



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
KÖZLEKEDÉSMÉRNÖKI ÉS JÁRMŰMÉRNÖKI KAR

**ELEKTRONIKUS FUVAR- ÉS RAKTÁRBÖRZE
RENDSZERMODELLJE**

PhD értekezés tézisei

Készítette:

Kovács Gábor

okleveles közlekedésmérnök

Témavezető:

Dr. Tarnai Júlia

a közlekedéstudomány kandidátusa, PhD
egyetemi docens

Budapest
2011

Az értekezés megtekinthető a BME Közlekedésüzemi Tanszékének honlapján (<http://www.kku.bme.hu>), valamint nyomtatott formában a Tanszék titkárságán.

**Az értekezésem szakmai tartalma kapcsolódik a „Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen” c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.
A kutatásom honlapja: <http://fwe.kku.bme.hu>.**

1. A KUTATÁSI TÉMA ELŐZMÉNYEI

Napjainkban a földrészekén átívelő, több milliárd felhasználó kapcsolatát megteremtő világháló, az internet segítségével villámgyorsan juttathatók el az üzleti folyamatok résztvevői számára az információk, ez a kereskedelmi folyamatok felgyorsítását és optimalását teszi lehetővé, a kínálat és a kereslet gyors áttekinthetősége és összerendelhetősége révén. Az üzleti partnerek közötti online kapcsolat gyors megteremtésének lehetősége volt az elektronikus kereskedelem, ezen belül is például a különféle termékek árusítására szolgáló web shopok, online aukciók, elektronikus piacterek térnyerésének fő hajtóereje. Ma már a kereskedelmen belül világszerte folyamatosan nő az elektronikus kereskedelmi formák értékben és volumenben kifejezett részaránya.

Az elektronikus kereskedelem térnyerésével egy időben, a kilencvenes évek végén terjedtek el az interneten a logisztikai szolgáltatók és azok szolgáltatásait igénybe vevők online kapcsolatát biztosítani hivatott elektronikus portálok, börzék. *WANG, POTTER* és *NAIM* [FB37] munkájukban kiemelik az elektronikus logisztikai piacterek jelentőségét. *GÜNTHER* és *KRACKE* [FB19] az elektronikus kereskedelem egyik fontos részterületeként említik a fuvarbörzét. *MCKINNON* az online fuvarbörzét egy fontos innovációként [FB26] és az üres futások csökkentésének egyik lehetséges eszközeként említi meg [FB28]. A legkorábbi és egyben ma is a legnépszerűbb változatuk az ún. elektronikus fuvarbörze, amelyben a logisztikai szolgáltatók a szabad szállítási kapacitásaikat, a leendő megbízók pedig az általuk igényelt szállítási szolgáltatásokat jeleníthetik meg. *NANDIRAJU* és *REGAN* [FB29] a fuvarbörzék lehetséges ajánlatkezelési megoldásaiként említik az ajánlatok hirdetések alapján történő kiválasztását és az aukciók alkalmazását. *IHDE* [EC8] az internet alapú szállítási börzéken alkalmazható aukció megvalósítására javasol egy konkrét aukciós módszert. Kevésbé elterjedt az elektronikus raktárbörze, amelyben szabad raktározási kapacitásokat és raktározási feladatokat lehet meghirdetni, illetve ezek között lehet keresést végrehajtani az igényeknek megfelelően. *ZAPP* [FB41] a raktárbörzék alapfeladatait mutatja be. Ma már léteznek egységes felhasználói felületbe integrált fuvar és raktárbörzék is.

Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék létrehozásának alapvető célja az volt, hogy a gyors információcsere lehetőségeit kihasználva megteremtsék a szolgáltatók és a szolgáltatásokat igénybe vevők számára egyaránt előnyös partneri kapcsolatokat alapját, a kínálat és a kereslet összehangolását. A fuvar- és raktárbörzék szolgáltatásainak igénybevételével a szállítási, raktározási szolgáltatók számára lehetővé válik szabad szállítási, raktározási kapacitásaik gyors értékesítése, ami járműparkjuk, raktárterületük jobb kihasználását és ez által működési költségeik csökkenését eredményezi. A szolgáltatásokat igénybe vevők pedig gyorsan ki tudják választani a számukra legkedvezőbb ajánlatot, és ez által csökkenthetik logisztikai költségeiket.

