EME

XI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2006. március 24-25.

BESZÁLLÍTÓI LÁNCOK ELEMZÉSE ANALITIKUS, JÁTÉKELMÉLETI ÉS KORLÁTOZÁS PROGRAMOZÁS MÓDSZERÉVEL

Mileff Péter, Nehéz Károly

Abstract. In recent years numerous new models have been developed to investigating supply chains. The inventory control is a critical problem of the management of supplier companies. In this paper, based on the demand of a major Hungarian mass production company we investigate the three possible base models of the classical one-customer and one-supplier problem. Our basic aim is to give an overall notion of inventory controll models, and we present the advantage, drawback and possibility of realization of each method.

Összefoglalás. Az ellátási láncok (supply chain) vizsgálatához az utóbbi években számos új modellt dolgoztak ki világszerte. A készletgazdálkodás (inventory control) a beszállító cégek menedzsmentjének egyik kritikus problémája. Jelen cikkben egy jelentős magyarországi tömeggyártással foglalkozó cég igényei alapján megvizsgáltuk a klasszikus egy vevő és egy beszállító probléma három lehetséges alapmodelljét. Célunk egy átfogó kép nyújtása a készletgazdálkodási modellekről, valamint bemutatjuk az egyes módszerek előnyeit, hátrányait, és megvalósítási lehetőségeit.

1. Bevezetés

1990 óta a tömeggyártás területén működő cégek üzleti környezete jelentősen megváltozott. A termékeik iránti igény intenzitása továbbra is magas szinten maradt, de a piacon új követelmények egész sora jelent meg. A termékek életciklusa rövidebb lett, jelentősen megnőtt a vevők igénye az új formákra, speciális csomagolásokra, még jobb termék tulajdonságokra. Ezek a cégek termékeiket általában nagy részben komponensekből szerelik össze és csomagolják készre. A komponenseket és a csomagoló anyagokat beszállító láncok szállítják. A tömeggyártás teljes termelő- értékesítő lánca meglehetősen hosszú. A lánc végén az egyes beszállítók állnak, akik mint alapanyag gyártó üzemek nyersanyagot szolgáltatnak a piaci megrendelések kielégítésére. Közös céljuk, a beérkező igények meghatározott időhorizonton belüli maradéktalan kielégítése. A beszállítói láncon terjedő igényekre vonatkozó információk azonban bizonytalanságokkal terheltek, melyekből fakadóan a vásárlói igények nem, vagy csak részleges kielégítése back – order költséggel jár.

A hiánnyal szemben való védekezés legősibb fajtája a megfelelő szintű biztonsági készletek [2] tartása. Ez a megoldás azonban sok esetben nem hoz kielégítő eredményt, így a történelem során kialakultak az úgynevezett inventory controll modellek, és az azokat alkalmazó inventory controll rendszerek. Ezekből a rendszerekből fejlődtek ki később az MRP I, MRP II, ERP, és a Supply Chain Management rendszerek. Jelen cikkben a készletezési politikák három olyan alapvető csoportját mutatjuk be, melyek a mai SCM rendszerek inventory controll modulljainak szerves részét alkotják.

2. A beszállítói probléma analitikus megközelítése

A készletgazdálkodási problémák egyik klasszikus, de napjainkban is hatékonyan alkalmazható megközelítési módszere az analitikus IC modell. Részletes irodalmi tanulmányozás alapján mondhatjuk, hogy már a ’60 –as évektől napjainkig születnek analitikus modellek [2]. A modellek sokfélesége egyértelműen tükrözi a probléma bonyolultságát. A készletgazdálkodási modellek közös célja a beérkező igények maradéktalan kielégítése, valamint a költségek minimális szinten tartása. Jelen cikkben egy nem determinisztikus egy termékes, eseményorientált modellt [1] vizsgálunk, melynek a költségfüggvénye a következőképpen írható fel:

$$K_{sz}(q) = c_f + c_v(q-x) + pE\left[max\left(D-q,0\right)\right] + hE\left[max\left(q-D,0\right)\right], \qquad (1)$$

ahol c_f a gyártási sorozat induló költségét (pl:*setup*), c_v pedig a termékenkénti változó költség. x jelöli a kezdeti raktárkészletet, q pedig a gyártandó mennyiséget. A keletkező back-order költséget az egyenlet középső tagja, a termékek raktározásának költségét pedig az utolsó tag fejezi ki, ahol D a beérkező igények változója. A hosszú távú költség optimális politika eléréséhez optimális gyártási sorozatok indítása indokolt. Az analitikus modellek esetében az optimális q gyártási mennyiségnek a meghatározása, az adott költségfüggvény q szerinti szélsőértékszámítási feladataként értelmezett [2]. Modellünkben a számításokat elvégezve kapjuk a következő összefüggést:

$$F(q^*) = \frac{p-c_v}{p+h}, \text{ ahol } F(D) \text{ az igény eloszlásfüggvénye.} \qquad (2)$$

