

**MISKOLCI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR**



**JUST-IN-SEQUENCE ELLÁTÁSI LÁNCOK  
TERVEZÉSI MÓDSZEREINEK FEJLESZTÉSE**

**CÍMŰ PH.D. ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

Készítette:

**Juhász János**

okleveles műszaki menedzser (BSc)

okleveles logisztikai mérnök (MSc)

okleveles logisztikai csomagolásfejlesztő szakmérnök (S)

HATVANY JÓZSEF INFORMATIKAI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA  
ANYAGÁRAMLÁSI RENDSZEREK ÉS LOGISZTIKAI INFORMATIKA  
TÉMATERÜLET  
LOGISZTIKAI INTÉZET

Doktori Iskola vezető

**Prof. Dr. habil. Szigeti Jenő**

egyetemi tanár, DSc

Tématerület vezető

**Prof. Dr. habil. Illés Béla**

egyetemi tanár

Témavezető

**Prof. Dr. habil. Bányai Tamás József**

egyetemi tanár

**Miskolc**

**2023**

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>1. Bevezetés .....</b>	<b>1</b>
<b>2. A szakirodalom áttekintése, A kutatás módszertana és célkitűzései .....</b>	<b>3</b>
2.1. A szakirodalmi áttekintés módszertana .....	3
2.2. A következtetések ismertetése, fő kutatási irányok összefoglalása.....	4
2.3. A kutatás célkitűzései .....	5
<b>3. A just-in-sequence ellátási rendszerek modellstruktúrája .....</b>	<b>6</b>
<b>4. A just-in-sequence ellátási rendszerek matematikai leírása .....</b>	<b>8</b>
<b>5. A just-in-sequence beszállítási stratégiák matematikai modellezése.....</b>	<b>10</b>
5.1. A ship-to-sequence modellezése .....	10
5.2. A pick-to-sequence modellezése .....	11
5.3. A build-to-sequence modellezése .....	13
5.4. A just-in-sequence ellátási rendszerek összetett matematikai modellezése .....	15
5.5. A just-in-sequence jellegzetes modellek összehasonlításai, numerikus elemzései	15
<b>6. A just-in-sequence ellátási láncok alkalmazási és optimalizálási lehetőségei .....</b>	<b>16</b>
<b>7. Összefoglalás .....</b>	<b>19</b>
<b>8. Az értekezés tézisei .....</b>	<b>20</b>
<b>9. Irodalomjegyzék .....</b>	<b>21</b>
9.1. Az értekezés témakörében használt saját publikációk.....	21
9.2. Az értekezés témakörében használt idegen publikációk .....	22

## 1. BEVEZETÉS

A logisztikai folyamatok diverzitása új módszerek és megoldások kidolgozását követeli meg a Just-in-sequence (JIS) típusú ellátási láncoknál. A fejlesztések során törekedni kell az ideális vállalati működés elérésére, mely napjainkban a logisztikai terület egyik kiemelt és meghatározó feladatává vált – különösen a logisztikai folyamatok vagy szolgáltatások tárgykörében. Ezen tevékenységek túlmutatnak a hagyományos piaci igények kiszolgálásán, hiszen szembeállítja a standard vállalati működést a teljesítménycentrikus gazdálkodási működési modellel, a hatékonyság-növeléssel és a gazdaságosság elérésével.

A logisztikának számos logisztikai feladatot kell tudnia lekezelni, melynek alapja a 7M szabály, mely alapján a megfelelő terméket, a megfelelő mennyiségben, a megfelelő minőségben, a megfelelő helyen, a megfelelő időben, a megfelelő költséggel és a megfelelő vevő számára kell eljuttatni. Ezen logisztikai szolgáltató rendszerek felölelik a teljes ellátási láncot, beleértve a négy logisztikai funkcionális területet is: a beszerzést, a gyártást, az elosztást és az inverz folyamatokat.

A termelési logisztika területén a lean az egyik legfontosabb módszertan, ami az ellátási lánc menedzsmenthez (SCM) kapcsolódik. Az SCM fejlesztése kulcsfontosságú kihívásként jelenik meg a logisztika területén, különösen a termelés, az egészségügy és a kapcsolódó logisztikai szolgáltatások, valamint egyes ágazatok területein. Ez azt is jelenti, hogy ezen rendszereknek kell kiszolgálniuk a társadalom folyamatosan változó igényeit.

Az ellátásban résztvevőknek szükségük van arra, hogy naprakész információhoz jussanak, képesek legyenek teljesíteni a gyártási igényeket és a kapcsolódó logisztikai feladatokat. Ehhez egy olyan hatékony rendszer létrehozására van szükség, melyben minden résztvevő képes egymással kommunikálni és kiszolgálni a kölcsönös igényeket. A fenti gondolatok alapján egy olyan átfogó erőforrás-menedzsment rendszerről beszélünk, ami segít csökkenteni a gyártási folyamatokhoz és a logisztikai szolgáltatásokhoz kapcsolódó működési költségeket.

Az új technológiák alkalmazása olyan összetett rendszerekre is kiterjed, mint például az autópár és a mechatronikai összeszerelő ipar. Ezáltal képesek növelni a folyamatok hatékonyságát, csökkenteni az erőforrások felhasználását, rövidíteni az átfutási időket és javítani a minőséget.

A komplex logisztikai és ipari feladatok megoldásai jelentős változásokat teremtenek, mivel innovatív és versenyképes lehetőségeket biztosítanak a vevők kiszolgálására az Ipar 4.0 megoldások integrációja révén.

A hatékonyság növelése olyan logisztikai célokkal érhető el, mint például a kapacitáskihasználás maximalizálása, a készletek csökkentése, a rugalmasság növelése, az ügyfélkapcsolat-kezelés (CRM) alkalmazása, az időbeosztás tervezése, a rendszerek és a folyamatok átláthatóságának növelése.

A lean filozófia a Toyota termelési rendszer (TPS) elvein alapszik. Az egyik népszerű lean eszköz a just-in-time (JIT) ellátási stratégia, amelyet már just-in-sequence ellátási stratégiának is neveznek. A just-in-sequence ellátási stratégia a just-in-time filozófián alapul, azzal a különbséggel, hogy a cél nem csupán az, hogy az alkatrészeket a megfelelő mennyiségben, a megfelelő minőségben és a megfelelő helyen illesszék egymáshoz, hanem a technológiai helyszín által igényelt megrendelésekre összpontosítanak, különös tekintettel a sorrendiségre. A just-in-time alapú ellátási stratégiák előnyei ismertek. Egy több mint százötven európai nagyvállalatot érintő felmérés eredménye azt mutatta, hogy a JIT alapú ellátási stratégiák alkalmazásával számos logisztikaspecifikus rendszerparaméter javulása figyelhető meg: a készletek felére csökkenése, a logisztikai költségek csökkenése és a folyamatok termékminőségének javulása.

A just-in-sequence ellátási stratégia alkalmazása jellegéből adódóan a készletek további csökkentése révén még jelentősebb költségmegtakarítást eredményezhet. A vállalatok

## Tézisfüzet

törekednek arra, hogy az egyes beszállítókat különféle tulajdonságaik alapján rangsorolják, értékeljék és minősítsék az adott igények kiszolgálásának teljesítése érdekében.

A fenti kihívások miatt különösen fontosnak tartom a just-in-sequence beszállítási folyamatok kutatását a teljesítőképesség fokozására vonatkozóan. A dinamikusan változó és növekvő gyártási vagy szolgáltatási igények miatt fontos kihívás az ellátási folyamatok jobb megértése és fejlesztése.

Mielőtt modelleket, algoritmusokat, vagy megoldási koncepciókat dolgoznék ki, a kapcsolódó szakirodalom alapján össze kell foglalni a legfontosabb tudományos eredményeket. A következő fejezetben a módszeres szakirodalom feldolgozás kerül bemutatásra.

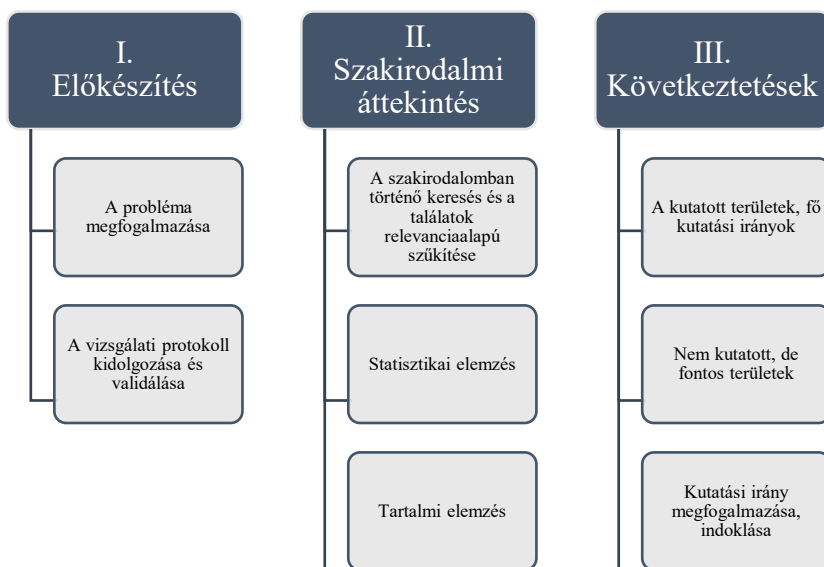
## 2. A SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE, A KUTATÁS MÓDSZERTANA ÉS CÉLKITŰZÉSEI

A módszeres irodalomkutatás segítségével vizsgáltam a kapcsolódó kutatások relevanciáját, a publikációk feltérképezését, ezek statisztikai és tartalmi jelentőségét. Ehhez komoly módszertani alapokra épülő szakirodalom feldolgozást készítettem, amit saját módszer kialakításával végeztem el.

### 2.1. A szakirodalmi áttekintés módszertana

A szisztematikus szakirodalmi áttekintés (Systematic Literature Review=SLR) az egyik legfontosabb tudományos megközelítés annak érdekében, hogy a konkrét kutatások tanulságai elérhetővé váljanak a további kutatások érdekében. Olyan lényeges tudományos és szakmai információkat tartalmaznak, melyek támogatják a tervezési folyamatokhoz kapcsolódó döntési feladatokat, és elősegítik a konklúziók felismerését a jövőbeni még potenciált rejtő kutatási irányok megfogalmazásához.

A következőkben bemutatom a szisztematikus szakirodalmi áttekintés módszertanának egy új szemléletű megközelítését, hiszen korábban nem volt jellemző ezen útmutatások rögzítése vagy ismertetése [I2]. Céлом az, hogy bemutassam, hogyan lehet az alapvető kutatásokat jobban megérteni, ezek hasznosságát összefoglalni és felhasználni a kutatásom szempontjából is. Ezen vizsgálódások jelentős hatást gyakorolhatnak a felmerülő kutatási kérdések megválaszolására, a szakmai iránymutatások definiálására és a különféle szabványok kidolgozására.



1. ábra A szisztematikus irodalomkutatás módszertani lépései [Saját szerkesztés]

Az 1. ábra szerint az SLR-folyamat három főbb részfolyamatot tartalmaz:

- I. Előkészítés: a felülvizsgálandó terület azonosítása a kutatási kérdések meghatározásához, valamint a felülvizsgálat protokolljának kidolgozása;
- II. Szakirodalmi áttekintés: a kiválasztott publikációk komplex áttekintő feldolgozása;
- III. Következtetés: a lehatárolt, kielemezett és vizsgált szakirodalmak tanulságainak, valamint a következtetéseknek a rögzítése, elemzések leírása [I2].

