KOVÁCS Zoltán

ELLÁTÁSI LÁNCOK IRÁNYÍTÁSI ALGORITMUSAI A SÖRJÁTÉK PÉLDÁJÁN

A sörjáték egy szimulációs eszköz, amely rendszerdinamikai sajátosságok bemutatására szolgál egy egyszerűsített ellátásilánc-modell alkalmazásával. A szerző ennek egy továbbfejlesztett, véletlenszerű igényt tartalmazó változatát használja. A cikkben öt irányítási algoritmust mutat be: 1. visszacsatolást nem tartalmazó, vezérlés jellegű mechanizmus, ami állandó rendelési időközt és állandó rendelési mennyiséget alkalmaz, 2. közvetlen visszacsatolás, 3. két beavatkozási határértéket tartalmazó állásos szabályozás, 4. egy célértéket tartalmazó visszacsatolás, 5. előrejelzésen alapuló előrecsatolás. Az elemzések részben lejátszott játékok felhasználásával, részben pedig Monte Carlo szimulációval történtek.

Kulcsszavak: **ellátásilánc-menedzsment, sörjáték, üzleti szimuláció, rendszerdinamika, irányítási rendszer, szabályozás**

Az ellátási lánc értékteremtő folyamatok együttműködő vállalatokon átívelő sorozata, mely vevői igények kielégítésére alkalmas termékeket, illetve szolgáltatásokat hoz létre (Chikán, 1999). Ezt az „átívelést" természetesen nem vállalatok felett, hanem az ellátási láncban részt vevő vállalatokon keresztül értelmezzük. Az együttműködés érdekében előfordul, hogy az egyébként önálló vállalatok szuverenitásuk egy részéről lemondanak, például a beszállítóvá válás érdekében. Ilyen módon vállalatok feletti irányítási mechanizmusok is érvényesülnek.

Martin Christopher szerint „manapság nem vállalatok, hanem ellátási láncok versenyeznek a piacon". A láncok eredményes és hatékony működéséhez meg kell találni és alkalmazni kell azon módszerek megfelelőit, amelyeket vállalati, vagy azon belüli rendszerek vizsgálatához, a működés optimalizálásához alkalmazhatunk.

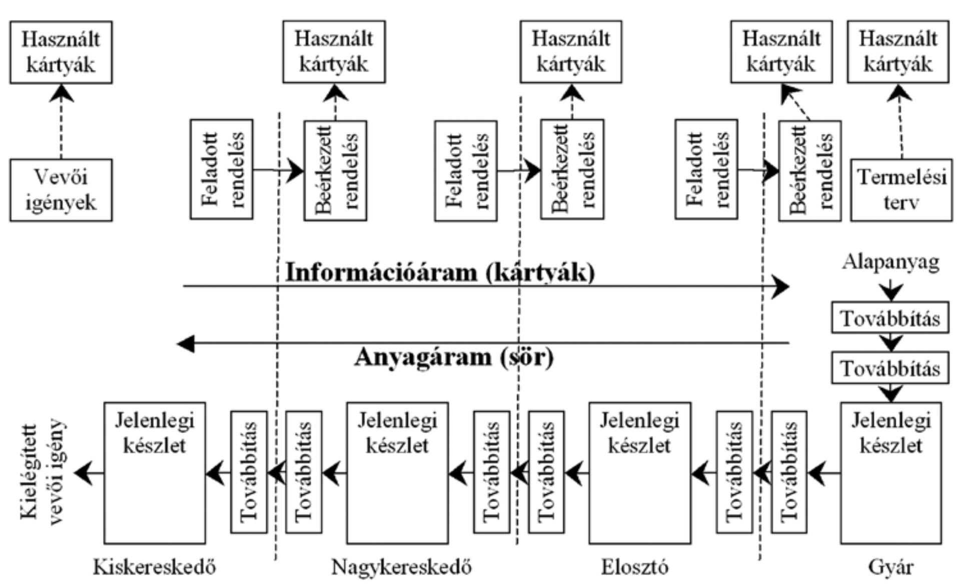
A problémakör összetettsége miatt ebben az esetben a szokásosnál nagyobb hangsúlyt kap a szimuláció.[1]

A sörjáték

Az MIT-n kifejlesztett sörjáték egy olyan ellátási láncot szimulál, amelyben négy vállalaton keresztül áramlik az áru az előállítótól a vevőhöz. A vállalatok egymástól rendelnek, rendelkezhetnek készlettel, rendelés eljuttatásának és a közöttük lévő szállításnak időigénye van. Egy játék elrendezése az 1. ábrán látható.

1. ábra

A sörjáték elrendezése



A játéknak jelentős nemzetközi irodalma van (Forrester, 1961; Senge, 1990; Sterman, 1992; Coakley et al., 1998; D'Atri et al., 2009; Goodwin – Franklin, 1994; Noy et al., 2006; Kumar – Chandra – Seppanen, 2007), ezért most részletesen nem mutatjuk be.

A játék látszólag egyszerű: állandó vevői igényt kell kielégíteni korlátlan kapacitásviszonyok és az adott időszaki helyi rendelésre korlátozott információ-ellátottság mellett.

A szimulációs játék lefutása után azonban – a résztvevők számára meglepő módon – a rendszer mutatói erőteljes időbeli ingadozást mutatnak, a – készlettartásból és hiányokból adódó – költségek nehezen indokolhatóan magasak lesznek. A működés akadozik, például a rendszerben egyidejűleg fordul elő készlet és hiány.

A játéknak elkészítettük a sztochasztikus igényt tartalmazó változatát, ennek tapasztalatait egy korábbi publikációban mutattuk be (Kovács, 2010). Goetgeluk (2006) ugyancsak vizsgálta sztochasztikus verziójú játékok irányítási kérdéseit, sztochasztikus programozási példákként ellátási láncokban, többféle szcenárió esetén.

