

**Hatvany József Informatikai Tudományok Doktori Iskola
Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar**

**Modellek és megoldási algoritmusok logisztikával
integrált elektronikus piacterekhez**

PhD értekezés téziszülete

Készítette:

**Kacsukné dr. Bruckner Livia
okleveles matematikus**

Tudományos vezető:

Prof. Dr. Cselényi József

A doktori iskola vezetője:

Prof. Dr. Tóth Tibor

**Miskolc
2005.**

1. Bevezetés

Dolgozatom új szempontból közelíti meg az elektronikus kereskedelem logisztikai megoldásait, ezért elméleti háttere az ellátási lánc menedzsment és az elektronikus kereskedelem határterületére pozicionálódik.

A vállalatok közötti elektronikus kereskedelem egyre jelentősebb szerepet tölt be az ellátási láncok működésében, mint a költségcsökkentés és az integráció egyik eszköze. Tudományos alapja az aukcióelmélet, melyről számos kiváló összefoglaló munka számol be, [B1], [B2], [B11], [B13], [B14], [B15].

Az aukcióelmélet irodalmának tanulmányozása során megállapítottam, hogy a logisztikai megoldásokkal kapcsolatos kérdések kevés helyen szerepelnek. A szállítási költségek egyszerűsített kezelése megtalálható Chen *et al.* [B3] illetve Zeng *et al.* [B16] munkájában. Ezek a modellek a mennyiséggel arányos, rögzített egységárú szállítási költséget tartalmaznak, amely kevésbé felel meg a valós körülményeknek. A beszerzési aukciókkal kapcsolatos publikációkban nem találtam olyan modellt, amely figyelembe vette volna az időbeli kötöttségeket, amelyek pedig az ellátási láncok kezelésének legfontosabb paraméterei közé tartoznak. A raktározás kérdésével explicit módon nem foglalkoznak az általam fellelt publikációk, csak az aukción el nem kelt termékekre vonatkozó, egy összegű extra költség bevezetése tekinthető ilyen irányú utalásnak [B2].

Megállapítottam, hogy a jelenlegi e-kereskedelmi modellekben, mind elméleti, mind gyakorlati szinten az látható, hogy a logisztika szolgáltatások piaca elkülönül az áruvásárlástól. Az anyagi javak eladásával foglalkozó piacterek vagy egyáltalán nem nyújtanak logisztikai szolgáltatást, vagy egyféle, rögzített árú szolgáltatást kínálnak, legjobb esetben pedig a szállítási idő szerint néhány árkategóriát. Az úgynevezett integrált piacterek egyaránt kínálnak árut és szolgáltatást, de ez csupán annyit jelent, hogy az áru kiválasztása után kiválaszthatjuk a logisztikai szolgáltatót is, ám a két folyamat elkülönül egymástól, együttes optimalizálására nincs mód. A disztribútornak nevezett közvetítői piacterek logisztikai szolgáltatással együtt gondoskodnak a beszerzésről vagy eladásról, de itt viszont nem lehet a logisztikai szolgáltatókat versenyeztetni. Ez a hiányosság és annak gazdasági vonzata indított arra gondolatra, hogy új típusú elektronikus kereskedelmi modellt készítsek, amely az áruk és a logisztikai szolgáltatások tényleges integrációjával lehetővé teszi a teljes költségre történő optimalizálást.

Kutatásaim elméleti megalapozása során fő iránymutatóm Kalagnanam and Parkes [B11] volt, amely az elektronikus piactereken használt aukciók fő elemeit rendszerezi a következő elnevezésekkel: erőforrások, piaci struktúra, preferencia struktúra, ajánlati struktúra, a kereslet-kínálat egyeztetése, valamint az információ visszacsatolása.

A disszertáció logisztikai előzményét képezi a virtuális vállalatokkal foglalkozó kutatás, amely Dr. Cselényi József vezetésével a Miskolci Egyetem Anyagmozgatási és Logisztikai tanszékén (ME-ALT) évek óta folyik, számos módszert fejlesztve ki arra a problémára, hogy hogyan lehet az e-business elvei és eszközei alapján dinamikus rendszerbe szervezve kihasználni a csoportba tömörülő vállalatok szabad kapacitásait. [B4],[B5], [B6], [B7], [B8], [B9], [B10], [B12].

2. Célkitűzések

Munkám kiindulási elképzelése egy olyan, logisztikával integrált elektronikus piactér modell létrehozása volt, amelyben a logisztikai szolgáltatók egymással versenyezve vesznek részt az áru közvetítéssel foglalkozó elektronikus piactér működésében, ami lehetővé teszi az együttes optimalizálást különböző szempontok szerint. Az elektronikus piacterek ilyen megközelítésével a szakirodalomban tudomásom szerint előttem még senki nem foglalkozott, tehát egy teljesen új kutatási területet kellett megnyitnom.

Fő célként azt tűztem ki, hogy megalapozzam a logisztikával integrált e-piactér modellezésének elméletét, bizonyítva, hogy lehetséges és érdemes ilyen új típusú modelleket készíteni. Ezen belül a feladat komplexitására való tekintettel a következő hierarchikus részcélokat határoztam meg:

1. A kutatási terület definiálása és pozicionálása

Tartalma: Megfogalmazni a kiindulási problémakört, körülhatárolni a modellezési teret, definiálni a szereplő entitásokat és a köztük levő relációkat. Megtalálni a szakirodalomban ezen új, az elektronikus kereskedelem és az ellátási lánc menedzsment határán elhelyezkedő kutatási terület feltárásához használható kapcsolódási pontokat.

2. A kutatási terület feltérképezése

Tartalma: Felvázolni egy általános modellezési keretrendszert, és meghatározni a modellek legfontosabb altípusait az elektronikus kereskedelem általános kategorizálásához illeszkedően.

3. Az elméleti modell megalkotásához szükséges gyakorlati elemzés

Tartalma: Elemezni a modell matematikai megfogalmazásának alapjául szolgáló anyagi folyamatokat, és meghatározni a modellezéshez szükséges kvantitatív jellemzőket.

4. A modell pontos megfogalmazása egy kiválasztott részterületen

Tartalma: Definiálni az optimalizálási problémát, vagyis az input ajánlati struktúrát, a célfüggvényt a korlátozó feltételekkel és az output eredménystruktúrát.

