

## ALAPANYAG ÁRAMLÁSÁNAK OPTIMALIZÁLÁSA ÁLTALÁNOSÍTOTT HÁLÓZATI FOLYAM MODELLEL

## MATERIAL FLOW OPTIMIZATION WITH THE APPLICATION OF GENERALIZED NETWORK FLOW MODEL

Pusztai László<sup>1</sup>, Kocsi Balázs<sup>2</sup>, Budai István<sup>3</sup>, Nagy Lajos<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Debreceni Egyetem Informatikai Tudományok Doktori Iskola, 4028 Magyarország, Debrecen, Kassai út 26, [pusztai.laszlo@eng.unideb.hu](mailto:pusztai.laszlo@eng.unideb.hu)*

<sup>2</sup>*Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék, 4028 Magyarország, Debrecen, Ótmető utca 2-4, [kocsi.balazs@inf.unideb.hu](mailto:kocsi.balazs@inf.unideb.hu)*

<sup>3</sup>*Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Műszaki Menedzsment és Vállalkozási Tanszék, 4028 Magyarország, Debrecen, Ótmető utca 2-4, [budai.istvan@eng.unideb.hu](mailto:budai.istvan@eng.unideb.hu)*

<sup>4</sup>*Debreceni Egyetem Gazdaságtudományi Kar, Kutatásmódszertan és Statisztika Tanszék, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138, [nagy.lajos@econ.unideb.hu](mailto:nagy.lajos@econ.unideb.hu)*

### Abstract

It is essential for every company to know their business processes well, because these companies must allocate their resources in an efficient way in order to keep or strengthen their market position. During the research we aimed at optimizing the material flow at a wooden box producer company with the use of generalized network flow model as this model is widely used for modelling production processes. In the first part of our work we calculated the optimal material flows focusing on two objectives, and in the second part we determined a compromise solution and then we compared and evaluated the results of the three models.

**Keywords:** *material flow, optimization, network model, generalized network flow model.*

### Összefoglalás

Minden vállalat számára fontos az üzleti folyamataik pontos ismerete, ugyanis a versenyképesség fenntartása érdekében a vállalatoknak hatékony módon kell az erőforrásaikat allokálniuk. Kutatásunk során egy faládákat műhelyrendszerben gyártó vállalat anyagáramlásának optimalizálását tűztük ki célul hálózati modell segítségével, hiszen ezt a módszert széles körben alkalmazzák termelési folyamat modellezésére. A vizsgálat első részében két célfüggvény szerint számoltuk a termelés optimális útvoalait, majd egy kompromisszumos megoldást kerestünk, és a 3 modell eredményét összevetettük.

**Kulcsszavak:** *anyagáramlás, optimalizáció, hálózati modell, általánosított hálózati folyam modell.*

### Bevezetés

A hatékony gyártás egyik fő összetevője az anyagok megfelelő áramlásának biztosítása. Optimális anyagáramlás megvalósulá-

sával csökkenhet a készletszint és ezzel egyidőben a készletezési és raktározási költség is [1], a termelési folyamatban rejlő veszteségek felszínre kerülnek [2]. A tervezési és ütemezési feladatok ellátására széles

körben alkalmazott operációkutatási modellek, valamint a modellek gyors lefutását biztosító számítógépes programok állnak rendelkezésre [6][8].

## 1. Szakirodalmi áttekintés

### 1.1. Műhelyrendszerű gyártás

*Demeter et al.* [3] szerint két alapvető üzemi berendezési forma létezik: az egyik a termékelvű (folyamatrendszerű), míg a másik a gépelvű (műhelyrendszerű) elrendezés. Termékelvű berendezés során a termék előállítás sorrendjében, egymáshoz közel helyezkednek el a gépek, amelyre nagy gyártási sorozat jellemző [4]. A műhelyrendszerű gyártás esetében a hasonló rendeltetésű gépeket egy csoportba, úgynevezett műhelybe tömörülnek, és a termékek a műhelyek között vándorolnak [4]. A vállalat számára anyagmozgatási, valamint a készletezési költségekkel kell ebben az esetben számolniuk [1], azonban ez az elrendezési forma meg tud felelni az egyedi gyártással szemben támasztott követelményeknek [3].

### 1.2. Operációkutatás

Az operációkutatás az alkalmazott matematika egyik ága, melyet a XX. században találtak ki katonai feladatok optimális megoldására [5]. Azonban műszaki és gazdasági számítások megoldásában is alkalmazható módszertan, például termelésirányítás, szállítási, pénzügyi területeken [6].

#### 1.2.1. Hálózati modellek

A termelési folyamatok bemutatása illetve elemzése szemléletesen elvégezhető hálózati modellek segítségével [7]. A hálózati modellek gyakorlati alkalmazása igen széleskörű [5] és nagyon sok speciális megfogalmazása létezik. Ilyen a legrovidebb út probléma, átrakási feladat, legkisebb költségű feszítőfa, maximális folyam probléma, illetve a projektervezésben használatos CPM és PERT [6]. Ezek közül a termelési folyamatok modellezésére kiválóan alkal-

mazható az átrakási feladat kibővített formája, az általánosított hálózati probléma [7][8].

