	Átlag	Cronbach α a tételt elhagyva	Elméleti kapcsolódás
Információs és kommunikációs technológiák és/vagy ERP szoftver bevezetése	2,58	0,81	Információ megosztása
Az ellátási stratégia újragondolása és átstrukturálása az ellátási portfólió megszervezése és menedzsmentje	1,83	0,81	Termelés-logisztika integráció
Koncentráció az alaptevékenységekre, támogató folyamatok és tevékenységek outsourcingja (pl. készletgazdálkodás, karbantartás, anyagkezelés)	3,14	0,82	Termelési stratégia
Gyártási/szolgáltatási folyamatok és berendezés átstrukturálása a folyamatfókusz és áramvonalasítás érdekében (pl. sejtyszerű elrendezés)	2,20	0,80	Folyamatfókusz
Minőségjavítási és ellenőrzési programok (pl. TQM, ószigma projektek, minőségi körök)	3,09	0,80	Minőség alapú verseny
Delegáció szintjének növelése és a munkaerő tudásszintjének növelése érdekében indított programok (pl. felhatalmazás, képzés, fejlesztő- vagy autonóm csoportok)	2,87	0,81	Munkaerő képességek és részvétel
Gyártóberendezések modernizálása az iparági standardot elérő vagy azt meghaladó szintre	3,66	0,81	Termelési rendszerek
Programok a húzásos termelés bevezetésére (pl. sorozatnagyság és átállítási idő csökkentése, kanban rendszerek használata stb.)	2,12	0,81	Kulcs JIT eszközök
Programok a gépek termelékenységének fokozására (pl. TPM programok)	2,31	0,80	Gyártási képességek fejlesztése, kis lépésekben fejlesztés
Termékfejlesztési folyamat fejlesztését és gyorsítását célzó programok (pl. platform tervezés, termékmodularizáció, alkatrész-szabványosítás, párhuzamos fejlesztés, QFD)	2,20	0,81	Egyidejű fejlesztés
Összes	26,00	0,82	

2. táblázat. A termelési kiválóság skála jellemzői

A logisztikai kiválóság mérése

A változók kiválasztásának alapját a világszínvonalú logisztika modellje adta. Bár nem találtunk változót minden olyan képességhez, amelyeket a modell tartalmaz, az egyes fő kompetenciákat több mutató is megragadja. A marketing kiválóság skálához hasonlóan ezt a skálát is 1-5 skálán mozgó változókból állítottuk össze (3. táblázat). A partnerekkel kapcsolatos információk használatánál a vevővel és a szállítóval kialakított viszonyra adott értékek átlagát használtuk az elemzésekhez. Például, a „készletinformációk megosztása a partnerekkel” változó két változóból, a „készletinformáció megosztása a vevővel” és a „készletinformáció megosztása a szállítóval” változókból lett átlagolással összeállítva.

Tétel	Átlag	Cronbach α a tételt elhagyva	Elméleti kapcsolódás
Formalizált logisztikai stratégia kialakítása	2,40	0,87	Pozicionálás (stratégia)
Stratégiai szövetségek kialakítása a logisztikai folyamatok területén	2,39	0,87	Pozicionálás (ellátási lánc)
A logisztika szervezeti kereteinek kialakítása	2,65	0,87	Pozicionálás (szervezet)
A vállalaton belüli koordináció növelése	3,15	0,87	Integráció (belül)
Az együttműködő partnerek közötti koordináció növelése	3,07	0,87	Integráció (kívül)
A logisztikai folyamatok elemzése és fejlesztése	2,87	0,86	Mérés (folyamat)
Készségszint információk megosztása a partnerekkel	2,47	0,87	Integráció (információ megosztás)
Termelési terv/keresleti előrejelzés információinak megosztása a partnerekkel	2,71	0,87	Integráció (összekapcsolás)
Standard csomagok és konténerek használata a partnerekkel	2,20	0,86	Integráció (standardizálás)
Megegyezés a szállítás gyakoriságáról a partnerekkel	3,54	0,86	Integráció (figyelem)
Kanban rendszerek használata a termékek ki- és beszállítására	1,64	0,86	Integráció (egyszerűsítés)
Aktuális értékesítési adatok megosztása	2,44	0,87	Agilitás (rugalmasság)
Beszállítóval való kooperáció fontossága a termékfejlesztésben és problémamegoldásban	3,39	0,86	Agilitás (rugalmasság)
Beszállító termékváltásra és megújításra való képességének fontossága	3,45	0,87	Agilitás (rugalmasság)
Beszállítói potenciál fontossága (képesség a fejlődésre)	3,57	0,86	Agilitás (rugalmasság)
Készletadat-pontosság mérésének fontossága	4,11	0,86	Mérés (funkcionális telj.)
Rendelésteljesítés pontosság mérésének fontossága	4,45	0,86	Mérés (funkcionális telj.)
Termék/szolgáltatásminőség mérésének fontossága	4,01	0,86	Mérés (funkcionális telj.)
Vevői elégedettség mérésének fontossága	4,57	0,86	Agilitás (relevancia)
Szállítói rendelésteljesítési pontosság mérésének fontossága	4,26	0,86	Mérés (funkcionális telj.)
Összes	63,94	0,87	

