

AZ IGÉNY SZERINTI TÖMEGGYÁRTÁS KÉSZLETGAZDÁLKODÁSI PROBLÉMÁINAK MEGOLDÁSA MÓDOSÍTOTT ÚJSÁGÁRUS MODELL SEGÍTSÉGÉVEL

Mileff¹ Péter, Nehéz² Károly

¹PhD tanuló, ²PhD,

Alkalmazott Informatikai Intézet, Miskolci Egyetem

Abstract

A készletgazdálkodási (*inventory control*) problémák hatékony kezelése és modellezése a beszállító cégek menedzsmentjének az utóbbi években egyre inkább kritikus problémája. Jelen cikkben egy jelentős magyarországi tömeggyártással foglalkozó cég igényei alapján egy korábban kidolgozott, a klasszikus egy vevő és, egy beszállító problémáját analitikus eszközökkel vizsgáló készletgazdálkodási modell kerül kibővítésre a kapacitáskorlát feltételének megvalósításával. Célunk egy olyan optimális beszállítói raktározási-gyártási politika meghatározása, amely tetszőleges gyártási időhorizontra vonatkozva egy költség-optimális készletgazdálkodást tesz lehetővé. Bemutatjuk, hogy a korábbi eredményekre építve tetszőleges darabszámú termék esetén az új heurisztikus módszer segítségével egy a kapacitáskorlátot kielégítő politika valósítható meg.

Keywords: Készletgazdálkodás, Bővített Newsvendor Modell, Kapacitás korlát

1. BEVEZETÉS

Az elmúlt 15 év tapasztalatai szerint a tömeggyártás területén működő cégek üzleti környezete jelentősen megváltozott. A piaci igények magas intenzitása a tömegcikkek felé megmaradt, de a piacon további új követelmények egész sora jelent meg. Az üzleti környezet változása jelentősen befolyásolja a cégek és beszállítóik üzleti, műszaki és logisztikai kapcsolatait. A korábbi, alapjában véve egyszerű vásárló-eladó (úgynevezett „hideg”) beszállítói viszony egyre szorosabbá, („melegebbé”) vált. Ez azt jelenti, hogy a kooperatív és együttműködő módszerek és tevékenységek váltak az SCM (*Supply Chain Management*) technikák fejlesztésének egyik fő irányává. Az értékesítő, a végtermék gyártó és a beszállító cégek kapcsolata a gyakorlatban nagyon összetett és sokféle lehet. Ez indokolja a modellek szélesebb körének vizsgálatát, további hatékony döntés támogató és tervező módszerek elemzését.

Az irodalomban a készletgazdálkodási modellek széles skálájával találkozhatunk(lásd [6]). Jelen cikkben az egyik legismertebbel, az úgynevezett újságáros modellel foglalkozunk. A modell a legfontosabb operáció menedzsment modellek között szerepel, előszeretettel alkalmazzák a készletezési problémák széles körében. Jelen publikációban ennek megfelelően a korábbi eredményekre támaszkodva az úgynevezett bővített újságáros modellt[7] vizsgáljuk több termék és kapacitáskorlát feltétel esetén. A modellbeli feltételek teljes egészében megegyeznek a [5][6] publikációkban szerepeltetettel. Az irodalomban található kapacitáskorlátos modellek többsége a dinamikus programozás eszközét alkalmazva

vagy valamilyen algoritmikus formában nyújt eredményt. Ezek a megoldások nagy termékszám és több gyártási periódus együttes vizsgálata esetén a nagy keresési tér miatt rendkívül számításigényesek. Emiatt készletgazdálkodási modellek többsége el sem jut a gyakorlati alkalmazásig.