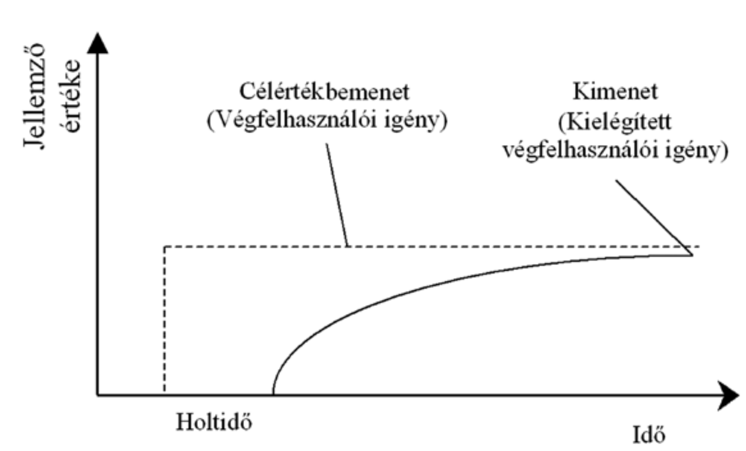
Amíg a determinisztikus eset irányítása – a játék tapasztalatainak ismeretében – egyszerű, hiszen a JIT-elvet célszerű alkalmazni, addig sztochasztikus esetben felmerül az algoritmusválasztás és a választott algoritmus paramétereinek beállítási kérdése. Ezen algoritmusok egy részét magában a játékban próbáltuk ki, másokat – elsősorban az időigényeseket – Monte Carlo szimulációval értékeltük.

Az irányítási probléma megfogalmazása

Ahogyan az 1. ábrán látható, a rendszerben négy beavatkozási hely van. Rövid logikai úton el lehet jutni arra a következtetésre, hogy a rendszer optimális működtetése olyan esethez rendelhető, amikor készlet csak a kiskereskedőnél van, a többi hely JIT szerint működik, tehát rendeléseiket összehangolják. A modell egy egykészletes esetre egyszerűsödik, de a távoli beavatkozási hely – gyár – miatt a holtidő megmarad. Egyedüli döntési változó – szabályozott jellemző – a gyártandó mennyiség, ami bizonyos késéssel a készlet bemenete lesz. A csak kiskereskedői készletet az indokolja, hogy a készlet helye a rendszerszintű költségeket nem, de a rendszer válaszidejét, ezáltal pedig a hiány kockázatát befolyásolja. Minél távolabb van a készlet a végfelhasználótól, annál nagyobb a válaszidő, és annál nagyobb a hiány kockázata, és ebből adódóan az összes hiányköltség várható értéke. Egy váratlan igény megugrási esetére mutatja ezt a 2. ábra.

2. ábra

A rendszer átmeneti függvénye

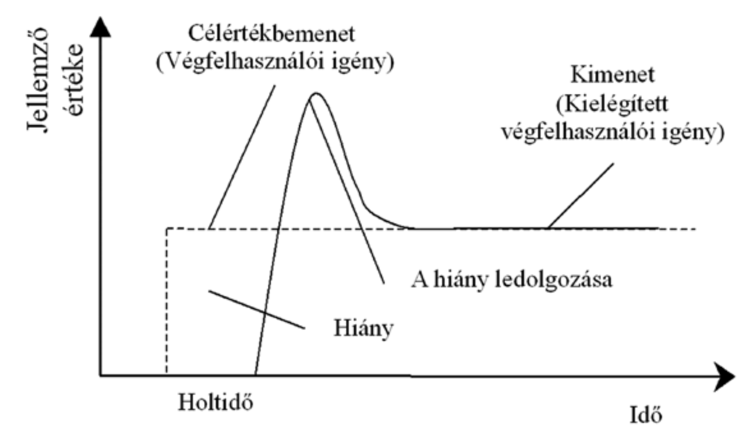


Ez az eset, ha a szabályozó beavatkozási energiája kicsi, emiatt több időszakra van szükség a célállapot eléréséhez. Például a gyár kapacitása, vagy a rendelkezésre álló készlet túl kicsi lenne, időbe telik, míg pótolják. A játékban a célérték elérése késleltetve ugyan, de egy lépésben megtörténhet. Ezt a gyár korlátlan kapacitása teszi lehetővé. Ha a kiskereskedői készlet meghaladja a mindenkori igényt, nincs holtidő, az igényt azonnal kielégítik, hiány sem keletkezik.

A hiányt a játékban a két görbe különbsége szemlélteti. Sajátos helyzetet eredményez, hogy a kielégítetlen igény megmarad, hiányként időben gyűlik, integrálódik. A hiány ledolgozásához a pillanatnyi kimenet – az éppen kiszállított mennyiség – nagyobb lehet, holtidőből adódó késedelem esetén átmenetileg nagyobb kell, hogy legyen, mint a pillanatnyi igény *(3. ábra).* A továbbiakban feltételezzük, hogy a hiány megmarad, a hiányköltség pedig nagyobb a készlettartási költségnél.

3. ábra

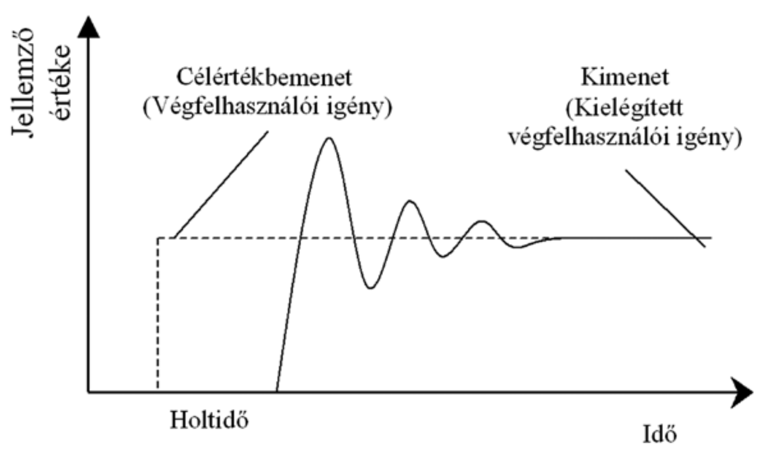
Az átmeneti függvény hiány ledolgozása esetén ideális esetben