A q^* értéke kifejezi, hogy mennyi késztermék legyen a raktáron az igény megjelenésekor. Ha éppen nem áll rendelkezésre az igényt kielégítő mennyiség, akkor nem feltétlenül kell gyártani, mivel a gyártásindítás egy olyan fix költséggel jár, ami a kis mennyiség gyártását költségessé teszi. Ezt a problémát a kritikus raktárkészlet [1] bevezetésével kompenzáltuk, amely készletek esetén a gyártás és a nem gyártás költségei megegyeznek. A kritikus raktárkészlet alkalmazását a vevő és a beszállító közötti kapcsolat kollaborativitása határozza meg. Az analitikus modellek erős korlátokkal rendelkeznek. A korlátok feloldása, enyhítése nehezen elvégezhető, bonyolult matematikai szakértelmet kívánó feladat. A modellt későbbi tanulmányaink során kibővítettük az n darab gyártási ciklus együttes gyártásának lehetőségével, valamint az igényekre való előrejelzési információk (*forecast*) alkalmazásával.

3. A beszállítói probléma játékelméleti megközelítése

A készletgazdálkodási modellek másik jellegzetes csoportját a játékelméleti megoldások alkotják, melyek csak az utóbbi években váltak az ellátási láncok problémavizsgálatának eszközeivé. A játékelmélet segítségével a probléma egy n személyes játékként realizálható [3], ahol minden játékos gyártási mennyiségekre vonatkozó stratégiákkal játszik. Jelen esetben korlátozzuk a feladatot kétszemélyes, nem kooperatív játékok kategóriájára, ahol a két fél szerepét a beszállító és a vevő alkotja. A játékot a beszállító oldaláról vizsgáljuk, mely során célunk annak az optimális stratégiának a megtalálása, melyben a beszállító a legkisebb veszteséget szenved. A játékelmélet szemléletű készletgazdálkodási modellek egyik jellegzetes közös tulajdonsága a NASH – féle egyensúlyi pont [4] tételre való épülés, amely segítségével egyértelműen meghatározható a játék egyensúlyi pontja. Természetesen az egyensúlyi pont(ok) nem feltétlenül jelenti(k) azt, hogy a döntéshozó a legjobban jár [3]. Jelen cikkben a fent vázolt analitikus problémát oldjuk meg a játékelmélet felhasználásával. Felhasználjuk a (1) költségfüggvényt (az igények várható értékét kivéve), és mivel a játék nem zéróösszegű, bevezetjük a vásárlói költségfüggvényt is a következőképpen:

$$K_r(q,D) = c_s + c_r\left[\min(D,q)\right]. \tag{3}$$

A költségfüggvényben c_s valamilyen fix költséget (pl: szállítás, stb.) jelöl, c_r pedig a termék darabonkénti vételi ára. $\min(D,q)$ jelöli azt a mennyiséget, amit a vásárló az üzlet lebonyolítása után birtokolni fog. A játékelméleti *megoldások* további közös tulajdonsága a sok esetben számokkal nem mérhető kifizető függvények alkalmazása. Esetünkben maguk a költségfüggvények töltik be ezt a szerepet. Az n személyes játékok visszavezethetők zéróösszegű játékokra [4]. Jelen esetben a beszállítói oldalra vonatkozó hasznossági függvényt hozunk létre a következőképpen: $H(s,D) = K_{sz} - K_r$, $H : S \to R$. Mivel az egyes felek stratégiahalmazai végesek (véges darab termék gyártható és rendelhető), ezért a hasznossági függvény segítségével a játék felírható egy polimátrixszal [3]. A modell további tanulmányozása a domináns stratégiák hiányának tényét eredményezi. Ez a hiány a megoldásokban a kevert stratégiák alkalmazását követeli meg, mely során több megoldás születik. A megoldások stratégiákat jelentő valószínűségi értékek formájában jelennek meg. Az eredmények ellenőrzésére elvégzett szimulációk az analitikushoz hasonlóan jó megoldást kínáltak, melyek körülbelül 1 % -os eltérést mutattak valamelyik módszer javára.

