

BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM
ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR

ÉLELMISZERLOGISZTIKAI FOLYAMATOK OPTIMALIZÁLÁSA

Hajnal Éva

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Budapest

2007

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: Dr. Fodor Péter,
tanszékvezető egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Kar
Alkalmazott Kémia Tanszék

Témavezető: Dr. Kollár Gábor
egyetemi tanár, CSc
Áruekezelési és Áruforgalmazási Tanszék
Élelmiszertudományi Kar
Budapesti Corvinus Egyetem

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, a műhelyvita során elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

A munka előzményei és célkitűzései

Napjainkban a fogyasztók egyre jobban odafigyelnek az elfogyasztott élelmiszerek minőségére, biztonságosságára, vagy a szükséges kapcsolódó információk meglétére. A menedzsment részéről pedig alapvető az a felismerés, hogy a termékek és szolgáltatások minőségét csak a megfelelően kialakított folyamatokkal lehet biztosítani. Ahhoz, hogy az élelmiszerek elosztása kellően hatékony legyen, ezeket a folyamatokat kell optimálisan kialakítani és működtetni.

A folyamatok optimalizálásának egyik módszere lehet olyan kidolgozott, szabványosított módszerek alkalmazása, mint a statisztikai alapú mintavételezés, illetve olyan döntéstámogató rendszerek igénybevétele, amelyek gyors és pontos információkat szolgáltatva segítenek a döntési bizonytalanság csökkentésében. Ilyen eszköz lehet a szimulációs technika. Az elmúlt három évtized során a szimulációs módszerek alkalmazása viharos gyorsasággal terjedt el a gyártási és logisztikai folyamatok optimalizálásában. Tapasztalataim szerint azonban az élelmiszeripar területén csupán nagyobb projektek vagy beruházások előtt végeznek folyamatszimulációs vizsgálatokat, pedig a megfelelően felépített, verifikált és validált modellek nagyban megkönnyíthetik a döntéshozók feladatát a napi döntési szituációkban is. Az alternatív forgatókönyvek kiértékelésével a megfelelő döntések hozhatók meg, figyelembe véve esetleg azok környezetre gyakorolt hatását is. A folyamatszimulációs modellek egyben csökkentik a döntéstámogatás költségét is.

Az élelmiszer ellátási lánc minden szereplőjének alapvető érdeke, hogy a készletgazdálkodás folyamatosan magas színvonalú legyen, így a vevőkhöz mindig jó minőségű termékek kerüljenek, a termék tulajdonosának pedig minél kevesebb értékesíthetetlen árut kelljen leselejteznie. Az optimális készletgazdálkodást hivatottak biztosítani a kiszállítás előtti különféle rendezési módszerek (FIFO, FEFO, LIFO stb.) is. Élelmiszerek esetén a pultontarthatósági idő folyamatos figyelése is alapvető fontosságú lenne, hogy a valódi minőségellenőrzött logisztika megvalósulhasson.

Vizsgálataimat két témakörben végeztem. Az egyik a statisztikai alapú mintavételezés alkalmazhatóságának vizsgálata, a másik pedig a folyamatszimuláció. Ez utóbbi kérdéskör vizsgálatához három szimulációs modellt építettem, amelyből kettő kizárólag az általam vizsgált logisztikai központ belső folyamatait veszi alapul, a harmadik pedig egy konkrét gyorsfagyasztott gyümölcs ellátási láncát mutatja a feldolgozástól a logisztikai központból történő kiszállításig.

Kutatómunkám fő célkitűzései

Munkám során az alábbi kérdésekre kerestem választ:

- Kiváltható-e az összekészítési folyamat végét jelentő teljes körű ellenőrzés valamilyen szabványos statisztikai alapú mintavételes ellenőrzéssel, rendkívül szigorú vevői követelmények esetén?
- Élelmiszerlogisztikai központok esetén alkalmas-e a szimulációs technika napi döntési szituációkban döntéstámogató eszközként a döntési bizonytalanság csökkentésére? Segíthet-e a vezetőknek, hogy döntéseiket azok környezetre gyakorolt hatása alapján is felülvizsgálhassák?
- Hatékonyan végzi-e az általam választott – kereskedelmi forgalomban kapható – szimulációs szoftver az erőforrás optimalizálást, összevetve saját – csak az adott probléma szintjéhez feltétlenül szükséges numerikus közelítéseket tartalmazó - Matlab-ra ill. Visual Basic for Excel nyelven írt programunkkal?
- Hogy néz ki az a modell, ami a pultontarthatósági idő fogyását jeleníti meg az ellátási láncan előrehaladva idényszerűen termő, ám folyamatosan értékesített gyorsfagyasztott élelmiszer (szamóca) esetén? Mekkora a felült pultontarthatósági idő bizonyos beállított modell paraméterek esetén?
- Létezik-e olyan kiszállítás előtti rendezési szabály, melyet alkalmazva a termék tulajdonosa amellelt, hogy az élelmiszerek megfelelő minőségben kerülnek a fogyasztókhoz, a raktáron lévő készlet gazdálkodását optimálisabban oldhatja meg? Ebben a kérdéskörben vizsgáltam:
 - Milyen egyenlet írja le a pultontarthatósági idő és a hőmérséklet kapcsolatát gyorsfagyasztott szamóca esetén?
 - Gyorsfagyasztott szamóca esetén van-e szignifikáns különbség az egyes raklapok elfogyasztott pultontarthatósági idejének ($\sum f_{con}$) tekintetében a vizsgált időszakot tekintve, ha a hagyományos FIFO/FEFO, vagy ha az általam bevezetett DEFO (Dynamic Expiry First Out) kiszállítás előtti rendezési módot választjuk?

Anyagok és módszerek

Vizsgálataim során kizárólag az elosztási logisztikára koncentráltam egy olyan logisztikai központban, amely három hőmérsékleti tartományban üzemel. A szárazáru raktárrészben nem temperált élelmiszerek (AMB) raktározása és kezelése folyik, ezen kívül pedig van egy hűtött (CHL) és egy mélyhűtött (FRZ) raktárrész is. A központ egymodalitású, az árut kamionok szállítják.

Mintavételes ellenőrzés

Az első kutatási területem a mintavételes ellenőrzés alkalmazhatósága, amire alapul az ISO 2859-0 és 2859-1 szabványokat használtam, az elemzést az általam vizsgált logisztikai központban, historikus adatokkal végeztem. A mintavétel alapjául az itt összekészített, kiszállításra váró termékek szolgáltak, amiket hagyományosan még utoljára egy 100%-os ellenőrzésnek vetnek alá. Az ellenőrzés célja, hogy a vevőkhöz pontosan összekészített áru menjen ki, illetve hogy megállapítható legyen a dolgozók teljesítménye. Mintavétel szempontjából fontos, hogy kétféle összekészítési folyamat van a raktárban, egy papír alapon működő, és egy modern, rádiófrekvenciás.

Hibás az a rakat, amely nem felel meg az előírásoknak, vizsgálataim során a minőségi (sérült külkarton), de főleg a mennyiségi nem-megfelelőségre koncentráltam.

Folyamatszimuláció

Második kutatási területem a folyamatszimuláció alkalmazhatóságának vizsgálata volt, először az általam vizsgált logisztikai központ beszállítási folyamatát tekintve, majd egy konkrét termék ellátási láncának egy szeletét elemezve. A vizsgálatokra olyan folyamatokat választottam, amelyeknél az időben állandósult állapot már beállt. A „felfutási”, vagy a zavarás miatti átmeneti szakaszbeli viselkedések vizsgálatát dolgozatomban nem tűztem ki célul, ezek a jövőben további kutatások alapjául szolgálhatnak.

Egy-egy folyamat teljesítményét a rá jellemző teljesítménymutatók segítségével határoztam meg. A vizsgálatok során teljesítménymutatóként többek között a ciklusidőt, várakozási időt, sorhosszt, munkaerő kihasználtságot, működési költséget, és hátralévő pulton tarthatósági időt használtam. A folyamatok modellezése során fontos feladat volt a modell szintjének helyes megválasztása.