A gyakorlatban nem sikerül mindig optimális döntést hozni. Előfordul, hogy a döntéshozó túlkompenzálja a hiányt, vagyis a hiány ledolgozása érdekében többet rendel. Ennek eredményeképpen magas készlet alakul ki, ami miatt átmenetileg vissza kell fogni a gyártást. Ez a túlkompenzáció annál inkább érdeke, minél nagyobb a hiányköltség a készlettartási költséghez képest. Ebben az esetben többet nyer a hiány korábbi ledolgozásával, mint amennyit a magasabb készletekkel veszít *(4. ábra).*

4. ábra

Az átmeneti függvény hiány ledolgozása esetén valós esetben



Tekintettel arra, hogy az adott időszaki készlet = kezdőkészlet + addigi összes bevét a gyártásból – addigi összes kiszállítás, a készletszint is hullámozni fog. Így adódnak a valós játékok furcsa görbéi a próbajáték utáni egyszeres igényfelugrás után *(5. ábra).* Ezt segíti az, ha a gyár kapacitása túl nagy, hozhat rossz döntést a termelés túlfuttatásával. A szabályzástechnika gyakorlatában ez azt jelenti, hogy nagy a szabályozó beavatkozási energiája. Ebből a példából is látszik a koordináció, a résztvevők feletti döntések szükségessége, a saját döntéshozatali szuverenitás csökkentése árán.

Az ábrák arra utalnak, hogy érdemes lenne valamilyen korlátot, például a gyár kapacitására egy felső értéket tenni a rendszerbe.

A továbbiakban a működést az alábbi mutatószámokkal jellemezzük: a játék során felmerült összes költség, időegységre jutó költség, legnagyobb készlet, legnagyobb hiány, átlagos készlet, átlagos hiány.

Alapvető jósági mutatónak az időegységre jutó összes rendszerköltséget tekintjük.

Különböző irányítási algoritmusok hatása a működésre

A sztochasztikus játék kapcsán ismert, a műszaki és gazdasági gyakorlatban régóta használt irányítási algoritmusokat próbáltunk ki. Ezek bemutatása után kitérünk még az ellátási lánc hosszának – a rendszer holtidejének – hatására.

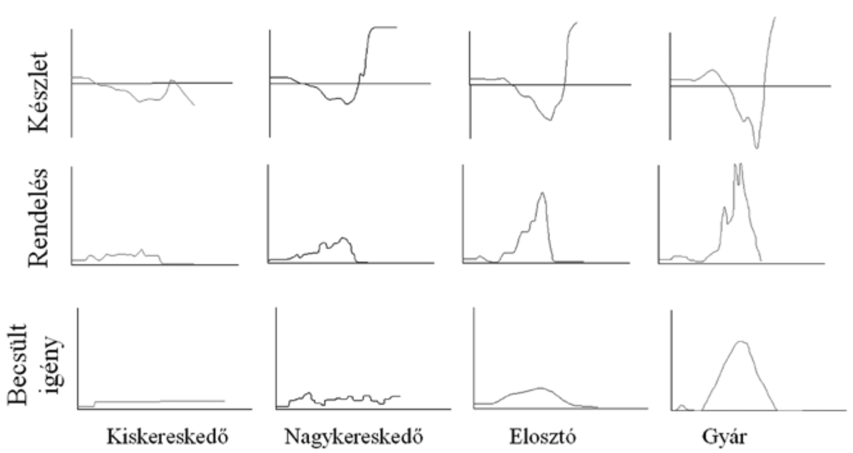
A termék és időegységre jutó készlettartási költség 0,5 euró, az ugyanilyen vonatkoztatású hiányköltség 1 euró. Az utánpótlási költségtől eltekintünk. A kezdőkészlet mindegyik algoritmus esetén 5 egység.

A rendszer működésének jóságát az időegységre – a diszkrét szimulált idő miatt időszakra, ami a játékban egy hét – jutó költséggel mérjük. Ezt a mutatószámot különböző időtávra megvizsgáljuk. A legrövidebb időtávú szimuláció tíz időszakból áll, a leghosszabb 10000 időszakból. A futtatások utáni statisztikai kiértékelés az 1. táblázatban látható adatokat szolgáltatja *(1. táblázat).*

A futtatásokat többször megismételve a hosszú távú adatok (10000 időegység) kevéssé változnak, a rövid távúak erősebben. Ezek szórása érdekes további kérdéseket vet fel. Bár 10 ismétlésre ezeket bemutatjuk, azonban terjedelmi okokból ezek részletesebb elemzése jelen tanulmánynak nem célja. A valós játékok általában 35 időszakig tartanak. A diagramokon az idő függvényében az igényt, a rendelést, valamint a készletet és a hiányt tüntetjük fel. Utóbbi kettő mutatja legjobban a rendszer állapotát, és egyúttal utal a költségekre is. Az igény természete mindegyik esetben azonos: 0 és 20 közötti egyenletes eloszlás. Normális eloszlást alkalmazva a szimulációk során hasonló eredményeket kaptunk. Az egyenletes eloszlás alkalmazásának magyarázata az, hogy az osztálytermi játék során a véletlen számokat első alkalommal – a sztochasztikus játék ötletével egy időben – egy helyszínen elkészített kártyaköteggel állítottuk elő, és a továbbiakban ezt a köteget megtartottuk.

5. ábra

A valós játék ingadozása (Bull-whip effect)



1.táblázat

A futtatási eredmények

A szimulált időszak hossza	10	100	1000	10000
Költség	56	2144,5	18 733,5	176 257
Költség/időszak	5,6	21,445	18,7335	17,6257
Legnagyobb				
Készlet	19	76	91	101
Hiány	0	74	74	76
Átlag				
Készlet	11,2	12,45	17,895	18,4076
Hiány	0	15,22	9,786	8,4219

A jó kommunikációs lehetőségek miatt rövid (2 ciklus) rendeléseljuttatási idővel számolunk, de a fizikai szállítási késedelem fennáll, ennek értéke mindegyik esetben 10. A végfelhasználó igény felmerülésekor azonnal ismertté válik minden résztvevő számára.