5. Optimalizálási algoritmusok létrehozása

Tartalma: Egy vagy több megoldási algoritmust készíteni a mintaként szereplő modell optimalizálási problémájára, megalapozva annak helyességét és elemezve a várható működését.

6. A modell alkalmazási körének meghatározása

Tartalma: Megvizsgálni az új modell gyakorlati alkalmazhatóságát, megfogalmazni a gazdasági hasznát, és kritériumokat állítani fel a bevezetésről való döntéshez.

3. Módszertan

Első tevékenységem az volt, hogy a lehető legalaposabban valószínűsítsem, hogy nincs még ilyen modell. Ehhez elsődleges forrásnak az Interneten található gyakorlati megoldásokat kell tekinteni, aminek tanulmányozásával elég sok időt el is töltöttem, de nem találtam az általam elképzelt modell alapján működő piacteret. A másodlagos forrás, az elektronikus kereskedelem szakirodalma könnyebben és nagyobb megbízhatósággal kutatható, egyrészt az online publikációk kulcsszavai szerint, másrészt a különböző modellek tanulmányozásával foglalkozó, neves szerzők által készített összehasonlító művek alapján. Kutatásaimat angol és magyar nyelven folytattam, mivel az elektronikus kereskedelem témakörében a legtöbb nemzetközi tudományos fórum nyelve angol, a cikkadatbázisok és referenciagyűjteményeké úgyszintén, így a nem angolszász anyanyelvű kutatók eredményei általában angol nyelven is megtalálhatók. Csak olyan anyagokat használtam fel a kutatáshoz, amelyet valamilyen elismert, szakmai szempontból megbízható testület, vagy elismert szakember, tudós neve fémjelzett.

A kutatási terület feltérképezése során az elektronikus kereskedelem élvonalbeli irodalmát összevettem az ME-ALT logisztikai optimalizálási témakörben publikált módszerekkel, és a virtuális vállalat témakörében írott cikkekkel, ami elvezetett a disszertációban ismertetett problémaosztályokhoz.

Az elméleti modell megalkotásához a logisztikai költségekkel kapcsolatos szakirodalmat tanulmányoztam, összevetve a műszaki, az általános menedzsment oldali és a pénzügyi megközelítést. Mindezt összevettem számos, az Interneten található logisztikai szolgáltató tarifarendszerével. Ily módon sikerült olyan költségstruktúrát kialakítanom, amely a korábbi e-piacter modellekben használt költségtényezőknél lényegesen jobban közelíti a valóságot.

A modell megfogalmazását főként az aukciós irodalomra és az ME-ALT modellekre alapoztam, felhasználva az előző pont gyakorlati elemzését. Több modelltervet dolgoztam ki, melyeket különböző konferenciákon és folyóiratokban publikáltam. A publikációkról kapott visszajelzések hozzájárultak a modell finomításához és végső formájának megtalálásához.

A logisztikával integrált e-piacter modell felállítása nem lineáris, részben egész értékű, részben bináris változókat tartalmazó optimalizálási problémához vezetett. A megoldásához áttekinttem a különböző optimalizálási módszereket azzal a céllal, hogy valamelyik, kereskedelmi forgalomban levő megoldó csomag által kezelhetővé tegyem a problémát. A fő akadályt az jelentette, hogy az általam felállított célfüggvény nem volt folytonos, ezért megoldottam a szakaszos linearizálást, és így visszavezettem a feladatot a lineáris egészértékű programozási problémára. A linearizálást több lépcsőben vezettem le, először egy egyszerűsített modellt használtam, majd fokozatosan bővítettem a feladatot.

Az egészértékű problémák bonyolultsága alapvetően a változók számától és a probléma struktúrájától függ. Esetemben linearizálás ára a változók számának növekedése volt, amely olyan nagymértékű is lehet, hogy veszélyeztetheti a valós idejű alkalmazást. Ezért részletesen elemeztem a linearizált modellt, és kiszámítottam a változók számának korlátait, továbbá bebizonyítottam, hogy az egészértékű változók helyett valós változó alkalmazása is célra vezet. Ezzel a feladatot visszavezettem egy

vegyes egészértékű programozási (MIP) feladatra, amely lényegesen gyorsabban oldható meg, mint az eredeti probléma. Ennek ok, hogy a MIP feladatok megoldásának bonyolultságát a struktúra mellett szintén az egész értékű változók határozzák meg, azok nagy részét pedig folytonossá tettem. Ennek ellenére a megmaradó diszkrét (bináris) változók miatt a legkomplexebb modellek esetén fenyeget a túl hosszú futási idő, ezért tanulmányozni kezdtem a globális optimalizálás metaheurisztikus módszereit, amelyek az egyedi, heurisztikus módszerek bizonyos osztályainak alapját képezik. A különböző lehetőségeket megvizsgálva a nagy változós számú modellek kezelésére a korlátozás és szétválasztás módszerét találtam a legalkalmasabbnak. Ennek az alapelvnek a segítségével kifejlesztettem egy heurisztikus eljárást, amely a nagyméretű problémát több kisebb méretűvel helyettesíti.

Az elméletileg felállított modell helyességét és az algoritmusok működését a gyakorlatban is teszteltem. A feladatot megpróbáltam először az eredeti kvadratikus modellel megoldani az EXCEL Solver segítségével. Noha a mintapélda igen kicsi volt, a megoldó-program csak akkor működött jól, ha a globális minimum közelében levő kezdőértékeket állítottam be, egyébként igen távoli értékeket adott vissza, nyilvánvalóan nem tudta jól kezelni a szakadásos célfüggvényt.

A linearizált modell kipróbálásához viszont nagyon jó eszköznek bizonyult az EXCEL Solver, mivel lineáris feladatoknál kis számú bináris változóval igen gyorsan oldja meg a vegyes programozási feladatot. Hátránya, hogy összességében csak 160 változót tud kezelni, előnye viszont, hogy nagyon könnyen lehet változtatni a paramétereket. További hátránya, hogy programból nem hívható, ami lehetetlenné tette a nagyszámú minta automatizált futtatását, erre csak a Solver önálló kereskedelmi változata lett volna képes, amely nem állt rendelkezésemre. Arra azonban a kézi vizsgálatok is elégségesek voltak, hogy észrevegyek néhány, az alkalmazhatóságot és a gazdaságosságot érintő fontos összefüggést, amelyeket azután elméletileg is bizonyítani tudtam.

