

KALLÓ Noémi – KOLTAI Tamás

AZ EXPRESSZ PÉNZTÁRAK OPTIMÁLIS MŰKÖDTETÉSÉNEK SZOLGÁLTATÁS-MENEDZSMENT-VONATKOZÁSAI

Expressz pénztárakat gyakran alkalmaznak a vevői várakozás csökkentése érdekében. Az ilyen rendszerek azonban csak akkor képesek mérsékelni a várakozást, ha kialakításuknál mind a sorálláselmélet alapjait, mind a vevői viselkedés jellemzőit figyelembe veszik. Ugyanakkor a vevői várakozás nem egzakt fogalom, különböző módokon definiált mutatók segítségével fejezhető ki. Ennek következtében az expressz pénztárakat alkalmazó sorállási rendszerek kialakításához a működés alapos ismeretére és több szempontú optimalizálásra van szükség. A cikk összefoglalja és egy barkácsáruház valós példájával szemlélteti az expressz pénztárak alkalmazásának optimalizálásával kapcsolatos főbb elméleti kérdéseket.

Kulcsszavak: szolgáltatásmenedzsment, expressz pénztárak, sorállási modellek, elégedettség

A költség- és minőség alapú versenyben kiváló teljesítményt nyújtó vállalatok manapság az idővel kapcsolatos mutatók fejlesztésével igyekeznek további versenyelőnyre szert tenni. Ennek köszönhető, hogy az idő alapú versenyt folytató vállalatoknál az idő fontossága a pénz, a termelékenység és az innováció jelentőségéhez mérhető (Stalk, 1988).

Szolgáltatárendszerekben a főbb időparaméterek a vevők várakozásával kapcsolatosak. A várakozás csökkentése kiemelt fontosságú feladat, ugyanis a várakozás a szolgáltatási színvonal és a vevői elégedettség fontos meghatározója (Taylor, 1994). A szolgáltatásnyereség-láncban való részvételével pedig nagyban befolyásolja a jövedelmezőséget (Heskett et al., 1994). Ennek következtében egyre nagyobb hangsúlyt kap a kiszolgálóegységekből és a hozzájuk kapcsolódó várakozó sorokból álló sorállási rendszerek olyan módon történő kialakítása, ami a lehető legkedvezőbben hat a vevői várakozásra (Hill et al., 2002).

A várakozási élmény fejlesztése a szolgáltatásnyereség-lánc több pontján lehetséges. A termelés- és szolgáltatásmenedzsment eszközeivel a tényleges várakozás csökkenthető, az észlelésmenedzsment a várakozás vevők által tapasztalt relatív hosszát igyekszik mérsékelni, míg megfelelő szervezési megoldásokkal a várakozás értékelése, maga a vevői elégedettség be-

folyásolható. A legkedvezőbb, ha mindhárom ponton kedvező hatást sikerül gyakorolni. A végeredményt tekintve azonban az is elegendő, ha az összességében kifejtett hatás előnyös. Ehhez azonban a várakozás és értékelési folyamatának beható ismeretére van szükség.

Irodalmi áttekintés

A várakozó sorok vizsgálatának klasszikus megközelítése az *operációkutatás* eszközeire épül. A sorálláselmélet eredményeinek segítségével meghatározhatók a különböző várakozási mutatók (például a sorban töltött átlagos várakozási idő, a rendszerben tartózkodók átlagos száma), melyek alapján meghozhatók a rendszer kialakításával kapcsolatos menedzsmentdöntések (lásd például Koltai, 2003). A sorálláselméletnek tehát önmagában nem célja a működés javítása, feladata információt szolgáltatni a működésfejlesztési döntésekhez (Hillier – Lieberman, 1995). Ezzel szemben a *termelés- és szolgáltatásmenedzsment* egyik elsődleges célja a működés javítása, a hatékonyság maximalizálása (Koltai, 2006; Vörös, 1993). A termelésmenedzsment területe matematikai modellek segítségével objektív mutatók alapján optimalizálja egy rendszer működését. Az *észlelésmenedzsment* az objektív mutatókon túlmutató szubjektív paraméterek vevői elégedettségre gyakorolt

hatását vizsgálja. Ilyen módon a vevők várakozással kapcsolatos elégedettségét befolyásoló olyan paraméterek is vizsgálhatók, mint a várakozás környezete, az igazságosság érzése vagy a kapott szolgáltatás értéke. A három terület összekapcsolásával a várakozó sorok üzemeltetési kérdései átfogó módon vizsgálhatók: a termelésmenedzsment operációkutatási eredményekre épülő optimalizálási modelljei új, puha tényezőket is figyelembe vevő célfüggvényekkel egészíthetők ki.

