

MISKOLCI EGYETEM DOKTORI (PHD) TÉZISFÜZETEI  
HATVANY JÓZSEF INFORMATIKAI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

**KÉSLELTETETT ÖSSZESZERELŐ ÜZEMEK  
LOGISZTIKÁVAL INTEGRÁLT  
TERMELÉSÜTEMEZÉSÉNEK MATEMATIKAI MODELLJE  
ÉS HEURISZTIKUS MÓDSZEREI**

Készítette:

**Gubán Ákos**

okleveles matematikus

AKI DOKTORI (PHD) FOKOZAT ELNYERÉSÉRE PÁLYÁZIK

MISKOLC, 2004

***Elnök:***

Galántay Aurél CSc, dr.habil.

***Opponensek:***

Somló János DSc  
Kulcsár Béla CSc, dr.habil.

***Titkár:***

Bányai Tamás PhD

***Tagok:***

Nagy Tamás CSc  
Illés Béla PhD  
Tóth Lajos CSc

## 1. Előzmények

A modern gazdasági életben, a termékek előállítását több rugalmas gyártósorral rendelkező összeszerelő üzemekben végzik. Az ilyen típusú üzemek termelésirányítási és ütemezési feladatainak legfőbb mozgatói a megrendelések és ezeknek határidőre történő teljesítése. Az igények kielégítéséhez kapcsolódó logisztikai feladatok a beszerzés, az alkatrész-raktározás, az összeszerelés, az átállítás, a késztermék raktározás és a kiszállítás, valamint ezeknek a feladatoknak az összehangolása és irányítása. A késleltetett termelés elve már több mint ötven évvel ezelőtt megjelent, de bármennyire is réginek tekinthető ez a fogalom, csak az elmúlt közel tizenöt évben kezdték meg a logisztikai kutatások ténylegesen meghatározni és tanulmányozni. Az első mérföldkövet az elemzésekben Zinn és Bowersox cikke jelentette, melyben meghatározták és elemezték a késleltetés öt különböző típusát. Szimulációs modellek segítségével megvizsgálták, hogy milyen feltételek mellett lesznek a legkedvezőbbek a különböző típusú késleltetések. A megoldásaikban nem törekedtek az ütemezési feladat teljes optimalizálásra. 1993-ban a Hewlett-Packard mutatott be egy sikeres alkalmazást a késleltetésre. 2000-ben Pagh és Cooper a különböző késleltetések leírásához és elméleti stratégiáihoz kifejlesztettek egy vázat, míg Mason-Jones és Towill az ellátási láncok késleltetési szabályait az információ és anyag szétbontásban vizsgálták. A legrészletesebb irodalmi áttekintést Aviv Yossi és Awi Federgruen adta meg. Johnson és Anderson részletes elemzést mutatott be különböző működési feltételek mellett a késleltetés előnyeinek kiértékelésében. A globalizáció jelenkorunkban egy megszokott és általánossá vált jelenség, ami csak az összeszerelő üzemek optimális telepítése mellett valósulhat meg. A telepítésekhez kapcsolódó centrum-probléma nem új keletű, már több száz éve foglalkoztatta a tudósokat. A telepítéstervezés jelentőségét elsőnek A. Weber ismerte fel és a „Weber-könyv” amerikai kiadása is már azt jelezte, hogy az amerikai nagyipari konszernek nagy érdeklődést mutattak az ipartelepítés gazdaságossági problémái iránt.

A szerelő/gyártó rendszerek ütemezésével kapcsolatban, a 80-as években vezették be a *JIT* elvet, mellyel a termék átfutási idejének csökkentését, a félkésztermékek, az alkatrészek közbenső tárolásának kiküszöbölését célozták meg. Cselényi József és Bányainé Tóth Ágota egzakt matematikai modellt és módszert dolgozott ki a *JIT*-konceptió bevezetése előtt álló felhasználók számára. A logisztikai ütemezési, telepítési és modellezési feladatokhoz, valamint a megfelelő döntések előkészítéséhez az egyik legjobban használható alkalmazott matematikai eszköz az operációkutatás. A problémamegoldásra ma már számítógépek állnak rendelkezésre, amelyekkel a feladatok nagyságrendekkel gyorsabban, és pontosabban megoldhatók, mint a hagyományos eszközökkel. Ilyen típusú feladatok megoldásához gyakran használt módszercsoport a *dinamikus programozás*, valamint a *korlátozás és szétválasztás* módszerek, melyek bizonyos esetekben jobb lépés- és futási