## 2. Elemzési módszer

Az elemzés első lépése az adatok gyűjtése volt: a termelési folyamat modelljét és a gépek kihozatalát az operátorok segítségével készítettük el, a költség adatokat pedig a vállalat pénzügyi osztálya biztosította számunkra. Jelen adatok birtokában felállítottuk hálózati modellünket az alábbi célok szerint:

- minimális tevékenység költség;
- minimális átváltsási költség;
- kompromisszumos megoldás (az előző kettő cél kombinációja).

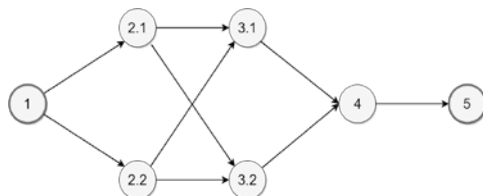
A kutatás befejezéseként az eredményeket kiértékeltek.

## 3. Esettanulmány

### 3.1. Folyamat bemutatása, alapadatok

A vizsgált vállalat fő profilja faládák gyártása, valamint értékesítése. A lággyártás 5 termelési fázison keresztül történik, minden fázis külön műhelyben található. 200 darab láda legyártásához 12 m<sup>3</sup> megmunkált anyagra van szükség, amely a gyártási veszteségek miatt kb. 16 m<sup>3</sup> fa alapanyagot jelent. Az első műveleti fázis az ingafűrészelés, ahol az adott nedvesség tartalmú fát megfelelő hosszúságúra szabják. Ezt követi a vastagolás, amelynek során adott vastagságúra szelik a faanyagot. Ennek a műveleti helynek 2 berendezése van, egy újabb és egy régebbi típusú. A gépek közötti különbség az üzemeltetési költségek, valamint a hulladék fa mértékében mutatkozik meg. A következő lépés a vastagolt anyag egyengetése, amikor gyalugép simára gyalulja a fát. Hasonlóan az előző állomáshoz, itt is 2 gép működik. Az utolsó előtti műhelyben történik a vastagolt és egyengetett lécek szalagfűrészszel való megfelelő szélességűre vágása. A termelés legutolsó része az elkészült faanyagok össze-

szerelése. A folyamatot a **2. ábrán** látható gráf szemlélteti:



**2. ábra.** A vizsgált vállalat termelési modellje

A kutatásunk során bebocsátást nyerünk az üzembe, ahol megismerhettük a folyamatot, míg költséggel kapcsolatos információkat a vállalat pénzügyi osztálya bocsátotta rendelkezésünkre. Ezen adatokat az **1. táblázat** tartalmazza.

**1. táblázat.** Alapadatok

Művelet	Tevékenység ktg. (Ft)	Átállási ktg. (Ft)	Kihozatal
1-2.1	500	45	80%
1-2.2	570	60	83%
2.1-3.1	350	35	60%
2.1-3.2	390	35	65%
2.2-3.1	400	40	90%
2.2-3.2	420	55	95%
3.1-4	350	46	100%
3.2-4	330	62	100%
4-5	700	0	100%

## 3.2. Eredmények

### 3.2.1. Költség alapján optimalizált folyamat

A kiválasztott vállalat által szolgáltatott és mért adatok alapján a modell változói az egyes munkaállomások közötti anyagáramlások. Első körben az anyagáramlást *minimális tevékenység költsége* cél alapján optimalizáltuk, a gyártási költségeket beillesztve a hálózati modellbe:

$$500x_{1,21} + 570x_{1,22} + 350x_{21,31} + 390x_{21,32} + 400x_{22,31} + 420x_{22,32} + 350x_{31,4} + 330x_{32,4} + 700x_{4,5} \Rightarrow \min \quad (2)$$

A modellben korlátozó feltételnek tekintjük:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{ij} - \sum_{i=1}^n x_{ij} - I_i \geq 0 \quad (3)$$

Ahol,  $x_{ij}$  a csomópont bruttó áramát,  $\lambda_{ij}$  a kihozatal, és  $I_i$  pedig az  $i$ -edik csomópontban levő készletet jelöli. A kiszámított modell célfüggvény együtthatói a **2. táblázat**ban találhatók:

**2. táblázat.** Tevékenység költsége szerinti optimális eredményhez tartozó célfüggvény együtthatók

Honnan	Hová	Bruttó áram	Nettó áram
1.	2.2.	15,22	12,63
2.2.	3.2.	12,63	12,00
3.2.	4.	12,00	12,00
4.	5.	12,00	12,00

