1. XI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2006. március 24-25.

BESZÁLLÍTÓI RENDSZER OPTIMALIZÁLÁSA KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A BESZÁLLÍTÓK KAPACITÁSKORLÁTAIRA

Nagyné Gyüker Mónika, Bányainé Tóth Ágota, Cselényi József

1. Abstract

The aim of paper, that we summarize the published results till now and present the operating of purchasing-assembling logistic system operating in networks, the simplified object function and its components (we determine the optimal choice of the suppliers and the optimisation of the yearly transport number by this). Among our aims is, that we analyse the change of costs in case of single components in respect of analysed four components (we deal with more users and more suppliers in this case). In the determinant parts of paper we present the analysis of capacity limits of suppliers and effects of these to our costs.

2. Bevezetés

Az összeszerelő hálózatok működésében a beszerzési logisztikai rendszer optimalizálása igen jelentős feladat, amely során különböző célfüggvényeket és feltételeket kell, illetve lehet figyelembe venni. [1] Eddigi kutatómunkánk során olyan optimalizálásokat dolgoztunk ki, amelynél egy költségfüggvényt választottunk, mindezeket előző dolgozatokban részleteiben elemeztük. Az eddigi vizsgálat egy sok paraméteres optimalizálási feladat úgynevezett redukált teljes leszámítolást igényel, a korlátozott teljes leszámítolás módszere mint alternatíva, de hosszadalmasabb eljárás mellett. Az előbbi módszer több lépésben, lépések után visszacsatolásos (feedback) eljárást indokol. E dolgozatban először nagyvonalakban bemutatjuk a hálózatszerűen működő logisztikai rendszerünk elemeit, felépítését, majd röviden felvázoljuk a két módszer elvét. Megadjuk a beszállítók kapacitáskorlátainak figyelembevételére szolgáló algoritmust, majd ezt alkalmazzuk a két módszer eredményeire. A dolgozat befejező részében összehasonlítást végzünk az eredményül kapott költségek vonatkozásában alkatrészenként, termelőüzemenként. [2]

1. ábra: Hálózatszerűen működő beszállítói–összeszerelői logisztikai rendszer

A rendszer a következő egységekből épül fel: termelő vállalatok (P_p), amelyen belül alkatrész raktárakat (AR_p), szerelőüzemeket ($SZÜ_p$), készáruraktárakat (KR_p) (innen történik a késztermékek kiszállítása a felhasználókhoz (F_δ)) tüntetünk fel. Az alkatrészeink beszállítása a fent említett alkatrészraktárakba történhet: a kiemelt beszállítók csoportjától (B_i) közvetett módon, azaz elosztóraktárakon (ER_j) keresztül, illetve közvetlen beszállítással az elosztóraktár elkerülése esetén. A kiemelt beszállítók szállítják az úgynevezett márkajellegű alkatrészeket, azokat a fontos elemeit a készterméknek, amelyek garantálják a felhasználók számára a márkanévhez kapcsolódó minőséget. A szerelőüzemek telephelyeihez megfelelő közelségben elhelyezkedő beszállítók a helyi beszállítók csoportját (H_j) alkotják, ahonnan csak közvetlen beszállítás valósítható meg a termelőüzemeink felé.

3. Költségfüggvény

E dolgozatban röviden bemutatnánk az optimalizálásunkhoz eddig használt költségfüggvényt. Ezt felhasználva az eddigi vizsgálataink során a későbbiekben röviden leírt módszerek segítségével meghatároztuk az évi optimális beszállítási számot, illetve megválasztottuk az optimális beszállítót.

$$K_{gpi}^B = K_{gpi}^{BV} + K_{gpi}^{BS} + K_{gp}^{AR} \rightarrow \min. \quad (1)$$

A K_{gpi}^B az évi összköltsége a g-edik alkatrésznek a p-edik termelőüzem vonatkozásában az i-edik beszállítótól szállítva, amely az alábbi költségkomponensekből tevődik össze: K_{gpi}^{BV} az évi összvásárlási költség, K_{gpi}^{BS} az évi összszállítási költség, K_{gp}^{AR} az évi összraktározási költség a termelőüzem alkatrészraktárában.