Vizsgálataimat az Extend szimulációs szoftverrel végeztem. A sorállási és az erőforrás modellek konkrét alkalmazásainak számításait az Extend mellett egy másik, Almásy Gedeon

által MATLAB-ra kifejlesztett folyamatszimuláló szoftver segítségével is elvégeztem, amelynek egy-egy egyszerűsített verzióját hoztuk létre Visual Basic for Excel nyelven.

A **sorállási modellnél** a kamionok raktárba történő beérkezését és lerakódását, illetve az ezt megelőző várakozást elemeztem. Ennek során két alternatív megoldást vizsgáltam (*var1*, *var2*). Az egyiknél minden árutípust csak az árutípusra eredetileg definiált dokkokon lehet átvenni, a másiknál viszont bizonyos prioritási szabályokat betartva az átirányítás is lehetséges volt. A modell bemeneti adatait az *1. táblázat* tartalmazza.

Ez tipikusan egy sorbanállási kérdés, a bemeneti adatok alapján azonban nem lehet eldönteni, hogy melyik szcenárió lesz a hatékonyabb, pedig operációszerkezési szempontból ennek komoly jelentősége lehet.

A sorállási modell segítségével megválaszolandó kérdés a következő:

Van-e hatása a gépkocsik várakozási idejére és a sorhosszra, ha a szárazáru szállító kamionok leszedése esetlegesen a szabad hűtött dokkokon is történhet?

Az **erőforrás modellnél** szintén az áruk beérkezését modelleztem, de csak a szárazáru raktárrész dokkjain. Vizsgáltam közben, hogy a fenti feladat elvégzéséhez a meghatározott prioritási szabályokat betartva mekkora az emberi erőforrás szükséglet. Olyan modellt építettem, amely az általam megadott célfüggvény alapján optimalizálással kalkulálja a raktárosok, magasemelő targoncások és gyalogvezérlésű targoncások számát. A modell bemeneti adatait az *1. táblázat* tartalmazza.

Az optimalizáláshoz megadott célfüggvény a profit maximalizálást veszi alapul:

$$\text{MaxProfit} = \text{IPP} * \text{InPalNum} - \text{cWHK} * \text{WHKnum} - \text{cRTD} * \text{RTDnum} - \text{csPPTD} * \text{PPTDnum}$$

ahol

| | |
|----------|--|
| IPP | raklaponkénti bevétel |
| InPalNum | betárolt raklapok száma |
| cWHK | egy raktáros költsége |
| WHKnum | raktárosok száma |
| cRTD | egy magasemelő targoncás költsége |
| RTDnum | magasemelő targoncások száma |
| cPPTD | egy gyalogvezérlésű targoncás költsége |
| PPTDnum | gyalogvezérlésű targoncások száma. |

Az erőforrás modell segítségével megválaszolandó kérdések a következők:

- Az emberi erőforrások megfelelő ütemezése megoldhatja-e a szárazáru dokkokon a sorállási problémát anélkül, hogy onnan a kamionokat a hűtött dokkokra kellene átirányítani?
- A szimulációs szoftverrel felépített modell futtatása a szoftverbe épített optimalizáló algoritmussal megfelelően pontos eredményt ad-e, használható-e a szoftvernek ez a funkciója a napi operációban?

Az ellátási lánc modell alapja a Time-Temperature-Tolerance modell. Ez feltételezi, hogy ha a termék hőmérsékleti múltja ismert, akkor a pulntarthatósági idő bizonyos időpillanatig felhasznált hányada (f_{con}) egyenlő minden egyes hőmérsékleti sávban eltöltött idő (t_i) osztva az adott hőmérsékleten értelmezett pulntarthatósági idővel (θ_i).

$$f_{con} = \sum(t_i / \theta_i)$$

Céлом az volt, hogy kiszámítsam különböző modell paraméterek esetén a felélt pulntarthatósági időt a központi raktárból történő kiszállításig, illetve megvizsgáljam, hogy érdemes-e a raklapokat a kiszállítás előtt a hagyományos FIFO/FEFO rendezési szabálytól eltérően a $\sum f_{con}$ értékek alapján rendezni. A $\sum f_{con}$ értékek alapján történő rendezési elvet DEFO-nak neveztem. Ez a szabály az élelmiszer tényleges terhelését veszi figyelembe, és a rendezés pillanatáig változik. Az elemzés alapjául a gyorsfagyasztott számócat választottam, mert ennél az élelmiszernél voltak meg az elemzéshez szükséges publikált alapadatok.