A módszertan új megközelítésének szempontjait a következőképpen definiálom:

- a probléma megfogalmazása,
- a vizsgálati protokoll kidolgozása és validálása,
- a szakirodalomban történő keresés és a találatok szűkítése,

- statisztikai elemzés: az adatok kinyerése és elemzése,
- tartalmi elemzés: szempontrendszer kialakítása, és következtetések,
- kutatott területek, fő kutatási irányok,
- nem kutatott, de fontos területek és
- a kutatási irány megfogalmazása, indoklása.

A disszertációban már részletesen ismertetésre került a módszeres szakirodalmi kutatás, valamint a kialakított SLR-PDSA munkalap elvei alapján végzett szakirodalmi áttekintés. Ennek eredményeként felismerhetők a jövőben még potenciált rejtő kutatási irányok a jövőbeni fejlesztések kialakításának érdekében.

## 2.2. A következtetések ismertetése, fő kutatási irányok összefoglalása

A globalizált világban feltehetjük azt a kérdést, hogy mely vállalatok képesek alkalmazni az ellátási lánc tervezési és ellenőrzési megoldások fejlesztését a folyamataikban, és szolgáltatásaikban.

Az alterületek a következők:

- logisztikai tényezők és feladatok,
- JIT/JIS ellátási láncok,
- matematikai modellek,
- analitikus és heurisztikus algoritmusok,
- COVID-19 JIT/JIS alkalmazások.

Fő kutatási irányok ismertetése: a szakirodalom szerint a piaci igények teljesítéséért élénk gazdasági verseny folyik, amely a költségek minimalizálásával érhető el az üzem belüli rendszerekben, a vevői kérésekkel kapcsolatos válaszok (azonnali) kidolgozásával, valamint az üzem belüli átfutási idők csökkentésével.

Ezen hatások az értéklánc különböző pontjain figyelhetők meg:

- I. A gyártó és szolgáltató vállalatok arra összpontosítanak, hogy versenyképesek legyenek az iparágban és a piacokon, különösen az autóipar és a mechatronikai összeszerelési folyamatok területein,
- II. A végtermék-szállítási szolgáltatásokra irányulnak, beleértve a „best-practice”, „jó gyakorlatokat” és a versenyképesség fokozását célzó innovatív megoldásokat is,
- III. A just-in-time elvein nyugvó just-in-sequence rendszerek komplexitása hasonló a globális ellátási láncok komplexitásához, amik bonyolultságuk és összetettségük révén új naprakész ellátási lánc módszerek kialakítását igénylik,
- IV. Az erőforrások – mint a kapacitások és a készletek kezelésén alapuló just-in-sequence ellátási folyamatok – irányíthatók a különböző ütemezési és szállítási igények szerint,
- V. A just-in-sequence stratégia támogatja az ellátási folyamatokat, különösen a logisztikai és szolgáltatói folyamatok ellenőrzésében.

A lean filozófia alapját a Toyota termelési rendszere képezi, melyre alapozva újabb és újabb lean eszközök kerültek kifejlesztésre és alkalmazásra. A lean talán egyik legkedveltebb eszköze a just-in-time ellátási stratégia, illetve az azon alapuló újabb úgynevezett just-in-sequence ellátási stratégiák.

A korábban említett logisztikai funkcionális területeket úgy kell figyelemmel kísérni, hogy az egyes gyártó és szolgáltató folyamatok a teljes ellátási lánc gazdaságos végtermék áramlását biztosítani tudják.

### 2.3. A kutatás célkitűzései

Az alfejezetekben végzett módszeres szakirodalmi kutatás, valamint e Ph.D. értekezés témájának aktualitása alapján az alábbiak szerint foglalhatók össze a kutatás célkitűzései:

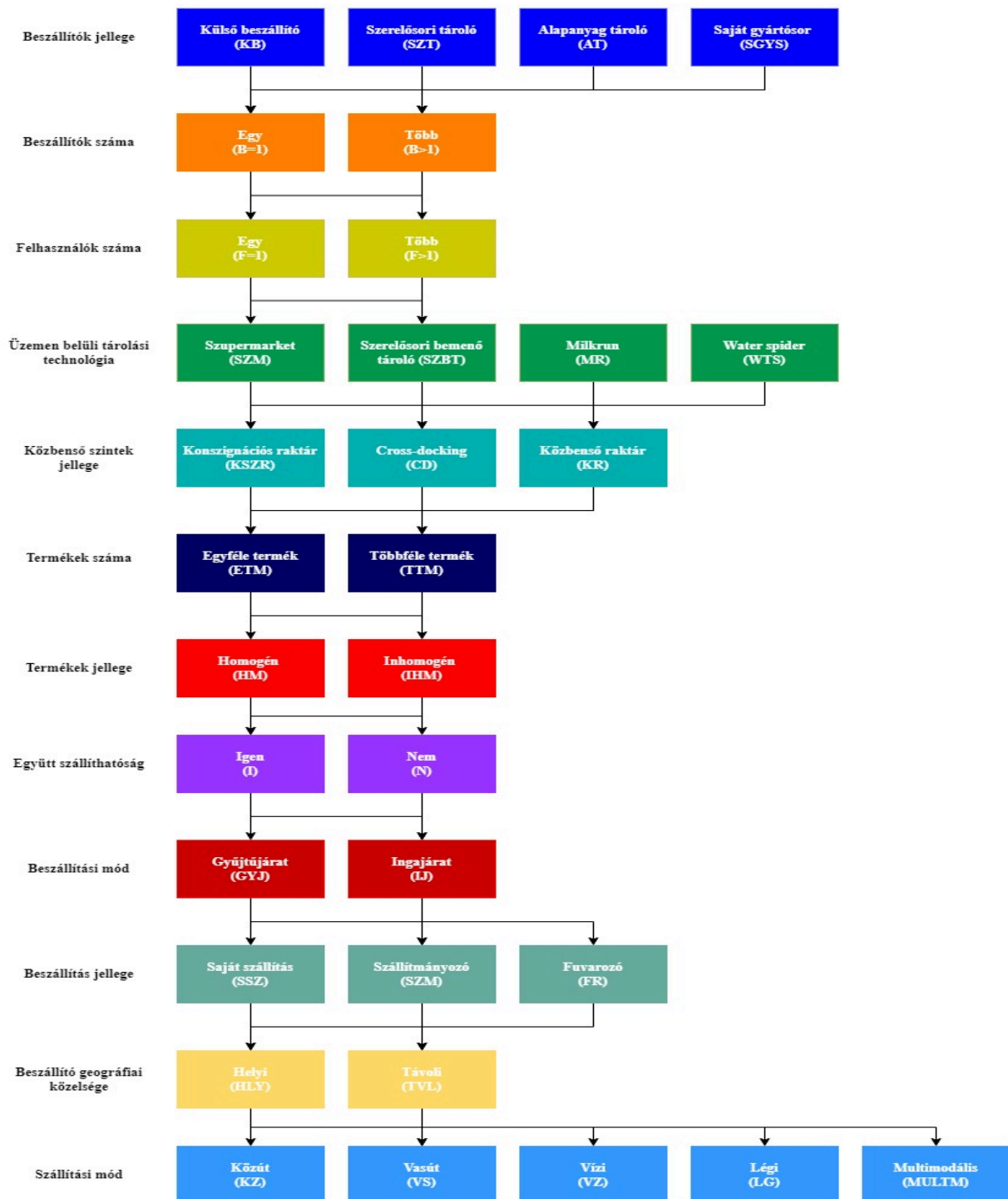
- az üzemi just-in-sequence folyamatok vizsgálatára alkalmas modellrendszer kidolgozása és a modellrendszerből a jellegzetes ellátási modellek leszámaztatása,
- a vizsgálati modellekben megfogalmazott tervezési feladatok megoldására alkalmas módszerek kidolgozása,
- jövőbeni fejlesztési lehetőségek összefoglalása.

A logisztikai folyamatok optimális kialakítása a globalizált gazdaság egyik létfontosságú feladatává vált jelen recesszió küszöbén, hiszen a vállalati szegmens résztvevői a költségeiket alapvetően logisztikai rendszereik optimális kialakítása révén tudják csökkenteni.

A tudományterületünkön jelentős szerepe van az ellátási lánc modellezésének, aminek logisztikai háttérét a következő fejezetben részletesen bemutatom. A célkitűzéseimnek megfelelően bizonyítható, hogy az üzemen belüli folyamatok fejleszhetővé válnak, amelyekhez olyan döntéstámogató rendszerstruktúra alakítható ki, ami hozzájárul a fenntarthatóbb vállalati működéshez.

### 3. A JUST-IN-SEQUENCE ELLÁTÁSI RENDSZEREK MODELLSTRUKTÚRÁJA

Ebben a fejezetben a just-in-sequence (JIS) ellátási láncok beszállítási jellegzetességeit tárom fel, illetve döntéstámogató rendszerstruktúrát alakítok ki. Az értekezés e fejezetében téma lehatárolását követően részletesen bemutatom a modellezéshez szükséges elemeket és a rendszerstruktúrát.



2. ábra: A just-in-sequence ellátási rendszerek új rendszerstruktúrája [Saját szerkesztés]



## Tézisfüzet

Ahogy a 2. ábra is jól bemutatja, a gyártási folyamatok alapanyagellátási igénye elég változó, így a termeléshez szükséges anyagok beszállítása attól függ, milyen alkatrész-összeállítást kíván meg. A beszállítandó termékek adják a gyártási folyamatok alapanyagait, hiszen ezek segítségével előállításra kerülhet a felhasználó által igényelt végeredmény. Különböző logisztikai igényeknek megfelelően kerül a szerelősorra, ahol közvetlenül feldolgozásra kerül. A 2. ábra mutatja a 46080 db lehetőséget.

A rendszerstruktúra olyan szükséges szempontokat tartalmaz, melyek alapvetően meghatározzák az ellátási lánc beszállítói anyagáramlását. A vevők folyamatosan változó igényei miatt olyan rendszereket szükséges kidolgozni, amelyek azonosítják a váratlan helyzeteket, azonnal leereagálják és teljesítik a vevői elvárásokat.

Az ellátási láncok működése során számos feladat jelentkezik, melyek megoldására és modellezésére van szükség a logisztikai tényezők figyelembevételével. Gyakorlatilag olyan átfogó szempontrendszert alkot, amely támogatja a stratégiai fontosságú döntések meghozatalát, ezzel lehetővé teszi az optimális ellátási stratégia kiválasztását.

Az ideális ellátási kapcsolat több előnnyel is járhat, melyek a következők lehetnek:

- a) a beszállítói kontroll költségei minimalizálhatóak,
- b) az alacsony raktározási költségek elérhetőek az optimális beszerzési stratégia alkalmazásával,
- c) a minőségi kockázatok csökkenthetőek.

Kettős cél definiálható a felhasználó és gyártói oldalon: kiszolgálja a felmerülő diverz vevői igényeket a vevői oldalon, valamint folyamatait és szolgáltatásait rendezetten, hatékonyan működteti az üzleti oldalon.

## 4. A JUST-IN-SEQUENCE ELLÁTÁSI RENDSZEREK MATEMATIKAI LEÍRÁSA

Ebben a fejezetben a rendszerstruktúra alapján az egyes rendszerváltozatok leszármaztathatók, a matematika eszközeinek segítségével egyértelműen leírhatók (matematikai modellezés). A negyedik fejezet témája a matematikai modellezéshez és az optimalizáláshoz szükséges modellelemek felépítése.

A matematikai modellek segítségével képesek vagyunk a logisztikai rendszer teljesítményének elemzésére és értékelésére, így támogatják a gyártási, beszerzési, elosztási és inverz folyamatokat, valamint más szolgáltatási tevékenységek hatékonyságának fejlesztését.