3. táblázat. A logisztikai kiválóság skála jellemzői

5 Eredmények

Kapcsolat a vállalati jellemzők és a funkcionális kiválóság között (H1-3)

Ebben a részben a funkcionális kiválóság és néhány fontos vállalati jellemző (vállalati teljesítmény, vállalatméret, tulajdonos) közötti kapcsolatot mutatjuk be. A funkcionális kiválóság skálák már ismertek, a vállalati jellemzők alapján Wimmer és Csesznák (2005) sorolta csoportokba a vállalatokat.

- a) Vállalati teljesítmény alapján klaszter-elemzéssel három csoportot alakítottak ki: lemaradók, átlagos teljesítményt nyújtók és vezetők. A csoportképzéshez 6 változó ötfokozatú Likert skálán mért értékeit használták fel, ahol az értékelést az iparági átlaghoz viszonyítva végezték a válaszadók. A változók a következők: 1) árbevétel-arányos nyereség, 2) tőke megtérülés, 3) piaci részesedés, 4) technológiai színvonal, 5) menedzsment színvonal, 6) termékminőség.

- b) A vállalatméret az EU szabályok alapján rögzített létszám és árbevétel határok szerint lett meghatározva. Kisvállalat kategóriába a 0-49 fő és 700 MFt árbevétel alatti vállalatok tartoznak. A középvállalatoknál dolgozók létszáma 51-249 fő, árbevétele 700 és 4000 MFt közé esik. Nagyvállalatnak a 250 fő feletti létszámmal és 4000 MFt-ot meghaladó árbevétellel rendelkező vállalatok minősülnek.
- c) A többségi tulajdonos kiléte alapján Wimmer és Csesznák (2005) három csoportot alakított ki: 1) állami tulajdonú vállalat, 2) belföldi, nem állami tulajdonú vállalat, 3) külföldi tulajdonú vállalat.

A vállalati jellemzők alapján kialakított csoportok funkcionális kiválóság átlagait ANOVA segítségével határoztuk meg. Az eredményeket a 4. táblázat mutatja.

Változó	Értékek	Marketing színvonal indexátlag	Termelési színvonal indexátlag	Logisztikai színvonal indexátlag
Vállalati teljesítmény	Lemaradók (42)	67,7**	45,6***	64,8
	Átlagosan teljesítők (50)	69,3**	51,4***	63,2
	Vezetők (53)	71,5**	59,7***	64,9
Vállalati méret	Kisvállalat (40)	67,8	44,2***	60,6**
	Középvállalat (60)	69,5	47,9***	63,4**
	Nagyvállalat (54)	70,6	62,3***	67,0**
Tulajdonosok típusa	Többségi állami (24)	69,2	50,8**	64,3**
	Többségi belföldi nem állami (79)	69,0	48,5**	62,1**
	Többségi külföldi (43)	70,9	59,4**	67,0**

* $p < 0,1$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$

4. táblázat. A funkcionális színvonal és a vállalati jellemzők kapcsolata

Az elemzések egyik fontos eredménye, hogy a marketing és a termelési kiválóság szignifikáns kapcsolatban áll a vállalati teljesítménnyel, a vezető vállalatok sokkal magasabb átlagértékekkel rendelkeznek ezen a két területen, mint társaik. A logisztikai kiválóságra ez nem mondható el.

A termelési kiválóság mindhárom magyarázó változóval szignifikáns kapcsolatban áll.