4. Új tudományos eredmények

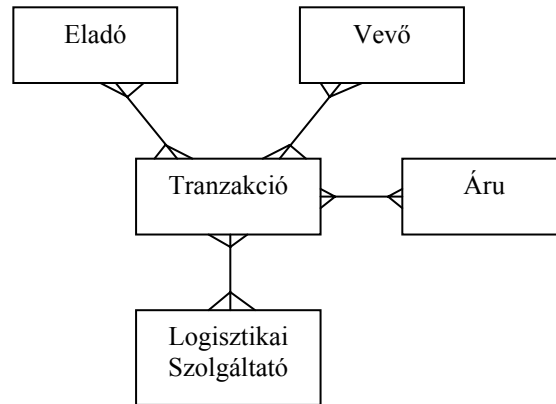
Első tézis

Új típusú modellt definiáltam a vállalatok közötti elektronikus kereskedelem gazdaságosságának javítására, létrehozva a logisztikával integrált elektronikus piactér koncepcióját. Meghatároztam három altípus – a vevőközpontú, az eladóközpontú és a közvetítői modell – szerkezetét, és megalkottam a működtetésükhöz szükséges újfajta aukciós algoritmusokat.

Új modellesaládot definiáltam, amit logisztikával integrált elektronikus piactérnek neveztem el, és amelyre az angol fordítás (E-Marketplace Model Integrated with Logistics) kezdőbetűiből alkotott EMMIL mozaikszóval hivatkozok.

Az EMMIL modellesaládban az allokálандó erőforrások általánosan a következők: (1) többféle, fizikai szállítást igénylő árufeleség, tetszőleges mennyiségekkel (2) logisztikai szolgáltatás, amely lehet szállítás, raktározás, címkézés, egységakomány-képzés és -bontás, egyéb értéknövelő extra szolgáltatás valamint ezek kombinációja. A külső logisztikai szolgáltatókat hagyományos módon bevonó e-kereskedelmi modell ezt a

kétféle erőforrást külön kezeli, míg az EMMIL modellben az 1. Ábrán látható egyedkapcsolat diagramm szerint egyetlen tranzakcióban kapcsoljuk össze az árut és a három különböző típushoz tartozó szereplőket., vagyis a vevőket, eladókat és logisztikai szolgáltatókat.



1. Ábra: EMMIL tranzakció egyedkapcsolat diagrammja

Az EMMIL modellek a piaci struktúra szerint három altípusba sorolhatók. EMMIL.SM elnevezést adtam a logisztikával integrált eladóközpontú modellnek (seller-oriented model), ahol egy eladó áll kapcsolatban számos vevővel és logisztikai szolgáltatóval. EMMIL.BM nevet adtam a vevőközpontú modellnek (buyer-oriented model), ahol egy vevő, több eladó és logisztikai szolgáltató (LSZ) van jelen. A közvetítői piactereket EMMIL.IM (intermediary model) néven vezettem be.

Az EMMIL modell lényeges újítása az, hogy a logisztikai szolgáltatók az eladók és vevők között folyó tárgyalások során folyamatosan lehetőséget kapnak saját ajánlataik megtételére, és a piactér programja az összes tényező figyelembevételével választja ki az optimális ajánlatot. Ehhez új típusú aukciós algoritmusokat definiáltam, amelyek az allokáció alapját képezik az egyes altípusoknál.

A tézishez kapcsolódnak az [A2], [A7], [A8], [A9], [A10] saját publikációk.

Második tézis

Részletesen feltártam a logisztikával integrált tranzakciók költségszerkezetét. Elvégeztem a vevőközpontú altípus logisztikai folyamatainak tevékenység alapú költségelemzését, és megmutattam, hogy annak elemeivel az eladóközpontú és a közvetítői altípusok költségstruktúrája is modellezhető.

Egy aukció eredményes működtetéséhez arra van szükség, hogy az ajánlati struktúra és a működési mechanizmus ösztönző módon hasson a résztvevőkre, ami csak úgy lehetséges, ha az ajánlati struktúra tekintettel van az aukció tárgyát képező termék(ek) résztvevők által történő értékelésére. Az EMMIL piactereken az eladók és a logisztikai szolgáltatók saját termékeik értékét a költségeik alapján határozzák meg, ezért az ajánlati struktúra kialakításához elemezni kellett a költségtényezőket. A vállalati költséggazdálkodás terminológiájának megfelelően megkülönböztettem a fix és a változó

kölcségtípust, aszerint, hogy a kölcségek hogyan reagálnak a tevékenységi szint változására.

Az áru előállításának kölcségeinél a méret- és választékgazdaságosságot tükrözni képes struktúrát definiáltam. A logisztikai kölcségeknél tevékenység alapú kölcséglebontást végeztem, mivel a logisztikai tevékenységek megválasztása része a piactér allokációs folyamatának. A feladat egyszerűsítéséeként a kereskedést homogén egységgrakományokra korlátozva meghatároztam egy EMMIL tranzakció elemi logisztikai tevékenységeit, majd az egyes tevékenységtípusokhoz –a rakodás, szállítás és raktározás műveletekre korlátozódva – kölcségfüggvényeket rendeltem. Ezen kívül foglalkoztam egyéb kölcségelemekkel is, úgy mint forgóeszköz-lekötési kölcség valamint az adminisztratív és informatikai kölcségek. Az elemi kölcségek összegzését a vevői piacterek esetére írtam fel, gyűjtőjáratok megengedésével. A raktározás egységes kezeléséhez bevezettem az aszinkron gyűjtőjárat fogalmát, ami a különböző időkbén rendelkezésre álló áruk összegyűjtését, raktározását és a kért időre történő beszállítást jelenti. A hagyományos (szinkron) gyűjtőjárat kölcségét az (1) kifejezés tartalmazza.