2. TERMELŐI KAPACITÁSKORLÁTOK ALKALMAZÁSA A MODELLBEN

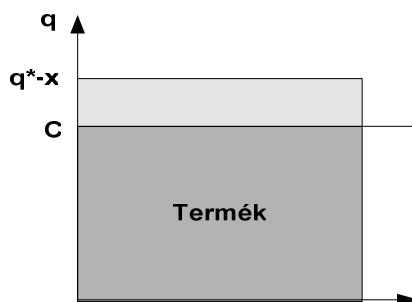
Az irodalomban található készletgazdálkodási modellek többségének feltételrendszerében általában szerepel a szabad termelői kapacitások megléte. Ezek a modellek nem képesek a valóság hű reprezentálására, hiszen egy olyan vállalat esetében, ahol több száz termék megadott határidőre kerül legyártásra, nagy odafigyelést igényel a rendelkezésre álló kapacitások megfelelő mértékű megválasztása az egyes termékek számára. Mivel a gyártó több kapacitást nem tud felhasználni, mint ami a rendelkezésre áll, ezért ezekben az esetekben valamilyen további optimalizáció is szükséges a költségek alacsony tartását nem figyelmen kívül hagyva.

A továbbiakban a [7] publikációban ismertetett modellt több termék esetén vizsgáljuk. Feltételrendszerét a kapacitáskorlát feltételével bővítjük ki, és mutatjuk be alkalmazási lehetőségeiket.

2.1 AZ EGY HETES ÚJSÁGÁRUS MODELL

A setup költséggel bővített újságárus modellt[5] alkalmazva a korábbi publikációban beláttuk, hogy a felírt költségfüggvény egy periódus esetén egy termék optimális mennyiségének meghatározására alkalmas. Az optimális megoldás a kritikus raktárkészlet kiegészítésével vált optimális politikává. Beláttuk, hogy a büntető költség növelésével a hiány mértéke tetszőleges kicsinyre csökkenthető. A büntető költség növelése a legyártandó termék mennyiségének növelésével (magasabb biztonsági készlet) védekezik a hiány ellen. A bizonytalansággal szembeni védekezés azonban többlet kapacitással jár, ami kapacitáskorlát feltétel esetén nem mindig vihető véghez. A kapacitáskorlát feltételnek a feltételrendszerbe való beépülésével az egy hetes, egy termékes modell optimális megoldása a korlátfeltételnek megfelelően változni fog.

Jelölje C a termelői kapacitások korlátértékét ($C = 0, 1, 2, \dots, \infty$). Jelölje q^* a $K(q)$ költségfüggvény optimális megoldását, ami azt jelenti, hogy mennyi termék legyen a raktáron az igény beérkezésekor. Ekkor a gyártandó mennyiség minden esetben kifejezhető a következő összefüggéssel: $\min(C, (q^* - x))$.



1.ábra. Kapacitáskorlát alkalmazása egy termék esetén

Több termékes modell esetében a megoldás azonban nem ilyen triviális, ha a termékek ugyanazon közös kapacitásokon osztoznak. Természetesen első lépésben minden termék optimális mennyiségének kiszámítása történik. Azonban ha a gyártani kívánt termékek összege nagyobb, mint C , akkor az optimum(ok) módosítására van szükség. A termékeknek egymástól eltérő tárolási, gyártási és büntető költségei lehetnek, ezért a probléma még bonyolultabb. A megoldásban ekkor a termékek költségének az összegének minimalizálása a cél. Tehát:

$$\left[\sum_{i=1}^n K^i(q^i) = \sum_{i=1}^n c_f^i + c_v^i(q^i - x^i) + p^i E[\max(D^i - q^i, 0)] + h^i E[\max(q^i - D^i, 0)] \right] \longrightarrow \min,$$

ahol $i=1,2,\dots,n$ a termék sorszámát jelenti. Jelölje $u^i > 0$, $\sum_{i=1}^n u^i = 1$ az i . termék kapacitásigényét. A szélsőérték számítást ekkor a következő feltétel figyelembevételével kell elvégezni:

$$\sum_{i=1}^n u^i \cdot (q^i - x^i) \leq C,$$

ahol q^i jelenti az i . termék optimális mennyiségét, x^i pedig a kezdő raktárkészletét. A megoldási eljárás Handley és Whitin módszerének megfelelően a következőképpen összegezhető: Jelöljük most α^i -vel az i . termék optimális kiszolgálási szintjét: $\alpha^i = \frac{p^i - c_v^i}{p^i + h^i}$. Legyen $\beta^i = \frac{u^i}{p^i + h^i}$. Ekkor