Az ellátási lánc modell segítségével megválaszolandó kérdés a következő:

Az ellátási láncot vizsgálva a központi raktárból történő kiszállításig vannak-e olyan anomáliák az egyes raklapok kezelését illetően, hogy a kiszállítandó tételek $\sum f_{con}$ értékei alapján a két vizsgált modell szcenárió (FIFO és DEFO) közötti különbség adott valószínűségi szinten szignifikáns.

A modellt csak az ipari környezetben jobban használható Extend szimulációs szoftverrel építettem meg, az elemzés során effektív hőmérsékletekkel dolgoztam. A három futtatás sorozat során beállított hőmérsékleti adatok a következők:

1. $T_{eff_szállítás} = -18^\circ\text{C}$, $T_{eff_bevételezés} = 5^\circ\text{C}$, $T_{eff_tárolás} = -20^\circ\text{C}$
2. $T_{eff_szállítás} = -18^\circ\text{C}$, $T_{eff_bevételezés} = 5^\circ\text{C}$, $T_{eff_tárolás} = -18^\circ\text{C}$
3. $T_{eff_szállítás} = -18^\circ\text{C}$, $T_{eff_bevételezés} = 15^\circ\text{C}$, $T_{eff_tárolás} = -20^\circ\text{C}$

A beérkezést és kiszállítást előre meghatározott minta szerint adtam meg, a bemeneti adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A vizsgált modellek bemeneti adatai

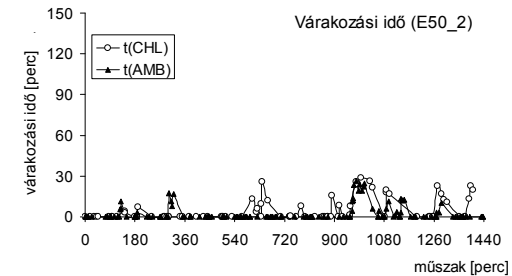
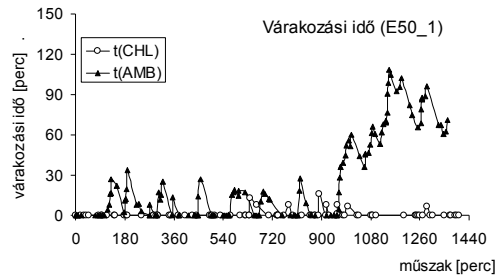
| | Sorállási modell | Erőforrás modell | Ellátási lánc modell |
|---------------------------------|---|--|---|
| Modell típusa | diszkrét, sztochasztikus | diszkrét, sztochasztikus | diszkrét, sztochasztikus |
| Elemzési mód | szcenárió analízis | optimalizálás | szcenárió analízis |
| Információ tárolás | attribútum | nincs attribútum | adatbázis |
| Entitások | kamionok | kamionok, raklapok | kamionok, raklapok |
| Élelmiszer típus | AMB, CHL és FRZ | AMB | FRZ |
| Beérkezés | exponenciális eloszlás (várható érték 5 perc) | u.a. mint a sorállási modellnél | betakarítási minta szerint |
| Kezdő esemény | kamionok érkezése a raktárhoz | kamionok érkezése a raktárhoz | kamionok indulása a fagyasztó üzemből |
| Záró esemény | betárolás állványba | betárolás állványba | raktárból való kiszállítás |
| Operációk időszükséglete | Betárolás: 50 perc/kamion | lerakódás: 90, adminisztráció: 15, bevételezés: 90 perc/(kamion/dolgozó) | beszállítás: normál eo, várható érték 1 óra, szórás 20 perc, bevételezés: normál e.o. várható érték. 3 perc/raklap, szórás 0,5 perc |
| Dokkok száma | 5-5-5 | 5 | 1 |
| Erőforrás | korlátlan | optimalizálandó | korlátlan |
| Futás hossza | 24 óra | 24 óra | 1 év |
| Futások száma | 4 | konvergencia alapján | 4 |
| Célfüggvény | nincs | van | nincs |