A logisztikai kiválóság nem áll kapcsolatban a teljesítménnyel. A termelési kiválósághoz hasonlóan a nagyobb vállalatméret és a domináns külföldi tulajdon viszont pozitív kapcsolatban áll a logisztikai kiválósággal.

A funkcionális kiválóság és a vállalati teljesítmény kapcsolata (H4)

Az előző fejezetben láthattuk, hogy a marketing és a termelési kiválóság szignifikáns kapcsolatban állnak a vállalati teljesítménnyel. Fontos kérdés, hogy milyen erős ez a hatás. Mivel a vállalati teljesítmény kategorikus változó elemzésünkben (leszakadók, átlagos teljesítők és vezetők) és a független változók metrikusak (20-100 skála), ezért a hatás mérésére diszkriminanciaelemzést alkalmaztunk. Először is, úgy tűnik, hogy létezik egy diszkrimináló faktor, mivel a Wilk's lambda szignifikáns ($p = 0,003$) az első faktorra. A

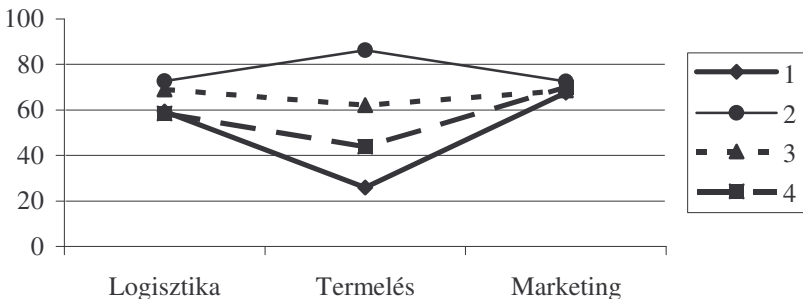
kanonikus korreláció alapján azonban a funkcionális kiválóságok csak 12,8%-ban magyarázzák a vállalati teljesítményt. A funkcionális területek közül a termelés és a marketing okozza a különbségeket, mivel diszkriminancia súlyuk — ami a független változók és a diszkriminancia függvény közötti korrelációt mutatja— meglehetősen magas (0,73 a termelésre, 0,57 a marketingre és csak 0,03 a logisztikára). Ennek ellenére az előrejelezhetőség hatásfoka viszonylag alacsony, mivel a funkcionális kiválóságok alapján a vállalatoknak mindössze 49%-a került a megfelelő vállalati teljesítmény csoportba. Hozzá kell tennünk, hogy a logisztika és a termelés közötti korreláció (0,46), illetve a logisztika és a marketing közötti korreláció (0,17) szignifikáns. Ezért elképzelhető, hogy a termelés és a marketing már minden olyan fontos tényezőt magában foglal, ami a logisztikai funkcióhoz tartozik.

A funkcionális kiválóságok együtt mozognak? (H5)

Vajon, ha a vállalatok kiválóak egy funkcióban, kiválóak-e a többiben is? Vannak a funkcionális kiválóságnak speciális kombinációi? Ezeket a kérdéseket vizsgáljuk itt meg oly módon, hogy a mintában lévő vállalatokat klaszterelemzéssel csoportosítjuk a funkcionális kiválóságok alapján.

Korábbi kutatás alapján, ha a vállalatok használnak ellátási lánc menedzsment eszközöket a vevői oldalon, akkor nagyobb valószínűséggel használják ugyanezeket az eszközöket a beszállítói oldalon is (Demeter, 2000). Ez a logika alkalmazható lehet a funkcionális kiválóságra: ha egy funkció agilis, képes a speciális fogyasztói igények befogadására, folyamatszempületben működik stb., akkor más funkcionális területek is könnyebben jutnak el erre a szintre. Hierarchikus klaszterelemzés alapján a 4 klaszteres megoldás stabil csoportosításnak tűnt. A klaszterek számát négyre beállítva (k-means cluster) az 1. ábrán látható klasztereket kaptuk.

A legnagyobb különbség a csoportok között a termelési kiválóság skálában van. Ez az egyetlen eltérés a 2. és a 3. csoport között, marketing és logisztika szempontjából a két csoport nem különbözik egymástól. A másik két csoport a termelésen kívül a logisztikai kiválóságban is különbözik az első két csoporttól. Érdekes módon a marketing kiválóság skála nem vezetett a csoportok között szignifikáns különbségekhez.