Az operációkutatás eredményeinek segítségével különböző várakozási mutatók határozhatók meg. Ilyen módon vizsgálhatók a várakozók számát és a várakozás hosszát leíró paraméterek, melyeknek értelmezhetjük a várakozó sorra és a rendszer egészére jellemző értékét (Kleinrock, 1975). Emellett a várakozási mutatók megkülönböztethetők a szolgáltatás időpontjához való viszonyuk szerint is. A szolgáltatás előtti, szolgáltatás közbeni és szolgáltatás utáni várakozási mutatók csökkentése közül az elsőnek kell a legnagyobb hangsúlyt kapnia (Maister, 1985).

Az időalapú versenyben a termelésmenedzsment célja az operációkutatás segítségével meghatározható várakozási mutatók csökkentése. Klasszikusan ez a szolgáltatás előtti, sorban töltött átlagos várakozási idő csökkentését jelenti. A várakozási idő azonban egy valószínűségi változó, aminek alakulásáról önmagában a várható érték nem ad teljes képet, a középérték-mutatók mellett az ingadozásmutatók figyelembevétele is szükséges. A várakozási idő szórásának csökkentésére vonatkozó kritérium megfogalmazható a hasznosságelmélet és a pszichológiai reakciók segítségével is:

- A várható hasznosság elméletében megfogalmazott csökkenő határhassznosság elvének következtében az emberiség nagyobb része kockázatkerülőnek tekinthető (Bernoulli, 1954). A kilátáselmélet ezt kiegészíti azzal, hogy a veszteségek tekintetében az emberek hajlamosak kockázatkereső módon viselkedni (Kahneman – Tversky, 1979). Mivel az időalapú versenyés korszakában az időt erőforrásnak tekintjük, ezért a várakozás veszteségként fogható fel. A várakozás veszteségjellegét igazolják a szolgáltatásmenedzsment várakozáscsökkentési törekvései. Kutatások eredményeként azonban megállapítható, hogy a kockázatviselési hajlandóság szempontjából a várakozás nem veszteség: a várakozással kapcsolatos döntéseikben az emberek többsége kockázatkerülő módon viselkedik (Leclerc et al., 1995). Ennek következtében a várakozás várható értékének csökkentése mellett a kockázatoságot kifejező szórás mérséklésére is nagy hangsúlyt kell fektetni.
- A várakozásra adott pszichológiai reakciók két csoportra bonthatóak: egy részük a dühvel, más részük

a bizonytalansággal kapcsolatos (Taylor, 1994). Amennyiben a szolgáltatás igénybevételéhez a vevőnek várnia kell, akkor a várakozás (ideiglenesen) gátolja igényeinek kielégülését, ami frusztrációhoz, dühhöz vezet (Lawson, 1965). Ugyanakkor a várakozás hossza valószínűségi változó, értéke nem adható meg előre. Így a várakozás következményei nem számíthatók ki, ami bizonytalanságban tartja a vevőket (Maister, 1985).

A várakozási idő várható értéke és szórása egzakt módon meghatározható mutatók. Ezek, jellegükből adódóan, nem képesek megadni az egyes vevők várakozásának tényleges hosszát. Ugyanakkor, ha információval is rendelkezünk egy adott vevő várakozásának tényleges hosszáról, akkor sem ismerjük a várakozás vevő által észlelt hosszát. Az idő múlását ugyanis nem lineárisan érzékeljük (Stevens, 1957). Az érzékelést ráadásul számos pszichológiai és környezeti tényező is képes befolyásolni (Larson, 1987). Ezeknek a hatásoknak a vizsgálata az észlelésmenedzsment feladata.