A jelenleg ismert és használt elektronikus fuvar- és raktárbörzéket vizsgálva megállapítható, hogy nem rendelkeznek kifinomult kereslet/kínálat összehangolási lehetőségekkel, többnyire csupán egyszerű hirdetésként jelenítik meg a szállítási/raktározási kapacitásokat/feladatokat, korlátozott keresési/kiválasztási lehetőséggel. Sokszor csupán az adott weblapon megjelenő szöveges hirdetés formájában olvashatóak az ajánlatok, mindenféle keresési és szűrési lehetőséget kizárva. A fejlettebb börzék esetében már adatbázisban, katalógus formájában történő keresésre is lehetőség van. A szolgáltatók versenyeztetés (tender, aukció) során történő kiválasztási lehetősége még ennél is ritkább esetekben jelenik meg a börzék szolgáltatási palettáján. *ALT* és *KLEIN* [FB3] tanulmányában olvasható néhány meglévő fuvarbörze értékelése és hibáinak feltárása. Legfontosabb tanulságként azt említik, hogy nagyon pontos rendszertervre van szükség, hiszen sok megoldás van jelenleg is, de ezek többsége igen gyenge. *BOKOR* [FB7] megemlíti, hogy az internetet, mint feltörekvő üzleti

kommunikációs lehetőséget szinte mindegyik szolgáltató használja, az igazi logisztikai e-business technikák (például interaktív elektronikus fuvarözsde) azonban legfeljebb kísérleti üzemben működnek.

A jelenlegi elektronikus fuvar- és raktárbörzék legnagyobb hiányosságának ezért az tekinthető, hogy nem használják fel az információtechnológia, az elektronikus kereskedelem, az operációkutatás és az optimumkeresés korszerű módszereit. Többségük csupán egyszerű hirdetőfelületként, jobb esetben „web shop”-ként üzemel, még a legösszetettebb portálok sem lépnek túl e börzék elmúlt időszak alatt berögződött szerepén. Mái nem készült el olyan komplex, minden részletre kiterjedő rendszerterv, amely az elektronikus fuvar- és raktárbörzék általános modelljét képezi, bemutatva a számításba vehető új szolgáltatásokat és alkalmazási területeket.

Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék mai palettájáról teljes egészében hiányzik a szolgáltatók kiválasztását segítő döntéstámogató algoritmus. Ez az ajánlatok közötti választás során fellépő döntési probléma megoldásának egyik alapvető, operációkutatáson alapuló eszköze lehet. Az elektronikus fuvar- és raktárbörzén megjelenő ajánlatok nagy száma miatt sokrétű optimumkeresésre van lehetőség, amelyek közül az egyik legkézenfekvőbb az egyes szállító járművek által megtett járatok optimális megtervezése. Ennek ellenére nemcsak a konkrét online portálok, de még a szakirodalomban sem lelhető fel az ilyen jellegű optimumkereséssel kapcsolatosan említés, vagy éppen konkrét megvalósítás.

Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék egyes logisztikai problémák megoldásában történő felhasználása a lehetőségekhez mérten igen szűk területre korlátozottan valósul meg, többnyire csupán az egyedi szállítási/raktározási feladatok/kapacitások közötti választást segítik. A szakirodalom főként az elérhető hasznokat említve sejteti ugyan, hogy ennél komplexebb alkalmazások támogatása is lehetséges, mégsem készült erről eddig sem elméleti kutatás sem gyakorlati megvalósítás. Az elektronikus fuvarbörzék ma még túlnyomórészt csak a közúti áruszállítás területén alkalmazzák. Az egyéb területeken való felhasználás még csak kezdetleges (pl. vasúti áruszállítás) vagy pedig egyáltalán nem jellemző (pl. kombinált áruszállítás, városi áruszállítás). BRUNS, GÜNES és ZELEWSKI [FB9] a vasúti kocsik kihasználásnak javításához javasolják a fuvarbörzék alkalmazását. JONKMAN, TANIGUCHI és YAMADA szerint [FB24] egy e-aukciós rendszer képes lehet a városi áruszállítás negatív hatásait enyhíteni. HOLGUÍN-VERAS [FB23] valamint HAYASHI és YANO [FB21] a legnagyobb előnyt a járműkihasználtság javításában látják (üres futások csökkentése, visszafuvarok szervezése), de utóbbiak megemlítik, hogy a gyűjtőfuvarozás szervezésére is kiválóan alkalmasak az ilyen elektronikus találkozási felületek.