$$C^{\sigma l} = F^{\sigma l}(\varphi, \zeta^{\sigma l}, \Gamma^{\sigma l}, \chi^{\sigma l}) + \left\langle \sum_{j=1}^{\chi^{\sigma l}} V^{\sigma l}(\varphi, \Phi, \zeta^{\sigma l}, \Gamma^{\sigma}) d(W^j, W^{j+1}) \sum_{r=1}^j Q^{\sigma r} \right\rangle + H^{\sigma l}(\varphi, \Phi, \rho^{\sigma l}, \zeta^{\sigma l}) \sum_{j=1}^{\chi^{\sigma l}} Q^{\sigma j} (H_1^{\sigma l}(\varphi, \Phi, \rho^{\sigma l}, \zeta^{\sigma l}) + H_2^{\sigma l}(\varphi, \Phi, \rho^{\sigma l}, \zeta^{\sigma l})) \quad (1)$$

Jelölések:

$C^{\sigma l}$	Az l. LSZ σ . szinkron gyűjtőjáratának kölcsége rakodással [EUR]
φ	A termékfélésegek típusa
Φ	Az egységgrakomány fajtája
$\chi^{\sigma l}$	Az l. LSZ σ . gyűjtőútján levő eladói telephelyek száma
$Q^{\sigma r}$	termék mennyisége az l. LSZ σ . gyűjtőútjának r. szakaszán [raklap]
$F^{\sigma l}$	az l. LSZ fix szállítási kölcsége a σ . gyűjtőútján [EUR]
$V^{\sigma l}$	az l. LSZ változó szállítási kölcsége a σ . gyűjtőútján [EUR/raklap/km]
$H_1^{\sigma l}$	az l. LSZ fajlagos berakodási kölcsége a σ . gyűjtőútján [EUR/raklap]
$H_2^{\sigma l}$	az l. LSZ fajlagos kirakodási kölcsége a σ . gyűjtőútján [EUR/raklap]
$d(W^j, W^{j+1})$	az l. LSZ σ . gyűjtőútján a j. és j+1. állomás között a szállítási út hossza [km]
$\rho^{\sigma l}$	az l. LSZ σ . gyűjtőútján használt kezelési technológia
$\zeta^{\sigma l}$	az l. LSZ σ . gyűjtőútján szállító jármű típusa
$\Gamma^{\sigma l}$	az l. LSZ σ . gyűjtőútján földrajzi jellemzői

Az aszinkron járatok kölcségmodellje (2) négy részből áll, az eladóktól a raktárba való beszállításból, a tárolásból, a raktárból a vevőhöz történő kiszállításokból és a járulékos adminisztrációs kölcségekből. Bebizonyítottam, hogy a raktározási idő (3) szerint számítható.

$$C^{al} = \sum_{\beta=1}^{G_i^{al}} C_{\beta}^{al} + \sum_{\gamma=1}^{G_o^{al}} C_{\gamma}^{al} + \sum C_w^{al} + C_{al}^{al} \quad (2)$$

Jelölések:

- $C^{\alpha l}$ Az 1. LSZ α . aszinkron gyűjtőjáratának költsége rakodással és raktározással [EUR]
 $G_t^{\alpha l}$ Az 1. LSZ α . aszinkron gyűjtőjáratában a bemenő szinkron gyűjtőjáratok száma
 $G_o^{\alpha l}$ Az 1. LSZ α . aszinkron gyűjtőjáratában a kimenő járatok száma
 $C^{\alpha l}_{\beta}$ Az 1. LSZ α . aszinkron gyűjtőútján a β . bemenő szinkron gyűjtőjárat költsége [EUR]
 $C^{\alpha l}_{\gamma}$ Az 1. LSZ α . aszinkron gyűjtőútján a γ . kimenő járat költsége [EUR]
 $\Sigma C_w^{\alpha l}$ Az 1. LSZ α . gyűjtőjáratában a teljes tárolási költség [EUR]
 $C_{a\lambda}^{\alpha l}$ az 1. LSZ addicionális adminisztrációs költsége a α . gyűjtőútján [EUR]

$$\Sigma C_w^{\alpha l} = \omega_w^{\alpha l} \left\langle \sum_{\beta=1}^{G_t^{\alpha l}} Q_{\beta}^{\alpha l} (T_u^{\alpha l} - T_i^{\alpha l \beta}) - \sum_{\gamma=1}^{G_o^{\alpha l}-1} Q_{\gamma}^{\alpha l} (T_u^{\alpha l} - T_o^{\alpha l \gamma}) \right\rangle \quad (3)$$

Jelölések:

- $\omega_w^{\alpha l}$ Fajlagos tárolási költség az 1. LSZ α . aszinkron gyűjtőjáratában [EUR/raklap/nap]
 $Q_{\beta}^{\alpha l}$ Az 1. LSZ α . aszinkron gyűjtőjáratában β . beszállított mennyiség [raklap]
 $Q_{\gamma}^{\alpha l}$ Az 1. LSZ α . aszinkron gyűjtőjáratában γ . kiszállított mennyiség [raklap]
 $T_u^{\alpha l}$ Az 1. LSZ α . aszinkron gyűjtőjáratában az utolsó kiszállítási nap dátuma
 $T_o^{\alpha l \gamma}$ Az 1. LSZ α . aszinkron gyűjtőjáratában a γ . kiszállítási nap dátuma
 $T_i^{\alpha l \beta}$ Az 1. LSZ α . aszinkron gyűjtőjáratában a β . beszállítási nap dátuma
 $G_t^{\alpha l}$ Az 1. LSZ α . aszinkron gyűjtőjáratában a bemenő szinkron gyűjtőjáratok száma
 $G_o^{\alpha l}$ Az 1. LSZ α . aszinkron gyűjtőjáratában a kimenő járatok száma

A tézishez kapcsolódnak az [A1], [A3], [A6] saját publikációk.

Harmadik tézis

A költségelemzésre alapozva létrehoztam a vevőközpontú modell ösztönző hatású ajánlati struktúráit, amiből levezettem az allokáció alapjául szolgáló optimalizálási probléma általános és speciális megfogalmazásait kombinációs járatok illetve vonaljáratok alkalmazására.