A tényleges várakozási idő és a vevői elégedettség az észlelt várakozás közvetítésével áll kapcsolatban egymással (Hornik, 1984). Az észlelt várakozás azonban a vevők várakozással kapcsolatos elégedettségének csak egyik meghatározója. Ez utóbbi ugyanis az észlelt és elvárt teljesítmény különbségeként definiálható (Maister, 1985). Az észlelt és az elvárt teljesítményt pedig számos további tényező befolyásolja. Ilyen módon a tényként megjelenő kimenet az egyén saját preferenciarendszerétől függően eltérően értékelhető – eltérő hasznosság rendelhető hozzá (Kövesi, 2007). A várható hasznosság elméletének egyszerűsítéseként alkalmazott várhatóérték-szórás megközelítés segítségével jelentősen egyszerűsíthető a hasznosság meghatározása (Levy – Markowitz, 1979). Ilyen módon a várakozási idő első két momentumának ismeretében közelíthető a várakozással kapcsolatos elégedettség.

Ahhoz, hogy teljes képet alkossunk egy változtatás vevői várakozásra gyakorolt hatásáról, és megalapozott döntést hozhassunk, az említett szempontok mindegyikének vizsgálata szükséges.

Az expressz pénztárak működésének optimalizálása

A kiszolgálóegységek és a hozzájuk tartozó várakozó sorok (vagyis a sorállási rendszerek) olyan módon történő kialakítása, ami maximalizálja a szolgáltatási színvonalat, számos kutatás tárgya. Ennek a törekvésnek köszönhetően alkalmaznak egyre szélesebb körben például olyan rendszereket, amelyekben a kiszolgálóegységek előtt egyetlen közös várakozó sor

alakul ki. Így csökkentve az átlagos várakozási időt és a kiszolgálási sorrenddel kapcsolatos igazságtalanság érzését. A termelés- és észlelésmenedzsment céljainak hasonló összefonódását jelenti az expressz pénztárak alkalmazása.

Az expressz pénztárak olyan kiszolgálóegységek, amelyeket a vevők egy korlátozott köre vehet csak igénybe. Expressz pénztárak alkalmazásakor a korlátozás a vevők által vásárolt mennyiségen alapszik, tehát csak azok választhatják e pénztárak igénybevételét, akik nem vásárolnak többet, mint a *limitérték* által megjelölt mennyiség. E szabályozás arra a feltételezésre épül, hogy az expressz pénztárak rövid kiszolgálásai csökkentik az ezekben a sorokban tapasztalható átlagos várakozási időt és a várakozások szórását, illetve ezen keresztül kedvezően hatnak a rendszer egészében megfigyelhető várakozási mutatók értékeire is. Emellett fontos pszichológiai hatással is rendelkeznek, ugyanis a kis mennyiséget vásárló, türelmetlenebb és a várakozási ingadozásokra érzékenyebb vevői kör számára kívánunk előnyt biztosítani – a nagy mennyiséget vásárló vevők rovására. A két hatás előnyei és hátrányai azonban összességében kedvezően befolyásolják a rendszer működésének színvonalát, amit e szabályozás vevők körében tapasztalható népszerűsége igazol leginkább.

Egy expressz pénztárakat is tartalmazó sorállási rendszer kialakítása összetett menedzsmentfeladat. A sorállási rendszerek modellezésével kapcsolatos problémákhoz számos egyéb kérdés is társul, amelyek, mint azt korábban bemutattuk, különböző aspektusokból vizsgálhatók. A termelésmenedzsment, illetve az operációkutatás terminológiájával élve egy bonyolult modell több szempontú optimalizálására van szükség. A különböző célfüggvényekkel nyert optimumok közötti kompromisszum megtalálása rendszerint igen nehéz feladat, és a kérdés csak akkor egyszerűsödik, ha az egyes optimumok között nincs szignifikáns különbség.

Az expressz pénztárakkal rendelkező sorállási rendszerek működtetésének összetett problémáját a továbbiakban egy valós példa segítségével szemlélítjük. Egy barkácsáruházlánc egyik áruházában vizsgáltuk az expressz pénztárak kialakításával járó változásokat, illetve a rendszer megváltoztatásával felmerülő kérdéseket (Koltai et al., 2008).

Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy az áruházba érkező vevők óránkénti száma, a beérkezési ráta Poisson eloszlással írható le. A Rényi által bizonyított határeloszlás-tétel általánosításainak alapján a Poisson eloszlású beérkezési folyamatot érvényesnek tekintjük az expressz pénztárak alkalmazásakor kialakuló vevői csoportokra is (Szántai, 1971/a; Szántai 1971/b). A vevői vásárlási szokások elemzése során arra a követ-

keztetésre jutottunk, hogy a vevők által vásárolt tételek száma csonkított geometrikus eloszlással írható le. Mivel expressz pénztárak alkalmazásakor a vevőket az általuk vásárolt mennyiség alapján osztjuk két csoportba, megvizsgáltuk a vásárolt mennyiség és a kiszolgálási idő között fennálló kapcsolatot is. A lineáris regresszió eredményeként kapott összefüggés segítségével meghatároztuk a két vevői csoport kiszolgálási jellemzőit (Koltai – Kalló, 2008).

A kialakítandó rendszer vizsgálatához két modellt hoztunk létre (Koltai et al., 2008). A numerikus modell a sorálláselmélet eredményeire épül. A vizsgált rendszer bonyolultságára való tekintettel a modell annak működését csak közelíteni képes, a pontatlanság mértékének behatárolása végett a várakozás alsó és felső becslését is megadtuk. A másik vizsgálati eszköz egy diszkrét szimulációs modell. Szimulációval a legkülönbözőbb rendszerek működése vizsgálható, és a kapott eredmények alapján azok működése optimalizálható (például Kovács, 2008). Ezzel a modellel a vizsgálni kívánt rendszer működésének sokkal pontosabb leírására van lehetőség, és az így rendelkezésre álló adatok segítségével számos célfüggvény szerint optimalizálható a rendszer működése.

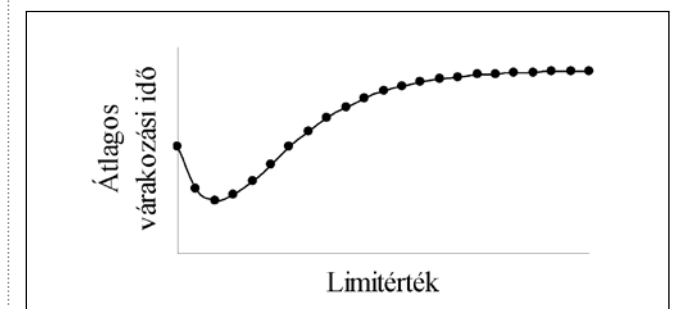
Az átlagos várakozási idő minimalizálása

Az időalapú versenyt folytató szolgáltató vállalatok fő célkitűzése az átlagos várakozási idő csökkentése. Ennek következtében expressz pénztárak kialakításakor is nagy hangsúlyt kell fektetni olyan megoldás keresésére, ami a legrövidebb átlagos várakozást biztosítja.

Ennek érdekében felmértük az átlagos vevői várakozás alakulását a limitérték függvényében (1. ábra). Vizsgálatainkat különböző paraméterértékekkel és valószínűségi eloszlásokkal végeztük, ezért a várakozási idő alakulásának jellegét széles körben érvényes tulajdonságnak tekinthetjük. A görbe U-alakjának következtében egyértelműen létezik egy limitérték, ami minimalizálja az átlagos várakozási időt.

1. ábra

Az átlagos várakozási idő alakulása a limitérték függvényében



Az átlagos várakozási időt minimalizáló limitérték a numerikus modell alkalmazásakor a szükséges adatok bevitelét követően azonnal rendelkezésre áll. Szimulációval a várakozási mutatók értékei pontosabban határozhatóak meg ugyan, de az optimális működést biztosító limitérték kiválasztása sokkal időigényesebb. A limitérték ugyanis a rendszer egyik fő paramétere, ezért a különböző limitértékekkel kapható várakozási mutatók összehasonlításához több szimuláció lefutására van szükség. Vizsgálataink azonban kimutatták, hogy a két modellel kapott eredmények csak a várakozási mutatók értékeiben különböznek, a minimális átlagos várakozási időt biztosító limitérték tekintetében azonos eredményre vezetnek.