1. ábra. Klaszterértékek a funkcionális kiválóságok alapján

Ugyanazon vállalati jellemzőket vizsgálva, mint korábban, a vállalati méret ($p = 0,003$), a tulajdon ($p = 0,059$) és a vállalati teljesítmény ($p = 0,048$) terén különböznek a csoportok egymástól keresztábra elemzést és Khi-négyzet próbát használva. A változásokhoz való viszony és a piaci célok nem különböznek szignifikánsan. E különbségek alapján a csoportok fő jellemzőit az 5. táblázat foglalja össze.

Csoport	N	Leírás
1. Lemaradók	35	Kicsi, gyengén teljesítő vállalatok belföldi tulajdonban
2. Vezetők	26	Jellemzően nagy, külföldi, jól teljesítő vállalatok
3. Kihívók	43	Nagy, jól teljesítő vállalatok állami vagy külföldi tulajdonban
4. Küzdők	50	Jellemzően kis- és közepes vállalatok belföldi tulajdonban átlagos vállalati teljesítménnyel

5. táblázat. A funkcionális kiválóságok alapján kialakított klaszterek fő jellemzői

Az 1. ábrában szereplő vonalak nem keresztezik egymást, ami azt jelenti, hogy a funkcionális kiválóságok egyazon irányba mozognak. Ráadásul a klaszterelemzés eredményei is megerősítik azt a hipotézist, hogy a funkcionális kiválóság teljesítménykülönbségekhez vezet. Ebben az elemzésben, a korábitól eltérően, a termelés és a logisztika játszotta a differenciáló tényezők szerepét.

6 Következtetések

Első hipotézisünk a funkcionális kiválóság és a vállalati teljesítmény között feltételezett összefüggést. Eredményeink részben erősítik meg ezt a hipotézist. Noha a marketing és a termelési kiválóság összefüggésben áll a teljesítménnyel, a logisztikai kiválóság és a teljesítmény között semmilyen kapcsolatot nem találtunk. Azt, hogy a logisztikának nincs közvetlen kapcsolata a vállalati teljesítménnyel, nehéz megmagyarázni, különösen olyan siker-sztorik ismeretében, mint a Toyota, a Zara, vagy a Dell Computer, melyek mindegyikénél lényeges szerepe van a logisztikának a sikerben. Számos kutatási tanulmány is azt elemzi, miként járul hozzá a logisztika és az ellátási lánc menedzsment az üzleti sikerhez (Fawcett-Cooper, 1998; Shang-Marlow, 2005; Li et al, 2006; Lin et al, 2005). Lehetséges magyarázata az eredménynek, hogy a magyar vállalatok valójában nem használják a külföldön sikerhez vezető technikákat, módszereket. Ezt a magyarázatot egy korábbi elemzés is alátámasztja az ellátási lánc menedzsment témakörében (Demeter, 2000), amely a magyarországi vállalatok jelentős lemaradását mutatja az ellátási lánc koordinálására tett erőfeszítések terén.

A vállalati méret a hipotézisekben megfogalmazott hatást mutatja. A vállalati méret nem áll összefüggésben a marketing kiválósággal, azonban hatással van a termelési és a logisztikai kiválóságra. Eredményeink azt mutatják, hogy a nagyobb méretű vállalatok magasabb szintet érnek el a funkcionális kiválóság mutatószámokban, mint a kisebb vállalatok. A kisebb vállalatoknak

más területeken kell inkább versenyelőnyhöz jutniuk, mint például az innováció vagy a rugalmasság. Ez azt is jelenti, hogy a kisebb vállalatoknál a kiválóság mást jelent, és más módszerekkel mérhető. A kis- és középvállalatoknak nincs idejük, tudásuk, és pénzük arra, hogy a legújabb programokat, és módszereket alkalmazzák. Ráadásul eredményeik sem olyan látványosak, mint a nagyobb vállalatoké.

Váratlan eredmény, hogy a marketing kiválóság skála és a tulajdonosi csoportok között nem találtunk szignifikáns összefüggést. Magyarán szólhat, hogy mivel a vevőorientáció Magyarországon a külföldi országokhoz hasonló szinten áll, és nem igényel olyan jelentős beruházásokat, a know-how előny talán kisebb, mint a termelésben vagy a logisztikánál.