1. Minden i termékre meghatározzuk a kapacitás korlát nélküli optimális gyártási mennyiséget, q^i -ot. Ha $\sum_{i=1}^n u^i \cdot (q^i - x^i) \leq C$, akkor stop. A megoldás optimális.
2. Válasszunk kezdő értéket $\lambda > 0$ -nak.
3. Határozzuk meg azon q^i értékeket $i=1,2,\dots,n$ esetén, amelyek kielégítik a következő egyenletet:

$$F^i(q^i) = \alpha^i - \lambda \beta^i \text{ és } q^i > 0.$$

4. Ha (a) $\sum_{i=1}^n u^i \cdot (q^i - x^i) = C$, akkor stop. A q^i megoldások optimálisak.
- (b) $\sum_{i=1}^n u^i \cdot (q^i - x^i) < C$, akkor ugrás a 3 -as lépésre egy kisebb λ értéket alkalmazva.
- (c) $\sum_{i=1}^n u^i \cdot (q^i - x^i) > C$, akkor ugrás a 3 -as lépésre egy nagyobb λ értéket alkalmazva.

Az iteráció végén megkapjuk a kapacitáskorlát feltételét kielégítő mennyiségeket. A módszer bár megadja a jó megoldást, de az iterációs lépések nagy száma végett a gyakorlatban rendkívül számításigényes.

2.2 KAPACITÁSKORLÁT ALKALMAZÁSA N PERIÓDUS ÉS N DARAB TERMÉK ESETÉN

A továbbiakban [7] publikációban bemutatott, tetszőleges periódus lefedésére alkalmas modellt vizsgáljuk kapacitáskorlát és több termék esetén. A kiindulási koncepció a következő:

A vállalat stratégiai céljainak és a termékekre vonatkozó szerződéses feltételek alapján meghatározásra kerül, hogy mely termékből mikorra milyen kiszolgálási szintet kell nyújtani a piac, vagy a partnerek számára. Ezen felül megengedett hiány mennyisége is tisztázásra kerül. A heurisztikus, valamint az analitikus eljárás segítségével az egyes periódusok várható igényeinek megfelelően az optimális setup darabszám, és az optimális raktározási mennyiség meghatározható. A kapacitáskorlát alkalmazása esetén a megoldás ekkor az, hogy ha az optimális gyártandó mennyiség nagyobb, mint a korlát által megengedhető, akkor az együtt gyártandó hetek számát kell csökkenteni annyival, hogy a kapacitáskorlátnak megfelelően a gyártandó mennyiség. Az együtt gyártott periódusok csökkentésével a csökkentett periódusszámnak megfelelő előre megadott kiszolgálási (és így a hiány nagysága) szint mindig biztosítható. Csupán a gyártási mennyiségek, a nem gyártási periódusnak megfelelő mennyiséggel való csökkentése (klasszikus megoldás) azért rossz megoldás, mert így a „csonka” periódus (pl: 2,5 periódusnyi mennyiség gyártása) az igénynek nem megfelelő mennyiséget jelent. Ezt a mennyiséget tárolni kell addig, amíg a hiányzó mennyiség gyártásra nem kerül. A megadott kiszolgálási szint csak így biztosítható. Tehát:

Legyen az optimális együttgyártott hétszám: $\hat{K}_{min} = i$. Ha a hozzá tartozó $q_i^* - x > C$, akkor i értékét, az együtt gyártott ciklusok számát kell csökkenteni addig, amíg találunk egy olyan j setup darabszámot, amelyre $q_j^* - x < C$, $0 < j < i$ fennáll. Amennyiben $i=1$ esetről beszélünk, azaz minden periódusban történik gyártás, úgy a megoldás $\min(q_i^* - x, C)$ lesz. x jelenti a gyártás előtti kezdő raktárkészletet.