A rendszerparaméterek megválasztásával és ezek finomhangolásával valósítható meg a rendszer következetes és gazdaságos működtetése. Az anyagáramlási rendszerek méreteiket és sokszínűségüket tekintve számos paraméterrel jellemezhetőek.

Az anyagáramlási rendszerben, illetve ezek részrendszereiben az anyagáram és az áramló anyagmennyiség mátrix alakban leírható [178].

Az alábbi vektor tartalmazza az értekezésben definiált kapcsolati mátrix komponens csoportjait, ezek  $x$ -dik elemszámát, azaz darabszámát:

$$\mathbf{V}^\psi = \begin{matrix} & BSZ & RT & FR & GY \\ & |x_{BSZ} & x_{RT} & x_{FR} & x_{GY}|, \text{ ahol} \end{matrix} \quad (1)$$

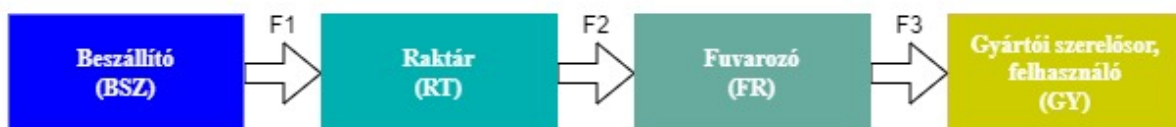
- $\psi$  a lehetséges különböző rendszerelemek száma,
- az  $x_{BSZ}$ , a beszállítók  $x$ -dik elemszáma,
- az  $x_{RT}$ , a raktárak  $x$ -dik elemszáma,
- az  $x_{FR}$ , a fuvarozók  $x$ -dik elemszáma,
- az  $x_{GY}$ , a gyártói szerelősorok  $x$ -dik elemszáma.

$$\mathbf{V}^\psi = \{1,1,1,1\}, \text{ ahol} \quad (2)$$

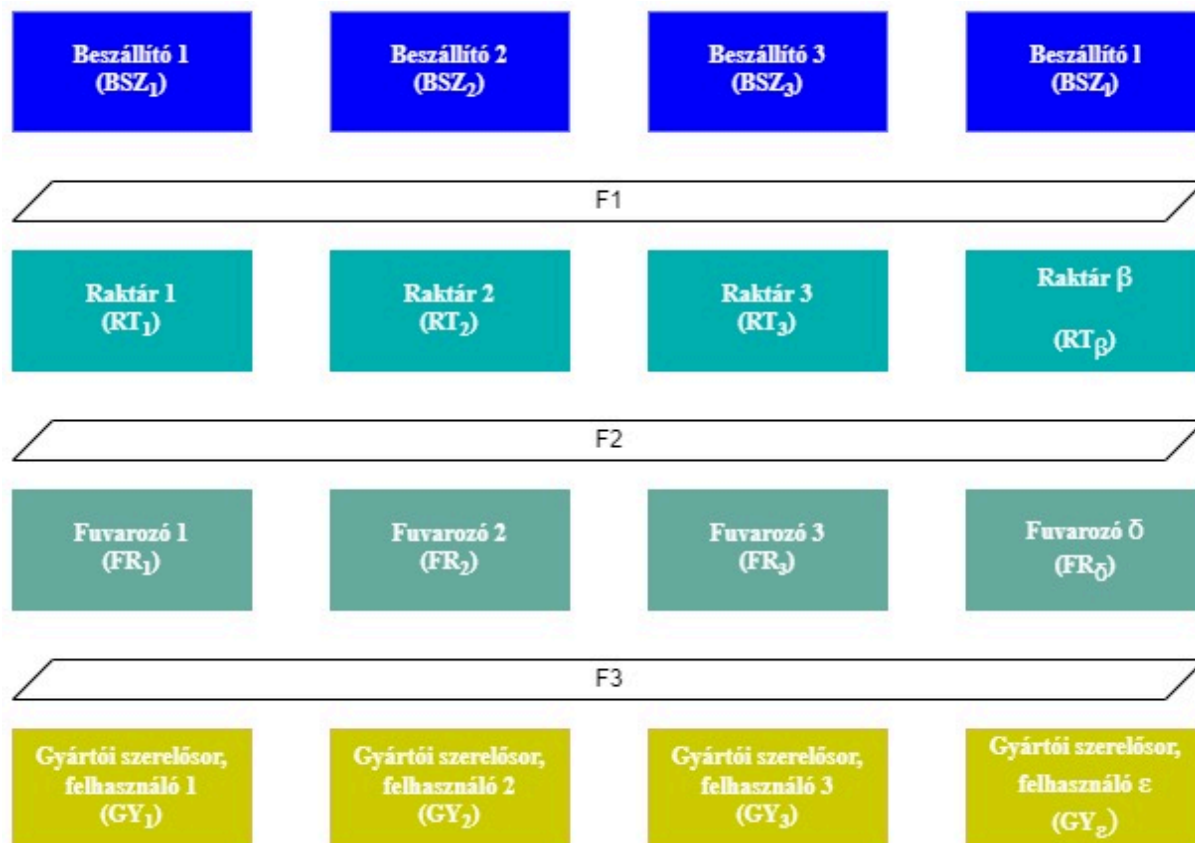
- ha  $\mathbf{V}^\psi$  valamelyik eleme 1, akkor  $x = 1$  adott rendszer tagelem pontosan egyszer jelen van,
- ha  $\mathbf{V}^\psi$  valamelyik eleme 1-nél nagyobb, akkor  $x > 1$  több rendszer tagelem is van,
- ha  $\mathbf{V}^\psi$  vektor valamelyik eleme 0, akkor  $x = 0$  valamelyik rendszer tagelem nincs, nem értelmezhető.

Két rendszerváltozat értelmezhető, (2)  $\mathbf{V}^\psi$  vektor alapján:

- I. Az egyszerű változatot a struktúra elemei alkotják meg, soros elrendezés (lásd 3. ábra),
- II. Összetett változat, párhuzamos elrendezés (lásd 4. ábra).



3. ábra Példa az egyszerű részrendszerre [Saját szerkesztés]



4. ábra Példa az összetett részrendszerre [Saját szerkesztés]

Célom az, hogy a jellegzetes alapmodelleket, részrendszereket megvizsgáljam, a bemutatott just-in-sequence ellátás rendszerparamétereit különböző módszerek segítségével összehasonlítsam a jövőbeni fejlesztések érdekében.

A kutatás újdonságértéke az, hogy a diverz összetett vállalati igények olyan újszerű és innovatív rendszerváltozatok megfogalmazását igénylik, melyek segítségével jelentős gazdasági hatékonyság érhető tetten a vállalatok gyártási és szolgáltatási folyamatainak fejlesztésében.

A just-in-sequence ellátási rendszerek új típusú modellstruktúráját dolgoztam ki, melyből a jellegzetes rendszerváltozatok leképezhetőek a további vizsgálatok elvégzéséhez.

A rendszerstruktúra figyelembevételével meghatároztam a just-in-sequence ellátási rendszer matematikai modell háttérét, amely leírja a rendszerszintű és az egyes rendszerelemek paramétereit. A beszállítók, a raktárak, a fuvarozók, valamint a gyártók esetében ismertettem azokat a rendszerparamétereiket, célfüggvényeket és korlátozásokat, amelyeket a speciális modellváltozatok kidolgozásakor mindenképp figyelembe kell venni.

## 5. A JUST-IN-SEQUENCE BESZÁLLÍTÁSI STRATÉGIÁK MATEMATIKAI MODELLEZÉSE

A fejezet témája a just-in-sequence beszállítási stratégiák matematikai modellezése, amelynek segítségével definiálható a vállalatok üzemen belüli just-in-sequence ellátási lánc folyamatainak működési fenntarthatósága, különösen a költségek és sequence-ek vonatkozásában. Továbbá itt kerül sor a rendszerváltozatok numerikus elemzésére, értékelésére és összehasonlítására.

A cél a három just-in-sequence stratégiának a modellezése, azok összehasonlítása, a modellek érzékenységvizsgálata, ami alkalmas lehet a megfelelő just-in-sequence stratégia kiválasztására.

A just-in-sequence alapú ellátás lehetővé teszi gyártási működés következetes kialakítását, hatékony módszerek kombinált felhasználását [I67], hiszen a vállalat gyártási folyamatait modern és gazdaságos ellátási stratégiákra helyezi [I79]. Az egyik lényeges különbség az, hogy a just-in-sequence ellátás többszintű beszállításokat is lehetővé tesz [S6]. Ehhez olyan egyedi tervezésű és a termékfajtánkénti konstrukció kialakítására van szükség, amely már az elejétől fogva vevői elvárásokat szolgál ki [I80].

A fenti cél elérésének érdekében kiemelt fontosságúnak tartom, hogy a matematikai modellezések leírásánál hasonló módszertant készítsék mindhárom stratégia vonatkozásában. A matematikai modellezés során meghatároztam az ismert paramétereket (rendszer jellegzetességek), célfüggvényeket, a jellemzően idő- és kapacitásalapú korlátozásokat és döntési változókat.

A következőkben összefoglalom a JIS beszállítási stratégiák főbb jellegzetességeit, kapcsolódó célfüggvényeit és döntési változóit. A részletes modellezés megtalálható a disszertáció vonatkozó alfejezeteiben.

### 5.1. A ship-to-sequence modellezése

Ship to sequence esetében a beszállítónál történik meg a szükséges termékek gyártása és sequence szerinti sorrendben történő beszállítása a felhasználóhoz.

A ship to sequence ellátási stratégia esetén nem hozunk létre a pull rendszerre jellemző nagy felhasználói készleteket, hanem eltoljuk az ellátási lánc korábbi pontjaira. Ezzel az ellátási stratégia már jobban megfelel a just-in-sequence alapelveknek.

Tehát a  $k$ . termék sequence szerinti komissióinak összeállítása nem a felhasználónál történik meg, hanem a beszállítónál, vagy egy közbelső raktárban, vagy egy cross-docking létesítményében.

A fenti gondolatmenet eredményeként a ship-to-sequence beszállítási stratégia értékelésére alkalmas függvény egy olyan költségfüggvény formájában írható fel, mely az ellátási lánc szereplőinek teljes költségét igyekszik minimalizálni:

$$\begin{aligned}
 K_A = & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} c_{ijk}^{A,BM} \cdot d_{ijk\tau}^{A,B} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,BW} \cdot \right. \\
 & \left. \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{A,F} - t_{ijk\tau}^{A,B} - t_{ijk\tau}^{A,TR}) \right) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,BH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,B} \right) + \\
 & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,BI} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{A,F} - t_{ijk\tau}^{A,B} - t_{ijk\tau}^{A,TR}) \right) + \\
 & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{max}} \mu_{i,j,\tau}^A \cdot c_{i,j,\tau}^{A,S} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,FW} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,F} \right) + \\
 & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{A,FH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{max}} d_{ijk\tau}^{A,F} \right) + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{max}} (1 - \mu_{i,j,\tau}^A) \cdot c_{i,j,\tau}^{A,S} \rightarrow \\
 & \min
 \end{aligned} \tag{3}$$

ahol:

- a  $d_{ijk\tau}^{A,F}$  az i. beszállítótól a j. felhasználó általi igény a k. termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben,
- a  $d_{ijk\tau}^{A,B}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék mennyisége a  $\tau$ . sequence esetében,
- a  $t_{ijk\tau}^{A,F}$  a j. felhasználó általi igény időpontja az i. beszállítótól várt k. termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben,
- a  $t_{ijk\tau}^{A,B}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék elkészülésének időpontja a  $\tau$ . sequence-ben,
- a  $t_{ijk\tau}^{A,TR}$  az i. beszállítótól a j. felhasználóhoz történő szállítás időtartama a k. termékre vonatkozó  $\tau$ . igény esetében,
- a  $c_{ijk}^{A,BM}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos előállítási költsége,
- a  $c_{ijk}^{A,BW}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos tárolási költsége,
- a  $c_{ijk}^{A,BH}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos anyagkezelési költsége,
- a  $c_{ijk}^{A,BI}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termékre vonatkozó fajlagos tőkelekötés mértéke,
- a  $c_{i,j,\tau}^{A,S}$  a fajlagos szállítási költség az i. beszállító és a j. felhasználó közötti szállítás esetében a  $\tau$ . sequence-re vonatkozóan,
- a  $c_{ijk}^{A,FW}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos tárolási költsége a j. felhasználónál,
- a  $c_{ijk}^{A,FH}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos anyagkezelési költsége a j. felhasználónál,
- a  $\mu_{i,j,\tau}^A$  a megosztott költségmodell jellemző állandó.