Specifikáltam egy konkrét EMMIL.BM modellt, amelynek résztvevői a következők: egy vevő, aki bizonyos, homogén egységcsomagokba csomagolt anyagi javakból meghatározott mennyiséget akar beszerezni, több eladó, akik a keresett termékek közül egyet vagy többet árusítanak, fajtánként meghatározott minimális és maximális mennyiségi határok között, továbbá több logisztikai szolgáltató, akik szállítást és szükség esetén raktározást vállalnak.

Egymással harmonizálva definiáltam a vevői ajánlatkérést, az eladói ajánlatot, és a logisztikai szolgáltatók ajánlatát, amelyek – az EMMIL modell lényegét jelentő kombinált aukció mellett - önmagukban is újszerűek. Mindhárom struktúrában újszerű, hogy időtényezőket tartalmaz, az eladóknál és a vevőnél a megengedett ki- és beszállítási időkre vonatkozólag, a logisztikai szolgáltatóknál pedig a szolgáltatás teljesítési idejére vonatkozólag. Az eladói ajánlatban az aukciós irodalomban szokásos fajtánkénti

mennyiségi kedvezmények mellett lehetővé tettem a keresztvásárlási kedvezmények definiálását is, az összes vásárlás százalékában adott engedmény formájában.

A logisztikai ajánlati struktúrában az egyes eladóktól érvényes vonaljáratok mellett megengedtem a kombinációs ajánlatot, ami a gyűjtőjáratok általánosított formája. Az irodalomban található logisztikai ajánlati struktúrákhoz képest újdonság, hogy a logisztikai költségajánlatban egy mennyiségarányos változó költségen kívül fix költség néven bevezettem egy, adott méretű szállítójármű / konténer továbbításának költségét fedező elemet. Bebizonyítottam, hogy az általam bevezetett logisztikai ajánlati struktúra alkalmas a 2. tézisben feltárt költségelemek összevonására.

Az allokáció során a vevő összköltségét kívántam minimalizálni. Az általános célfüggvényt (4) az eladóknak az áru áraként fizetendő költségek továbbá a logisztikai szolgáltatások díjainak összegeként fogalmaztam meg, amelyben az ismeretlenek az egyes eladóktól vásárlandó egyes termékmennyiségek (Q_i^k), továbbá a logisztikai szolgáltatók ajánlataik közül történő választásra vonatkozó döntési változók (X_j^l). A célfüggvény kvadratikus, mivel tartalmazza a változók szorzatát, és szakadásos, mivel a fix költségek kezelése miatt tartalmazza a felső egészrész függvényt. A korlátozó feltételek tartalmazzák az időbeli és mennyiségi megkötéseket.

$$f(Q_i^k, X_j^l) = \sum_{k=1}^M \left(\sum_{i=1}^N P_i^k Q_i^k \right) (1 - \Delta^k) + \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^{G^l} X_j^l \left(F_j^l \left[\left(\sum_{k \in \Gamma_j^l} \sum_{i=1}^N Q_i^k \right) / Z_j^l \right] + V_j^l \sum_{k \in \Gamma_j^l} \sum_{i=1}^N Q_i^k \right) = \min \quad (4)$$

Jelölések:

N	A termékféleségek száma
i	A termékek azonosítója
M	Az eladók száma
k	Az eladók azonosítója
Q_i^k	A k. eladótól az i. termékből vásárlandó mennyiség
P_i^k	Az i. termék egységára a k. eladónál a mennyiség lépcsős függvényeként
Δ^k	Az összvásárlás után adott kedvezmény mértéke a k. eladónál a vásárlási összeg lépcsős függvényeként
L	A logisztikai szolgáltatók száma
l	A logisztikai szolgáltató azonosítója
G^l	Az l. LSZ ajánlatainak száma
j	A logisztikai ajánlatok azonosítója
Γ_j^l	Az l. szolgáltató j. ajánlatában szereplő túra, a szolgáltatók azonosítóinak kombinációjaként megadva.
Z_j^l	A Γ_j^l túrán alkalmazandó jármű rakodási kapacitása [raklap]
F_j^l	A Γ_j^l túra fix költsége egy Z_j^l rakodási kapacitású járműre vonatkozólag . [EUR]
V_j^l	A Γ_j^l túra változó költsége [EUR/ raklap]
X_j^l	$e \{0,1\}$ döntési változó, $X_j^l = 1$ akkor és csak akkor, ha az l. szolgáltató j. ajánlatát elfogadjuk, azaz a Γ_j^l túra keretében szállítás lesz
$\lceil \rceil$	Felső egész rész függvény

A célfüggvényt egyszerűsített formában is megfogalmaztam (5), eladói kedvezmények nélkül, standard méretű szállítójárművel, csak vonaljáratok engedélyezésével.

$$f(Q_i^k, X_k^l) = \sum_{k=1}^M \left(\sum_{i=1}^N P_i^k Q_i^k + \sum_{l=1}^L X_k^l \left(F_k^l \left\lceil \frac{\sum_{i=1}^N Q_i^k}{Z} \right\rceil + V_k^l \sum_{i=1}^N Q_i^k \right) \right) = \min \quad (5)$$

Jelölések:

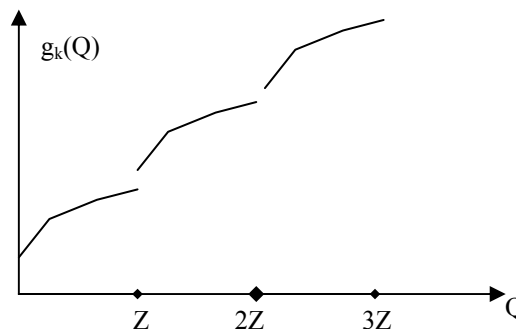
- P_i^k Az i. termék egységára a k. eladónál
 $X_k^l \in \{0,1\}$ döntési változó, $X_k^l=1$ akkor és csak akkor, ha az l. szolgáltató szállít a k. eladótól
 Z Standard szállítójármű rakodási kapacitása [raklap]
 F_k^l Az l. LSZ fix költsége a k. eladótól Z rakodási kapacitású járműre . [EUR]
 V_k^l Az l. LSZ változó költsége a k. eladótól [EUR/ raklap]

A tézishoz kapcsolódnak az [A2], [A7], [A8], [A9], [A10] saját publikációk.