A várakozási idők szórásának minimalizálása

A várakozási idő szórása egyszerű sorállási problémák esetében analitikusan is meghatározható. Az általunk vizsgált rendszer összetettsége, valamint az alkalmazott közelítések miatt a vizsgált esetben erre nem volt lehetőség. A szimulációs modellel generált várakozási időkből azonban meghatározható azok szórása is. Ennek segítségével vizsgálni tudtuk, hogy a limitérték változtatása milyen hatással van a várakozási idők szórására.

A limitérték változtatásának hatására a várakozási idők szórása az 1. ábrán láthatóhoz hasonló mintázatot mutat. Ráadásul a két görbe minimumhelye megegyezik, vagyis a várakozási idők átlaga és szórása azonos limitérték alkalmazásával minimalizálható. Ezt a tapasztalatot támasztja alá az az elméleti eredmény is, ami a várakozási idők eloszlását írja le nagy forgalom esetén (vagyis amikor az expressz pénztárak alkalmazása indokolt). Az általunk is használt közelítés (M/G/k) alkalmazásakor magas kapacitáskihasználtság esetén a várakozási idők eloszlása közel exponenciális (Kimura, 1983). Az exponenciális eloszlás várható értéke és szórása pedig azonos. Ennek következtében a kétféle célfüggvénnyel kapott optimális limitértéknek egybe kell esnie.

Az észlelt várakozási idők átlagának minimalizálása

Az idő múlásának észlelése a pszichofizika által részletesen kutatott terület. Empirikus vizsgálatok alapján meghatározták az észlelést leíró függvények általános alakját (Stevens, 1957). Konkrét esetekben végzett vizsgálatok pedig különböző befolyásoló tényezők (például tapasztalat, sortípusok) hatását vizsgálták az időészlelésre (Eisler, 1976).

A pszichofizikai kutatások eredményeinek alkalmazásához az egyes vevők várakozási időire vonatkozó

adatokra van szükség. Az analitikus modellek segítségével azonban csak a várakozási idők leíró statisztikai mutatói fejezhető ki. Szimuláció alkalmazásával állnak csak rendelkezésre olyan adatok, amelyek az egyes vevők várakozását írják le. Ezek megfelelő transzformációjával egyszerűen kifejezhető az észlelt várakozás.

A limitérték változtatásának hatására az észlelt várakozási idők átlaga szintén az 1. ábrán láthatóhoz hasonló mintázatot mutat. Ráadásul a görbe minimumhelye megegyezik a korábbi görbékével, vagyis a várakozási idők átlaga és szórása, valamint az észlelt várakozási idők átlaga azonos limitérték alkalmazásával minimalizálható.

A várakozással kapcsolatos elégedettség maximalizálása

A várakozási idő és az azzal kapcsolatos elégedettség közötti összefüggés hasznosságfüggvények segítségével közelíthető. A várható hasznosság elméletének alkalmazásához ismerni kell minden egyes vevő elégedettségfüggvényét, és el kell végezni a szükséges transzformációt. Az ilyen függvények felírása azonban – főként a paraméterértékek pontos megállapítása következtében – nehéz feladat. Ennek következtében szokás a várható hasznosságot az eredeti paraméter várható értékének és szórásának segítségével közelíteni. Egy ilyen függvény kialakításához azonban szintén szükséges a vevők beható ismerete.

Amennyiben rendelkezésre állnak a szükséges hasznosságfüggvények, illetve azok valamilyen közelítése, a szimulációs modell adatai alapján az elégedettség számítása könnyen elvégezhető. A két momentumra épülő közelítés pedig – egyszerű esetekben – akár az analitikus modell eredményeivel is alkalmazható.

Az eredmények összefoglalása

Eddigi vizsgálataink során az első három célfüggvény alkalmazásának hatásait vizsgáltuk. A kapott eredményeket az 1. táblázat foglalja össze. A táblázat a korábban elemzett várakozási mutatók értékeit ismerteti különböző limitértékek alkalmazásakor. Az egyes paraméterek minimális értékeit félkövéren tüntettük fel. Jól látható, hogy függetlenül attól, hogy a menedzsment melyik paraméter minimalizálását tűzte ki célul, két tételt kell megszabnia az expressz pénztárak igénybevitelének felső korlátjaként (1. táblázat).