Amennyiben közvetlen ellátásról van szó, azaz a beszállítók és a felhasználók közötti kapcsolat közvetlen, akkor az alábbi alapvető döntési változókat érdemes figyelembe venni:

A döntési változó egyszerű módon beépíthető a célfüggvénybe és a korlátozásokba úgy, hogy az i. beszállítótól a j. felhasználó általi igény a k. termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben csak abban az esetben lesz nem negatív, amikor olyan hozzárendelés valósul meg az érintett beszállító, felhasználó, termék és sequence között, mely beszállítási folyamatot indukál:

$$x_{Aijk\tau} = 0 \rightarrow d_{ijk\tau}^{A,F} = 0 \text{ egyébként } d_{ijk\tau}^{A,F} = d_{ijk\tau}^{A,F*}, \quad (4)$$

ahol:  $x_{Aijk\tau}$  az i. beszállító, a j. felhasználó, a k. termék és a  $\tau$ . sequence összerendelését definiáló hipermátrix:  $x_{Aijk\tau} = 1$ , ha létezik a kapcsolat, egyébként  $x_{Aijk\tau} = 0$ ,  $d_{ijk\tau}^{A,F*}$  az i. beszállítótól a j. felhasználó általi tervezés előtti igény a k. termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben.

## 5.2. A pick-to-sequence modellezése

A pick-to-sequence esetében a felhasználónál történik meg az igényelt kommissiók összeállítása és sequence szerinti sorrendben történő beszállítása a felhasználóhoz.

A pick-to-sequence ellátási stratégia esetén a szerelősorok ellátása csak akkor tekinthető just-in-sequence elv szerinti megvalósulásnak, ha a kommissiók képzésére szolgáló készletek beszerzési folyamatait is vizsgáljuk. Emiatt a pick-to-sequence stratégia a beszállító-

felhasználó relációjában ismét jól alkalmazható, hiszen az egyes beszállító rendelkezik azon kompetenciákkal, amikkel alkalmassá teszi a just-in-time beszállítást, és a just-in-sequence elv csak a felhasználó létesítményein belül érvényesül.

Tehát a k. termék nem az igényeknek megfelelő sorrendben kerül beszállításra a felhasználó létesítményeibe, nevezetesen lehetnek a beérkező alkatrészek szerelősori-, vagy a gyártási helyszínen található JIS alapanyag tárolói. Ekkor a felhasználó által igényelt sequence-ek a szerelősorok előtt, vagy az ellátási lánc korábbi pontján kerülnek összeállításra, ilyen lehet a közbelső raktár, vagy a cross-docking létesítmény.

A fenti okfejtés alapján a pick-to-sequence beszállítási stratégia értékelésére alkalmas függvény hasonlóan költségfüggvény formájában írható fel, ami az ellátási lánc szereplőinek teljes költségét igyekszik figyelembe venni és ezeket minimalizálni:

$$\begin{aligned}
 K_B = & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} c_{ijk}^{B,BM} \cdot d_{ijk\tau}^{B,B} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,BW} \cdot \right. \\
 & \left. \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{B,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{B,F} - t_{ijk\tau}^{B,B} - t_{ijk\tau}^{B,TR}) \right) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,BH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{B,B} \right) + \\
 & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,BI} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{B,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{B,F} - t_{ijk\tau}^{B,B} - t_{ijk\tau}^{B,TR}) \right) + \\
 & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{\max}} \mu_{i,j,\tau}^B \cdot c_{i,j,\tau}^{B,S} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,FW} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) + \\
 & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,FH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{B,FE} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{B,F} \right) + \\
 & \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{\tau}^{\tau_{ijk}^{\max}} (1 - \mu_{i,j,\tau}^B) \cdot c_{i,j,\tau}^{B,S} \rightarrow \min
 \end{aligned} \tag{5}$$

ahol:

- a  $d_{ijk\tau}^{B,F}$ , az i. beszállítótól a j. felhasználó általi igény a k. termékre vonatkozóan,
- a  $d_{ijk\tau}^{B,B}$ , az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék mennyisége a  $\tau$ . sequence esetében,
- a  $t_{ijk\tau}^{B,F}$  egyaránt a j. felhasználó általi igény időpontja az i. beszállítótól várt k. termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben,
- a  $t_{ijk\tau}^{B,B}$  egyaránt az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék elkészülésének időpontja a  $\tau$ . sequence-ben,
- a  $t_{ijk\tau}^{B,TR}$  az i. beszállítótól a j. felhasználóhoz történő szállítás időtartama a k. termékre vonatkozó  $\tau$ . igény esetében,
- a  $c_{ijk}^{B,BM}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára előállított k. termék fajlagos gyártási költsége,
- a  $c_{ijk}^{B,BW}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos tárolási költsége,
- a  $c_{ijk}^{B,BH}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos anyagkezelési költsége az i. beszállítónál,
- a  $c_{ijk}^{B,BI}$  egyaránt az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termékre vonatkozó, tárolásból adódó fajlagos tökelekötés mértéke,
- a  $c_{i,j,\tau}^{B,S}$  ugyanúgy a fajlagos szállítási költség az i. beszállító és a j. felhasználó közötti szállítás esetében adott  $\tau$ . sequence-ére vonatkozóan,
- a  $c_{ijk}^{B,FW}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos tárolási költsége a j. felhasználónál,
- a  $c_{ijk}^{B,FH}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos anyagkezelési költsége a j. felhasználónál,

- $c_{ijk}^{B,FE}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termékből kialakított sequence-ek egyéb fajlagos költségei,
- a  $\mu_{i,j,\tau}^B$  a megosztott költségmodell jellemző állandó.

A pick to sequence stratégiának számos megoldása lehetséges. Ebben az esetben is közvetlen beszállításról van szó, tehát a beszállítók és a felhasználók közötti kapcsolatban az alábbi alapvető döntési változókat érdemes figyelembe venni:

A beszállítók, felhasználók és sequence-ek egymáshoz rendelése: Hasonlóan a döntési változó (4) alapján egyszerű módon beépíthető a célfüggvénybe és a korlátozásokba, hiszen az i. beszállítótól a j. felhasználó általi igény a k. termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben csak abban az esetben lesz nem negatív, amikor olyan hozzárendelés valósul meg az érintett beszállító, felhasználó, termék és sequence között, mely beszállítási folyamatot indukál:

$$x_{Bijk\tau} = 0 \rightarrow d_{ijk\tau}^{B,F} = 0 \text{ egyébként } d_{ijk\tau}^{B,F} = d_{ijk\tau}^{B,F*}, \quad (6)$$

ahol:  $x_{Bijk\tau}$  egyaránt az i. beszállító, a j. felhasználó, a k. termék és a  $\tau$ . sequence összerendelését definiáló hipermátrix:  $x_{Bijk\tau} = 1$ , ha létezik a kapcsolat, egyébként  $x_{Bijk\tau} = 0$ ,  $d_{ijk\tau}^{B,F*}$  az i. beszállítótól a j. felhasználó általi tervezés előtti igény a k. termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben.

### 5.3. A build-to-sequence modellezése

A build to sequence esetében a felhasználó maga állítja elő a termékek gyártásához szükséges alkatrészeket, és ezeket sequence szerinti sorrendben történik beszállítás a felhasználóhoz.

A build to sequence ellátási stratégia esetén a szerelősorok ellátása tekinthető leginkább just-in-sequence elv szerinti megvalósulásnak, hiszen a komissiók készítésére szolgáló alkatrészek legyártása a felhasználónál és a sequence igények szerinti mennyiségben és sorrendben történik.

Tehát a k. termék az igényeknek megfelelő sorrendben kerül beszállításra a felhasználó létesítményeibe, így a szerelősori, vagy a gyártási helyszínen található JIS alapanyag tárolókba.

Előfordulhat az is, hogy nem minden alkatrészt tud saját maga legyártani, ekkor az alkatrészek előállítását ugyancsak a felhasználói igényeknek megfelelően történik, azonban egy közbenső raktár vagy cross-docking létesítményben kiegészülhet további alkatrészekkel.

A fentiek alapján a build-to-sequence beszállítási stratégia értékelésére alkalmas függvény itt is költségfüggvény formájában írható fel, ami az ellátási lánc szereplőinek teljes költségét igyekszik minimalizálni:

$$\begin{aligned}
K_C = & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} c_{ijk}^{C,BM} \cdot d_{ijk\tau}^{C,B} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,BW} \cdot \right. \\
& \left. \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{C,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{C,F} - t_{ijk\tau}^{C,B} - t_{ijk\tau}^{C,TR}) \right) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,BH} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{C,B} \right) + \\
& \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,BI} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{C,B} \cdot (t_{ijk\tau}^{C,F} - t_{ijk\tau}^{C,B} - t_{ijk\tau}^{C,B}) \right) + \\
& \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} \mu_{i,j,\tau}^C \cdot c_{i,j,\tau}^{C,S} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,FM} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right) + \\
& + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,FW} \cdot \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left( c_{ijk}^{C,FH} \cdot \right. \\
& \left. \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} d_{ijk\tau}^{C,F} \right) + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{\tau=1}^{\tau_{ijk}^{\max}} (1 - \mu_{i,j,\tau}^C) \cdot c_{i,j,\tau}^{C,S} \rightarrow \min
\end{aligned} \quad (7)$$

ahol:

- a  $d_{ijk\tau}^{C,F}$  az i. beszállítótól a j. felhasználó általi igény a k. termékre vonatkozóan,
- a  $d_{ijk\tau}^{C,B}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék mennyisége a  $\tau$ . sequence esetében,
- a  $t_{ijk\tau}^{C,F}$  ugyancsak a j. felhasználó általi igény időpontja az i. beszállítótól várt k. termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben,
- a  $t_{ijk\tau}^{C,B}$  ugyancsak az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék elkészülésének időpontja a  $\tau$ . sequence-ben,
- a  $t_{ijk\tau}^{C,TR}$  az i. beszállítótól a j. felhasználóhoz történő szállítás időtartama a k. termékre vonatkozó  $\tau$ . igény esetében,
- a  $c_{ijk}^{C,BM}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos gyártási költsége,
- a  $c_{ijk}^{C,BW}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos tárolási költsége,
- a  $c_{ijk}^{C,BH}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos anyagkezelési költsége az i. beszállítónál,
- a  $c_{ijk}^{B,BI}$  egyaránt az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termékre vonatkozó, tárolásból adódó fajlagos tőkelekötés mértéke,
- a  $c_{ijk}^{C,FM}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos gyártási költsége,
- a  $c_{ijk}^{C,FW}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos tárolási költsége,
- a  $c_{ijk}^{C,FH}$  az i. beszállító által a j. felhasználó számára gyártott k. termék fajlagos anyagkezelési költsége,
- a  $c_{i,j,\tau}^{C,S}$  ugyanúgy a fajlagos szállítási költség az i. beszállító és a j. felhasználó közötti szállítás esetében adott  $\tau$ . sequence-ére vonatkozóan,
- a  $\mu_{i,j,\tau}^C$  a megosztott költségmodell jellemző állandó.