Abban az esetben, ha megengedett hiány mértékére nincs szerződéses feltétel, csak akkor éri meg csonka periódus is gyártani, ha a beszállító elviseli a csonka mennyiségből fakadó hiány kockázatát, és később nem gyártja le a csonka periódusnyi hiányzó mennyiséget.

Több termék esetén a probléma már kimondottan bonyolult, mert a termékek gyártási mennyiségei együttesen határozzák meg a költségeket. Jelölje most i_j az egyes termékek kapacitáskorlát nélküli optimális együtt gyártott ciklusainak számát. i_j értéke természetesen az időhorizonton belül tetszőleges: lehet akár 1 hét, és akár n hét is. Tehát $0 < i_j \leq n_j$, ahol j jelenti a termék sorszámát, és n_j ekkor a j . termék vizsgált időhorizontjának hossza, valamint $0 < j \leq m$, ahol m pedig a termékek darabszáma. A cél tehát ismét a költségek összegének minimalizálása:

$$\sum_{j=1}^m K_{i_j}^j(q_{i_j}^j) \longrightarrow \min.$$

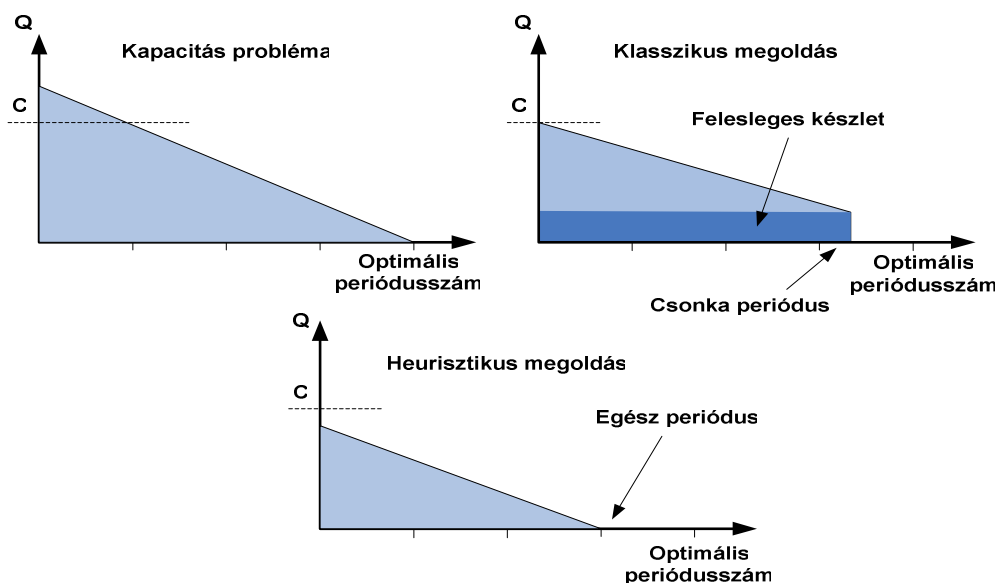
Figyelembe véve a kapacitáskorlátra vonatkozó feltételt:

$$\sum_{j=1}^m u^j \cdot (q_{i_j}^j - x^j) \leq C.$$

A probléma megoldásához meg kell tudni határozni, hogy mely termékek optimális setup darabszámát(i_j) kell csökkenteni ahhoz, hogy a termelés a kapacitáskorlátnak megfelelő mennyiségekkel történjen minimális költségekkel. A megoldáshoz néhány fontos megállapításra van szükség. Mivel az egyes termékek költségfüggvényei minden paraméterben különbözhetnek, ezért nehéz szabályszerűséget találni abban, hogy mely termékek setup darabszáma legyen csökkentve. Az összes esetet kipróbáló brute-force algoritmussal természetesen meghatározható a legjobb esetet, azonban ez rendkívül időigényes. A továbbiakban egy olyan algoritmikus módszert mutatunk be, amely segítségével egyértelműen és gyors megoldás kapható. Vizsgáljuk meg legelőször is a költségfüggvényt alkotó költségeket.