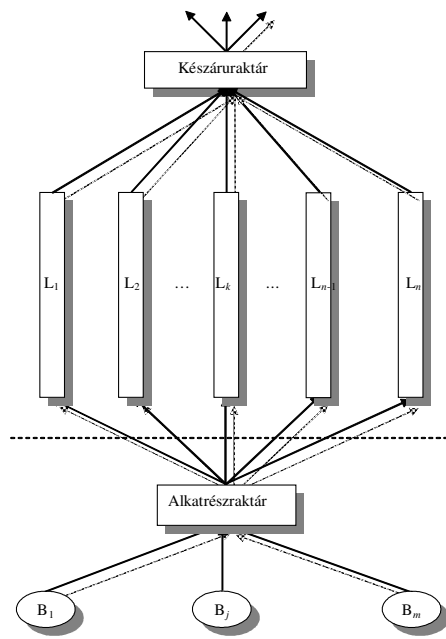
számot biztosítanak, mint a lineáris programozás. A másik fontos módszer a *heurisztika*, ami magában foglalja azokat az algoritmusokat, eljárásokat, amelyek jogosságának igazolása inkább szemléletes érveken alapul, semmint matematikai bizonyításokon. Ezeknek az eljárásoknak legfőbb jellemzője, hogy legtöbb esetben jó számítási korlátot tesznek lehetővé, és gyakran biztosítanak elfogadható megoldásokat. Egyik jól alkalmazható heurisztikus eszköz a *mohó stratégia*. A mohó algoritmus során végrehajtott választás függhet az addig elvégzett választásoktól, de nem függhet a későbbi választásoktól, vagy részproblémák megoldásától, tehát a mohó stratégia általában felülről lefelé halad, amellyel a problémát egyre kisebb méretűre redukálja. Az ilyen modellek egzakt matematikai leírását Eugene L. Lawler a kombinatorikus optimalizálásban megadja, valamint a felvetett problémákhoz bemutatja a megoldásokat és bizonyítja is helyességüket.

A késleltetett összeszerelő üzemek *termelésütemezésének logisztikai problémáival* foglalkozó irodalmak nagy többsége csak részlogisztikai feladatok megoldására koncentrál. J. R. Birge a termelésstervezés problémáját sztochasztikus optimalizálási módszer segítségével oldja meg, célként a termelési-, az elosztási kapacitásokat, valamint a vevőkényszereket jelöli meg. Eredményként egy sztochasztikus lineáris programozási modellt kap. A modell nem tartalmaz gyártásütemezést, csupán a kapacitáskihasználtságot kezeli. A célfüggvényben a logisztikai költségeknek csak egy részét építi be, részletesen nem foglalkozik velük. C. F. Daganzo az integrált csomagelosztó rendszerek költségmodelljét és tervezési technológiáit egy logikai hálózati eszköz segítségével elemzi, és a részproblémák optimalizálási sorozatán keresztül szolgáltat teljes megoldást. A felírt modell logisztikai költségfüggvényeit – hasonlóan az értekezés megközelítéséhez – komponensekre bontja. Egy másik fontos vizsgálati terület az üresjáratok problémája. Az erre alkalmazott – folytonos közelítési módszert felhasználó – hálózati optimalizálási megoldásokat 1984-ben írták le. 1985-ben Daskin már nagyméretű modellekre adott ilyen típusú approximációs eljárást. C. F. Daganzo egy 1999-es cikkében közelítő eljárást szolgáltat a logisztikai rendszerek tervezése és létrehozása közben megjelenő bizonytalanságok kezelésére. A rugalmas gyártórendszerek ütemezési problémáinak egy hatékony megoldását Somló János egy 2004-es cikkében részletes is leírja. Simchi-Levi, Kaminsky egy Internetes publikációban a telepítési problémákkal foglalkozik. Ez a modell egyszerűbb, mint Cselényi József és Gubán Miklós egy tanulmányában bemutatott modell. A termelésirányítási problémák megoldására nagyon sok igen jól működő szoftver áll rendelkezésre a magyar szoftverpiacon belül is. Ezek közül is kiemelkednek: BaaN IV, BPCS, IFS Application, JDE, KYBERNOS, MOVEX®, ORACLE Application, SAP R/3, CSB-System, Exact Infor:com, JOBSHOP rendszerek, melyek kis-, közép- és nagyvállalatok termelésirányítási problémáit oldja. Az általam kidolgozott módszer alapvetően abban tér el ezektől az eljárásoktól,