A build-to-sequence stratégiának számos megoldása lehetséges. A harmadik modellben is közvetlen beszállításról van szó, tehát a beszállító-felhasználó relációban az alábbi alapvető döntési változókat érdemes figyelembe venni:

Hasonlóan a beszállítók, felhasználók és sequence-ek egymáshoz rendelése: Hasonlóan a döntési változó (4) és (6) összefüggéseket felhasználva beépíthető a célfüggvénybe és a korlátozásokba, hiszen egyaránt az i. beszállítótól a j. felhasználó általi igény a k. termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben csak abban az esetben lesz nem negatív, amikor olyan hozzárendelés valósul meg az érintett beszállító, felhasználó, termék és sequence között, mely beszállítási folyamatot indukál:

$$x_{Cijk\tau} = 0 \rightarrow d_{ijk\tau}^{C,F} = 0 \text{ egyébként } d_{ijk\tau}^{C,F} = d_{ijk\tau}^{C,F*} \quad (8)$$

ahol:  $x_{Cijk\tau}$  egyaránt az i. beszállító, a j. felhasználó, a k. termék és a  $\tau$ . sequence összerendelését definiáló hipermatrix:  $x_{Cijk\tau} = 1$ , ha létezik a kapcsolat, egyébként  $x_{Cijk\tau} = 0$ ,  $d_{ijk\tau}^{C,F*}$  az i. beszállítótól a j. felhasználó általi tervezés előtti igény a k. termékre vonatkozóan a  $\tau$ . sequence-ben.



## 5.4. A just-in-sequence ellátási rendszerek összetett matematikai modellezése

A jellegzetes modellek leszármaztatásának eredményeként fel tudom használni a már kidolgozott és matematikailag leírt rendszerparamétereket attól függően, melyik stratégiák kerülnek ötvözésre. Ebben az alfejezetben egy speciális, kevert (egy build-to-sequence és egy ship-to-sequence) modellt hoztam létre, melyet a dolgozatban részletesen ismertettem.

A just-in-sequence beszállítás sikere abban rejlik, hogy a gyártói szerelősorok folyamatos, egyenletes és következetes anyagáramlása valósuljon meg, azaz a gyártáshoz igényelt megrendelések megfelelő sequence eljuttatása, mint például a nélkülözhetetlen alkatrészek és a segédanyagok esetében.

A hagyományos just-in-time ellátással szemben elkerüljük:

- a felesleges készletek felhalmozását,
- és az ellátási lánc folyamatok zavarából adódó materiális vagy erőforrás jellegű pazarlásokat,
- valamint az allokálási tévedéseket.

## 5.5. A just-in-sequence jellegzetes modellek összehasonlításai, numerikus elemzései

A just-in-sequence beszállítási stratégiák matematikai modellezése elérhetővé tette mindhárom alapstratégia szerinti beszállítás optimális rendszerparamétereit determinisztikus és sztochasztikus környezetben.

A numerikus elemzés, lényegében a bemutatott modellekre épülő virtuális esettanulmány, amely bemutatja a modell alkalmazhatóságát és érthetőségét.

<b>BEVÉTELSZÁMÍTÁSOK EREDMÉNYEINEK ÖSSZEHAONLÍTÁSA [eEUR]</b>				
<b>Beszállítási stratégia</b>	<b>Kiadás</b>	<b>Bevétel</b>	<b>Megtakarítás</b>	<b>%</b>
<b>Ship to sequence</b>	51,27	53,91	2,64	5%
<b>Pick to sequence</b>	50,06	50,49	0,43	1%
<b>Build to sequence</b>	45,22	74,46	29,24	65%

1. táblázat A bevételszámítások eredményei [Saját szerkesztés]

A 1. táblázat pedig a beszállítási stratégiák bevételeit írja le, hiszen az egyes beszállítási stratégia választásánál megadja, hogy az igényelt termékek szerelősori teljesítésével milyen mértékű megtakarítások érhetőek el.

Az elemzések eredményeinek ismeretében meghatározható, hogy melyik just-in-sequence beszállítási stratégia alkalmazása előnyösebb az ellátási lánc hatékony és gazdaságos működésének szempontjából. Ez esetben kitűnik, hogy a build to sequence beszállítás 65%-os nyereséget eredményezett.

A just-in-sequence ellátási láncok alkalmazási és optimalizálási lehetőségei még hibrid modellek szerint vizsgálhatók, különösen az autóiipari és mechatronikai vállalatok döntéshozatali folyamataiban.

## 6. A JUST-IN-SEQUENCE ELLÁTÁSI LÁNCOK ALKALMAZÁSI ÉS OPTIMALIZÁLÁSI LEHETŐSÉGEI

A fejezet célkitűzése az, hogy egy olyan döntéstámogató modellt dolgozzak ki, ami alkalmas az ellátási láncok készletezési tevékenysége hatékonyságának mérésére, célzottan a gyártástechnológiai folyamatokban.

Az ABC-XYZ módszerek modellszintű felhasználásával meghatározható a termékek fontossága, vagyis egyfajta stratégiai értékelést jelenthet a vállalat beszerzési folyamataiban, különösen a készletgazdálkodási alrendszerekben. A kidolgozandó mátrixmodell a just-in-sequence stratégia előnyös alkalmazási lehetőségét hordozza magában, ami túlmutat a hagyományos készletgazdálkodási stratégiákon. Ezzel olyan újszerű megközelítést kínál fel, amely hozzájárul a vállalati folyamatok fenntartható működtetéséhez, valamint a fölösleges pazarlásokból adódó veszteségek elkerüléséhez.

A végtermékek gyártási alapanyagainak beszállításához elengedhetetlen az optimális beszerzési stratégia megválasztása, különösen a just-in-sequence ellátásban igényelt sequence-ek tekintetében. A beszerzési portfólió tervezése az ABC-XYZ elemzés módszertani alkalmazásával történik.

Az optimális beszerzési portfólió definiálása szükséges a just-in-sequence ellátási lánc fejlesztésének érdekében, amelynek főbb kutatási alterületeit a következőképpen definiálom:

- a készletek és anyagok szintjeinek minimalizálása,
- a készletgazdálkodási tevékenységek hatékonyságának növelése,
- a döntéshozatali folyamatok problémáinak megoldása,
- az anyagáramlás hatékonyságának javítása, valamint
- a naturális és költségalapú célfüggvények szerinti értékelése.

Az ABC-elemzés az egyik legfontosabb eszköze a készletek optimális kialakításának, ahol a termékklaszter mennyiségeit vesszük figyelembe. Az ABC-elemzés jó eredményeket adhat alacsony bizonytalanságok esetén. Ahogyan az 5. ábra is jól szemlélteti, a beszerzések lebonyolítása nem egyszerű feladat, hiszen az egyes klasztervásárlások bizonytalanságának mértékét figyelembe kell venni.



5. ábra Az ABC-XYZ mátrix struktúrája [Saját szerkesztés]

## Tézisfüzet

A készletek hatékonysága matematikai és heurisztikus módszerekkel vizsgálható. A hagyományos, a konszignációs, a JIT, és a JIS ellátási stratégiák értékeléséhez és összehasonlításához a következő költségeket határozom meg:

- a gyártási költségek,
- a raktározási költségek,
- a rendelési költségek,
- a szállítási költségek,
- az inverz költségek, valamint
- a naturális költségek.

A készletgazdálkodási problémák célfüggvényei ez esetben is, ahogyan a (76) összefüggés egyike is mutatja, hogy az ellátási lánc teljes költségeinek minimalizálását írják le: a gyártási, a raktározási, a megrendelési, a szállítási, az utánpótlási és a naturális költségek vonatkozásában:

$$K = K_{gyárt} + K_{rakt} + K_{megrend} + K_{száll} + K_{utánp} + K_{nat} \rightarrow \min, \text{ ahol} \quad (9)$$

- $K_{gyárt}$  a gyártási költségek [EUR],
- $K_{rakt}$  a raktározási költségek [EUR],
- $K_{megrend}$  a megrendelési költségek [EUR],
- $K_{száll}$  a szállítási költségek [EUR],
- $K_{utánp}$  az utánpótlási költségek [EUR],
- $K_{nat}$  a naturális költségek [EUR].

Az ABC-XYZ osztályozás segítségével a különböző fontosságú termékek elkülöníthetők. A 2. táblázat bemutatja azt a mátrixmodell megközelítést, amely a készletezési stratégiákat (JIS, JIT, konszignációs, hagyományos) kilenc különböző osztályba (AX, ..., CZ) sorolja be a terméktevékenységek és változók mentén.

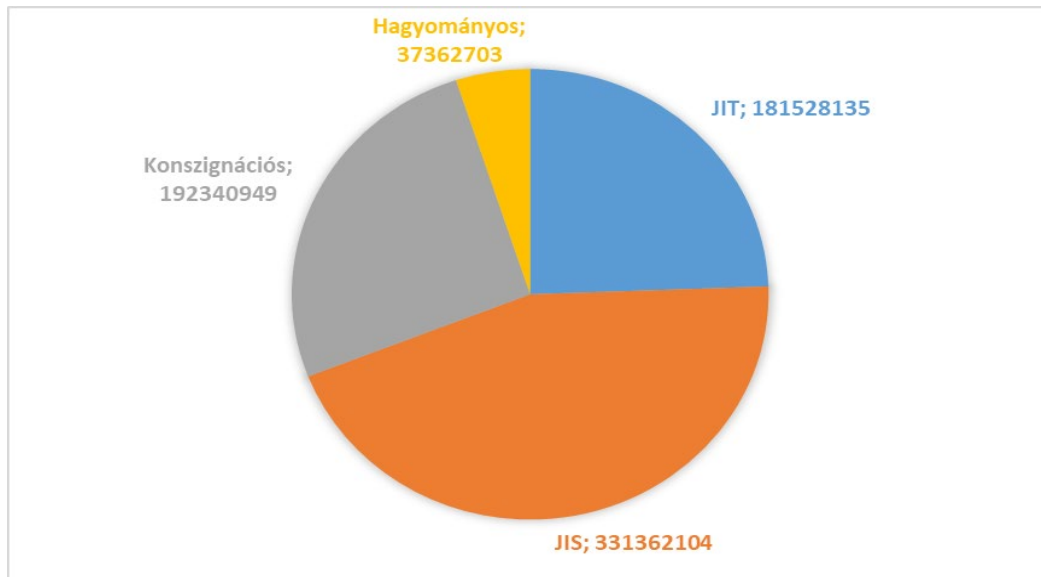
<b>ABC-XYZ Osztályozás</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>X</b>	JIS		Hagyományos
<b>Y</b>	JIT		
<b>Z</b>	Konszignációs		

2. táblázat Az ellátási stratégiák ABC-XYZ osztályozási modellje [Saját szerkesztés]

A kidolgozott ABC-XYZ osztályozási modell főbb előnyei: Az ABC-elemzés több ellátási szinten is alkalmazható, ahol a relatív gyakoriság szerint csoportokra osztják a kiválasztott készlettermékeket, és minden csoportban eltérő leltárkezelési rendszereket alakítanak ki. Az XYZ- elemzésben (feltételeket lásd 5. ábra) a termékek felhasználási volumenük és az előrejelzés pontossága alapján osztályozhatók.