A kutatásom során felhasznált és a téziszűzet 7. fejezetében felsorolt szakirodalom részletes elemzése az értekezésemben olvasható ([AC1]...[AC17]: hangyakolónia algoritmus és optimumkeresés; [EC1]...[EC24]: elektronikus kereskedelem; [FB1]...[FB41]: elektronikus fuvar- és raktárbörzék; [MD1]...[MD31]: döntéstámogatás).

2. A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

A jelenlegi elektronikus fuvar- és raktárbörzék többnyire csak a keresleti/kínálati kapcsolatok egyszerű, gyors létrehozásában jelentenek előrelépést. Továbbfejlesztve viszont lehetőséget nyújthatnának például a szolgáltatók komplex versenyeztetésére, döntéstámogatásra, a szabad kapacitások kihasználásának optimalizálására, továbbá olyan összetett logisztikai folyamatok támogatására, amelyek eddigi alkalmazását a korszerű információs és kommunikációs (I+K) technológiák hiánya, vagy éppen ezek nem megfelelő használata, illetve kihasználása hátráltatta.

A kutatásom fő célja ezért az említett hiányosságokat figyelembe véve egy olyan, komplex elektronikus fuvar- és raktárbörze rendszermodell kifejlesztése, amely a közeli jövőben a szállítási és raktározási szolgáltatási kínálat és kereslet (a szabad szállítási, raktározási kapacitások és a szállítási, raktározási igények) gyűjtőhelye lehet, sokszínű elektronikus kereskedelmi, döntéstámogatási és optimumkeresési lehetőséggel segítve a kínálat és a kereslet összerendelésével megvalósuló szállítási, raktározási folyamatok magas színvonalú szervezését. A kutatásom célja ezzel párhuzamosan annak bizonyítása, hogy az elektronikus fuvar- és raktárbörzék e szolgáltatások terén történő alkalmazása célszerű és komoly lehetőségeket nyújthat. A kutatási célkitűzésem fontos részét képezi a gyakorlatban jól használható, komplex logisztikai folyamatok támogatására képes működési logika és algoritmusok kifejlesztése.

3. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A rendszermodell fontos részét képezi az összetett *e-kereskedelmi eszközpalletta* (főként *katalógusok, tenderek, aukciók*) szakirodalmi ismereteken alapuló kialakítási lehetőségeinek bemutatása ([EC8], [EC10], [EC12], [EC15], [EC16], [EC17], [EC18], [EC19], [EC22], [EC24]).