A gyártási költség termékenként változhat, azonban ez nem befolyásolja azt, hogy mely termékek optimális setup darabszáma legyen csökkentve. Ennek oka, hogy az időhorizont alatt az igényeknek megfelelő szükségesen gyártandó termékek száma a több setup darabszámmal nem változik. Ez a megállapítás mind a tárolási, mind pedig a büntető költségre is érvényes, mivel az igények kielégítése sehol sem sérül. Rögtön belátható, hogy a setup költség az egyedüli, ami a setup darabszámának változásával a költségeket befolyásolja hosszú távon. Ha valamely termék optimális setup darabszámától eltérünk, akkor ez azt jelenti, hogy a termék újabb gyártását a csökkentett ciklusok számának megfelelően hamarabb kell majd újra elkezdeni. És mivel a kapacitáskorlát feltétele él, a későbbiekben sem lehet akármennyi periódust az adott termékből legyártani.

Joggal feltehető az a kérdés is, hogy miért az együtt gyártott ciklusok számát kell csökkenteni hogy a gyártás eleget tegyen a kapacitáskorlát feltételének, miért nem csak a gyártott mennyiséget? A válasz következetes: Ha csupán a gyártási mennyiségeket csökkentjük (ami természetesen egy bizonyos mennyiség után már szintén eléri azt, hogy egy, vagy több periódusnyival kevesebbet gyártunk), akkor a „csonka” periódus mennyiségét az igény beérkezéig tárolni kell, ami pedig plusz költséggel (pl.: felesleges forgótőke lekötés) jár. És ahhoz, hogy az igények a szerződésben rögzítettnek megfelelően teljesüljenek, a hiányzó mennyiséget később úgylis le kell gyártani. A gondolatmenetet a következő ábra szemlélteti:



2.ábra. Kapacitáskorlát feltétel teljesülése a klasszikus megoldás és
a heurisztikus megoldás esetén

A setup költség alapján való döntés szükséges, de nem elegendő. Egy olyan algoritmusos megoldás, amely csak ezen költség alapján dönt abban az esetben lenne alkalmazható, ha gyártott mennyiség és a setup költség között valamilyen kapcsolat lenne. Mivel nem mindegy, hogy egy adott c_f fix költséggel 100 darab termék kerül legyártásra, vagy pedig 1000, bevezetjük a fajlagos setup költség

fogalmát a következőképpen: $\hat{K}_{c_f} = \frac{c_f^j}{q_i^j}$, ahol c_f^j a j. termék setup költsége, és q_i^j

pedig a j. termék optimális gyártási mennyisége i darab hetet együtt gyártva.

A kiindulási koncepció, és az algoritmus logikai lépései a következő: A heurisztikus módszerrel kapott optimális mennyiséggel számolt fajlagos setup költségek összege minimális. Ez az [7] publikációban leírtaknak egyértelmű következménye. Belátható, hogy az együttgyártási hétszám csökkentésével ez az érték biztosan növekedni fog. A cél így a csökkentéssel járó fajlagos setup érték növekedések összegének minimalizálása. Ez azt jelenti, hogy azon termékek optimális együttgyártási heteinek a számát kell csökkenteni, ahol a csökkentéssel járó fajlagos setup költség növekedés a legkisebb. Ha a csökkentések összege eléri egy másik termék egy fajlagos setup csökkentését, akkor az összeg helyettesíthető ezen termék csökkentésével.

2.2.1 ALGORTMIKUS MEGOLDÁS

Az irodalomban tárgyalt modellekben az n termékes gyártás kapacitáskorlátos megoldását a legtöbb esetben valamilyen algoritmusos megközelítéssel tárgyalják. Előszeretettel alkalmazzák a genetikus algoritmust, lineáris programozást, korlátozás programozást és további hasonló megoldó eljárásokat. Vannak olyan megoldások is, amelyek bizonyos heurisztikát alkalmazva zárt alakban próbálják megadni az eredményt, de ezek a valós problémának mindig csak valamilyen egyszerűsített változatát kezelik.