A 6. ábrán is jól látható, hogy az éves felhasználási költségek legnagyobb százalékát (45%) a just-in-sequence stratégia fedezi.

A bemutatott ABC-XYZ elemzés eredményei alapján összefoglalható, hogy az 5. táblázatban ismertetett eredmények bizonyítékaul az optimális beszerzési módszer, a készletezési stratégia megválasztható, ez adott termék mennyiségétől és az adatok bizonytalanságától függ. A beszerzési stratégiák (JIS, JIT, konszignációs, hagyományos) hozzárendelése az ABC-XYZ mátrix egyes klasztereinek méretétől és a beszerzési stratégiák költséghatékonyságától függ. Például az „AX” termékklaszter esetében a just-in-sequence szállítás az optimális megoldás, míg az „XC” termékklaszter esetében a hagyományos, vagy a konszignációs raktáron keresztüli szállítás az optimális beszerzési módszer.



6. ábra Az egyes készletezési stratégiák beszerzési költségei (stratégiák szerinti rendezésben és egység költségben összesítve) [Saját szerkesztés]

A készletgazdálkodás feladata a gyártási és szolgáltatási folyamatokhoz szükséges anyagok biztosítása. A fiktív vállalat termékkészleteit elemezve megállapítottam, hogy mely termék milyen fontosságú szerepet tölt be a vállalat készletezési rendszerében.

A bemutatott eredmények meggyőzően szemléltetik, hogy a döntéshozatali folyamatok és a készletezési stratégiák értékelése javítható. A just-in-sequence stratégia dominánsan támogatja az említett gyártási és szolgáltatási folyamatok irányítását és ellenőrzését. Ez azt jelenti, hogy a készletgazdálkodási folyamatokban intenzíven jelennek meg a just-in-sequence megoldásai. Ennek eredményeként megfigyelhető a készletek hatékonyságának javulása, hiszen a just-in-sequence ellátási folyamatokban az ütemezési és szállítási anyagáramlások szabályozhatók, miközben a működési költségek jelentősen csökkenthetők.

Jelen elemzési módszer korlátozott, hiszen a nem ismert vagy dinamikus bizonytalanságok miatt a termékklaszterek állandóan változhatnak, ezért nem lehet elég hosszú időablakra megválasztani a legjobb beszerzési stratégiát. A jövőben a modell kiterjesztése lehetőséget nyújt sztochasztikus környezet teremtésére, ahol már elérhetővé válik a többszintű ütemezési problémák megoldása is.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

A Ph.D. értekezés témaválasztását a vállalati tapasztalatok és a napjainkban egyre nehezedő gazdasági körülmények ihlették. A gyártó és szolgáltató vállalatok nehéz helyzetben vannak, hiszen a mindennapi kihívások újabb és újabb megoldandó feladatok elé állítják őket. Ezek a vállalatok gyártási folyamataira és logisztikai szolgáltatásaira fókuszál – különösen a szükséges nyersanyagok beszerzésétől egészen az elhasznált termékek újrahasznosításáig.

A vállalati döntések az ellátási lánc megoldások alkalmazásának területén elsősorban a zavartalan és gazdaságos működési környezet megteremtését, valamint ezek logisztikai anyagáramlási folyamatainak optimális kialakítását, bevezetését és működtetését célozzák meg. Külön kiemelendő a Magyar Iparfejlesztési Stratégia jelentősége, hiszen az iparfejlesztés és a logisztika trendjeit a gyártásban bekövetkező változások (termelés+logisztika) alapján meghatározzák.

A módszeres irodalomkutatás vizsgálata során számos olyan szakirodalmi tétellel találkoztam, amely a just-in-time és a just-in-sequence ellátások döntéseivel foglalkozik. A kidolgozott vizsgálati protokoll segítségével lehetséges az adott kutatási témakör szakirodalmi helyzetének jobb megismerése, megértése és átfogó áttekintése. A szakirodalom szerint is éles verseny folyik a piaci igények teljesítéséért, ami a működés újragondolásával, például az üzemi költségek minimalizálásával és az azonnali vevői igényekre adott válaszokkal fejleszhető, tökéletesíthető.

A fentiek alapján az értekezésemben foglalkoztam a just-in-sequence ellátási rendszerek fejlődésével, a döntéstámogató modell struktúrájával, a matematikai leírással és a különböző beszállítási stratégiák matematikai modellezésével is, amelyek az optimális üzemen belüli folyamatok fejlesztéseit célozzák meg.

A just-in-sequence ellátási rendszerek modellstruktúrájának kidolgozása lehetővé tette a jellegzetes rendszerváltozatok leképezését a további vizsgálatok elvégzésének érdekében. Feltártam a just-in-sequence modell hátterét, ami leírja az ellátási szinteken résztvevő felek rendszerparamétereit, célfüggvényeit és korlátozásait, amelyeket a speciális modellváltozatok kidolgozásánál figyelembe kell venni.

A just-in-sequence beszállítási stratégiák matematikai modellezése elérhetővé tette mindhárom alapstratégia szerinti beszállítás optimális rendszerparamétereit determinisztikus és sztochasztikus környezetben. A kidolgozott modellek verifikációja érdekében numerikus elemzések segítségével vizsgáltam meg néhány fiktív vállalat alapanyag-beszállítási folyamatait. Ezen beszállítások mutatószámainak értékelésével és összehasonlításával megállapítottam, melyik modell alkalmazása előnyösebb.

A bemutatott eredmények nagyszerűen szemléltetik a just-in-sequence ellátási láncok alkalmazási és optimalizálási lehetőségeit, hiszen az autóiipari és mechatronikai vállalatok döntéshozatali folyamatait támogatják, különösen a gyártási vagy a szolgáltatási folyamatok irányításában és ellenőrzésében. A kidolgozott modellek igazolására létrehoztam az optimális beszerzési portfóliót, melynek segítségével értékeltem a gyártási és szállítási folyamatok beszerzésének, készletgazdálkodásának eredményességét. Elemzéseim nyomán megfigyelhető a készletek hatékonyságának javulása, hiszen a just-in-sequence ellátási folyamatokban az ütemezési és szállítási anyagáramlások szabályozhatóak, miközben a működési költségek jelentősen csökkenthetők.

Jövőbeni kutatási célként jelölöm meg a vizsgálati modellek alapján megfogalmazható NP-hard feladatok megoldására alkalmas új heurisztikus, metaheurisztikus optimalizálási módszerek kidolgozását és alkalmazását.

Egyetemi munkásságom tekintetében pedig szeretném az elért eredményeket az oktatás során is felhasználni, hiszen szükség van az ismeretek átadására, a jövő értelmiségének tehetség gondozására és a szakmai utánpótlás nevelésére.

## **8. AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

### **I. TÉZIS**

Kidolgoztam egy új módszeres szakirodalmi feldolgozás megbízhatóságát fokozó, az ISO 9004-4-ben szereplő PDSA módszeren alapuló vizsgálati protokollt. A szisztematikus irodalomkutatás újszerű megközelítése a leíró jellegű áttekintéseken túl szigorúbb kritérium- és követelményrendszer alapján vizsgálja meg az adott kutatási témakör szakirodalmi helyzetét. Megállapítom, hogy az új kidolgozott vizsgálati protokoll segítségével elvégzett irodalomkutatás eredményeként: a kialakított vizsgálati protokoll átfogó képet ad a just-in-time elvein nyugvó just-in-sequence ellátási lánc megoldások tervezési kérdéseiről – különösen az ellátási láncok vállalati szintű gyártó- és szolgáltató folyamataiban.

\*\*\*

### **II. TÉZIS**

Kidolgoztam a just-in-sequence ellátási rendszerek egy olyan új típusú modellstruktúráját, melyből a jellegzetes rendszerváltozatok leképezhetőek a további vizsgálatok elvégzéséhez. Meghatároztam a just-in-sequence ellátási rendszer matematikai modell háttérét, amely leírja a rendszerszintű és az egyes rendszerelemek paramétereit. A beszállítók, a raktárak, a fuvarozók, valamint a gyártók esetében ismertettem azokat a rendszerparamétereket, célfüggvényeket és korlátozásokat, amelyeket a speciális modellváltozatok kidolgozásakor mindenképp figyelembe kell venni.

\*\*\*

### **III. TÉZIS**

Kidolgoztam egy olyan jellegzetes just-in-sequence matematikai modellrendszert mindhárom alapstratégiára, amelynek segítségével a just-in-sequence beszállítás optimális rendszerparaméterei meghatározhatóak determinisztikus és sztochasztikus környezetben. A numerikus elemzések segítségével feltártam a just-in-time és just-in-sequence beszállítások mutatószámainak értékelését és azok összehasonlítását, mindezek révén megállapítottam, hol előnyösebb a just-in-sequence beszállítás modelljének alkalmazása. Definiáltam a just-in-sequence ellátási rendszerek problémáját, ennek kapcsán megállapítottam, hogy új heurisztikus, metaheurisztikus módszerek kidolgozása és alkalmazása szükséges NP-hard feladatok problémamegoldására.

\*\*\*

### **IV. TÉZIS**

Kidolgoztam egy olyan döntéstámogató mátrix modellt, amely értékeli a gyártási és szállítási folyamatok beszerzési hatékonyságát. Megvizsgáltam az egyes készletezési stratégiákhoz kapcsolódó termékklaszterek beszerzési költségeit, és megállapítottam, hogy a just-in-sequence elvű készletezési stratégiák alkalmazása előnyösebb. Tehát az optimális beszerzési portfólió definiálása szükséges a just-in-sequence elvű ellátási lánc fejlesztése érdekében, amelynek főbb kutatási alterületei a következők: (1) a készletek és anyagok szintjeinek minimalizálása, (2) a készletgazdálkodási tevékenységek hatékonyságának növelése, (3) a döntéshozatali problémák megoldása, (4) az anyagáramlás intenzitásának javítása és (5) a naturális és költségalapú célfüggvények szerinti értékelése.

## 9. IRODALOMJEGYZÉK

### 9.1. Az értekezés témakörében használt saját publikációk

[S1] Juhász J. and Bányai T. (2017). *Logistic aspects of real time decisions in intelligent transportation systems*. In: Bodzás, Sándor; Mankovits, Tamás (szerk.) Proceedings of the 5th International Scientific Conference on Advances in Mechanical Engineering (ISCAME 2017) Debrecen, Magyarország: University of Debrecen Faculty of Engineering, pp. 228-234. ISBN: 978-963-473-304-1.

[S2] Juhász J., Bányai T. (2019). *Ipar 4.0 szerepe a városi logisztikában*. In: Bodzás, Sándor; Antal, Tamás (szerk.) Műszaki tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2019: konferencia előadásai, Debrecen, Magyarország : Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottság, pp. 157-160. ISBN: 978-963-706-438-8.

[S3] Juhász, J. and Bányai, T. (2021). *Impact of COVID-19 Outbreak on disrupted Supply Chain: A critical review of challenges and solutions*. Advanced Logistic Systems - Theory and Practice, **15**(1), pp. 30–47.

DOI: <https://doi.org/10.32971/als.2021.004>.

[S4] Juhász, J. (2022). *Módszeres szakirodalmi kutatás jelentősége, avagy a PDSA módszer alapuló vizsgálati protokoll szerepe a just-in-sequence ellátási láncok fejlesztésénél*. Digitális technológiák szerepe a logisztikai folyamatok előrejelzésében (2022.) c. konferencia, Miskolci Egyetem Logisztikai Intézete, pp. 14-18.

ISBN: 978-963-358-275-6.