Az eredmények összefoglalása

A **statistikai mintavételes ellenőrzés** alkalmazhatóságának vizsgálatok az ellenőrzési terv fajtáját és szigorúságát, valamint a mintavételi lépések számát (ellenőrzési tervtípus) előre meghatároztam, az átvételi hibaszint (AQL) értékét pedig a vevővel történő egyeztetés alapján adtam meg. A historikus adatokkal történő elemzés során azt tapasztaltam, hogy az ISO 2859 szabványban definiált módszerrel akár 80%-os megtakarítást is el lehetne érni a kiszállítás előtti végső ellenőrzés idejéből.

Abban a konkrét esetben azonban, amit én vizsgáltam, a vevővel közösen meghatározott teljesítménymutató -amiből az AQL értéke kiszámítható- olyan szigorú, hogy csak nagy mintanagysággal volt biztosítható a jó és rossz tételek közötti megfelelő megkülönböztető képesség. Ekkor azonban egyrészt nem garantálható a minta homogenitása, másrészt nem tartható vissza a teljes tétel az ellenőrzés végéig. Alkalmas lehet azonban a módszer a beszállított tételek átvétel előtti ellenőrzésére, illetve más logisztikai központban akár a kiszállítás előtti ellenőrzésre is, ha a többi feltétel adott.

A **sorállási modellnél** olyan beállítást választottam, amelynél előre nem látható, hogy a két vizsgált scenárió közül melyik lesz az alkalmasabb, viszont a modell lefuttatásával ez rögtön egyértelművé vált. A modell első verziójánál a sorhossz és a várakozási idő a szimulációs idő utolsó harmadában elkezdett növekedni, és a 24 órás műszak végére a sorban maradtak kamionok, amik nem lettek kiszolgálva. A dokkok kihasználtsága a második verzióánál kiegyenlítődött, az átlagos és maximális várakozási idő szintén csökkent (1. ábra). Az összes futtatás eredményeinek összefoglalását a 2. táblázat tartalmazza.



1. ábra: Várakozási idő eredmények a Var1 (E50_1) és Var2 (E50_2) sorállási modelleknél

2. táblázat: Numerikus eredmények a Sorállási modell két verziójának futtatásaiból (1-4. futások)

| Futás | Kamion | AMB | CHL | FRZ | Összes | Kihaszn(AC)% |
|-------|-----------|-----|-----|-----|--------|--------------|
| 1 | érkezett | 136 | 84 | 44 | 264 | |
| | Betár. v1 | 125 | 82 | 44 | 251 | 94% |
| | Betár. v2 | 132 | 81 | 44 | 257 | 97% |
| 2 | érkezett | 143 | 89 | 48 | 280 | |
| | Betár. v1 | 137 | 88 | 47 | 272 | 97% |
| | Betár. v2 | 138 | 87 | 47 | 272 | 97% |
| 3 | érkezett | 147 | 93 | 48 | 288 | |
| | Betár. v1 | 138 | 92 | 48 | 278 | 96% |
| | Betár. v2 | 143 | 92 | 48 | 283 | 98% |
| 4 | érkezett | 156 | 94 | 53 | 303 | |
| | Betár. v1 | 137 | 93 | 50 | 280 | 92% |
| | Betár. v2 | 150 | 93 | 50 | 293 | 97% |

Azt tapasztaltam, hogy az Extend rendkívül hatékonyan adta meg ugyanazt az eredményt, amit az Almásy-program. Az eredmények általánosíthatók, az Extend más logisztikai központok esetén is alkalmas a napi szintű sorállási problémák megoldására, figyelembe véve, hogy minden logisztikai központban hasonlóak a folyamatok, mint az általam vizsgáltban, ebből a szempontból pedig az sem releváns, hogy raklapszintű vagy kartonszintű-e a nyomkövetés, hiszen a szoftver mindkettőt kezelni tudja.

Az **erőforrás modellnél** az vizsgáltam, hogy az erőforrások milyen kombinációjánál biztosítható a célfüggvény szerinti optimum. Az Extend szimulációs szoftver többszöri

próbálkozásra sem adott olyan jó eredményt, mint az Almásy-program, az Extendbe beépített optimalizáló blokk legtöbbször csak lokális maximumokat talált.