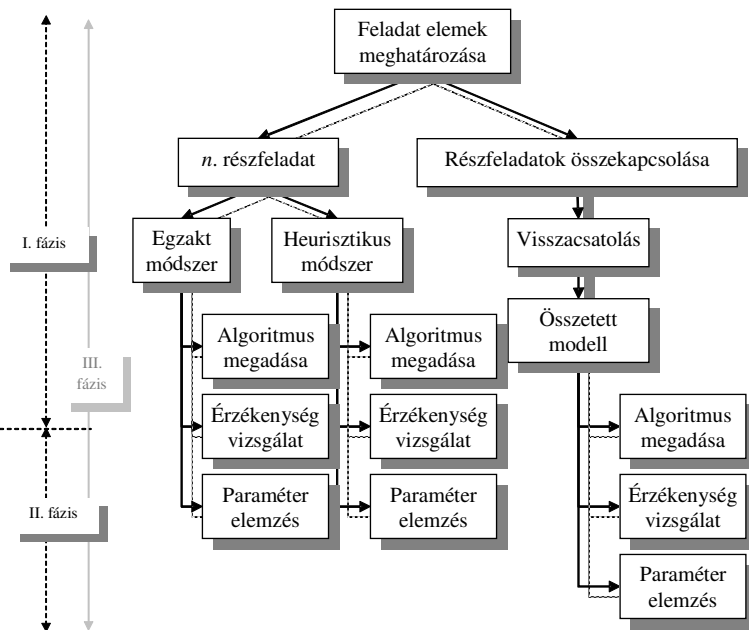
hogy az alkalmazott modell célfüggvényei minden esetben a logisztikai költségek.

## **2. A dolgozat tudományos célkitűzése**

A globalizáció következtében nagymértékben megnövekedett az igény a döntéshozatal idejének csökkentésére és a döntések minőségének javítására. A multinacionális vállalatok stratégiái között nagy szerepet kap a leghatékonyabb termelési megoldásokra való törekvés. Ez többek között magában foglalja az üzemek telepítésének problémáját, a termelés optimális ütemezését, a be- és kiszállítások hatékony megoldását és a lehető legkisebb raktárkészlet biztosítását. Az ilyen rendszereket támogató eszköznek fel kell készülnie a környezet egyes elemeinek dinamikus változásaira is, azaz a termékstruktúra vagy a beszállítói- és/vagy felhasználói környezet megváltozására. Az értekezés műszaki-gazdasági modelljét a 1. ábra mutatja be. A felállított modellhez kell megadni a szerelések ütemezését, mely tartalmazza a terméksorozat méreteket, szerelési-, indítási időket, az alkatrészek beszállításához kapcsolódó járatindításokat, a beszerzés ütemezését stb. A modell megalkotásához fel kell tártani, és részletesen meg kell határozni, mely paraméterek alkalmasak a rendszer optimalizálására, mégpedig úgy, hogy a műszaki-gazdasági-matematikai célok ne sérüljenek. Ennek megfelelően a műszaki-gazdasági modell a rendszer legfontosabb elemeit fázisbontásban tartalmazza, és visszacsatolással finomítja. Továbbá a modell meghatározza azokat a célfüggvényeket, amelyekhez optimum közeli értéket rendelnek a kidolgozandó eljárások. Az általam kidolgozott modellben az elsődleges cél, a rögzített költségkomponensek mellett olyan rendszerütemezési struktúra megalkotása, amelyben a célfüggvény értéke teljesíti az optimum elvárását. A célfüggvény komponenseket meghatározó műszaki-gazdasági mérőszámok a szerelési idő, az átállítási idő, a beszállítási idő, a beszállított mennyiség, a sorozatnagyság stb. lesznek. Ezek után a részfolyamatokra meg kell határozni azokat az alapjellemzőket, melyektől a fajlagos költségtényezők függenek. Célszerű konkrét feladattól függetlenül egy általános formális kapcsolatot meghatározni, mely minden speciális esetre könnyen adaptálható lesz. A problémának megfelelő logikai feladatbontást a 2. ábra mutatja be. A disszertáció általános célja egy *modell és eljárás kidolgozása*, illetve az utóbbi *hatékonyságelemzése*. Ki kell jelölni azokat a rendszerelemeket, melyekre egzakt matematikai eszköz nem található, és meg kell adni azokat a pontokat, ahol a kitűzött célok sérülnek. Az ilyen alrendszerekhez heurisztikus eljárást kell konstruálni. Hasonlóan kell eljárni azokban az esetekben is, amikor ugyan van egzakt modell és módszer, de a paraméterek száma, a feladat mérete vagy esetleg a nagy futási idő miatt nem bizonyul hatékonynak. A kapott heurisztikus eljárás nem feltétlen szolgáltat optimális megoldást, de törekedni kell arra, hogy az általa eredményezett megoldás optimum közelsége becsülhető legyen.