[S5] Juhász, J. (2022). *Just-in-sequence ellátási rendszerek modellstruktúra változatai*. Innovatív kutatások a logisztikában (2022.) c. konferencia kiadvány, Miskolci Egyetem Logisztikai Intézete, pp. 21-24.

ISBN: 978-963-358-250-3.

[S6] Juhász J., Bányai T. (2018). *What industry 4.0 means for just-in-sequence supply in automotive industry?* Lecture Notes In Mechanical Engineering, pp. 226-240.

DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75677-6\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75677-6_19).

[S7] [Juhász, J., Bányai, T., Veres, L. & Hriczó, K. (2021). *Description of package delivery task with mathematical model*. Academic Journal of Manufacturing Engineering, **19**(2), pp. 39-47.

ISSN: 1583-7904.

[S8] Juhász J. (2023). *Just-in-sequence ellátási rendszerek matematikai leírása*. In: Molnár, Dániel; Molnár, Dóra (szerk.) XXVI. Tavaszi Szél Konferencia 2023 Tanulmánykötet, Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ), pp. (Megjelenés várhatóan 2023.06.hó).

ISBN:.

[S9] Juhász J., Bányai T. (2023). *Just-in-sequence beszállítási stratégiák matematikai modellezése*. In: Molnár, Dániel; Molnár, Dóra (szerk.) XXVI. Tavaszi Szél Konferencia 2023 Tanulmánykötet, Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ), pp. (Megjelenés várhatóan 2023.06.hó).

ISBN:.

[S10] Juhász, J., & Bányai, T. (2021). *Understanding the purchasing portfolio model: A just-in-sequence approach increasing manufacturing efficiency*. Journal of Applied Engineering Science, **19**(4), 926-933.

DOI: <https://doi.org/10.5937/jaes0-30742>.

## 9.2. Az értekezés témakörében használt idegen publikációk

- [11] Judit, S. (2011). Szervezeti érzelmek és szervezeti bizalom, tananyag, Budapest Corvinus Egyetem, Budapest, Magyarország.
- [12] Kamarási, V.; Mogyorósy, G. (2015). *Szisztematikus irodalmi áttekintések módszertana és jelentősége. Segítség a diagnosztikus és terápiás döntésekhez*. Orvosi Hetilap **156**(38), 1523-1531.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1556/650.2015.30255>.
- [13] Xiao, Y. and Watson, M. (2019). *Guidance on Conducting a Systematic Literature Review*. Journal of Planning Education and Research **39**(1), 93–112,  
DOI: <http://www.doi.org/10.1177/0739456X17723971>.
- [14] Miloslavskaya, S., Panychev, A., Myskina, A., Kurenkov, P. (2019). *Intermodal transportation using inland water transport in Russia and abroad*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, **698**(6).  
DOI: <http://www.doi.org/10.1088/1757-899X/698/6/066059>.
- [15] Boysen, N., Fliedner, M., Scholl, A. (2010). *Level scheduling under limited resequencing flexibility*. Flexible Services and Manufacturing Journal, **22**(3-4), pp. 236-257.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1007/s10696-010-9065-0>.
- [16] Boysen, N., Fliedner, M., Scholl, A. (2009). *The product rate variation problem and its relevance in real world mixed-model assembly lines*. European Journal of Operational Research, **197**(2), pp. 818-824.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.ejor.2008.06.038>.
- [17] Boysen, N., Fliedner, M., Scholl, A. (2009). *Level Scheduling for batched JIT supply*. Flexible Services and Manufacturing Journal, **21**(1-2), pp. 31-50.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1007/s10696-009-9058-z>.
- [18] Boysen, N., Fliedner, M., Scholl, A. (2009). *Level scheduling of mixed-model assembly lines under storage constraints*. International Journal of Production Research, **47**(10), pp. 2669-2684.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1080/00207540701725067>.
- [19] Boysen, N., Fliedner, M., Scholl, A. (2008). *Sequencing mixed-model assembly lines to minimize part inventory cost*. OR Spectrum, **30**(3), pp. 611-633.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1007/s00291-007-0095-2>.
- [110] Hüttmeir, A., de Treville, S., van Ackere, A., Monnier, L., Prenninger, J. (2009). *Trading off between heijunka and just-in-sequence*. International Journal of Production Economics, Vol. **118**, No. 2, 501–507.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.12.014>.
- [111] Hillis, D. (2007). *The thinking trucks*. In: Manufacturing Engineer, Vol. **86**, No. 1, 32–35.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1049/me:20070107>.
- [112] Fliedner, M., Boysen, N., Scholl, A. (2010). *Solving symmetric mixed-model multi-level just-in-time scheduling problems*. Discrete Applied Mathematics, **158**(3), pp. 222-231.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.dam.2009.09.013>.
- [113] Faria, J.A., Nunes, E., Matos, M.A. (2010). *Cost and quality of service analysis of production systems based on the cumulative downtime*. International Journal of Production Research, **48**(6), pp. 1653-1684.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1080/00207540802068631>.
- [114] Hahm, J., Yano, C.A. (1995). *The economic lot and delivery scheduling problem: The common cycle case*. IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers), **27**(2), pp. 113-125.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1080/07408179508936724>.
- [115] Herrera, M.K.I.F., Portillo, M.T.E., López, R.R., Gómez, J.A.H. (2019). *Lean manufacturing tools that influence an organization's productivity: Conceptual model proposed*.



- [Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización: Modelo conceptual propuesto]. *Revista Lasallista de Investigacion*, **16**(1), pp. 115-133.  
DOI: <http://www.doi.org/10.22507/rli.v16n1a6>.
- [I16] Plöger, M., Haasis, H.-D. (2008). *Equitably taken just-in-sequence supply in production networks*. *ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Vol. **103**, No. 9, 613–615.  
DOI: <http://www.doi.org/10.3139/104.101334>.
- [I17] Tien, J.M., Berg, D. (2007). *A calculus for services innovation*. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, **16**(2), pp. 129-165.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1007/s11518-007-5041-y>.
- [I18] Van De Pol, J. (2001). *Just-in-time: On strategy annotations*. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, **57**, pp. 41-63.  
DOI: [http://www.doi.org/10.1016/S1571-0661\(04\)00267-1](http://www.doi.org/10.1016/S1571-0661(04)00267-1).
- [I19] Chang, P.C. (1999). *Branch and bound approach for single machine scheduling with earliness and tardiness penalties*. *Computers and Mathematics with Applications*, **37**(10), pp. 133-144.  
DOI: [http://www.doi.org/10.1016/S0898-1221\(99\)00130-3](http://www.doi.org/10.1016/S0898-1221(99)00130-3).
- [I20] Dr. Cselényi József, Dr. Illés Béla (2004). *Logisztikai rendszerek I.*, Miskolci Egyetem Kiadó, Miskolc.
- [I21] Mochalin, S.M., Tyukina, L.V., Novikova, T.V., Pogulyaeva, I.V., Romanenko, E.V. (2016). *Problems of inter-organizational interaction of participants in motor transport cargo shipments*. *Indian Journal of Science and Technology*, **9**(21).  
DOI: <http://www.doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i21/95220>.
- [I22] Piran, F.S., Bortolini, F., Antunes, J. (2015). *Strategic positioning, classic manufacturing strategy and manufacturing strategy of hyundai motor company: An analysis*. In: *Espacios*, Vol. **36**, No. 3, 5. Nunes, F.D.L.
- [I23] Zacharias, W. (2002). *Triaton. Castrum sequence - The control center for just-in-sequence module production in the automotive supply industry*. *Technische Mitteilungen Krupp*, 8+63–66.
- [I24] Dong, J., Zhang, L., Xiao, T. (2016). *Part supply method for mixed-model assembly lines with decentralized supermarkets*. *Tsinghua Science and Technology*, **21**(4), pp. 426-434.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1109/TST.2016.7536720>.
- [I25] Yusriski, R., Astuti, B., Sukoyo, Samadhi, T.M.A.A., Halim, A.H. (2015). *Integer Batch Scheduling Problems for a Single-Machine to Minimize Total Actual Flow Time*. *Procedia Manufacturing*, **2**, pp. 118-123.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.021>.
- [I26] Kang, Y.-S., Kim, H., & Lee, Y.-H. (2018). *Implementation of an RFID-Based Sequencing-Error-Proofing System for Automotive Manufacturing Logistics*. *Applied Sciences*, **8**(1), 109.  
DOI: <http://www.doi.org/10.3390/app8010109>.
- [I27] Stauder, M., Kühn, N. (2021). *AI for in-line vehicle sequence controlling: development and evaluation of an adaptive machine learning artifact to predict sequence deviations in a mixed-model production line*. *Flexible Services and Manufacturing Journal*.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1007/s10696-021-09430-x>.
- [I28] Čujan, Z., Fedorko, G. (2016). *Supplying of Assembly Lines Using Train of Trucks*. *Open Engineering*, **6**(1), pp. 426-431.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1515/eng-2016-0057>.
- [I29] Goli, A., Babae Tirkolae, E., Soltani, M. (2019). *A robust just-in-time flow shop scheduling problem with outsourcing option on subcontractors*. *Production and Manufacturing Research*, **7**(1), pp. 294-315.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1080/21693277.2019.1620651>.

- [I30] Cedillo-Campos, M., Morones Ruelas, D., Lizarraga-Lizarraga, G., Gonzalez-Feliu, J., & Garza-Reyes, J. (2017). *Decision policy scenarios for just-in-sequence (JIS) deliveries*. Journal of Industrial Engineering and Management, **10**(4), 581-603, DOI: <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.2090>.
- [I31] Matt, D.T., Dallasega, P., Rauch, E. (2014). *Synchronization of the manufacturing process and on-site installation in ETO companies*. Procedia CIRP, **17**, pp. 457-462. DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.058>.
- [I32] Bassil, S., Keller, R.K., Kropf, P. (2004). *A Workflow-Oriented System Architecture for the Management of Container Transportation*. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), **3080**, pp. 116-131. DOI: [http://www.doi.org/10.1007/978-3-540-25970-1\\_8](http://www.doi.org/10.1007/978-3-540-25970-1_8).
- [I33] Srisuruk, W., Sudtachat, K., Horkaew, P. (2021). *Biobjective Scheduling for Joint Parallel Machines with Sequence-Dependent Setup by Taking Pareto-Based Approach*. Modelling and Simulation in Engineering. DOI: <http://www.doi.org/10.1155/2021/6663375>.
- [I34] Thibbotuwawa, A., Bocewicz, G., Nielsen, P., Zbigniew, B. (2019). *Planning deliveries with UAV routing under weather forecast and energy consumption constraints*. IFAC-PapersOnLine, **52**(13), pp. 820-825. DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.231>.
- [I35] Herrmann, J.W. (2012). *Finding optimally balanced words for production planning and maintenance scheduling*. IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers), **44**(3), pp. 215-229. DOI: <http://www.doi.org/10.1080/0740817X.2011.602660>.
- [I36] Akturk, M.S., Erhun, F. (1999). *An overview of design and operational issues of kanban systems*. International Journal of Production Research, **37**(17), pp. 3859-3881. DOI: <http://www.doi.org/10.1080/002075499189808>.
- [I37] Li, X. (2022). *Webster sequences, apportionment problems, and just-in-time sequencing*. Discrete Applied Mathematics, **306**, pp. 52-69. DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.dam.2021.09.020>.
- [I38] Khranilov, V.P., Misevich, P.V., Pankratova, E.N., Ermilov, A.E. (2021). *Models for supporting the operating scenarios during a life cycle in automated systems*. Procedia Computer Science, **186**, pp. 460-465. DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.procs.2021.04.166>.
- [I39] Geman, D., Geman, S., Hallonquist, N., Younes, L. (2015). *Visual Turing test for computer vision systems*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **112**(12), pp. 3618-3623. DOI: <http://www.doi.org/10.1073/pnas.1422953112>.
- [I40] Dissegna, S., Logozzo, F., Ranzato, F. (2014). *Tracing compilation by abstract interpretation*. Conference Record of the Annual ACM Symposium on Principles of Programming Languages, pp. 47-59. DOI: <http://www.doi.org/10.1145/2535838.2535866>.
- [I41] Dissegna, S., Logozzo, F., Ranzato, F. (2016). *An abstract interpretation-based model of tracing just-in-time compilation*. ACM Transactions on Programming Languages and Systems, **38**(2). DOI: <http://www.doi.org/10.1145/2853131>.
- [I42] Kanai, J., Gomes, C.E.M., Bertoli, S.R., Fontanini, P.S.P. (2021). *Visilean® application for monitoring and control of pre-fabricated concrete panels*. Gestao e Producao, **28**(3). DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9649-2021V28E5800>.