Az egyes szállítási/raktározási kapacitás/feladat ajánlatok közötti választás során fellépő döntési probléma *multikritériumos döntéstámogató algoritmus (MDA)* segítségével oldható meg. Ezen algoritmus alapjait az *AHP (Analytic Hierarchy Process)* módszertan adja (főként *SAATY* munkái: [MD17], [MD18], [MD19], [MD20], [MD21], [MD22], [MD23], [MD24], [MD25], [MD26]). A módszertan lényege, hogy a hierarchikus rendszerben felépített szempontok, azok páros összehasonlítások által generált súlyszámainak, valamint egy kiértékelő függvény segítségével az egyes alternatívák súlyozott teljesítési értéket kapnak, így e relatív értékekkel jellemezhető minősített sorrend állítható fel köztük. E mellett fontosabb matematikai eljárásként a *maximális szenzitivitás vizsgálatot (PÉTER* munkái: [MD10], [MD11], [MD12], [MD13], [MD14]) kell megemlíteni, amellyel a súlyszámok módosításának hatására bekövetkező maximális, százalékban kifejezett súlyozott teljesítési érték változást vizsgáltam. Ezekon kívül az MDA megalkotásában, azon belül is a szempontok súlyszámainak generálása során felhasználásra került néhány további numerikus módszer is. Így a *FAGYEJEV módszer* ([MD4], [MD5]) és a *szelő módszer* [MD1] a páros összehasonlítás mátrix sajátértékeinek számítására; valamint a *Gauss elimináció* ([MD6], [MD7], [MD8]) a páros összehasonlítás mátrix maximális sajátértékhez tartozó sajátvektorának meghatározásához, amely vektor a súlyszámokat adja meg.

Az egyes szállítási/raktározási kapacitásokkal kapcsolatban felmerülő járatszerkesztési és kapacitáskihasználási probléma megoldására egy arra alkalmas optimum kereső algoritmus kifejlesztése is a vizsgálatok tárgyát képezte. E célra a *MARCO DORIGO* által kifejlesztett, a hangyák szociális viselkedésének modellezésén alapuló metaheurisztikus optimum kereső eljárást, az ún. *hangyakolónia algoritmust* használtam fel ([AC3], [AC9], [AC10], [AC11]). Az algoritmus természetből (hangyák élelemkeresése) vett lényege, hogy a több iteráció során létrehozott megoldási változatok (például járatok, amelyeket egy hasznfüggvény jellemez) eredményei a későbbi iterációk során az újabb változatok létrehozásának fontos alapjai lesznek. Ezt az ún. feromon (korábbi keresések eredményeit tároló memória) értéknek az elért hasznfüggvény érték alapján történő folyamatos frissítése biztosítja.

Az összetett logisztikai folyamatok (városi és kombinált áruszállítás) elektronikus fuvar- és raktárbörzékkel történő támogatására kidolgozott algoritmus esetén szintén felhasználtam a *hangyakolónia algoritmus* logikáját ([AC3], [AC9], [AC10], [AC11]).

4. A TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

A doktori értekezésemben kidolgozott és részletesen bemutatott új tudományos eredményeket az alábbi tézisekben foglalom össze:

1) Megalkottam az elektronikus fuvar- és raktárbörzék komplex moduláris rendszermodelljét, információs rendszerük vázát.

A jelenlegi elektronikus fuvar- és raktárbörzék a rendelkezésre álló I+K technológiák, elektronikus kereskedelmi formák ellenére többségében a szállítási és raktározási feladatok, illetve kapacitások egyszerű hirdetésként történő megjelenítését biztosítják. A szolgáltatók versenyeztetés útján történő kiválasztására csak elvétve van lehetőség. Mindemellett az online kapcsolat és a nagyszámú ajánlatot tartalmazó adatbázis lehetőségeit kihasználó, az ajánlatok kiválasztása során felmerülő döntési probléma megoldását és a logisztikai folyamatok optimalizálását biztosító algoritmusok alkalmazását sem a szakirodalom nem említi, sem pedig az online börzék nem biztosítanak rá lehetőséget. Ezen hiányosságok fő oka az ilyen jellegű, a logisztikai (szállítási, raktározási) szolgáltatók és e szolgáltatásokat igénybe vevők kapcsolatát biztosítani hivatott online börzék korszerű, információs, a logisztikai folyamatok támogatását szolgáló rendszerként való értelmezésének hiányára vezethető vissza. Mindemellett, napjainkig nem készült az elektronikus fuvar- és raktárbörzékre megfelelő színvonalú komplex rendszerterv sem.

A PhD értekezésemben ezért megalkottam az elektronikus fuvar- és raktárbörzék rendszermodelljét (lásd 1. ábra). A rendszermodell kétféle logisztikai szolgáltatás (szállítás, raktározás) ajánlatkezelési metódusát a kornak megfelelő I+K technológiáknak, elektronikus kereskedelmi eszközöknek, operációkutatási és optimumkeresési eljárásoknak megfelelően támogatja.