Meg kell azonban jegyezni, hogy előfordulhatnak olyan esetek, amikor a különböző célfüggvények alkalmazásával eltérő limitértékek lesznek optimálisak. További vizsgálataink kimutatták azonban, hogy az ilyen

A várakozási mutatók alakulása különböző limitértékek alkalmazásakor

	Limitérték			
	L=1	L=2	L=3	L=4
Átlagos várakozási idő	0,3403	0,2570	0,3125	0,4614
A várakozási idők szórása	0,7374	0,5535	0,5757	0,7444
Az észlelt várakozási idők átlaga	0,3288	0,2550	0,3100	0,4491

esetekben ezek a limitértékek egymás szomszédjai, és a várakozási mutatók a különböző limitértékek alkalmazásakor nem különböznek egymástól szignifikánsan. Ilyenkor is elfogadható tehát a rendszer működésének bármely célfüggvény szerinti optimalizálása.

Az elégedettségfüggvények felírásához egyelőre nem áll rendelkezésünkre elegendő adat, ezek meghatározása további kutatásaink tárgya. Kérdéses azonban, hogy a pontosabb célfüggvénnyel nyerhető kedvezőbb működés előnyei meghaladják-e a további vizsgálatok elvégzéséhez szükséges ráfordításokat.

Összefoglalás

Az időalapú versenyés korszakában egyre nagyobb hangsúlyt kap a szolgáltatórendszerekben tapasztalható vevői várakozás csökkentése. Ennek érdekében a szolgáltatórendszerek teljes átalakítására is sor kerülhet.

Az ilyen intézkedések meghozatalához azonban a rendszer és a bevezetni kívánt eszköz működésének alapos ismeretére van szükség. Az 1. ábrán jól látható, hogy a nem megfelelő limitértékekkel kialakított expressz pénztárak nagymértékben ronthatják a szolgáltatási színvonalat – a különböző várakozási mutatók esetében tapasztalt hasonló mintázat következtében ez érvényes minden vizsgált mutatóra.

Az időalapú versenyés leszűkítése kiragadott időparaméterek értékének minimalizálására – kiváltképp szolgáltatórendszerekben – hibás megközelítés. Nem csupán a várakozás hosszát szükséges csökkenteni, hanem a várakozás élményét kell javítani. Éppen ezért szükséges különböző várakozással kapcsolatos mutatók definiálása és az alkalmazni kívánt eszköz e mutatók értékeire kifejtett hatásának vizsgálata. Expressz pénztárak alkalmazásakor a különböző megközelítések, szerencsés módon, azonos eredményre vezetnek. Ilyen esetben tehát a vizsgálatok leegyszerűsödnek, elegendő egyetlen – akár a legegyszerűbb – célfüggvény szerint optimalizálni a rendszer működését. Amennyiben nincs szükség összetett célfüggvények alkalmazására, nem szükséges bonyolult szimulációs modell létrehozása sem. Az általunk kialakított numerikus modell

elegendően pontos információt szolgáltat az expressz pénztárakat tartalmazó sorállási rendszerek működésének optimalizálásához.

Kutatásaink során az időalapú versenyés által alkalmazható eszközök egyikének, az expressz pénztárak kialakításának kérdéseit vizsgáltuk. Az elvégzett elemzések (több célfüggvény szerinti optimalizálás, érzékenységvizsgálatok stb.) széles körére való tekintettel a kapott eredményeket általánosnak tekinthetjük. A kutatásaink eredményeként kialakult eszközrendszer lehetőséget kínál további sorképzési szabályok alkalmazásának vizsgálatához is. A kialakított eszközök ugyanis minden olyan esetben alkalmazhatók, amikor a sorképzési szabály kontrollparamétere és a várakozási idő közötti kvantitatív kapcsolat analitikusan vagy numerikusan meghatározható.