A következőkben a kiterjesztett újságárus probléma javasolt algoritmusos megoldását mutatjuk be. A kiterjesztés segítségével a kapacitáskorlát feltétel megoldása egyszerűbbé válik. Az algoritmus lépései:

1. Számoljuk ki minden termék esetén a fajlagos setup költség változás értékét, amennyiben egy héttel csökkentenénk az együtt gyártott hetek számát.
2. Válasszuk ki a legkisebb értékű elemet. Ha nem az első iterációnál tartunk akkor: Megnézzük, hogy az egyes termékeknek az iteráció során nyert minimális fajlagos setup csökkentés változások összege nem-e nagyobb, mint valamely terméknek az iterációban minimális értéként nem kiválasztott értékénél. Ha nagyobb, akkor csökkentjük ezen termék együttgyártási hétszámát egyel, és a többi termékénél pedig töröljük a csökkentéseket.
3. Ha a csökkentés révén a gyártani kívánt termékek összege így már megfelel a kapacitás korlátnak, akkor megvan a megoldás.

4. Ha nincs megoldás, akkor folytatjuk az első pontnál az algoritmust.

Az algoritmus alkalmazása során egy olyan eredmény áll elő, amely megfelel a kapacitáskorlát feltételének és a költségek szempontjából hosszú távon optimális megoldást nyújt.

3. ÖSSZEGZÉS

A készletgazdálkodási modellek kiemelkedő szerepet töltenek be a beszállítói cégek hatékony készletgazdálkodásainak biztosításában. Jelen cikkben egy korábban kidolgozott úgynevezett módosított újságáros modell[5][6] kapacitáskorláttal való kiterjesztését végeztük el. A bővített modell lehetővé teszi tetszőleges számú termék tetszőleges időhorizonra való kapacitáskorláttal kiegészített költség-optimalis készletgazdálkodási politika meghatározását. Az új modell egyedi megközelítésének köszönhetően a gyakorlatban is megvalósításra alkalmas megoldást tesz lehetővé az irodalomban található modellekhez képest.

A jelen és a [7] publikációban vázolt készletgazdálkodási módszerek és megoldások gyakorlati implementációja a <http://alpha.iit.uni-miskolc.hu/ICWeb/> weboldalon szabadon kipróbálható, tesztelhető.

4. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Brahimi, N., Dauzere-Peres, S., Najid, N. M., Nordli, A: **Single Item Lot Sizing Problems**. European Journal of Operational Research, 168, 2006. pp. 1-16.
- [2] Bramel, Julien, Simchi-Levi, David: **The Logic of Logistics: Theory, Algorithms, and Applications for Logistics Management**, Springer PLACE of publication, 1997.
- [3] Cachon, Gérard P.: **Supply Chain Coordination with Contracts**, In de Kok, A. G., Graves, S. C. (eds): Supply Chain Management: Design, Coordination and Cooperation. Handbooks in Op. Res. and Man. Sci., 11, Elsevier, 2003. pp. 229-339.
- [4] Lee, C. C., Chu, W. H. J: **Who Should Control Inventory in a Supply Chain?**, European Journal of Operational Research, 164, 2005. pp. 158-172.
- [5] Mileff, Péter, Nehéz, Károly: **A new inventory control method for supply chain management**, UMTIK-2006, 12th International Conference on Machine Design and Production, Istanbul – Turkey, 2006. pp. 393-409.
- [6] Péter, Mileff, Károly, Nehéz, **A NEW HEURISTIC METHOD FOR INVENTORY CONTROL OF CUSTOMIZED MASS PRODUCTION**, MITIP-2006, 8th International Conference on The Modern Information Technology in the Innovation Processes of the Industrial Enterprises, Budapest, Hungary, 2006. pp 353-358.
- [7] Péter, Mileff, Károly, Nehéz, **An Extended Newsvendor Model for Customized Mass Production**, AOM - Advanced modelling and Optimization. Electronic International Journal, Volume 8, Number 2, 2006. pp 169-186.