1. ábra Műszaki-gazdasági modell



2. ábra A logikai rendszer

A vizsgálatok során meg kell határozni azokat „szélsőséges” eseteket, amikor a modell „rosszul” viselkedik. A rendszert úgy kell kialakítani, hogy ezek a szélsőséges esetek kis valószínűséggel forduljanak elő. Emellett biztosítani kell azt is, hogy az átlagos, leggyakrabban előforduló esetekben a megoldás mindig optimum közelében tartózkodjon. Az értekezés további fontos célkitűzése, hogy a *modellben található eljárások összehangoltan* működjenek, és a rendszerelemek a végső vizsgálat során együttesen, *mint egy egységes rendszer jelenjenek meg*. A részmodellekben mindig lokális optimumokra törekszünk. Mivel a modell több olyan önálló eljárást tartalmaz, amelyek egy vagy több más folyamat eredményeit felhasználják, a rendszer teljes optimuma nem feltétlen lesz a részelemek külön-külön kapott optimumainak összegével megegyező. Ezért a modell eljárásait egymáshoz kell hangolni úgy, hogy a cél ismét a lehető legkisebb költségértéken való működtetés lesz. Ehhez a hangoláshoz egy érzékenység vizsgálatnak kell kapcsolódnia. Az általános célkitűzések mellett lokális célok is megjelennek. A célokban minden esetben a költségek játsszák az elsődleges szerepet, de bizonyos esetekben a szerelési idő, és a beszállítási idő is befolyásolhatja az eljárást. Tekintetbe kell venni a logisztikai rendszer teljesítményére vonatkozó jellemzőket, úgymint szállítási, tárolási, raktározási, egységakompany-képzési, kiszolgálási mennyiségi paramétereket, valamint anyagáramlási, szállítási, átfutási idő nagysága, szállítások, kiszolgálási út-, idő ráfordítások, rugalmasságok, szállítási pontosságok, határidő betartási minőségi jellemzőket.

A tervezés során az első fázisban a logisztikai költségekre vonatkozó optimalizálás a legfontosabb cél, amelybe a késztermék-tárolási-, a termelési logisztikai költségek, illetve az állásból és a késésből származó veszteségek épülnek be. A második fázisban a beszerzési-, beszállítási-, alkatrész-raktározási

költségek minimalizálása történik meg. A harmadik fázis feladata az előző két fázis költség összegének minimalizálása. A rendszer modell értékelése során elsődleges cél a logisztikai költségkomponensek külön-külön elemzése, valamint a teljes költség együttes vizsgálata volt. A kiszállítási határidők teljesítésének logisztikai céljának elemzése során felvetődik az a kérdés, hogy a határidő teljesítése érdekében, vajon megengedhető-e a költségérték viszonylag nagy eltérése az optimumtól. A konkrét esetekre a választ közgazdasági vizsgálatok adják meg. A rendszerhez kapcsolódó logisztikai reengineering az érzékenység vizsgálatban jelenik meg. A paraméterek megváltoztatása esetén esetleg teljesen új gyártási tervet, beszállítási ütemtervet kell megadni, valamint ezekhez a szükséges logisztikai komponenseket megfelelő módon hangolni kell.

### **3. A kutatás módszerei**

Egy adott - diszkrét termékeket gyártó - üzem külső megrendelések által vezérelt rendszerének irányítása összetett feladat, amelyet tovább bonyolít az, hogy a gyártósorok nem feltétlen homogének, valamint a felhasználóktól az üzem felé irányuló megrendelések időben ismeretlen gyakorisággal elosztva érkeznek be. A kitűzött céloknak megfelelően az elsődleges feladat ehhez a rendszerhez egy optimumközeli termelési program elkészítése. A probléma általános megoldásához a 1. ábrának megfelelő gondolatmenetet használtam fel. Egy ilyen nagyméretű feladat megoldásához első fontos eszköz a rendszer modellezése. A modell modulokra történő felbontásának eredményeként öt logikai szintet, valamint három eljárási fázist kaptam (1. ábra). A kidolgozás során a modellben szereplő három fázisból csak az első két fázist elemeztem. A megoldás első lépésében a korlátozásokat és a megszorításokat határoztam meg, úgymint: a beszállítók egymástól függetlenül szállíthatnak be az egységes alkatrésztárba, egy adott alkatrészt csak egy beszállító szállít, a raktárak kapacitására nincs felsőkorlát stb. Ezek a korlátozások, az eljárások kidolgozását könnyítik meg, de az általános feladatra való kiterjesztést nem szűkítik le. A modellalkotáshoz a lineáris algebra alapeszközeit használtam fel, mivel a rendszer paraméterei véges elemű halmazt alkotnak. Az optimalizálási eljárásokat a kapott önálló modulokra alkalmaztam úgy, hogy az egymásra épülő elemek eredményei alkotják a logikailag következő szint kényszereit. A költségek elemzéséhez sok esetben a tapasztalatokból kiinduló kapcsolatokat tételeztem fel, majd ezeknek belső matematikai szerkezetét a matematikai analízis eszközeivel vizsgáltam meg. A komplex költségfüggvényt a rendszer öt különböző szintjén jelentkező komponensekből alkottam meg. Mivel a komponensek összege egyértelműen kiadja az összköltséget, ezért a komplex költségfüggvény súlyozás nélkül áll elő a komponensek összegeként