Negyedik tézis

Megoldási algoritmust adtam a vonaljáratí optimalizálási problémára. Bebizonyítottam, hogy a kvadratikus, egészértékű probléma vegyes lineáris programozási feladatra vezethető vissza, leírtam a linearizálási algoritmust, és elemeztem a lineáris modell komplexitását.

Az (5) kvadratikus optimalizálási feladatot úgy tettem szakaszosan lineárisrá, hogy mindegyik eladóhoz hozzárendeltem a tőle érvényes $g_k(Q)$ legjobb logisztikai költség függvényt, ami szakaszonként lineáris. (2. Ábra) A legjobb költségfüggvényt generáló algoritmust helyességét négy lemmára alapoztam, amelyek biztosítják a helyes és gyors működést.



2. ábra. A k. eladótól menő legjobb szállítási költségfüggvény sémája

Felírtam az (5) célfüggvény linearizált formáját a szükséges korlátozó feltételekkel együtt, és bebizonyítottam, hogy az új, lineáris programozási feladat ekvivalens az eredetivel.

Kiszámítottam a linearizálás során bevezetett új változók számának felső korlátját.

Bebizonyítottam, hogy a mennyiségeket jelölő változók értéke akkor is egész lesz, ha ezt a korlátozást nem kötjük ki a korlátozó feltételek között. Ez a lazítás lényeges

gyorsítást jelent a lineáris programozási feladat megoldásában, aminek sebessége ezek után a bináris változók számától függ.

Megoldottam az (5) probléma linearizálását az eladóknál fajtánként alkalmazott mennyiségi kedvezmények esetére is, és bizonyítottam a megoldás helyességét.

Megmutattam, hogy hogyan lehet figyelembe venni a változó kapacitású járművek kezelését.

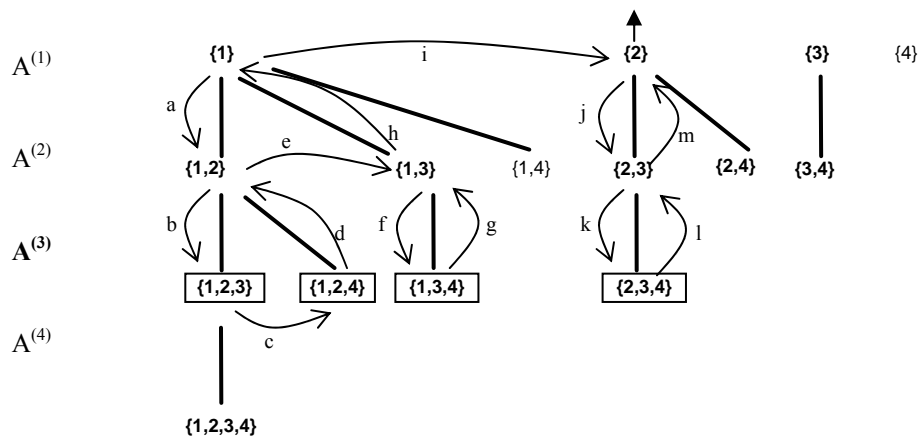
A tézishez kapcsolódik az [A5] saját publikáció.

Ötödik tézis

A kombinációs járatokat tartalmazó optimalizálási problémát visszavezettem a vonaljáratú problémára. Korlátozás és szétválasztás módszerével működő heurisztikus algoritmust adtam a különösen nagy számú változót tartalmazó problémák általános kezelésére. Ezen problémák néhány alosztályára elkészítettem az algoritmus speciális, gyorsabb változatát.

A kombinációs ajánlatok kezelését a szereplő eladói kombinációkhoz rendelt fiktív eladók bevezetésével oldottam meg, bizonyos korlátozások mellett. A fiktív eladók árait a kombinációban szereplő legalacsonyabb árként határoztam meg. Ezzel a kombinációs ajánlatot tartalmazó eseteket visszavezettem a vonaljáratú optimalizálásra, de az eladók száma jelentősen megnövekedett.

A nagy létszámú eladókkal működő EMMIL.BM optimalizálásának kezelését egy, a korlátozás és szétválasztás módszerét használó (branch and bound) heurisztikus algoritmus segítségével oldottam meg. Az algoritmus megvizsgálja a különböző eladói kombinációktól való vásárlás költségkövetkezményeit. A megoldás kihasználja a feladat belső struktúrájából adódó egyszerűsítési lehetőségeket, amihez egyetlen kikötés, hogy az allokációban győztes eladók számára felső korlátot adjunk (S_{max}). Az algoritmus egy, az eladók létszámával egyenlő számú fát tartalmazó adatstruktúra elvi bejárásán alapul. A 3. ábra szemlélteti a bejárást $M=4$ és $S_{max}=3$ esetére. A gyakorlatban csak az adatstruktúra azon részfáit kell bejárni, amelyeket jobbra lépéskor nem lehet a minimális költségekkel számított korláttal kizárni.



3. Ábra. A $P(\{1,2,3,4\})$ halmaz bejárása $S_{max}=3$ esetén

Az algoritmus bizonyos feltételek teljesülése mellett javítható oly módon, hogy nem csak a jobbra, hanem a lefelé lépésnél is ki tudunk zárni részfákat. Bebizonyítottam, hogy ehhez elegendő feltételt teljesít egy piactér, ha minden eladó minden termékből elegendő mennyiséget kínál.

A tézishez kapcsolódnak az [A3], [A4] saját publikációk.

Hatodik tézis

Elméleti számításokkal elvégeztem az EMMIL.BM modell költségparaméterekre és volumenre vonatkozó releváns érzékenységi vizsgálatait. Vizsgáltam továbbá normális eloszlású költség-paramétereket feltételezve az egyedszámok növekedésének hatását, és kritériumokat határoztam meg a modell várható gazdaságosságának eldöntéséhez. Az eredményeket az EXCEL Solver programjára épülő teszt-implementáció outputjával is alátámasztottam.

Felírtam és bebizonyítottam az eladói árakban, a fix illetve a változó logisztikai költségekben történő kismértékű változás lehetséges maximális hatását a teljes költségre.

Meghatároztam a mennyiségi igények kis mértékű fellazításából eredő lehetséges változásokat.