Hipotézisünk, miszerint a termelési és a logisztikai kiválóságot befolyásolja a domináns tulajdonos típusa, megerősítést nyert. Ha az anyavállalat a saját országában jól teljesít, akkor elég anyagi forrása lesz a terjeszkedésnek. (Voss és Blackmon, 1996). A leányvállalatok így támaszkodni tudnak az anyavállalat tudására, rendszereire és erőforrásaira, ami határozott előnyt jelent számukra a hazai vállalatokhoz képest. Mindez hangsúlyosan fennáll a multinacionális vállalatokra.

A piaci jellemzők befolyásolják, hogy melyik funkció lehet fontos. Ha a piac extenzíven nő, és a vállalatoknak nem kell egymástól vevőket elcsábítaniuk, akkor a marketing kevésbé fontos szerepet játszik, míg a termelésnek és a logisztikának lépést kell tartania a növekvő kereslettel.

A marketing, a termelés és a logisztika lényeges folyamatokért felelős az ellátási láncban (Lambert-Cooper, 2000). Eredményeink nem mondanak elent annak a hipotézisnek, hogy a három vizsgált funkció szignifikánsan befolyásolja a vállalati teljesítményt. A termelési és a marketing kiválóság bizonyos fokig valóban diszkriminálja az üzleti teljesítményt, de csak egy kisebb, bár szignifikáns szegletét befolyásolja a vállalati teljesítménynek. Úgy tűnik, hogy vannak más, talán fontosabb tényezők a háttérben, amelyek a sikerért felelősek (például a vezetés, vagy az emberi erőforrás). Roth és Miller (1992) egy korábbi tanulmánya például arra az eredményre jutott, hogy inkább a termelés vezetése, mint a termelési tevékenység maga játszza a nagyobb szerepet az üzleti sikerben. De az innováció is jelentős tényező lehet.

A marketing, a termelés és a logisztika együttesen is alacsony szintű hozzájárulása a vállalati teljesítményhez magyarázatot adhat arra, hogy néha miért nem találunk szignifikáns kapcsolatot az egyes szervezeti funkciók és az üzleti siker között. Rendszerint valószínűleg a szignifikancia határán mozgunk, és gyenge kapcsolat esetén is örülünk, ha sikerül saját funkciónk létét és fontosságát eredményeinkkel alátámasztani. Ezzel természetesen nem azt akarjuk mondani, hogy forduljunk el ezektől a területektől, hiszen még mindig fontos szerepet játszanak. Ugyanakkor ugyanilyen fontos, hogy megtaláljuk azokat a tényezőket, amelyek a legfőbb letéteményesei a vállalati sikernek, és ami természetesen a körülményektől függően más és más lehet.

A magyar feldolgozóipari adatok elemzése alapján a marketing és a termelés hozzájárul az üzleti sikerhez. Ugyanakkor biztosak vagyunk benne,

hogy a logisztika alulfejlettsége az egyik oka annak, hogy a logisztikát nem találtuk fontos hozzáadott értéket biztosító területnek. Ha a logisztikára és az ellátási lánc menedzsmentre a vállalatok csak úgy tekintenek, mint egy másik névtáblára az anyaggyártás helyett, ami esetenként előfordul, akkor ez a fajta logisztika valóban nem képes olyan módon hozzájárulni az üzleti sikerhez, ahogyan ezt Morash (1997) eredményei sugallják. A vállalatok klaszterezése egyértelműen mutatja, hogy vannak a logisztikai területen jobban teljesítő vállalatok is.

A klaszterelemzés részben alátámasztja azt a feltevésünket, hogy a funkcionális kiválóságok párhuzamosan fejlődnek. A legnagyobb erőfeszítést a vállalatoknak termelési téren kell tenniük a jelentős beruházási teher miatt, amit megnehezít a tőkehiány. Ez jelentős különbségeket okoz a vállalati csoportok között. Azok a vállalatok viszont —rendszerint a nagyobbak—, melyek megengedhetik maguknak, hogy modern eszközökbe beruházzanak, más vállalatok előtt járnak logisztikai területen is. A marketing nem vezetett ilyen jellegű különbségekhez a vállalati csoportok között.