Felhasznált irodalom

- Bernoulli, D. (1954): Exposition of a new theory on the measurement of risk, *Econometrica*, 22/1, pp. 23–36.
- Eisler, H. (1976): Experiment on Subjective Duration 1868-1975: A Collection of Power Function Exponents, *Psychological Bulletin*, 83/6, pp. 154–1171.
- Heskett, J.L. – Jones, T.O. – Loveman, G.W. – Sasser, W.E. Jr. – Schlesinger, L.A. (1994): Putting the service profit chain to work, *Harvard Business Review*, 72/2, pp. 164–174.
- Hill, A.V. – Collier, D.A. – Froehle, C.M. – Goodale, J. C. – Metters R.D. – Verma, R. (2002): Research opportunities in service process design, *Journal of Operations Management*, 20/2, pp. 189–202.
- Hillier, F.S. – Lieberman, G.J. (1995): Introduction to Operation Research, McGraw-Hill Book Co.
- Hornik, J. (1984): Subjective vs. Objective Time Measures: A Note on the Perception of Time in Consumer Behavior, *Journal of Consumer Research*, 11/June, pp. 615–618.
- Kahneman, D. – Tversky, A. (1979): Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk, *Econometrica*, 47/2, pp. 263–291.
- Kimura, T. (1983): Diffusion Approximation for an M/G/m Queue, *Operations Research*, 31/2 pp. 304–321.
- Kleinrock, L. (1975): Queueing Systems – Volume 1: Theory, John Wiley & Sons

- Koltai T.* (2006): Termelésmenedzsment, Typotex, Budapest
- Koltai T.* (2003): A termelésmenedzsment alapjai II., Műegyetemi Kiadó, Budapest
- Koltai T. – Kalló N.* (2008): Az expressz pénztárak várakozásbefolyásolásának kvantitatív elemzése, *Sigma*, 39. évf., 3–4. sz., 169–183. o.
- Koltai T. – Kalló N. – Lakatos L.* (2008): Optimization of express line performance: numerical examination and management considerations, *Optimization and Engineering*, doi: 10.1007/s11081-008-9053-3
- Kovács Z.* (2008): Karbantartási stratégiák Monte-Carlo optimalizálása; *Sigma*, 39/3–4, 185–198.
- Kövesi J.* (szerk.) (2007): Menedzsment és vállalkozásgazdaságtan. Typotex, Budapest
- Larson, R.C.* (1987): Perspectives on Queues: Social Justice and the Psychology of Queueing, *Operations Management*, 35/6, pp. 895–905.
- Lawson, R.* (1965): Frustration, The MacMillan Company, New York
- Leclerc, F. – Schmitt, B. H. – Dubé, L.* (1995): Waiting Time and Decision Making: Is Time like Money?, *Journal of Consumer Research*, 22/June, pp. 110–119.
- Levy, H. – Markowitz, H.M.* (1979): Approximating Expected Utility by a Function of Mean and Variance, *The American Economic Review*, 69/3, pp. 308–317.
- Maister, D.H.* (1985): The Psychology of Waiting Lines. In: Cziepel, J. A.–Solomon, M. R.–Surprenant, C. F. (Eds.): *The Service Encounter*, Lexington Books, Lexington, pp. 113–123.
- Stalk, G. Jr.* (1988): Time – The next Source of Competitive Advantage, *Harvard Business Review*, 66/July-August, pp. 41–51.
- Stevens, S.S.* (1957): On the Psychological Law, *The Psychological Review*, Vol. 64/3, pp.153–181.
- Szántai T.* (1971/a): On limiting distributions for the sums of random number of random variables concerning the rarefaction of recurrent processes, *Studia Scientiarum Mathematicarum Hungarica*, 6, pp. 443–452.
- Szántai T.* (1971/b): On an invariance problem related to different rarefactions of recurrent processes, *Studia Scientiarum Mathematicarum Hungarica*, 6, pp. 453–456.
- Taylor, S.* (1994): Waiting for Service: The Relationship between Delays and Evaluation of Service, *Journal of Marketing*, 58/April, pp. 56–69.
- Vörös J.* (1991): Termelés management. Janus Pannonius Egyetemi Kiadó, Pécs
-