Vezérlés

Ez egy visszacsatolást nem tartalmazó, vezérlésjellegű irányítás. Az angol nyelvű szakirodalomban open loop néven jelenik meg. Azonos időközönként ugyanolyan mennyiséggel történik az utánpótlás. Esetünkben ez azt jelenti, hogy a gyárban állandó a gyártási ütem. A készletmodellek elméletében ezt (T,q) mechanizmusnak nevezik, ahol T az állandó rendelési időköz, q pedig az állandó rendelési tétel *(6. ábra).*

A különböző futtatások eredménye változatos képet mutat. A véletlen igények kiszámíthatatlanul viselkedő rendszert eredményeztek. A jelenség hasonló az útmodellhez. A különbség az, hogy itt nincs pozitív – egyébként semmilyen – visszacsatolás.

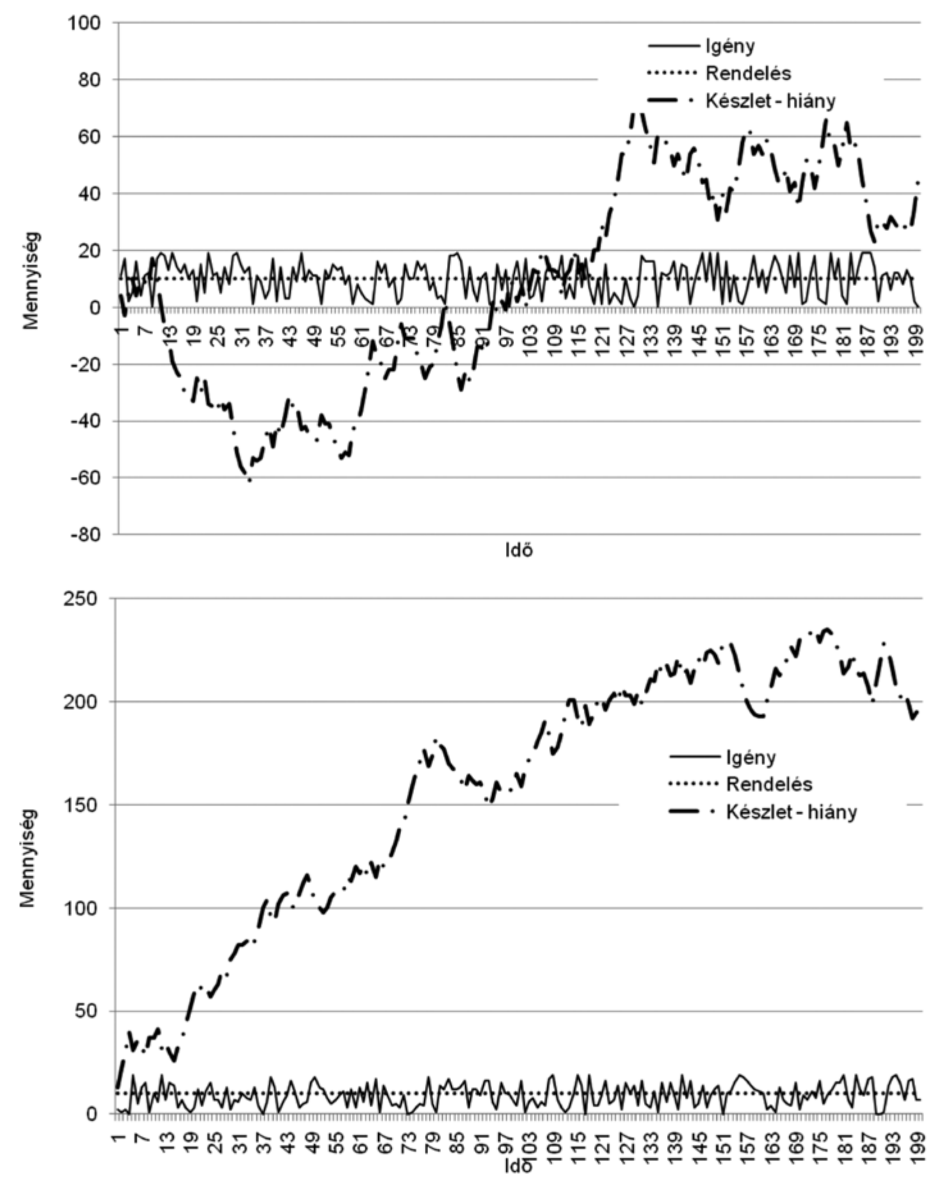
A készlet kiegyenlítő hatása nem tudott érvényesülni, pedig az – állandó – gyártási ütem megegyezett az igények átlagával *(2. táblázat).*

A futtatásokat többször megismételve *(3. táblázat).*

A többi algoritmussal ellentétben itt elsősorban nem a rövid, hanem a hosszú távú viselkedés szélsőséges. A rövid távú viselkedés a gyakorlatban megvalósuló más algoritmusokkal szemben érdekes – váratlanul jó - eredményeket ad. Ezt a Kovács (2010) munkában taglaljuk.