7 A kutatás korlátai és további lehetőségei

Fontos korlátja ennek a kutatásnak, hogy a kérdőív lekérdezésére csak Magyarországon került sor. A fejlettség eltérő szintje és a sajátos gazdasági környezet nyilván okoz olyan különbségeket, amelyek befolyásolják az eredményeket, erre helyenként ki is térünk a tanulmányban. Úgy gondoljuk azonban, hogy az eredmények általánosíthatóak Kelet-Európára, ami Magyarországhoz nagyon hasonló gazdasági helyzetben van, illetve hasonló történelmi körülmények befolyásolták fejlődését. További korlátnak számít, hogy a kutatás kérdőívét nem a cikkünkben feltett kutatási kérdések szerint alakítottuk ki, hanem annak célja a hazai vállalatok versenyképességének átfogó vizsgálata volt. A vizsgált funkciók így a kérdőív különbözői részein szerepeltek, és némileg más típusú skálák felhasználásával mérték őket. Ez a kiválóság skálák létrehozásánál módszertani nehézséget jelentett. A kutatás folytatásánál érdemes lenne a felvetett kutatási kérdéseknek megfelelő kérdőív és mérési skálák alkalmazása. Az eredmények mélyebb értelmezéséhez pedig szükséges lenne más módszertani megközelítések alkalmazása is, ilyen például a kvalitatív kutatás, és az esettanulmány módszere.

Irodalom

1. Ballou, R. H., Gilbert, S. M. and Mukherjee, A. (2000), New managerial challenges from supply chain opportunities, *Industrial Marketing Management*, Vol. 29, No. 1., pp. 7–18.
2. Berács, J., Kolos, K. (1994), A marketing helyzete Magyarországon 1992-ben, *Marketing*, Vol. 28, No. 1., 7–12.
3. Chikán A., Czakó E. és Zoltayné Paprika Z. (szerk.) (2002): *A vállalati versenyképesség alakulása a globalizálódó magyar gazdaságban*, Akadémiai Kiadó, Budapest.

4. Collins, R., Cordon. C. and Julien, D. (1996), Lessons from the „Made in Switzerland” study: what makes a world-class manufacturer? *European Management Journal*, Vol. 14, No. 6., pp. 576–589.
5. Demeter, K., (2002), Characteristics of production at the turn of the century, in: Chikán, A., Czakó, E. and Zoltayné Paprika, Z. (eds.): *National Competitiveness in Global Economy*, Akadémiai Kiadó, Budapest.
6. Demeter, K. (2000), Buyer-supplier relations in manufacturing: integration in practice. Experiences of an international survey, *Business Briefing: European Purchasing and Supply Chain Strategies*, July 2000, pp. 149–155.
7. Deshpande, R. and Farley J. U. (2004), Organizational culture, market orientation, innovativeness and firm performance. An international research odyssey, *International Journal of Research in Marketing*, Vol. 21, No. 1, p. 3.
8. Ellinger, A. E., Daugherty, P. J. and Keller, S. C. (2000), The relationship between marketing/logistics interdepartmental integration and performance in U.S. manufacturing firms: an empirical study, *Journal of Business Logistics*, Vol. 21, No. 1, pp. 1–22.
9. Fawcett, S. E. and Cooper, M. B. (1998), Logistics performance measurement and customer success, *Industrial Marketing Management*, Vol. 27, No. 4, pp. 341–357.
10. Flynn, B. B., Schroeder, R. G. and Flynn, E. J. (1999), World class manufacturing: an investigation of Hayes and Wheelwright’s foundation, *Journal of Operations Management*, Vol. 17, pp. 249–269.
11. Frohlich, M. and Westbrook, R. (2001), Arcs of integration: an international study of supply chain strategies, *Journal of Operations Management*, Vol. 19, No. 2, Vol. 19, p. 185.
12. Giffi, C., Roth, A. and Seal, G. M. (1990), *Competing in World Class Manufacturing: America’s 21st Century Challenge*, Business One Irwin, Homewood, IL.
13. Gimenez, C. and Ventura, E. (2003), Logistics-production, logistics-marketing and external integration: Their impact on performance, *Economics Working Papers 657*, Department of Economics and Business, Universitat Pompeu Fabra, <http://www.econ.upf.edu/docs/papers/downloads/657.pdf>.
14. Hayes, R. H. and Wheelwright, S. C. (1984), *Restoring Our Competitive Edge: Competing Through Manufacturing*, Wiley, New York.
15. Hooley G. J., Berács J. and Kolos K. (1993), Marketing Typologies in Hungary, *European Journal of Business*, Vol. 27, No. 11–12, pp. 80–101.
16. Hooley, G. J., Cox, T., Shipley, D., Fahy, J. Berács J., Kolos, K. (1996) Foreign direct investment in Hungary: Resource acquisition and domestic competitive advantage, *Journal of International Business Studies*, Vol. 27, No. 4. pp. 683–695.
17. Hooley, G. J., Saunders, J. A. and Piercy, N. P. (eds.) (1998), *Marketing Strategy and Competitive Positioning*, Prentice Hall International, Hemel Hempstead.
18. Hooley, G. J. and Jobber D. (1986) Five common factors in top-performing industrial firms, *Industrial Marketing Management*, Vol. 15, No. 2, pp. 89–97.
19. Humphrey, J. and Schmitz (1998), Trust and inter-firm relations in developing and transition economies, *The Journal of Development Studies*, Vol. 34, No. 4, pp. 32–61.