$$K = K^{AS} + K^{AR} + K^G + K^A + K^{KR} + K^V.$$

Az értekezés témáját a feladat első szintje, azaz egy determinisztikus feladat alkotja. A determinisztikus problémában a megrendelések sorozata az év teljes

egészére előre ismert, valamint ismertnek tételezzük fel a teljesítési határidők sorozatát is. Az optimalizálási eljárást hat lépésre bontottam: 1. a költség- és veszteségfüggvények analitikus elemzése; 2. az együttesen illetve külön-külön optimalizálható komponensek meghatározása; 3. lineáris programozással megoldható részek vizsgálata; 4. heurisztikák alkalmazása a többi elemre; 5. az eljárás hatékonyságvizsgálata; 6. a megoldás érzékenységvizsgálat. A megalkotott modell első fázisában a lineáris programozási megoldások nem vezettek célra, ezért mohó algoritmuson alapuló heurisztikus eljárást dolgoztam ki, melynek előnye, hogy megfelelő lépésszámot biztosít. A megoldás során egy a sorokhoz történő kiosztási-, egy összevonási-, egy csúsztatási-, és egy átrendező modulra készítettem az elvárásoknak megfelelő algoritmust. Az első kettőre gyakorlatilag minden esetben szükség van, a többi használatának szükségessége az első kettő eljárás eredményétől függ. A második fázisban Hamilton-kör keresési probléma lépett fel, ezért itt is heurisztikát alkalmaztam. A megalkotott modell tartalmaz egy beszállítási ütemet meghatározó, egy járat tervező, egy jármű hozzárendelési, és egy útvonaltervező univerzális modult. Az eljárás a szakirodalmakból ismert módszerektől abban tér el jelentősen, hogy a körjáratos modell használata során nemcsak az útvonal játszik jelentős szerepet, hanem maga a szállítási költség tényező is.

A hatékonyság vizsgálatban azokat a speciális szerkezetű megrendelés rendszereket elemeztem, amelyek nagy gyakorisággal fordulnak elő, illetve azokat az extrém eseteket, melyek optimumhoz való viszonya meghatározható. Az érzékenységvizsgálatban paraméteres analízist és struktúraelemzést alkalmaztam. A vizsgálatokhoz, egy egyenletes eloszlás szerint generált mintafeladat készítettem. Az elemzésben statisztikai hipotézis vizsgálat segítségével győződtem meg a kapott eredmény helyességéről. Egy másik, fontos eredmény a kapott költségek elemi komponensektől való függésének meghatározása, illetve egyszerűen kezelhető elemi függvényekkel való közelítése. A fajlagos költségre vonatkozó függvénykapcsolat a következő alakban adódott:

$$\begin{aligned} k_{\gamma S}(q_s, k) &= \frac{(k_{\gamma}^{AR} \cdot \bar{\Delta t})}{2\bar{q}} \cdot q_s^2 + \frac{(k_{\gamma}^{AR} \cdot \bar{\Delta t})}{2} \cdot q_s + \frac{k_{\gamma S}^A}{q_s} + k_{\gamma S}^G = \\ &= C_1 \cdot q_s^2 + C_2 \cdot q_s + \frac{k_{\gamma S}^A}{q_s} + k_{\gamma S}^G = k_{\gamma S}(q_s). \end{aligned}$$