6. ábra

A (T,q) stratégia nagy szórással és rosszul teljesít sztochasztikus igény esetén



2. táblázat

Egy futtatás eredményei

A szimulált időszak hossza	10	100	1000	10000
Költség	55	1657,5	122 087,5	14 455 000
Költség/időszak	5,5	16,575	122,0875	1445,5
Legnagyobb				
Készlet	10	45	443	6110
Hiány	19	40	40	40
Átlag				
Készlet	2	6,19	241,479	2890,73
Hiány	4,5	13,48	1,348	0,1348

3. táblázat

Több futtatás eredményei

	Költség/időszak			
Időszak	**10**	**100**	**1000**	**10000**
1	5,6	30,205	185,5335	1189,346
2	11,65	29,365	268,8835	1407,335
3	15,15	14,87	122,0595	1313,454
4	5,6	30,26	175,7305	940,4632
5	7,8	10,8	167,378	1314,387
6	2,35	11,3	62,522	1107,864
7	6,3	16,785	159,47	1143,236
8	7,65	12,16	167,7315	1319,496
9	9,5	39,595	170,502	1185,479
10	5,7	30,96	83,7355	1245,241
Átlag	7,73	22,63	156,3546	1216,63
Szórás	3,617104	10,49062	57,35333	134,1224

Az irányító számára nincs sok lehetőség optimalizálásra. A kezdőkészletet meghatározhatja, de a jósága csak utólag dönthető el. Elvileg a rendelési tételnagyságot is meghatározná, de ennél az algoritmusnál hosszú távon nincs értelme eltérni az átlagos igénytől. A rendelési tételnagyságot a rendelési időközzel együtt lehet változtatni úgy, hogy a kettő hányadosa állandó maradjon.

A holtidő – szállítási késedelem – miatt az első 10 időszakban még a 'korábban' megrendelt 10 egység érkezik be, tehát az indulástól eltelt holtidőnyi időintervallumban az összes modell azonos eredményt ad.

Közvetlen visszacsatolás, a fogyás szerinti rendelés

Ez az algoritmus már figyelembe veszi a fogyást, mégpedig olyan módon, hogy mindegyik időszakban annyit rendel, amennyi akkor a kivét volt. A beérkezés a lánc hosszának megfelelő késéssel történik *(7. ábra).*

A kisebb ingadozásból adódóan jóval kisebb lett az egy időszakra jutó költség: hosszú távon tekintve 1445,5-ről (átlag 1216) 13-ra csökkent.

Csak a kezdőkészlet állapítható meg szabadon *(4. táblázat).*

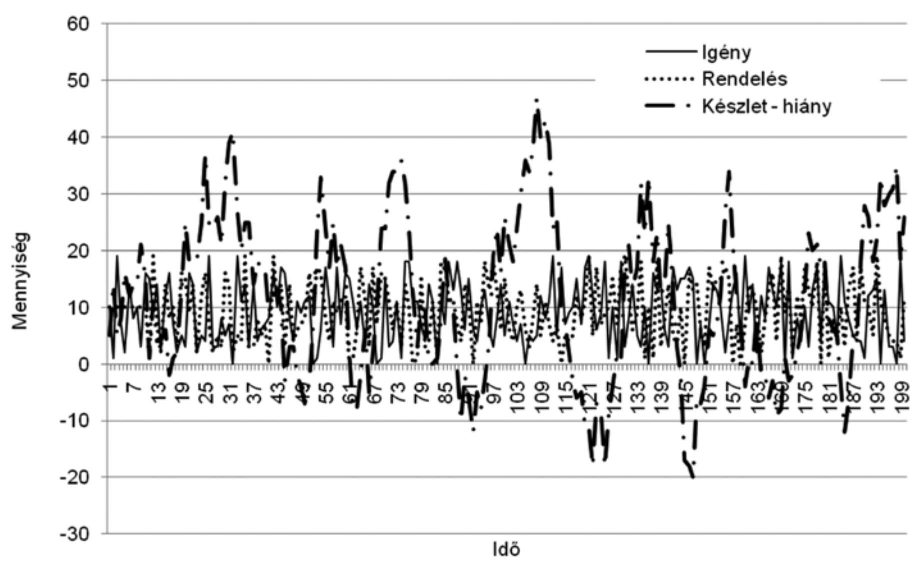
4. táblázat

Egy futtatás eredményei

A szimulált időszak hossza	10	100	1000	10 000
Költség	44	839	10217,5	94931
Költség/időszak	4,4	8,39	10,2175	9,4931
Legnagyobb				
Készlet	13	31	65	69
Hiány	0	32	47	53
Átlag				
Készlet	8,8	6,18	12,045	13,074
Hiány	0	5,3	4,195	2,9561