Felírtam az egyedszámok hatását a feladat komplexitására. Normális eloszlású változó logisztikai költség esetére igazoltam, hogy az egy eladótól menő minimális logisztikai költséget alkotó szolgáltatók száma maximálisan 6, ami jelentősen korlátozza a komplexitás növekedését.

Normális eloszlású paramétereket feltételezve egyszerű döntéstámogató rendszert készítettem annak eldöntésére, hogy mikor várható gazdasági előny az EMMIL modell bevezetésével a hagyományos – az áru árára optimalizáló – megoldáshoz képest. Ehhez az áru áráként fizetett költségnövekedést és a szállítási költségben bekövetkezett csökkenést becsültem a feltételezett várható értékek és szórások segítségével. A felállított kritériumok szerint az esetek egy részéről eldönthető, hogy nem érdemes bevezetni a modellt, egy másik osztályról azt mondhatjuk, hogy érdemes, és marad egy bizonytalan sáv, ahol a vizsgálat nem vezet döntéshez.

MS EXCEL segítségével teszt-implementációt készítettem, két különálló részben. Az első rész a legjobb költségfüggvény megtalálása, ami szeparálható, mivel ez megelőzi a lineáris programozási feladat felállítását. A tesztekkel gyakorlatban is igazoltam a legjobb költségfüggvényre korábban elméletben bizonyított tulajdonságokat.

A teszt-implementáció második része az (5) képletben megadott célfüggvényű optimalizálási feladat linearizált változatának megoldása az EXCEL Solver programja segítségével. Az implementációt arra használtam fel, hogy teszteljem a az EMMIL modell hasznosságát kimutató döntéstámogató rendszert. Vizsgálataim azt mutatták, hogy a döntéstámogató rendszerem kockázatkerülő, mert ahol az előrejelzés hasznot mutatott ki, ott valóban mindig volt nyereség az EMMIL modellen az árra optimalizáló modellhez képest, viszont a bizonytalan sávban maradó esetek egy részében még érdemes lett volna pozitív döntést hozni.

5. Az eredmények hasznosítása

Az EMMIL.BM modell elsődlegesen a vevő szempontjai szerint optimalizál, de bevezetése számos előnyt kínál más érintettek számára is, miközben természetesen megkövetel bizonyos ráfordításokat, illetve járhat néhány hátrányos következménnyel is egyes érintettek számára. Mindezeket az alábbi táblázatban foglalom össze.

Érintett	Nyereség/előny	Ráfordítás/hátrány
Vevő	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A teljes költség összegeződik és minimalizálódik ▪ A logisztikai költségek csökkenthetők ▪ Az igények ismertetése egyszerűsödik 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A piactérrel kapcsolatos költségek <ul style="list-style-type: none"> ▪ A rendszer létrehozása ▪ Átállás ▪ Üzemeltetés
Eladók	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A piaci lehetőségek növekedése ▪ A piaci tárgyalás program segítségével automatizálható ▪ Az alkupozíció javulása (előnyös geográfiai helyzetben) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Az elektronikus kereskedelemmel kapcsolatos költségek ▪ Az alkupozíció romlása (hátrányos geográfiai helyzetben)
Logisztikai szolgáltatók	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A piaci lehetőségek növekedése ▪ A piaci tárgyalás automatizálható ▪ Az erőforrások kihasználása javítható <ul style="list-style-type: none"> ▪ Szállítási kapacitás ▪ Tárolási kapacitás 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Az elektronikus kereskedelemmel kapcsolatos költségek
A társadalom	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hatékonyabb gazdálkodás 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Munkahelyek feleslegessé válhatnak
A természeti környezet	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Csökken a természeti erőforrások felhasználása – energiapazarlás csökkenése ▪ Csökken a környezetszennyezés <ul style="list-style-type: none"> ▪ Légszennyezés ▪ Zaj ▪ Szállítóeszközök amortizációjából származó hulladék mennyisége 	

Disszertációm szervesen kapcsolódik a ME-ALT tanszéki tudományos tevékenységéhez, az előzményekre való építkezésem kívül további kutatások is kapcsolódnak hozzá. [C1]. A tématerületen már egy diplomamunka is készült [C2], melynek készítője a doktori iskola keretében folytatja majd kutatásait tovább.

Az EMMIL modell beépült a londoni Westminster Egyetem Centre for Parallel Computing és az MTA SZTAKI Párhuzamos és Elosztott Laboratóriuma közös

kutatásaiba is. Mint az [A2], [A4], [A7] publikációk jelzik, a két intézmény által tervezés alatt álló Grid alapú elektronikus piactér már tartalmazni fogja az EMMIL.BM modellt, és lehetőséget ad a további EMMIL modellek megvalósítására is.

A valós működtetés során fog kiderülni, hogy az általam létrehozott struktúra és algoritmusok ténylegesen milyen hiányosságokat tartalmaznak, és milyen finomításokat igényelnek, de bízom abban, hogy a disszertációmban ajánlott új megközelítés néhány év múlva bevált gyakorlat lesz az elektronikus kereskedelemben.