A vizsgálatok azt igazolták, hogy a közelítés során a hiba mértéke az alábbi korlátok közé szorítható:

$$\frac{k_{\varphi}^0}{\tilde{c}_{\mu} \bar{c}_{\varphi}} + k_{\varphi \mu}^{AS} l_{\mu} + \frac{k_{\varphi}^{ii} l_{\mu} - \frac{k_{\varphi}^0}{\tilde{c}_{\mu} \bar{c}_{\varphi}}}{Q_{\mu}} < k_{\varphi \mu}^{TAS} \leq \frac{k_{\varphi}^0}{\tilde{c}_{\mu} \bar{c}_{\varphi}} + k_{\varphi \mu}^{AS} l_{\mu} + \frac{k_{\varphi}^{ii} l_{\mu} + \frac{(\tilde{c}_{\mu} \bar{c}_{\varphi} - 1) k_{\varphi}^0}{\tilde{c}_{\mu} \bar{c}_{\varphi}}}{Q_{\mu}}.$$

A részletes elemzéseket a disszertáció tartalmazza.



#### 4. Új tudományos eredmények

A kapott eredményeket az alábbi négy tézispontban foglalom össze.

##### ELSŐ TÉZIS: EGY TÖBBFÁZISÚ MŰSZAKI-GAZDASÁGI RENDSZERMODELL FELÁLLÍTÁSA

A vizsgált műszaki-gazdasági és logisztikai környezetre meghatároztam a rendszerhatárt, és a kapott rendszerre egy többszintű modellt készítettem az alábbi módon:

- A vizsgált rendszert első lépésben egy *sztochasztikus külső és egy determinisztikus magfeladatra bontottam.*
- A kapott elemeket *egy ötszintű és háromfázisú műszaki komponensre választottam szét* (1. ábra), meghatároztam a *rendszerben szereplő költségelemeket szerkezetükkel együtt*, valamint azokat a *független paramétereket*, melyektől ezek a komponensek függenek.
- Részletesen kidolgoztam a rendszerben célfüggvényként is használható költségkomponenseket.
- Megadtam a modulok határain jelentkező interfészeket, ezáltal a magasabb szintű modulok az alacsonyabbak kényszerfeltételeit minden esetben egyértelműen meghatározták.
- Kidolgoztam műszaki-gazdasági modellhez az egyszerűsítéseket és kényszerfeltételeket is tartalmazó logikai váza.

\* \* \*

##### MÁSODIK TÉZIS: A MŰSZAKI-GAZDASÁGI MODELLT LEÍRÓ MATEMATIKAI MODELL MEGALKOTÁSA

*Megalkottam a feladat matematikai modelljét, azaz a modellben megjelenő komponenseket lineáris algebrai eszközök segítségével modelleztem. A rendszerben szereplő véges elemű paraméter halmazokhoz mátrixokat, hipermátrixokat, vektorokat rendeltem, ezáltal a lineáris programozási modell alapadatait a kívánt formában biztosítottam. Az eljárás mellett minden modulhoz meghatároztam az optimalizálási részcélokat is. A modell I. és II. fázisához a céloknak megfelelő heurisztikus optimalizáló eljárásokat készítettem. Az eljárásokat elemi logikai lépésekre bontva adtam meg. Az eljárás moduljai heurisztikus eljárás alapján az alábbi funkciókat valósítják meg:*

- A szerelősorokhoz való hozzárendelés back-traking eljárással;
- Az összevonások, csúsztatások és átrendezési eljárások az eredmény finomításához;
- A második fázis beszállítási ütemidejének meghatározása;
- Ingajaratok szervezése;

- A körjáratok szervezésének feladatait, a beszállítók meghatározását és hozzárendelését, valamint a beszállítói sorrend kialakítást mohó eljárás segítségével.

\* \* \*

### **HARMADIK TÉZIS: AZ ELJÁRÁSOK HATÉKONYSÁGELEMZÉSE ÉS BELSŐ STRUKTÚRA VIZSGÁLAT**

- A kiosztási és javító feladatokhoz részletes elméleti hatékonyság elemzést kapcsoltam, mely megadja a megrendelés rendszer struktúrájától, a modell belső elemeitől függően az eljárás eredményének optimumhoz való viszonyát. Minden modul esetén az algoritmus a kapcsolódó költségkomponens értékét is kiszámítja. A hatékonyság elemzés során vizsgálatra kerültek a közel azonos paraméterű (de paraméterenként külön-külön vizsgált) szerelősorok esetei, mind átfutási időre, mind költségre vonatkozóan, valamint a terméksorozatok belső szerkezete szerint szétbontva.
- A struktúra érzékenység vizsgálat során a megrendelésekben szereplő termékmennyiségeket változtattam, és változásoknak a költségkomponensekre való hatását elemeztem. A vizsgált esetek: termékfajták számának állandósága mellett a volumenek arányosan, illetve véletlenszerűen változnak. Továbbá elemzésre került az az eset is, amelyben a termékfajták összetétele módosul. Ez utóbbira vonatkozó eredmény: a struktúra változása során, az összsvolumen változását a teljes költség exponenciálisan kíséri. A fajlagos költségváltozás pedig közel lineárisan követi a mennyiségek változtatását.