A 3. táblázatban összehasonlítottam az Extend és Almásy modellek eredményeit.

3. táblázat: Az Almásy és Extend modell eredményei

| | érkezett (#kamion) | átvett (#kamion) | WHK (fő) | RTD (fő) | PPTD (fő) | MaxProfit (Ft) |
|--------|--------------------|------------------|----------|----------|-----------|----------------|
| Almásy | 135 | 135 | 2 | 9,5 | 9 | 858 340 |
| Extend | 135 | 133 | 2 | 11 | 11 | 819 500 |

Az Almásy modellnél a szimuláció során megengedtünk 4 órás műszakokat is, és a modell az átvett kamionokhoz számította azokat a kocsikát is, amik a 8 órás műszak végén érkeztek és már bedokkoltak, míg az Extend ezeket már a következő napi ciklushoz tette. Ha ezeket az értékeket egységesítjük (133 átvett kamion, csak 8 órás műszak), akkor is azt kapjuk, hogy az Almásy modell hatékonyabban oldotta meg ezt a feladatot (Almásy-féle korrigált MaxProfit= 839500 Ft).

Megállapításom szerint az Extend szoftver nagyon hatékonyan végzi a sorállási problémák megoldását, a scenárió analízist, érzékenységvizsgálatot, vagy Monte-Carlo szimulációt, viszont az optimalizálásnál kiegészítő elemzések is szükségesek. Az erőforrás optimalizálásnál kapott eredmények általánosíthatók más optimalizálási feladatokra, viszont természetesen nem általánosíthatók más szimulációs szoftverekre, hiszen azok optimalizáló algoritmusai esetleg máshogy működik. Ennek elemzését nem tűztem ki célul ebben a dolgozatban.

Természetesen a számszerű eredmények, melyeket a modelleken végzett kísérletek eredményeként kaptam, csak olyan logisztikai központok esetén igazak, ahol mind a folyamatok, mind azok paraméterei megegyeznek az általam vizsgált központéval. Ahol ettől eltérés tapasztalható, ott vagy a paraméterek változtatásával vagy új modell építésével kaphatunk pontos eredményt. Fontos, hogy a logisztikai központ folyamatai szabályozottak legyenek, és az elemzéshez megbízható adatok álljanak rendelkezésre.

Az ellátási lánc modellel a minőség-romlást modelleztem úgy, hogy az egyes raklapokhoz változó attribútumokat kapcsoltam, amelyek az ellátási lánc különféle szegmensein összegyzik az f_{con} értékeket. A modell egyik scenáriója FIFO szerint jelöli ki a kiszállítandó tételleket, a másik pedig kiszállítás előtt az aktuális Σf_{con} értékek alapján sorba rendezett tételközül a

legjobban terhelt raklapokat jelöli ki először kiszállításra. Ez utóbbi módszert DEFO-nak neveztem el. A modellnél Just-in-time beszállítást alkalmaztam, és irodalmi mérési adatokat alapul véve meghatároztam a hőmérséklet és a pultonarthatósági idő közötti összefüggést. Az illesztett függvény egyenlete és paraméterei az alábbiak ($R^2=0.9996$):

$$\theta(T) = (A T^2 + B T + C) e^{kT}$$

A=0,01026; C=8,32861
 B=0,58124; k= - 0,326454

Ezt alkalmazva, az egyes lépcsőkben eltöltött időkkel és a környezeti paraméterek közül a hőmérséklettel számol a modell. Felépítése igen bonyolult, három szinten tartalmaz hierarchikus blokkokat (2. ábra).



2. ábra: Ellátási lánc modell hierarchikus változata

A felépített modellel három fajta input-adatrendszer vizsgáltam. Az első paraméterezés a normál operációra jellemző. Eredményeim szerint a felélt pultonarthatósági idő a kiszállításig átlagosan 33%, a minimum és maximum 4% ill. 61%. Ebből a vizsgálatból az látszik, hogy a szabályokat betartva gyakorlatilag alig van különbség az eredményekben akkor ha a FIFO vagy ha a DEFO rendezési elvet alkalmazzuk.