- [143] Dranidis, D., Metzger, A., Kourtesis, D. (2010). *Enabling proactive adaptation through just-in-time testing of conversational services*. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), **6481** LNCS, pp. 63-75.  
DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-17694-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-17694-4_6).
- [144] Reyes, J., Aldás, D., Salazar, E., Armendáriz, E., Álvarez, K., Núñez, J., García, M. (2017). *Finite Progressive Planning for the Assembly Process in Footwear*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, **212**(1).  
DOI: <http://www.doi.org/10.1088/1757-899X/212/1/012020>.
- [145] Tiwari, S., Pawar, G., Luttmann, E., Trujillo, R., Sreekumar, A. (2018). *Visual planning for supply chain management of prefabricated components in construction*. IGLC 2018 - Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Evolving Lean Construction Towards Mature Production Management Across Cultures and Frontiers, **2**, pp. 1150-1159.  
DOI: <http://www.doi.org/10.24928/2018/0419>.
- [146] Makinde, O., Ramatsetse, B., Munyai, T. (2020). *A dynamic programming model for Reconfigurable Vibrating Screen machine operations planning in a fluctuating market environment*. Procedia Manufacturing, **43**, pp. 247-254.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.149>.
- [147] Zhao, Z., Wu, B., Zhou, M., Ding, Y., Sun, J., Shen, X., Wu, Y. (2014). *Call sequence prediction through probabilistic calling automata*. ACM SIGPLAN Notices, **49**(10), pp. 745-762.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1145/2660193.2660221>.
- [148] Zhao, Z., Wu, B., Zhou, M., Ding, Y., Sun, J., Shen, X., Wu, Y. (2014). *Call sequence prediction through Probabilistic Calling Automata*. Proceedings of the Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages, and Applications, OOPSLA, pp. 745-762.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1145/2660193.2660221>.
- [149] De Wael, M., Marr, S., De Koster, J., Sartor, J.B., De Meuter, W. (2015). *Just-in-time data structures*. Onward! 2015 - Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on New Ideas, New Paradigms, and Reflections on Programming and Software, Part of SPLASH 2015, pp. 61-75.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1145/2814228.2814231>.
- [150] Thongkaew, S., Isshiki, T., Li, D., Kunieda, H. (2015). *Dalvik bytecode acceleration using fetch/decode hardware extension*. Journal of Information Processing, **23**(2), pp. 118-130.  
DOI: <http://www.doi.org/10.2197/ipsjip.23.118>.
- [151] Dong, Y., Deshpande, S., Rivera, D.E., Downs, D.S., Savage, J.S. (2014). *Hybrid model predictive control for sequential decision policies in adaptive behavioral interventions*. Proceedings of the American Control Conference, pp. 4198-4203.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1109/ACC.2014.6859462>.
- [152] Gross, J.L. (2011). *Genus distributions of cubic outerplanar graphs*. Journal of Graph Algorithms and Applications, **15**(2), pp. 295-316.  
DOI: <http://www.doi.org/10.7155/jgaa.00227>.
- [153] Akturk, M.S., Yildirim, M.B. (1999). *A new dominance rule for the total weighted tardiness problem*. Production Planning and Control, **10**(2), pp. 138-149.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1080/095372899233299>.
- [154] Jantz, M.R., Kulkarni, P.A. (2013). *Performance potential of optimization phase selection during dynamic jit compilation*. ACM SIGPLAN Notices, **48**(7), pp. 131-141.  
DOI: <http://www.doi.org/10.1145/2517326.2451539>.
- [155] Liu, Y., Liao, X., Zhang, R. (2019). *An enhanced MOPSO algorithm for energy-efficient single-machine production scheduling*. Sustainability (Switzerland), **11**(19).

DOI: <http://www.doi.org/10.3390/su11195381>.

[I56] Yin, L., Li, X., Lu, C., Gao, L. (2016). *Energy-efficient scheduling problem using an effective hybrid multi-objective evolutionary algorithm*. Sustainability (Switzerland), **8**(12).

DOI: <http://www.doi.org/10.3390/su8121268>.

[I57] Jocksch, A., Mitran, M., Siu, J., Grcevski, N., Amaral, J.N. (2010). *Mining opportunities for code improvement in a just-in-time compiler*. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), **6011** LNCS, pp. 10-25.

DOI: [http://www.doi.org/10.1007/978-3-642-11970-5\\_2](http://www.doi.org/10.1007/978-3-642-11970-5_2).

[I58] Jantz, M.R., Kulkarni, P.A. (2013). *Performance potential of optimization phase selection during dynamic JIT compilation*. VEE 2013 - Proceedings of the ACM SIGPLAN/SIGOPS International Conference on Virtual Execution Environments, pp. 131-141.

DOI: <http://www.doi.org/10.1145/2451512.2451539>.

[I59] Kimms, A. (1999). *A genetic algorithm for multi-level, multi-machine lot sizing and scheduling*. Computers and Operations Research, **26**(8), pp. 829-848.

DOI: [http://www.doi.org/10.1016/S0305-0548\(98\)00089-6](http://www.doi.org/10.1016/S0305-0548(98)00089-6).

[I60] Celik, A., Nie, P., Rossbach, C.J., Gligoric, M. (2019). *Design, implementation, and application of GPU-based Java bytecode interpreters*. Proceedings of the ACM on Programming Languages, **3** (OOPSLA).

DOI: <http://www.doi.org/10.1145/3360603>.

[I61] Moon, C., Medd, D., Jones, P., Harenberg, S., Oxbury, W., Samatova, N.F. (2016). *Online prediction of user actions through an ensemble vote from vector representation and frequency analysis models*. 16th SIAM International Conference on Data Mining 2016, SDM 2016, pp. 90-98.

DOI: <http://www.doi.org/10.1137/1.9781611974348.11>.

[I62] Garcia-Villoria, A., Moreno, R.P. (2010). *Solving the response time variability problem by means of the electromagnetism-like mechanism*. International Journal of Production Research, **48**(22), pp. 6701-6714.

DOI: <http://www.doi.org/10.1080/00207540902862545>.

[I63] López, S.G., Cabrera, F.O. (2007). *System of scheduling for mixed assembly lines in a just in time environment*. IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline), **1** (PART 1), pp. 249-254.

DOI: <http://www.doi.org/10.3182/20071002-mx-4-3906.00041>.

[I64] Hariga, M.A., Jackson, P.L. (1996). *The warehouse scheduling problem: Formulation and algorithms*. IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers), **28**(2), pp. 115-127.

DOI: <http://www.doi.org/10.1080/07408179608966257>.

[I65] Liao, P., Greenewald, K., Klasnja, P., Murphy, S. (2020). *Personalized heartsteps: A reinforcement learning algorithm for optimizing physical activity*. Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, **4**(1).

DOI: <https://doi.org/10.1145/3381007>.

[I66] Raiff, B.R., Karataş, Ç., McClure, E.A., Pompili, D., Walls, T.A. (2014). *Laboratory validation of inertial body sensors to detect cigarette smoking arm movements*. Electronics, **3**(1), pp. 87-110.

DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics3010087>.

[I67] Czap László. (2021). *Impact of Preprocessing Features on the Performance of Ultrasound Tongue Contour Tracking, via Dynamic Programming*. Acta Polytechnica Hungarica **18**(2) pp. 159-176.

DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2640038>.

- [I68] Gonzalez-Neira, E.M., Montoya-Torres, J.R., Jimenez, J.-F. (2021). *A multicriteria simheuristic approach for solving a stochastic permutation flow shop scheduling problem*. Algorithms, **14**(7).  
DOI: <http://www.doi.org/10.3390/a14070210>.
- [I69] Zhou, B.-H., Peng, T. (2017). *Scheduling methods of just-in-time material replenishment in mixed-model assembly lines*. Kongzhi yu Juece/Control and Decision, **32**(6):976-982.  
DOI: <http://www.doi.org/10.13195/j.kzyjc.2016.078>.
- [I70] Rabe, M. (2003). *Simulation of supply chains*. International Journal of Automotive Technology and Management, Vol. **3**, No. 3-4, pp. 368–382.
- [I71] Severino, M.R., Godinho Filho, M. (2019). *POLCA system for supply chain management: simulation in the automotive industry*. Journal of Intelligent Manufacturing **30**, 1271–1289.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10845-017-1323-5>.
- [I72] Čujan Z., Fedorko G. (2016). *Supplying of Assembly Lines Using Train of Trucks*. Open Engineering, vol. **6**, no. 1, 426-431.  
DOI: <https://doi.org/10.1515/eng-2016-0057>.
- [I73] Capone, R. (2022). *Blended Learning and Student-centered Active Learning Environment: a Case Study with STEM Undergraduate Students*. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, **22**(1), pp. 210-236.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s42330-022-00195-5>.
- [I74] Pastorio, D.P., Ribeiro, B.S., Dutra de Souza, L.A.V., Pigosso, L.T., Fragoso, T.A. (2020). *Development and implementation of a teaching unit based on Just-in-Time Teaching: a study on students' perceptions*. [Elaboração e implementação de uma unidade didática baseada no Just-in-Time Teaching: um estudo sobre as percepções dos estudantes]. Revista Brasileira de Ensino de Física, **42**(189), pp. 1-13.  
DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0296>.
- [I75] Bányai, T., Bányai, A. (2017). *Modelling of just-in-sequence supply of manufacturing processes*. MATEC Web of Conferences, 112.  
DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711206025>.
- [I76] Dissegna, S., Logozzo, F., Ranzato, F. (2016). *An abstract interpretation-based model of tracing just-in-time compilation*. ACM Transactions on Programming Languages and Systems, **38**(2).  
DOI: <https://doi.org/10.1145/2853131>.
- [I77] C. K. Prahalad and G. Hamel (1990). *The Core Competencies of the Corporation*. Harvard Business Review, Vol. **68**, No. 3, pp. 79-91.
- [I78] Cselényi, J.; Illés, B. (2006): *Anyagáramlási rendszerek tervezése és irányítása I.*, Miskolc, Magyarország : Miskolci Egyetemi Kiadó, 384 p, ISBN: 9636616728.
- [I79] Bányai, T.; Illés, B.; Gubán, M.; Gubán, Á.; Schenk, F.; Bányai, Á. (2019). *Optimization of Just-In-Sequence Supply: A Flower Pollination Algorithm-Based Approach*. Sustainability, **11**, 3850.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/su11143850>.
- [I80] Adrodegari, F.; Bacchetti, A.; Pinto, R.; Pirola, F.; Zanardini, M. (2015). *Engineer-to-order (ETO) production planning and control: An empirical framework for machinery-building companies*. Prod. Plan. Control., **26**, pp. 910–932.  
DOI: <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.1001808>.