4. Optimalizálási módszerek

A kitűzött optimalizálási feladatnál két módszert alkalmaztunk és hasonlítottunk össze a korábbi dolgozatokban bemutatott költségfüggvényt felhasználva, majd ennek a két módszernek az eredményeire vizsgáltuk a beszállítók kapacitáskorlátozásait. [3, 4]

3.1. Korlátozott teljes leszámítolás (I.)

A felvett alapadatok alapján több alkatrész ($g=4$), több beszállító ($i=7$) és több termelőüzem ($p=3$) vonatkozásában különböző beszállítási számokra kiszámoltuk az optimális költséget, illetve ezzel megkaptuk az ehhez tartozó optimális beszállítót is. Vizsgálatainkat a feladat nagy mérete miatt csak $n_{gpi} = 1, 2, 3, 12, 48$ évi beszállításra végeztük el. A leírt teljes leszámítolás természetesen nem adja meg az optimumot, csak a felvett évi beszállítások száma közül választja ki a legkedvezőbb változatot, ezért korlátozott a teljes leszámítolás.. Természetesen ha növeljük az évi beszállítások számának változatait, akkor egyre nagyobb a valószínűsége, hogy az optimumhoz jutunk.

3.2. Redukált teljes leszámítolás(II.)

Korábbi publikációkban bemutattuk a redukált teljes leszámítolásunk elvét. Ennek az algoritmusnak a termékenkénti beszállítások optimalizálására vonatkozó részét végeztük el a korábbi dolgozatokban megadott alapadatok alapján. Az algoritmus lényegi része abban nyilvánul meg, hogy a megadott fajlagos költségfüggvényeinken megnézzük, hol vannak töréspontok: a vásárlási költség töréspontjait levetítjük a szállítási költség függvényére, majd az így kapott töréspontokban lépésről lépésre kiszámoljuk a költségeinket, majd az összköltséget. Mindezt addig tesszük, amíg az összköltségünk csökken. Az így kapott optimális esetben kiadódik, hogy melyik alkatrészt melyik beszállítóval évente hányszor kell szállíttatnunk. A módszert azért neveztük redukált leszámítolásnak, mert feltártuk az összes optimum helyet és ezekre mind kiszámoltuk a költségfüggvény értékét. Ugyanakkor ez a megoldás lényegesen kevesebb számítási lépést jelent, mint a korlátozott teljes leszámítolás.

3.3. Beszállítók kapacitáskorlátainak figyelembevétele (III.)

Az 1. táblázat az 1. alkatrész esetén szemlélteti az egyes beszállítók kapacitáskorlátaikat, valamint az évi rendelési mennyiségeket is. (Hasonló táblázatok készültek a többi alkatrésze.) A táblázatban 1

jelöli, ha adott beszállító **rendelkezik** olyan kapacitással, hogy az adott termelőüzem rendelési mennyiségét biztosítani tudja; 0 jelöli, ha adott beszállító **nem rendelkezik** olyan kapacitással, hogy adott termelőüzem rendelési mennyiségét biztosítani tudja.

1. alkatrész	beszállítók							Évi rendelési mennyiség
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	
1. termelőüzem	1	1	0	0	1	1	0	120
2. termelőüzem	1	1	1	0	1	0	0	100
3. termelőüzem	0	1	0	0	1	1	0	150
Beszállítók kapacitásai	130	350	100	80	250	120	50	

1. táblázat Beszállítók kapacitásainak vizsgálata az egyes termelőüzemek vonatkozásában az 1. alkatrész esetén

Beszállítók kapacitáskorlátainak figyelembevételére szolgáló algoritmus

Feltételek:

- i (beszállítók száma) $>$ p (termelőüzemek száma),
- egy felhasználónak csak egy beszállító szállíthatja az adott alkatrészből rendelt mennyiséget,
- mindig van legalább egy olyan beszállító, amely az egyes termelőüzemek adott alkatrésze vonatkozó összes rendelési mennyiségét szolgáltatni tudja,
- mindig a nagyobb rendelési mennyiséget igénylő termelőüzemnek van prioritása más beszállítóhoz való áthelyezésnél.

2. ábra: Beszállítások optimalizálására szolgáló algoritmus kapacitáskorlátozások figyelembevétele esetén

Megjegyzés: A (p-1) számú termelőüzem kombinációinak képzése alatt, azt értjük, hogy mindig elhagyunk egy termelőüzemet a vizsgálataink során, de mindig egy különbözőt és ezáltal tudjuk megállapítani, hogy a maradék termelőüzemek igényeit mely beszállító és milyen mértékben tudja kielégíteni. A kapacitáskorlátozásokat figyelembe vevő algoritmusrész lényegében teljes leszámítolást jelent, mert minden lehetséges kombinációt megvizsgál és ez alapján választja ki a célfüggvény szerinti legjobb megoldást. Vagyis nem ismert optimalizálást használunk, de olyan algoritmust adunk, amely egy redukált leszámítolást jelent.