4. A beszállítói probléma megközelítése korlátozás programozás módszerével

A beszállítói lánc elemzésének egyik legkorszerűbb, és leghatékonyabb módszereihez tartozik a korlátozás programozás módszere. A *constratint programming* általános szemlélete az algoritmikus megközelítéshez áll közel. Az eljárás az optimumot az előre definiált feltételrendszer alapján keresi, amely során lehetőség nyílik különböző korlátozó tényezők, feltételek figyelembevételére is [2]. A módszert alkalmazva ismét a klasszikus egy vevő-egy beszállító problémát oldjuk meg, amelyhez felhasználjuk az analitikus megoldás költségfüggvényét. A módszer segítségével lehetőség nyílik az *n* hetes együttes gyártás problémájának vizsgálatára is, amely az egyes hetekre vetített átlagos költségek minimalizálását jelenti. Az n hetes célfüggvény ezek alapján a következőképpen írható fel:

$$\sum_1^n \Pr_i + \sum_1^n H_i + \sum_1^n P_i = \sum_1^n \left(\Pr_i + H_i + P_i\right) \longrightarrow \min \tag{4}$$

Ahol $\Pr_i = C_f\left(\frac{1+\operatorname{sgn}(q_i - x_i - 1)}{2}\right) + C_v(q_i - x_i)$ jelöli az egyes hetekre vetített gyártás költségét. $H_i = hE(\max(q_i - D_i, 0))$ jelöli a legyártott termékek tárolási költségeit hetenként. Továbbá a back-order költség pedig $P_i = hE(\max(D_i - q_i, 0))$. A modell algoritmizálásához fontos első feltétel az i+1. raktárszint meghatározása, amely mindig az i. heti igény várható értékének segítségével számolható: $II_{i+1} = q_i - E(D_i)$. A következő feltétel a raktáron lévő mennyiségekre vonatkozik. Csak azokat az eseteket vizsgáljuk, amikor az aktuális raktárszint kisebb, mint a meghatározandó. Fordított eset nem lehetséges. Tehát: $q_i > x_i$. Constraint programming alkalmazása esetén a modellek könnyen bővíthetőek. Minden kiegészítés egy újabb feltétel definiálását jelenti. Jelen esetben kapacitáskorlát beépítése a modellbe a $q_i - x_i \leq K$ feltétel definiálásával történhet. A korlátozás programozás módszerek alkalmazási rugalmasságával szemben hátrányként megjelenik a nagyobb feladatok megoldásának kombinatorikus robbanása (NP hard). Ekkor elengedhetetlen valamilyen globális optimum kereső eljárás alkalmazása. Modellünk NP hard típusú feladatnak felel meg, amely optimumának megtalálásához genetikus algoritmust alkalmaztunk. Az algoritmus megfelelő időn belül képes az optimum, vagy esetekben a kvázi optimum megtalálására.

5. Összegzés

Jelen cikkben a beszállítói láncok készletgazdálkodási problémáját vizsgáltuk. A probléma megközelítési módszereit három alapvető csoportra, az analitikus, játékelméleti, és a korlátozás programozásra bontottuk. Felhasználva az [1] publikáció eredményeit összefoglalóan tárgyaltuk az egyes modellek megoldásához tartozó fontosabb lépéseket, észrevételeket.

6. Köszönetnyilvánítás

A cikkben összefoglalt kutatási és fejlesztési munkát a Magyar Tudományos Akadémia Termelés Informatikai Kutatóhelye (alapítva a Miskolci Egyetem Alkalmazott Informatikai Tanszékén, Grant No. MTA – TKI 06108) támogatta. Az ismertetett eredmények a „VITAL” nevű projekthez (Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal, Grant No.: 2/010/2004) kapcsoló kutatási munkák során születtek.

7. Irodalomjegyzék

[1] Mileff Péter, Nehéz Károly, **Collaborative Inventory control policies in supply chains**, Production Systems and Information Engineering, University of Miskolc, 2006.
[2] Taylor, A. David: **Supply Chains A Managers Guide**, Addison Wesley, 2003, pp. 89-223.
[3] Mileff Péter, Nehéz Károly, **Applying Game Theory in Inventory Control Problems**, MicroCAD, 2006.
[4] Forgó Ferenc, Pintér Miklós, Simonovits András, Solymosi Tamás, **Játékelmélet**. OTKA T046194 pályázat, 2005, pp. 12 – 146.

Mileff Péter, Ph.D hallgató. Miskolci Egyetem Alkalmazott Informatikai Tanszék, H-3515 Miskolc, Miskolc – Egyetemváros. +36 (46) 565 111 / 1952 Email: mileff@ait.iit.uni-miskolc.hu