Ezen variánshoz tartozó tevékenység költség 26 339 Ft, míg az összes átállási költség 2 351 Ft, így a 200 láda előállításának összesített költsége 28 691 Ft. Az optimális alapanyag áramlás az alábbi munkacsoportokon valósul meg: (1)-(2.2)-(3.2)-(4)-(5)

### 3.2.2. Átállási költség alapján optimalizált folyamat

Második körben a *minimális átállási költség* cél szerint is lefutattuk a hálózati modellt, amelynek képlete átállási költségekkel:

$$45x_{1,21} + 60x_{1,22} + 35x_{21,31} + 35x_{21,32} + 40x_{22,31} + 55x_{22,32} + 46x_{31,4} + 62x_{32,4} \Rightarrow \min \quad (4.)$$

Az alábbi korlátozó feltétellel:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_{ij} - \sum_{i=1}^n x_{ij} - I_i \geq 0 \quad (5.)$$

Az új változathoz tartozó tevékenységi költség 27 090 Ft, és a modellhez tartozó átállási költség 2 049 Ft, így a 200 láda előállításának költsége 29 139 Ft lett. Az alapanyag útja az alábbira változott az első modellhez képest: (1)-(2.2)-(3.1)-(4)-(5)

Az átállási költség optimuma szerint kiszámolt célfüggvény együtthatókat az alábbi táblázat mutatja be:

**3. táblázat.** Átállási költség szerinti optimális eredményhez tartozó célfüggvény együtthatók

Honnan	Hová	Bruttó áram	Nettó áram
1.	2.2.	16,06	13,33
2.2.	3.1.	13,33	12,00
3.1.	4.	12,00	12,00
4.	5.	12,00	12,00

### 3.2.3. Kompromisszumos modell

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a két cél nem optimalizálható egyszerre. Ennek a feloldására a megoszlási viszonyszámokkal történő kompromisszumos megoldást alkalmazzuk, ahol a variánsok 0,5-0,5-os súlyt kapnak. A modell alternatív optimum együtthatóit a 4. táblázat mutatja:

**4. táblázat.** Alternatív optimumhoz tartozó célfüggvény együtthatók

Honnan	Hová	Bruttó	Nettó
1.	2.1.	0	0
1.	2.2.	15,64	12,98
2.1.	3.1.	0	0
2.1.	3.2.	0	0
2.2.	3.1.	6,66	6,00
2.2.	3.2.	6,32	6,00
3.1.	4.	6,00	6,00
3.2.	4.	6,00	6,00
4.	5.	12,00	12,00

A kompromisszumos modell tevékenység költsége 26 714 Ft lett, átállási költsége 2 201 Ft-ot tett ki, mely összesen 28 915 Ft. Az anyagáramlás pedig az előzőekhez képest megváltozva, a harmadik munkaálomás mindkét gépét felhasználva történik.

### 3.2.4. A modellek kiértékelése

A modellek közül a legalacsonyabb tevékenység költséget az első modell szolgáltatta, míg a legkisebb átállási költséget pedig a második modell. Kompromisszum esetén a célfüggvényeket tekintve maga-

sabb költséget tapasztalhatunk, azonban a döntéshozónak a munkavégzés folyamatosságára törekedve célszerűbb a kompromisszumos modell alkalmazása, ugyanis egy esetleges gépmeghibásodás esetén is folyamatos termelés biztosítható, azaz csökkenthető a gyártási kockázat.

## 4. Következtetések

A tanulmányunkban egy faládákkal foglalkozó vállalat anyagáramlási optimalizálási lehetőségét vizsgáltuk. Az eredményeink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a vállalatnak a magasabb működési költségek ellenére a nagyobb biztonságra törekedve a kompromisszumos megoldás a legcélravezetőbb.

## Köszönetnyilvánítás



A kutatás az Emberi Erőforrások Minisztériuma és az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő támogatásával, a Nemzeti Fia-tal Tehetségeiért Ösztöndíj NTP-NFTÖ-17-B-0509 sz. pályázat keretében valósult meg.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Szegedi Z., Prezenszki J.: *Logisztika menedzsment*. Kossuth Kiadó, Budapest, 2010.
- [2] D. T. Jones – J. P. Womack: *Lean szemlélet*. HVG Kiadó, Budapest, 2009.
- [3] Demeter K. et al.: *Tevékenységmenedzsment*. Aula Kiadó, Budapest, 2008.
- [4] Chickán A. – Demeter A.: *Az értékteremtő folyamatok menedzsmentje*. Aula Kiadó, Budapest, 2006.
- [5] Temesi J. – Varró Z.: *Operációkutatás*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2014, 35-44.
- [6] W. L. Winston: *Operations Research, applications and algorithms*. Thomson Brooks, California, 2011.
- [7] V. Chachra: *Applications of Graph Theory Algorithms*. Elsevier, 1979.
- [8] K. G. Murty: *Network Programming*, Prentice-Hall, Michigan, 1992.