\* \* \*

### **NEGYEDIK TÉZIS: PARAMÉTERES ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLAT AZ I. FÁZISHOZ**

A érzékenységvizsgálat végrehajtásához általánosan, más vizsgálatokban is felhasználható univerzális eljárást határoztam meg, melynek elvei:

- Az érzékenységvizsgálathoz egy mintapéldát konstruáltam, amelyben egy olyan jellemző gyártási struktúrát készítettem, mely egy bázisköltségre épül és dimenzió-független lesz.
- A feladatban szereplő komponensekre meghatároztam a kapcsolatokat.
- A mintapélda alapján egy konkrét mintaesetet készítettem, majd ezen végeztem el az eljárás érzékenység vizsgálatát. A paraméteres érzékenységvizsgálat során minden esetben meghatároztam a paraméter érték lehetséges értelmezési tartományát, és a jellemező értékekre elvégeztem a vizsgálatot, majd ebből statisztikai elemzés segítségével vontam le következtetéseket. A feladathoz megadtam egy véletlenszámgenerátorral alkotott mintamodellt, és ehhez létrehoztam egy konkrét

mintaesetet – egy részletes megrendelés halmazt, gyártási feltételeket és paramétereiket.

- Majd az optimális sorozat méretre történő vizsgálatát végeztem el az átállítási- szerelési költségek, valamint a raktározási költségek segítségével.
- A paraméteres vizsgálat során csak a fajlagos költségek változását elemeztem a bázis költséghez kapcsolt paraméterek változásának függvényében. A két vizsgált paraméter: az átállítási-, és raktározási arányossági tényező. A vizsgálatok szerint mindkét paraméterre a folytonossági határon belül lineáris kapcsolat használható.
- A vizsgálatok egyik mellékeredménye az a megállapítás, hogy a szerelősorok kihasználtság szempontjából az algoritmus helyesen működik.

\* \* \*

## **5. Eredmények hasznosítása, a továbbfejlesztés lehetőségei**

A kidolgozott eredmények a bonyolult nagy volumenű termelésütemezési problémák megoldásához szolgálnak eszközt, azokban az esetekben, amelyekben a szükséges logisztikai erőforrások korlátozások nélkül, vagy a rendszer számára megfelelő mennyiségben rendelkezésre állnak, esetleg a termelés megkezdéséig megteremthetők. Másrészt felhasználható megváltozott termékstruktúra esetén a meglévő logisztikai kapacitások ellenőrzésére: szükség van-e kapacitásnövelésre, illetve lehetőség van-e csökkentésre. Másrészt vizsgálható, hogy az optimum változásával milyen erőforrás költségváltozás áll be a rendszerben.

A kidolgozott eljárások alkalmasak a sztochasztikus modell magfunkcióinak megvalósítására. A továbbfejlesztés egyik lehetősége a sztochasztikus változók eloszlásainak vizsgálata után szimulációs módszerré átdolgozni a kapott eljárás rendszert, vagy sztochasztikus ütemező eljárásaként felhasználni. Determinisztikus megrendelési rendszer esetén közvetlenül adaptálható a modell bármilyen modern számítógépes hálózati rendszerre. A modell egyik jelentősége, hogy integrált, és így a feldolgozott téma alkalmas nemzetközi kutatási pályázatokban való megjelenésre.

A kapott eredmények, módszerek és eljárások olyan elméleti módszereket biztosítanak a *felsőoktatásban*, amelyek jól felhasználható mind a mérnöki, mind pedig a közgazdászképzésben. A Miskolci Egyetem „Globális logisztika (Eurologisztika)” tantárgyának anyagához kapcsolódik, valamint a BGF PSZFK „Matematikai modellezés” illetve a „Gazdasági Informatika” tantárgyak anyagába beépíthető. A mintapéldákon keresztül bemutatott elemzések gyakorlati eszközt adhatnak a hallgatók kezébe hasonló vizsgálatok elvégzésére.