6. Az értekezés témakörében megjelent saját publikációk

- [A1] Kacsukné B. L., J. Cselényi : Cost considerations of the EMMIL E-Marketplaces, Bányai T, Cselényi J. (szerk.): Logistics Networks – Models, Methods and Applications c. könyvben:, pp. 235-248. Miskolci Egyetem, Miskolc 2005
- [A2] Livia Kacsukné Bruckner-Tamás Kiss: Integrating Logistics with E-Marketplaces Using Grid Technology Annales of IBS, Nemzetközi Üzleti Főiskola, Budapest 2005 (előkészületben)
- [A3] Livia Kacsukné Bruckner - József Cselényi : Principles and Algorithms of EMMIL Marketplaces, IEEE Conference on E-Commerce 2005 pp. 426-430. München 2005 július 19.-22.
- [A4] Livia Kacsukné Bruckner - Gábor Hermann : On the Algorithms of the Grid-Based EMMIL E-Marketplace Model, Mipro International Conference Opatija, pp. 253-258. 2005 Május 30.-Június 06.
- [A5] Livia Kacsukné Bruckner - József Cselényi : On the Optimisation Problems of Emmil Marketplaces, MicroCAD International Conference pp. 257-272. Harkov, 2005. Május 19. – 20.
- [A6] Livia Kacsukné Bruckner - József Cselényi : Cost Models of E-Marketplaces Integrated with Logistics, MicroCAD International Conference, Miskolc, 2005 Március 10-11. (megjelenés alatt)
- [A7] Livia K. Bruckner – Tamás Kiss: Using Grid-technology to Implement an e-Marketplace Integrated with Logistics Dapsys 2004 International Conference pp.155-163 Budapest, 2004
- [A8] Kacsukné Bruckner Livia: Grid alapú, logisztikával integrált elektronikus piactér modellje, Vezetéstudomány, XXXV/12. pp. 31.-40. BKÁE Vezetőképző Intézet Budapest 2004.
- [A9] Livia Kacsukné Bruckner A Grid-Based e-Marketplace Model Integrated with Logistics, Mipro International Conference pp. 241-244. Opatija, 2004.
- [A10] Livia Kacsukné Bruckner - József Cselényi : E-Marketplace Model Integrated with Logistics, MicroCAD International Conference, Supplementary Volume pp. 37-42. Miskolc 2004.
- [A11] Livia Kacsukné Bruckner - József Cselényi : Ways to Solve Logistical Problems Using Distributed Systems pp. 21-27. MicroCAD International Conference Miskolc, 2003.
- [A12] Livia Kacsukné Bruckner - József Cselényi :A Distributed Model for Scheduling Multi-Product, Multi-Stage Integrated Production-Logistics Systems Aiming at Lead Time Optimisation, WESIC International Conference pp. 551-558 Miskolc, 2003
- [A13] Kacsukné Bruckner Livia – Kiss Tamás: Az elektronikus kereskedelem oktatása a Nemzetközi Üzleti Főiskolán, Informatika a felsőoktatásban országos konferencia, Debrecen 2002.
- [A14] Kacsukné Bruckner Livia – Kiss Tamás: Bevezetés az üzleti informatikába, Akadémiai Kiadó ISBN 9630576449, Budapest 1999, 2001

7. Hivatkozott irodalom

- [B1] Bichler, Martin, "A Roadmap to Auction-based Negotiation Protocols for Electronic Commerce", In: Proceedings of the 33th Hawai'i International Conference on Systems Sciences (HICSS), Maui, Hawaii; January 4 - 7, 2000
- [B2] Chandrashekar T. S., Narahari Y., Charles H. Rosa, Devadatta Kulkarni, and Jeffrey D. Tew: "Auction Based Mechanisms for Electronic Procurement"
<http://lcm.csa.iisc.ernet.in/hari/survey/chandra-procure.pdf> downloadad 2nd February 2005
- [B3] Chen R. R., Janakiraman G., Robin R., and Zhang R. Q., "Efficient auctions for supply chain procurement", Johnson Graduate School of Management, Cornell University, Ithaca, NY, Tech. Rep., 2002.

- [B4] Cselényi J., Bányainé Tóth Á.: Elektronikus kereskedelem a logisztikában, COMPAQ – Vállalati beszerzési rendszerek CD, Budapest 2000.
- [B5] Cselényi J., Bányainé Tóth Á.: Virtuális logisztikai vállalatok és klaszterek a beszállítói tevékenység támogatására. Innovatív Termékek és Konferenciák Kiadványa, pp 157-163. Miskolci Egyetem 2002.
- [B6] Cselényi J., : A virtuális vállalatok logisztikájának alapjai. MicroCad System '98, Miskolc, 1998. február 25-26.
- [B7] Cselényi József, Kerepeszki István: Model and concept of method, as well as steps of creation of virtual logistics network for supporting small and medium size enterprises, Miskolczer Gespreche 2003, pp. 35-44.
- [B8] Cselényi József, Vernyik Attila: Structure of Virtual Companies, in Modelling and Optimisation of Logistic Systems, edited by Cselényi J., Bányai T., University of Miskolc, 1999, pp. 51-57.
- [B9] Cselényi József, Vernyik Attila: Virtuális vállalatok tervezésére szolgáló matematikai modellek, Logisztika a felsőfokú szakképzésben I. (Szerkesztette: Turcsányi Károly), pp. 77.-89.
- [B10] Cselényi József: Virtuális vállalatok logisztikájának alapjai, Gép, II. évfolyam, 1998, 4-5. Szám pp. 29-35.
- [B11] Kalagnanam J. , Parkes D., “Auctions, bidding, and exchange design” in Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis, Modeling in the e-Business Era, Simchi-Levi, D. Wu, Shen, Eds. Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [B12] Kerepeszki I., Cselényi J.: Structural Foundation of of Virtual Logistics Systems for Optimal Operation of Supply Networks, 4th Workshop on European Scientific and Industrial Collaboration pp. 195-203. Miskolc 2003. May 28-30.
- [B13] Klemperer P., “Auction theory: A guide to the literature”, Journal of Economic Surveys, pp. 227-286, 1999
- [B14] Milgrom P., Putting Auction Theory to Work. Cambridge University Press, 2004.
- [B15] Vries de S. and Vohra R. V., “Combinatorial auctions: A survey”, INFORMS Journal of Computing, vol. 15, no. 1, 2003. (letöltési forrás: www-lit.ma.tum.de)
- [B16] Zeng Daniel D., Cox James C., Dror Moshe: Coordination of Purchasing and Bidding Activities Across Markets” Proceedings of the Hawai’i International Conference on System Sciences, January 5-8, 2004, Big Island, Hawaii.

8. Követő kutatások publikációi

- [C1] Cselényi J., Illés B.: Elektronikus piactér alkalmazásának lehetősége szervizek elfekvő készleteinek értékesítésére, Országos Karbantartási és Munkabiztonsági Konferencia 2004 Nyíregyháza, június 23.-25.
- [C2] Mészáros Ferenc: Logisztikával integrált elektronikus piactér alkalmazásának lehetősége szervizek elfekvő készleteinek értékesítésére, Diplomamunka, Témavezető: Dr. Cselényi József, Miskolci Egyetem Gépészmérnöki Kar, Mérnök - Menedzser Szak, 2005 június.