A rendszer adatmodelljét MS Access környezetben fejlesztettem és teszteltem.

/Az értekezésem 3.1. fejezete; [KG1], [KG2], [KG3], [KG12], [KG13], [KG21]/

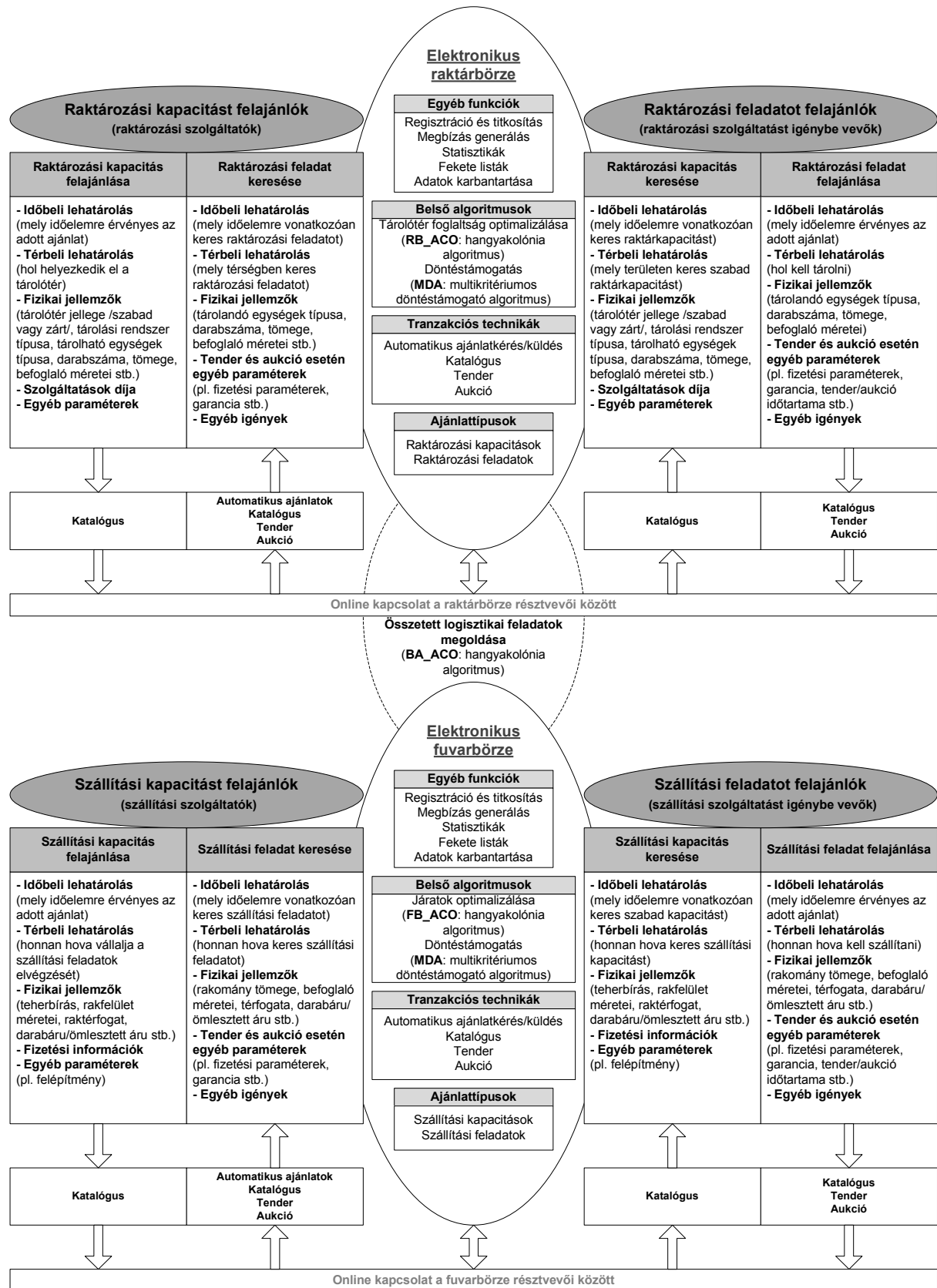
2) Kidolgoztam az elektronikus fuvar- és raktárbörzéken alkalmazható, az információs rendszer dinamikus működését, az igény-kapacitás összerendelés megvalósítását biztosító elektronikus kereskedelmi módszertani eszköztárat.

Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék egyik fő feladata az igény-kapacitás összerendelés hatékony biztosítása. Mindemellett megállapítottam, hogy az elektronikus fuvar- és raktárbörzék jelenleg szinte kizárólag hirdetésként jelenítik meg a szállítási/raktározási kapacitásokat/feladatokat.

Az elektronikus kereskedelem lehetőségeit felhasználva sokszínű ajánlatkezelési palettát dolgoztam ki, a legegyszerűbb katalógusos módszertől kiindulva, az igények szerint automatikusan küldött ajánlatokon át a logisztikai szolgáltatók versenyeztetésének lehetőségét biztosító tenderekig és aukciókig.

A tendereztetés logisztikai alkalmazási lehetőségeit (például raktári, anyagmozgató eszközök beszerzésére kiírt tenderek) gyakorlati példákon keresztül mutattam be.

/Az értekezésem 3.2.-3.5. fejezetei; [KG4], [KG7], [KG9], [KG11], [KG14], [KG17]/



1. ábra: A kifejlesztett elektronikus fuvar- és raktárbörze rendszermodellje

3) Kísérleti úton igazoltam, hogy az AHP alapú döntéstámogatás jól alkalmazható az elektronikus fuvar- és raktárbörzéken felmerülő döntési problémák megoldására és az ezt befolyásoló emberi szubjektív hatásainak elemzésére.

Az elektronikus fuvar- és raktárbörzéken az ajánlatok kiválasztását segítő elektronikus kereskedelmi formák alkalmazása során döntési problémák lépnek fel (a sok lehetséges ajánlat közül a céloknak legmegfelelőbb kiválasztása), amelyek megoldására AHP alapú multikritériumos döntéstámogató algoritmust fejlesztettem ki (MDA).

Az általam megalkotott MDA alapmodelljének magja a szempontrendszer hierarchikus felépítése és a szempontok páros összehasonlításának eredményét tartalmazó mátrix felírása. A szempontok súlyszámait a páros összehasonlítás mátrixból kiindulva numerikus módszerek segítségével határoztam meg. Az alternatívák egyes szempontok szerinti relatív értékeinek (a k. alternatíva esetén: R_{ij}^k) és a szempontok (w_i : főszempontok /1...i...f/; w_{ij} : főszempontokon belüli alszempontok /1...j...a_i/) súlyszámainak segítségével kalkulált súlyozott teljesítési érték (\hat{E}_k) által az ajánlatok között minősített sorrend állítható fel:

$$\hat{E}_k = \sum_{i=1}^f \left\{ w_i \cdot \sum_{j=1}^{a_i} [w_{ij} \cdot R_{ij}^k] \right\} \Rightarrow \text{MAX!} \quad (1.)$$

A közvetlenül nem számszerűsíthető szempontok esetén a súlyszámok generálásánál használttal megegyező eljárással rendeltem az alternatívákhoz relatív értékeket.