20. Kahn, K. B. and McDonough, E. F. (1997), Marketing's Integration with R&D and Manufacturing, *Journal of International Marketing*, No. 1, Vol. 5, pp. 51–76.
21. Kohli A. and Jaworski B. J. (1990), Market orientation: The construct, research propositions and managerial implications, *Journal of Marketing*, Vol. 54, No. 2, pp. 1–18.
22. Lambert, D. M. and Cooper, M. C. (2000), Issues in Supply Chain Management, *Industrial Marketing Management*, Vol. 29, No. 1, pp. 65–83.
23. Li, S., Ragu-Nathan, B., Ragu-Nathan, T. S. and Rao, S. (2006), The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance, *OMEGA*, Vol. 34, pp. 107–124.
24. Lin, C., Chow, W. S., Madu, C. N., Kuei, C-H. and Yu, P. P. (2005), A structural equation model of supply chain quality management and organizational performance, *International Journal of Production Economics*, Vol. 96, No. 3, pp. 355–365.
25. Mollenkopf, D., Gibson, A. and Ozanne, L. (2000), The integration of marketing and logistics function: an empirical examination of New Zealand firms, *Journal of Business Logistics*, Vol. 21, No. 2, pp. 89–112.
26. Morash, E. A., Dröge, C., and Vickery, S. (1997), Boundary-spanning interfaces between logistics, production, marketing and new product development, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 27, No. 5–6, pp. 350–369.
27. Narasimhan, R. and Kim, S. W. (2001), Information system utilization strategy for supply chain integration; *Journal of Business Logistics*, Vol. 22, No. 2, pp. 51–76.
28. Narver, J. and Slater S. (1990), The effect of market orientation on business profitability, *Journal of Marketing*, Vol. 54, No. 4, pp. 20–35.
29. Parente, D. H. (1998), Across the manufacturing-marketing interface. Classification of significant research, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 18, No. 12, pp. 1205–1222.
30. Prabhu, V., Yarrow, D. and Gordon-Hart, G. (2000), Best practice and performance within Northeast manufacturing, *Total Quality Management*, Vol. 11, No. 1, pp. 113–122.
31. Rosenzweig, E. D., Roth, A. V. and Dean Jr., J. W. (2003), The influence of an integration strategy on competitive capabilities and business performance: an exploratory study of consumer products manufacturers, *Journal of Operations Management*, Vol. 21, No. 4, pp. 437–456.
32. Roth, A. and Miller, J. G. (1992), Success factors in manufacturing, *Business Horizons*, Vol. 35, No. 4, pp. 73–81.
33. Ruekert, R. W. and Walker Jr., O. C. (1987), Marketing's interaction with other functional units: A conceptual framework and empirical evidence, *Journal of Marketing*, Vol. 51, No. 1, pp. 1–19.
34. Schonberger, R. J. (1986), *World Class Manufacturing: The Next Decade*, Free Press, New York.
35. Shang, K. and Marlow, P. B. (2005), Logistics capability and performance in Taiwan's major manufacturing firms, *Transportation Research Part E*, Vol. 41, No. 3, pp. 217–234.