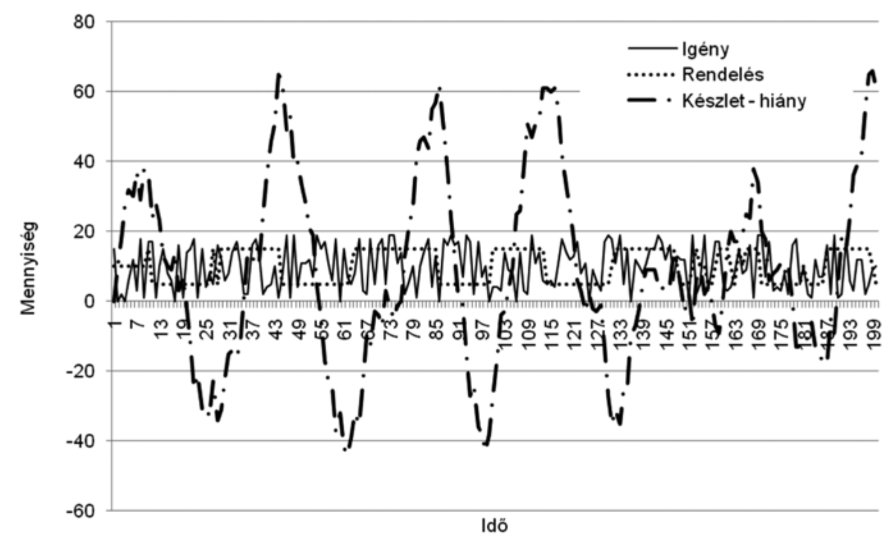
7. ábra

Az azonnali visszacsatolás kisebb szabályozási ingadozást eredményez



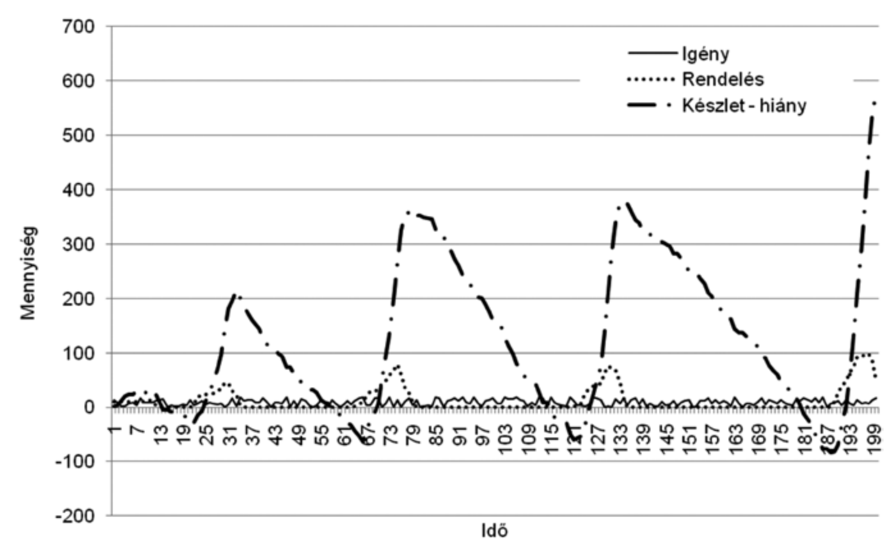
8. ábra

Az állásos szabályozás kapcsolási (rendelés) és szabályozási (készlet – hiány) rése



9. ábra

A célérték tartására irányuló törekvés lengést eredményezhet



Két beavatkozási határértéket tartalmazó állásos szabályozás

A műszaki gyakorlatból jól ismert szabályozási forma. A menedzsmentgyakorlatban a kivételek elvével történő vezetésnek felel meg. Ha szabályozott az érték, ami itt a készletszint alsó és felső értéke között van, akkor nincs beavatkozás. Ha az alsó alá, vagy a felső fölé megy, akkor történik rendelés, esetünkben a gyártól, ami rendelést a szállítási időből adó késedelemmel a gyár teljesít. Példánkban a felső beavatkozási határ 6, az alsó 4. Tekintettel arra, hogy fogyásra mindig lehet számítani, továbbá az utánpótlási költség 0, ezért a két érték közötti készlet esetén is van rendelés, ami 10. Az alsó készletérték alatt a rendelés 15, a felső feletti 5 *(8. ábra).*

A pontozott vonal jól mutatja a szabályozás állásos jellegét, a ki- és bekapcsolásokat, pontosabban a fel- és lekapcsolásokat. Vegyük észre, hogy készletszint alig van a kapcsolási rések között, csak induláskor van 10-es rendelés.

A készlet és a hiány legnagyobb értéke adja a szabályozási rést. A beavatkozási határok a kapcsolási rést határozzák meg. Az adott paraméterű állásos szabályozás rövid távon hasonló eredményt adott, mint a visszacsatolásos, hosszú távon rosszabb eredményt adó szabályozás.

A beavatkozás optimalizálható a kezdőkészlet, a beavatkozási határok és értékek megválasztásával. Például ha a határokat 4-re és 6-ra, a határokon kívüli beavatkozási értékeket pedig 8-ra és 12-re vesszük, 10 000 kísérletnél az összes költség 13 alatt lesz *(5. táblázat).*

5. táblázat

Egy futtatás eredményei

A szimulált időszak hossza	10	100	1000	10000
Költség	129	1744,5	17561	171 687,5
Költség/időszak	12,9	17,445	17,561	17,16875
Legnagyobb				
Készlet	38	65	87	103
Hiány	0	44	80	80
Átlag				
Készlet	25,8	15,55	17,784	17,6833
Hiány	0	9,67	8,669	8,3271

Egy célértéket tartalmazó visszacsatolás

A tartandó értéket adjuk meg kezdőkészletnek. Ez esetünkben 5. Annyit tervez a gyár, hogy tartsa a kezdőkészletet. Ebben az esetben gyártás = a fogyás várható értéke + ami hiányzik a kezdőkészlethez. A beérkezés – a többi esethez hasonlóan – késleltetve történik *(9. ábra).*

6. táblázat

Egy futtatás eredményei

A szimulált időszak hossza	10	100	1000	10000
Költség	96,5	6104	118 322,5	1 128 913
Költség/időszak	9,65	61,04	118,3225	112,8913
Legnagyobb				
Készlet	30	365	683	718
Hiány	0	63	107	110
Átlag				
Készlet	19,3	112,06	222,707	212,2852
Hiány	0	5,01	6,969	6,7487

7. táblázat

A játékok eredményei

Csapat	Összes költség	
	Előrejelzés nélkül	Előrejelzéssel 5 időszakra
Arany Ászok	67,1	3,8
Dimeszoan	96,1	2,9
Löwenbrau	29,4	1,2
Staropramen	48,2	7,2
Sörcsap-at	62,2	0,9
Arany Ászok	67,1	3,8
Dreher	27,0	14,6
Fekete Ökör	16,0	8,1
Soproni	24,2	8,5
Beer-ke	24,2	5,5
Beerodalom	24,5	18,2
Szalon Bambi	54,5	14,3

A adatok ábrázolása alapján úgy tűnik, hogy az eddig tárgyaltak közül ez az algoritmus hasonlít leginkább ahhoz, amit a játékosok világszerte követnek. Az 5. ábrán a felső diagramsor. Az idő előrehaladtával a rendszer állapota romlik, mert a kilengések nőnek. (ostorcsapás-effektus). A kilengések meglehetősen aszimmetrikusak a készlet irányába *(6. táblázat).*

Az előrejelzés hatása

Az előrejelzési információ többféle lehet. Rövid időtávra viszonylag pontos információ állhat rendelkezésre, hosszabb távon általában nő az előrejelzési információ bizonytalansága. Az előrejelzés teszi lehetővé, hogy ne visszacsatolást alkalmazzunk, vagyis reagáljunk a már – esetleg a kimenetben is – bekövetkezett változásokra, hanem megelőző jellegű, preventív politikát alkalmazzunk. Ez egy feed forward típusú szabályozás.