A következő táblázat az egyes termelőüzemek beszállítókhöz tartozó optimális költségeit, optimális beszállítási számait, illetve termelőüzemenként a beszállítói sorrendet mutatja az 1. alkatrész vonatkozásában. Természetesen minden vizsgált alkatrésze készítettünk hasonló jellegű táblázatokat a mintapéldánk során, amely táblázatok jelentős segítséget nyújtanak a kapacitáskorlátokból adódóan elvégzendő új hozzárendelésekhez a termelőüzemek-beszállítók viszonylatában.

1. alkatrész	beszállítók	1	2	3	4	5	6	7
	költség	178768	173500	180577	192100	160336	215185	172600
1. termelő-üzem	beszállítás száma	3	12	48	12	3	48	3
	költség	150094	148433	150737	158433	134126	173433	152006
2. termelő-üzem	beszállítás száma	3	48	48	48	3	48	3
	költség	237236	223427	225721	243041	203780	264677	206096
3. termelő-üzem	beszállítás száma	3	12	48	12	3	12	3
beszállítói sorrend								
1. termelőüzem		4	3	5	6	1	7	2
2. termelőüzem		3	2	4	6	1	7	5
3. termelőüzem		5	3	4	6	1	7	2
beszállítói kapacitás		400	350	370	380	500	300	400

2. táblázat Az egyes termelőüzemek különböző beszállítókhöz tartozó optimális költségei, optimális beszállítási számait, illetve termelőüzemenként a beszállítói sorrend az 1. alkatrész vonatkozásában

A táblázatban összefoglaltuk az 1. alkatrész vonatkozásában, hogy melyik beszállítónál milyen beszállítási szám mellett adódik a legkisebb összköltség mindhárom vizsgált termelőüzem vonatkozásában. Ezek a költségek alapján felállítottunk egy beszállítói sorrendet is termelőüzemenként, valamint jelöltük az egyes beszállítók kapacitásait is.

5. Vizsgálatnál felhasznált és a kapott eredmények kapacitáskorlátainak figyelembe vétele a beszállítások optimalizálásánál

Az összköltség a négy alkatrész vonatkozásában teljes leszámítolással 523402,2k₀, redukált teljes leszámítolással 495341k₀ [k₀ = [EURO/db] dimenziójú szorzó]. Láthatjuk, hogy a redukált teljes leszámítolásunk eredménye összköltség vonatkozásában jobb. Ez a már említett okból adódik, azaz teljes leszámítolással csak a megadott beszállítási számok esetén lett meghatározva az optimális eset a feladat nagy mérete miatt.

Az eredményeket szemlélteti az alábbi diagram. A kapacitáskorlátok figyelembevételével azt mondhatjuk, hogy néhány kivétellel mindenhol növekedett a termelőüzemek alkatrészenkénti összköltsége, hiszen a beszállítók kapacitáskorlátaiból adódóan nem az optimális beszállító szállítja az adott alkatrészt az adott termelőüzemhez. (Az ábra jelölései a 4. fejezetben leírtakat követik, azaz I. jelöli a korlátozott teljes leszámítolást, II. jelöli a redukált teljes leszámítolást, III. jelöli a beszállítók kapacitáskorlátainak figyelembevételét.) Ha a 3. ábrán elemezzük az egyes alkatrészeknél és termelőüzemekenél az összköltséget, akkor a következők állapíthatók meg:

- természetes, hogy az egyes alkatrészeknél eltérő költségek adódnak, ugyanakkor, ha növekvő sorrendbe tesszük alkatrészenként az egyes termelőüzemekenél kiadódó összköltségeket, akkor azt kapjuk, hogy 1. alkatrésznél $K_{12}^B < K_{11}^B < K_{13}^B$, 2. alkatrésznél

$K_{21}^B < K_{23}^B < K_{22}^B$, 3. alkatrésznél $K_{32}^B < K_{31}^B < K_{33}^B$, 4. alkatrésznél $K_{41}^B < K_{42}^B < K_{43}^B$,

ahol például a K_{12}^B az 1. alkatrész évi összköltségét jelenti a 2. termelőüzem vonatkozásában,

- mind a 4 alkatrész esetén az összköltség a 3. termelőüzemnél a legnagyobb, a legkisebb költség 2-2 alkatrésznél felváltva adódik,
- az összköltséget tekintve a 3 termelőüzemet figyelembe véve alkatrészenként $K_3^B < K_2^B < K_1^B < K_4^B$ vagyis a legkisebb költsége a 3. alkatrésznél, a legnagyobb a 4. alkatrésznél adódik,
- meg kell jegyezni, hogy 1., 2., 3., alkatrésznél nincs jelentős eltérés, de a 4. alkatrésznél nagyobbak az alkatrészenkénti költségek.