36. Sherman, J. D., Souder, W. E. and Jenssen, S. A. (2000), Differential effects of the primary forms of cross functional integration on product development cycle time, *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 17, No. 4. pp. 257–267.
37. The Global Logistics Research Team (1995), *World Class Logistics: The Challenge of Managing Continuous Change*, Council of Logistics Management.
38. Vickery, S. K., Jayaram, J., Droge, C. and Calantone, R. (2003), The effects of an integrative supply chain strategy on customer service and financial performance: an analysis of direct versus indirect relationships, *Journal of Operations Management*, Vol. 21, No. 5, pp. 523–539.
39. Voss, C. and Blackmon, K. (1996), The impact of national and parent company origin on world-class manufacturing, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 16, No. 11, pp. 98–115.
40. Wimmer, Á. és Csesznák A. (2005): Vállalati jellemzők és összefüggéseik az EU-csatlakozás idején, A „Versenyben a világgal 2004-2005” kutatási programban részt vevő vállalatok jellemzése, Versenyben a világgal 2004-2005 – Gazdasági versenyképességünk vállalati nézőpontból című kutatás 3. sz. műhelytanulmánya.

THE CONTRIBUTION OF MARKETING, PRODUCTION AND LOGISTICS TO BUSINESS PERFORMANCE

Companies are complex organizations where a lot of activities and processes have to work properly in order to reach success. Depending on several factors, sometimes some activities get more emphasis while others work in the background. Since organizational functions have separate literature and practical knowledge, and transit between them is rare, we do have very little knowledge on how the various functions together contribute to company success. Based on a wide-scale empirical study on Hungarian competitiveness, which includes data on 154 companies from the process industry, we examine to what extent three functions of the supply chain, marketing, manufacturing and logistics, can contribute to business success. Results show that marketing and manufacturing have larger effect on company performance than logistics. However, the three functions together play a minor, although significant role in company success.

CONTENTS

VÖRÖS, JÓZSEF: Optimal Price, Quality and Development Activities	121
DOBOS, IMRE: Reverse Logistics and Production Planning	139
KOLTAI, TAMÁS – KALLÓ, NOÉMI: Quantitative Analysis of the Effect of Express Checkouts in Stores on the Waiting Process	169
KOVÁCS, ZOLTÁN: Monte Carlo Optimization of Maintenance Strategies	185
DEMETER, KRISZTINA – KOLOS, KRISZTINA: The Contribution of Marketing, Production and Logistics to Business Performance	199

TARTALOM

VÖRÖS JÓZSEF: Optimális ár, minőség, és fejlesztési döntések	121
DOBOS IMRE: Visszutas logisztika és termelés tervezés	139
KOLTAI TAMÁS – KALLÓ NOÉMI: Az expressz pénztárak várakozás- befolyásolásának kvantitatív elemzése	169
KOVÁCS ZOLTÁN: Karbantartási stratégiák Monte Carlo optimalizálása	185
DEMETER KRISZTINA – KOLOS KRISZTINA: A marketing, a termelés és a logisztika hozzájárulása a vállalati eredményességhez	199

SZIGMA

Matematikai-közgazdasági folyóirat

A Gazdaságmodellezési Társaság lapja

Főszerkesztő:

VÖRÖS JÓZSEF

PTE Közgazdaságtudományi Kar, H-7622 Pécs, Rákóczi út 80.

Tel.: 72/501-599, Fax: 72/501-553

e-mail: voros@ktk.pte.hu

Társzerkesztők:

FÜLÖP JÁNOS

MTA SZTAKI

e-mail: fulop@oplab.sztaki.hu

HUNYADI LÁSZLÓ

e-mail: laszlo.hunyadi@office.ksh.hu

TEMESI JÓZSEF

Budapesti Corvinus Egyetem,

e-mail: jozsef.temesi@uni-corvinus.hu

VÍZVÁRI BÉLA

Eötvös Loránd Tudományegyetem,

e-mail: vizvari@cs.elte.hu

Szerkesztőbizottság:

AUGUSZTINOVICS MÁRIA, DELI ZSUZSA, FORGÓ FERENC,
GETHER ISTVÁNNÉ, KOMLÓSI SÁNDOR, KOVÁCS ERZSÉBET,
LIGETI CSÁK, MESZÉNA GYÖRGY

Terjeszti a Gazdaságmodellezési Társaság. A kiadvány megjelenését az MTA
Könyv- és Folyóiratkiadó Bizottsága támogatta.

ISSN 0039-8128

www.sigma.ktk.pte.hu