A második paraméterezésnél, ha a tárolás -18 °C-on történik – ami elvileg még megengedett - már 43%-ra növekszik az átlagosan felélt pultonarthatósági idő, a szélsőértékek pedig 6% és 79%. Ez azt jelenti, hogy ha érvényesítenénk azt a szabályt (amit egyébként számos gyártó alkalmaz), miszerint 70% felett már nem mehet ki termék a raktárból, akkor jelentős számú raklapot vissza kellene tartani. A két scenárió ebben az esetben is gyakorlatilag ugyanazt az eredményt adta.

A harmadik paraméterezésnél, amikor a raktári bevételezés 15°C-on történik, akkor viszont jelentős különbség van a FIFO és DEFO módszer között. Az átlagban elfogyasztott pultonarthatósági idő mindkét scenáriónál 54%-ra növekszik, a szélsőértékek viszont FIFO

szerint 5% és 102% (szórás 19%), vagyis már eleve lejárt termékek is vannak a készletben. A 70% feletti f_{con} értékű raklapok száma 214 és 227 között változott az egyes futtatások során. Fontos megjegyezni azt, hogy ilyen elemzés híján ezek a tények nem is derülnek ki, a tételeket mind kiszállítják, hiszen még a rábélyezett lejáratú időn belül vannak. DEFO módszer esetén az átlagban elfogyasztott pultontarthatósági idő szélsőértékei 45% és 63% (szórás 4%). A készlet optimalizálását tehát a DEFO szabállyal ebben az esetben is igen hatékonyan el lehetett végezni, biztosítható volt, hogy megfelelő minőségű termékek kerüljenek a fogyasztóhoz, míg a FIFO-val nem. Véleményem szerint a DEFO módszer jelenti a valódi minőségellenőrzött logisztikát.

A módszer alkalmazásához két feltételnek kell együttesen teljesülnie. Az egyik feltétel a megfelelően kimért hőmérséklet-pultontarthatósági idő adatok megléte a vizsgálandó fagyasztott termékek esetén. Ezek az adatok termékenként, feldolgozási technológiáinként és csomagolásonként eltérőek. További kutatások szükségesek azonban ahhoz, hogy megállapíthassuk, hogy a csomagolás módja mellett a rakatképzési technológiák hogyan befolyásolják a hőmérséklet-pultontarthatósági görbék alakulását, vagy például tömbtárolás esetén milyen korrekciókat kell végezni a tömb szélén vagy közepén elhelyezett kartonokon.

A másik feltétel az, hogy az ellátási láncban, ezen belül is kiemelten a logisztikai központban a szükséges idő és hőmérséklet adatok megbízhatóan pontosak legyenek, és mindig rendelkezésre álljanak. Ez utóbbi feltétel teljesítése sokkal kevesebb ráfordítást igényel, ha a raktárban már eleve rádiófrekvenciás rendszer működik. Itt is lényeges azonban a jól definiált operációs folyamatok betartása.

Új tudományos eredmények

- Kimutattam, hogy az általam vizsgált logisztikai központban a szigorú vevői elvárások miatt a statisztikai alapú mintavételes ellenőrzés nem alkalmazható a kiszállítás előtti végellenőrzésnél.
- Igazoltam, hogy a szimulációs technika akár napi döntési szituációkban is alkalmas döntéstámogató eszközként az élelmiszerlogisztikában a döntési bizonytalanság csökkentésére, és segít a döntések környezetre gyakorolt hatását is kimutatni.
- Matlab-ra ill. Visual Basic for Excel nyelven írt programunk segítségével bemutattam, hogy az általam választott szimulációs szoftver hatékonyan végzi a

szállási problémák megoldását, scenárió analízist vagy Monte-Carlo szimulációt, viszont az erőforrás optimalizálásnál kiegészítő elemzések szükségesek.

- A gyorsfagyasztott számoça példáján keresztül olyan szimulációs modellt dolgoztam ki, ami a gyorsfagyasztott áruk várható élettartamát mutatja be.
- Kidolgoztam a DEFO (Dynamic Expiry First Out) kiszállítás előtti rendezési módszert, amely élelmiszerek esetén a hagyományos FIFO vagy FEFO módszer egy lehetséges alternatívája.
- Igazoltam, hogy a DEFO rendkívül hatékony akkor, ha a bevételezést magas környezeti hőmérsékleten végzik. A módszer a hagyományos FIFO szabállyal ellentétben itt is biztosítani tudja, hogy az élelmiszerek megfelelő minőségben kerüljenek a fogyasztókhoz.