Az előrejelzési információk hatását nem számítógépen, hanem játék keretében vizsgáltuk. Az előrejelzési információk rendelkezésre állását úgy szimuláltuk, hogy megadtuk, hogy a következő 5 időszakban mennyi lesz a megrendelés. A 7. táblázatban jól megfigyelhető, hogy a fenti információtöbblet az egyes csapatoknál mennyivel jobb eredményt adott.

Ez a fajta előrejelzés valójában a rendszer holtidejét csökkenti. Esetünkben éppen a rendszer holtidejének fele hosszúságú időtávjára jelez előre pontos értékeket.

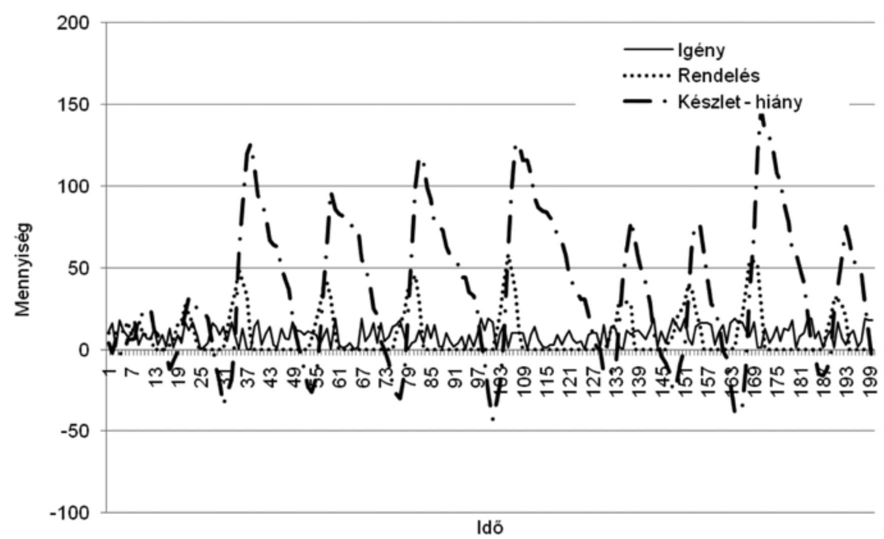
A jó előrejelzéssel csökken a döntés bizonytalansága. Ez elmozdulást jelent a biztos döntések osztályába. A rendszer holtidejének költségcsökkentő hatása jól vizsgálható számítógépes szimulációval.

A holtidő és csökkentésének hatása

Érdekes lehet megvizsgálni, hogy az ellátási lánc rövidítése – a holtidő csökkentése – milyen hatással van a rendszer működésére. Terjedelmi korlátok miatt ezt nem tudjuk megtenni a tárgyalt összes algoritmusra. Szabályossága miatt a célértéktartó algoritmusra nézzük meg, hogy mi a hatása a lánchossz megfelezésének 10-ről 5-re *(10. ábra).*

10. ábra

A lánc hosszának csökkentése csökkenti a szabályozási rést



8. táblázat

Egy futtatás eredményei

A szimulált időszak hossza	10	100	1000	10000
Költség	40	2386	24 471,5	232 148,5
Költség/időszak	4	23,86	24,4715	23,21485
Legnagyobb				
Készlet	18	129	145	167
Hiány	2	46	52	52
Átlag				
Készlet	7,6	37,12	38,795	37,2583
Hiány	0,2	5,3	5,074	4,5857

9. táblázat

A különböző időtávú futtatások eredményei

Szabályozási mód	Mutató	Költség/időszak			
	Időszak	10	100	1000	10 000
Vezérlés (T,q)	Átlag	7,73	22,63	156,35	1216,63
	Szórás	3,62	10,49	57,35	134,12
Közvetlen visszacsatolás	Átlag	6,85	9,33	9,43	9,53
	Szórás	4,97	2,27	0,49	0,17
Állásos szabályozás	Átlag	6,88	17,99	17,30	17,53
	Szórás	3,31	3,60	0,66	0,43
Célérték tartása, holtidő=10	Átlag	6,68	93,11	114,51	113,83
	Szórás	2,98	20,87	7,71	2,7784
Célérték tartása,holtidő=5	Átlag	9,00	20,16	22,86	23,02
	Szórás	5,24	1,36	0,83	0,28

A lánc hosszának felére csökkentése – hosszú időtávon – mintegy ötödére csökkentette a költségeket *(8. táblázat).*

Rövid távú viselkedés, szórások

A számítógépes szimulációs vizsgálatok egyik előnyének tartják, hogy nagyszámú kísérletet elvégezve hosszú távra, átlagosan várható működés jelezhető előre. Általában az analitikus modellek is ilyen eredményeket szolgáltatnak.

A döntések azonban nem mindig szólnak hosszú távra, illetve ismétlődnek hosszú távon. Bár a szimulációt elsősorban a hosszú távú viselkedés tanulmányozására használjuk, de egyik erőssége éppen a rövid távú viselkedés lehetséges kimeneteleinek, ezek szóródásának előállítása. A gyakorlatban a menedzsment sem mindig hosszú távú célokat követ. E mögött lehet egyéni motiváció, de a lerövidült termék-életciklusok is a rövid időtávú, kevés ciklusismétlődésű döntések felértékelődését eredményezik.

A korábban bemutatott futtatásokat tízszer megismételtük, más véletlen számokkal. A kapott eredmények átlagait és szórásait a 9. táblázat tartalmazza.

A holtidővel összevethető 10 időegység-időtávon kicsi az egyes szabályozási algoritmusok teljesítőképessége közötti különbség. A (T,q) esetet leszámítva a kísérletek lépésszámának növekedésével az egyes kísérletek által szolgáltatott eredmények szórása csökken.

Következtetések

A különböző algoritmusok alkalmazása során az alapvető rendszerstruktúrát változatlannak tételeztük fel. Azonos volt a szereplők száma, a kapcsolat jellege, az egyes lépések és tevékenységek tartalma, időigénye. A szabadon megválasztható paramétereket a 10. táblázat tartalmazza.