Kiemelendő, hogy a könnyebb áttekinthetőség érdekében viszonylag kis méretű számpéldát mutattunk be. Ennek elsődleges célja nem annak a bizonyítása, hogy a kidolgozott redukált leszámítási módszer valóban optimumot ad, mert elméletileg már bizonyítást nyert. A számpélda célja az eredmények struktúrájának elemzése. Az eredmény struktúráját a fajlagos költségkomponensek arányai illetve a beszállítók és termelőüzemek elhelyezési struktúrája befolyásolja.

3. ábra: Kapacitáskorlát figyelembevétele miatt jelentkező költségváltozások összehasonlítása a teljes leszámítolás és a redukált teljes leszámítolás eredményeivel

6. Összefoglalás

A dolgozat bemutatja több alkatrész, több beszállító és több termelőüzem esetén hogyan lehet figyelembe venni a beszállítók kapacitáskorlátaira vonatkozó algoritmust a korábbi dolgozatokban kapott alkatrészenkénti korlátozás nélküli mennyiségek esetére a beszállítók és az évi beszállítási számok optimális változatára célfüggvényként költségfüggvényt használva. Az optimalizálásnál egy egyszerűsített célfüggvényt használtunk, amely a vásárlási-, szállítási-, raktározási költségkomponensek összegeként áll elő. Feltételezésre került, hogy az alkatrészek az év folyamán kvázi egyenletesen kerülnek felhasználásra. Az optimalizálásra két módszert fejlesztettünk ki a korlátozott teljes leszámítolás illetve a redukált leszámítolás módszerét. A későbbiekben a dolgozatban a beszállított mennyiségre, beszállítóknak korlátozott esetére mutatjuk be az optimalizálási módszerek további bővítését. Az algoritmusok működésének kipróbálására, az eredmény struktúra értékelésére egy számpéldán keresztül került sor. Az is megállapítható, hogy a beszállított mennyiségre vonatkozó kapacitáskorlátozásból 1-17% közötti költségnövekedés adódik. Ugyanakkor ezek az arányok jelentős mértékben változhatnak a költségarányoktól illetve a beszállítók és termelőüzemek elhelyezésének térbeli struktúrájától függően.

7. Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatómunka az F037525 és a T038382 OTKA projekt támogatásával készült.

8. Irodalomjegyzék

- [1] József Cselényi, Tibor Tóth: **Matematical model for optimisation of a product assembly system integrated by logistics and operating in a network like way.** WESIC 2001. Workshop on European Scientific and Industrial Collaboration. University of Twente. Published by Drubbel Institute for Mechatronics. Proc. pp.: 81-92.
- [2] Mónika Nagy, Ágota Bányai, József Cselényi: **Sensibility analysis of optimization of purchasing logistic system as a function of yearly transport number.** Logistics Networks –Models, Methods and Applications-, Miskolc, 2004, ISBN 963 661 641 8, pp. 183-194.
- [3] Mónika Nagy, Ágota Bányai, József Cselényi: **Sensibility analysis of optimization of purchasing system in specially consideration of users.** Annals of MTeM for 2005& Proceedings of the 7th International Conference Modern Technologies in Manufacturing, Technical University of Cluj-Napoca, Cluj-Napoca, 6-8th October 2005, ISBN 973-9087-83-3, pp. 293-296.
- [4] Mónika Nagy, Ágota Bányai, József Cselényi: **Optimal selection of purchasing system of assembly plant operating in network considering possibilities of direct transport and transport through the distribution stores.** 3rd International Logistics & Supply Chain Congress 2005, Galatasaray University and Logistics Association Publication, 23-24 November 2005, Istanbul, Turkey, ISBN 975-8400-07-X, pp. 238-242.

Nagyné Gyöker Mónika doktorandusz

Miskolci Egyetem Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék, Miskolc-Egyetemváros H-3515

Tel: 06 46-565111/1752 Fax: 06 46-563399

E-mail: altmoni@gold.uni-miskolc.hu