## 6. IRODALOMJEGYZÉK

- [A1] **Gubán. Á.:** *The Genetic Algorithm and Application of GAs, Engineering of Modern Electric Systems (EMES), Orodea 1999. pp. 54-59.*
- [A2] **Gubán, Á., Dr. Cselényi, J., Dr. Bányai, Á.:** *Cost-functions used for the estimation of logistic integrated production control at delayed assembling plants, MiBe 2000, Miskolc*
- [A3] **Gubán Á., Gubán M., Paróczai P.:** *Területfejlesztés információ alapú logisztikai rendszere, microCAD 2000, Miskolc*
- [A4] **Gubán, Á.:** *GA és Neurális hálózati szimulációs módszerek alkalmazása logisztikai feladatok megoldására, BGF 2000, Budapest p. 42.*
- [A5] **Gubán, Á., Dr. Cselényi J.:** *Késleltetett összeszerelő üzemek logisztikával integrált termelésirányításának matematikai modellje, Doktoranduszok Fóruma, 2000, Miskolc, pp. 13-18.*
- [A6] **Gubán Á., Dr. Cselényi J.:** *Összeszerelő üzemek logisztikával integrált termelésirányításának értékelésénél alkalmazható költségfüggvények, Magyar Tudomány Napja, BGF 2000, Budapest*
- [A7] **Gubán Á., Dr. Cselényi J.:** *Késleltetett összeszerelő üzemek logisztikával integrált termelésirányításának vezérlési algoritmusai és módszerei, Filakovo 2001. pp. 15-20.*
- [A8] **Gubán Á., Dr. Cselényi J.:** *Késleltetett összeszerelő üzemek logisztikával integrált optimális termelésütemezést befolyásoló tényezők, Doktoranduszok fóruma, 2001, Miskolc, pp. 57-63.*
- [A9] **Gubán Á., Dr. Cselényi J.:** *Control Algorithms and Methods of Logistic Integrated Production Control at Delayed Assembling Plants PhD hallgatók III. nemzetközi konferenciája, 2001, Miskolc, pp. 163-168.*
- [A10] **Gubán M., Gubán Á.:** *Egy fuvarozási vállalat szállítmányozási feladatának matematikai modellje és tervezett megoldási algoritmus, BGF, 2001, Budapest pp. 226-235.*
- [A11] **Gubán. Á., Dr. Cselényi, J.:** *Mathematical Elements and heuristic method of logistic integrated production control at delayed assembling plants, MiBe 2001, Miskolc pp. 72-76.*
- [A12] **Á. Gubán, J Cselényi:** *Mathematical model and phase algorithms of the production control integrated by logistics of delayed assembling plants, Modeling and optimization of logistic system, 2001, Miskolc, pp. 47-59.*
- [A13] **Á. Gubán, J. Cselényi:** *Mathematical model and heuristic algorithm to establish delayed assembling plants oriented by logistic, Microcad 2002, Miskolc*
- [A14] **Gubán Ákos:** *Convergence Examination of a GA model, „Híd kelet és nyugat között” BGF, 2002, Budapest, pp. 289-295.*
- [A15] **Ákos Gubán, József Cselényi:** *Mathematical model of component supplying and storing integrated to given production program, Microcad 2003, Miskolc*
- [A16] **K. Dunai, J. Cselényi, R. Bálint, Á. Gubán:** *Capacity optimization of non - convertible logistic sources to be developed through regularly stepped specific cost functions and in line with capacity needs based on uniform distribution, Microcad 2003 Miskolc*
- [A17] **L. Kota, J. Cselényi, K. Dunai, Á. Gubán:** *Method used for prognostication of storage capacity requirement of electronic products before packaging. MicroCad 2003, Miskolc*
- [A18] **Gubán Á., Cselényi J.:** *Algorithm test and sensitivity analysis of production control integrated by delayed assembling and product storage, MiBe 2003, Miskolc, pp. 213-218.*
- [A19] **K. Dunai, J. Cselényi, A. Gubán:** *Capacity optimization of non – convertible logistic sources to be developed through regularly stepped specific cost functions with different capacity limits respectively and in line with capacity needs based on uniform distribution, MIBE 2003, Miskolc*
- [A20] **Gubán Á., Cselényi J., Tóth T.:** *Result Analysis of Optimizing Methods for Given Production Schedule Connected to Integrated Component Delivery and Storage, WESIC 2003, Miskolc pp. 559-566.*
- [A21] **Á. Gubán:** *Sensibility analysis of the optimum of a logistic integrated production schedule by its cost function, MicroCad, 2004, Miskolc*
- [A22] **Gubán Á., Cselényi J.:** *Mathematical model and heuristic algorithm of the production control of delayed assembly plants, DAAAM International Scientific Book, 2004, Wien, ISSN 1726-9687, ISBN 3-901509-38-0, (megjelenés alatt)*