Az értekezés témaköréhez kapcsolódó saját publikációk

Folyóirat cikkek

Impakt faktoros folyóiratcikk

É. Hajnal, G. Kollár (2007): Process modelling and simulation in food logistics – application of DEFO method in frozen fruit storage. *Acta Alimentaria*. Elfogadott folyóiratcikk. Várható megjelenés: 2008. második félév.

É. Hajnal, G. Almásy, K. Kollár-Hunek, G. Kollár (2007): Resource optimization by simulation technique in food logistics. *Applied Ecology and Environmental Research*. Vol 5 pp. 108-120.

Nem impakt faktoros folyóiratcikk

É. Hajnal, G. Kollár (2005): Optimization of food logistic processes by simulation technique. *Hungarian Journal of Industrial Chemistry (Special Issue on Recent advances in Computer Aided Process Engineering)*, Vol 33. pp. 105-111.

É. Hajnal, G. Kollár, M. Láng-Lázi (2004): IT support and statistics in traceability and product recall at food logistics providers. *Periodica Polytechnica ser. Chemical Engineering* Vol.48, NO.1 pp.21-29 (2004)

Hajnal É. (2004): EU környezetvédelmi előírásainak érvényesítése a logisztikai szolgáltatásban. *Logisztikai Évkönyv 2004.*, Budapest, pp 61-66.

Hajnal É. (2001): Élelmiszerlogisztikai szolgáltatások speciális minőségi és élelmiszerbiztonsági követelményei. *Az Európai Unió agrárgazdasága 2001.VI. évfolyam 7-8 sz.*, Budapest

Publikáció konferencia kiadványban

Magyar nyelvű konferencia (full paper)

Hajnal É., Kollár G. (2002): A logisztikai szolgáltatásban kiépített integrált minőségbiztosítási rendszerek alapkövetelményei: termékbiztonság és nyomonkövethetőség. *Műszaki Kémiai Napok konferencia kiadványa, Veszprém*, p. 172-176.

Hajnal É., Kollár G. (2003): Statisztikai áruellenőrzés logisztikai központban. *Műszaki Kémiai Napok konferencia kiadványa, Veszprém*, p. 49-54.

Hajnal É., Kollár G. (2003): HACCP rendszer kiépítése logisztikai központban *Műszaki Kémiai Napok konferencia kiadványa, Veszprém*, p. 55-60.

Hajnal É., Kollár G. (2004): Folyamatoptimalizálás és monitoring a logisztikában. *Műszaki Kémiai Napok 2004. konferencia kiadványa, Veszprém*, p. 41-43.

Magyar nyelvű konferencia (abstract)

Hajnal É., Kollár G. (2004): Application of simulation models in food logistics. *Szegedi Konferencia 2004. konferencia kiadványa, Szeged*, p. 267.

Nemzetközi konferencia (full paper)

Hajnal É. (2002): Környezetirányítási rendszer alapelveinek alkalmazása logisztikai központban. VIII. Nemzetközi Vegyészkonferencia konferencia kiadványa, Kolozsvár, p. 101-104.

Hajnal É., Kollár G. (2003): EU környezetvédelmi előírásainak érvényesítése a logisztikai szolgáltatásban. IX. Nemzetközi Vegyészkonferencia Kolozsvár konferencia kiadványa, Kolozsvár, p. 187-189.

Nemzetközi konferencia (abstract)

É. Hajnal, G. Kollár (2003): Statistics and IT support in traceability and product recall at food logistics providers. 9th International Workshop on Chemical Engineering Mathematics, Bad Honnef, Germany, July 14-17 2003, p. 11.

É. Hajnal, G. Kollár (2005): Optimization of food logistic processes by simulation technique. 10th International Workshop on Chemical Engineering Mathematics, Budapest, Hungary, August 18-20 2005, p. 6.