10. táblázat

Az egyes algoritmusok alkalmazása során szabadon megválasztható paraméterek

Algoritmus	Választható paraméterek
(T,q)	Kezdőkészlet, (állandó rendelési mennyiség)
A fogyás függvényében	Kezdőkészlet
Állásos	Kezdőkészlet, alsó határ, felső határ, alsó, közbülső és felső beavatkozási értékek
Értéktartó	Kezdőkészlet
Előrecsatolás	Az előrejelzési időtáv

Az időegységre jutó költségeket tekintve hosszú távon a legjobbnak a fogyás szerinti utánpótlás bizonyult. Ezután az állásos algoritmus, majd a készletszintet tartani kívánó szabályozás következik.

Elképzelhető, hogy a paraméterek javításával jobb értékek kaphatók, ami befolyásolná a sorrendet. A lánc hosszának csökkentése arányost meghaladó eredménnyel járt.

A (T,q) stratégia rövid távon, jól megválasztott kezdőkészlet esetén lehet eredményes. Erre utal az is, hogy rövid – 10 időegység – távon a (T,q) szerinti ismételt játékok költségének szórása közel azonos a többi algoritmus esetén kapottal. A gyakorlatban kivitelezett játékok során rövid időtávon (10-15 ciklus) a tanár által vitt (T,q) stratégia kevés kivétellel jobbnak bizonyult a résztvevők által – bonyolultsága miatt hibákkal megvalósított – fejlettebb, általában visszacsatolást tartalmazó stratégiáknál. Az egyszerűség úgy is megvalósítható, hogy alapvetően (T,q) stratégiát visznek, és bizonyos időközönként, például 10 időegység eltelte után történik – visszacsatolásos – beavatkozás, ami során visszatérítik a rendszert egy megfelelő állapotba.

Az ilyen stratégia vizsgálatához kimondottan jó eszköz a Monte Carlo szimuláció, ami ebben az esetben úgy is tekinthető, mint a rövid távú lehetséges viselkedések előállítására szolgáló eszköz, egyfajta szcenárió generátor.

A gazdaságban – makro- és mikroszinten – egyaránt több olyan folyamat van, ami a fenti modellek valamelyikével írható le. Például a jelentős beszerzési idejű anyagok készleteivel történő gazdálkodás. Itt nem is kell az egész láncot tekinteni, elég csak egy készletezési helyet.

Ezeket kombinálni is lehetne: bizonyos időszakonként visszacsatolással (helyre)állítani a működési körülményeket (korrekció), ezek között pedig egyszerű vezérlést alkalmazni.

A szabályozók, szabályzatok készítésekor meg kell fontolni az egyes esetekben alkalmazandó döntési szabályokat. Fontos figyelembe venni a beavatkozás és annak hatása közötti holtidőt, ezt lehetőség szerint csökkenteni kell.

Törekedni kell előrejelzési információk gyűjtésére és felhasználására, ahol lehetséges, preventív előrecsatolást kell alkalmazni. Ha a rendszer holtideje viszonylag hosszú, a döntési helyzet pedig nem ismétlődik hosszú távon, érdemesebb egyszerű, de biztonságosan megvalósítható szabályt alkalmazni, mint valamennyivel jobb eredménnyel járó, de könnyen elhibázható algoritmust.

Jelen cikkben nem foglalkoztunk azzal a fontos kérdéssel, hogy a közös, rendszerszintű optimumot hogyan lehet elfogadtatni az ellátási lánc minden szereplőjével, akik között vannak olyanok, akik számára a saját optimum követése jobb eredményt adna.

Lábjegyzet

[1] Cikkünk a TÁMOP 4.2.2. projekt keretében történő disszeminációnak is része.

Felhasznált irodalom

Chikán A. (1997): Vállalatgazdaságtan. AULA, Budapest

Coakley, J.R. – Drexler, J.A. – Larson, E.W. – Kircher, A.E. (1998): Using a Computer-Based Version of the Beer Game: Lessons Learned. Journal of Management Education, Vol. 22, No. 3, p. 416–424.

D'atri, A. – Spagnoletti, P. – Banzato, A. – Bonelli C. – D'atri, E. – Traversi, V. – Zeno, P. (2009): Supply Chain and Virtual Enterprises: the Beer Game evolution, Proceedings Proceedings of ALPIS. Sprouts: Working Papers on Information Systems, 9(13). http://sprouts.aisnet.org/9-13, 2010. január 22.

Forrester, J. (1961): Industrial Dynamics. MIT Press, Cambridge, MA

Goetgeluk, J. (2006): Stochastic Programming In Supply Chain Management, PhD Thesis, http://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/311/912/RUG01-001311912_2010_0001_AC.pdf, 2010. október 28.

Goodwin, J.S. – Franklin, S.G. (1994): The Beer Distribution Game: Using Simulation to Teach Systems Thinking. Journal of Management Development, MCB UP Ltd. Vol. 13, Issue 8, p. 7–15.

Kovács Z. (2010): Egy ellátási lánc szimulációjának tapasztalatai. Vezetéstudomány, 41. évf. 10. szám, 2010, p 53–61.

Kumar, S. – Chandra, Ch. – Seppanen, M.S. (2007): Demonstrating supply chain parameter optimization through beer game simulation, Information-Knowledge-Systems Management. Volume 6, Issue 4, IOS Press Amsterdam, p. 291–322

Noy, A. – Ranan, D. – Ravid, G. (2006): Testing Social Theories, Simulation & Gaming. Vol. 37, No. 2,June, p. 174–194.

Senge, P.M. (1990): The Fifth Discipline: The Art & Practice of the Learning Organization. Doubleday Business, London

Sterman, J.D. (1992): Teaching Takes Off: Flight Simulators for Management Education. OR/MS Today, p. 40–44.

– http://www.martin-christopher.info/about.htm

Cikk beérkezett: 2010. 11. hó
Lektori vélemény alapján véglegesítve: 2011. 6. hó