A szubjektív hatásainak elemzésére általam kifejlesztett érzékenységvizsgálati eljárás a szempontokat négy csoportba sorolja (E-1, E-2, E-3, E-4), és megadja, hogy a minősített sorrend első helyén lévő ajánlat teljesítési értéke miként reagál (meddig a legkedvezőbb) a vizsgált súlyszám módosítására. Ezzel összefüggésben a maximális szenzitivitás vizsgálatra alapozva kidolgoztam az egyes súlyszámok módosítására bekövetkező teljesítési érték változás maximális százalékos értékének számítására alkalmas formulát. A vizsgált súlyszámok (1...i...v számú), az ezek változásától függő súlyszámok (v+1...j...f számú) és az egyes alternatívák alszempontok szerinti súlyozott értékeinek (c_i , c_j) segítségével az alábbi összefüggés alapján számítható a k. alternatíva vizsgált súlyszámokra vonatkozó maximális szenzitivitásának értéke:

$$S_k(w) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^v \left\{ c_i - \sum_{j=v+1}^f \left[\frac{w_j \cdot c_j}{\sum_{j=v+1}^f (w_j)} \right] \right\}^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^v \{w_i^2\}}}{\sum_{i=1}^v \{w_i \cdot c_i\} + \sum_{j=v+1}^f \left\{ \left[1 - \sum_{i=1}^v (w_i) \right] \cdot \frac{w_j \cdot c_j}{\sum_{j=v+1}^f (w_j)} \right\}} \quad (2.)$$

Az eljárásokat MS VBA környezetben fejlesztettem ki, működésüket raktározás-technikai és anyagmozgató eszközök beszerzésére kiírt tenderek és MS Excelben végrehajtott kísérleti futtatások során teszteltem.

/Az értekezésem 4. fejezete; [KG5], [KG6], [KG8], [KG9], [KG10], [KG14]/

4) Kísérleti úton igazoltam, hogy a hangyakolónia algoritmusok az elektronikus fuvar- és raktárbörzéken hatékonyan alkalmazhatóak a szállítási és raktározási szolgáltatók folyamatainak (járatszerkesztés, kihasználtság) optimalása terén.

Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék a bennük szereplő szállítási/raktározási feladatokat és kapacitásokat tároló adatbázis gyors áttekinthetősége és kereshetősége révén optimumkeresésre adnak lehetőséget. Ehhez a börze dinamizmusa miatt valós idejű adatokra és automatikus foglalási rendszerre van szükség.

Kifejlesztettem egy, a metaheurisztikus hangyakolónia algoritmuson alapuló járatszerkesztő eljárást (FB_ACO). Az algoritmus a szállítási feladatok halmazából kiválasztja és sorba rendezi azokat (1...i... ℓ számút), amelyekkel a korlátozó feltételek betartása mellett, egy adott szállítási kapacitással, a lehető legnagyobb H_ℓ^{kapcs} haszon elérésével lehet egymás után soron következő szállítási feladatokat teljesíteni. A H_ℓ^{kapcs} haszon értéke a szállítási költségek (eljutás: k^e , árutovábbítás: k^a , visszatérés: k^v) és a fuvardíj (FD) figyelembe vételével kalkulálható. Megalkottam továbbá az összetett \mathbb{H} hasznossági érték fogalmát, amely alapértelmezésben az adott változat (járat) hasznának (H_ℓ^{kapcs}) és az iterációs lépésekben elért legjobb haszonnak ($H_{\text{max}}^{\text{kapcs}}$) a hányadosa. A \mathbb{H} kiegészíthető további tényezőkkel $\mathbb{H}=f(H_1, \dots, H_h, \dots, H_{oh})$, például a jármű megtett távolsággal súlyozott kapacitás kihasználtságával (η_{jm}):

$$\mathbb{H} = \frac{H_\ell^{\text{kapcs}}}{H_{\text{max}}^{\text{kapcs}}} \cdot \eta_{jm} = \frac{\sum_{i=1}^{\ell} \{FD_i\} - [\sum_{i=1}^{\ell} \{k_i^e\} + \sum_{i=1}^{\ell} \{k_i^a\} + k_\ell^v]}{H_{\text{max}}^{\text{kapcs}}} \cdot \eta_{jm} \Rightarrow \text{MAX!} \quad (3.)$$

Megalkottam egy összefüggést az r. és s. szállítási feladatok (az r. után választható feladatok száma: 1...t...s...L) egymás után következő valószínűségének ($p_{r,s}$) számítására, lásd. (4.). Ezen összefüggésben az ún. feromon értéket ($\varphi_{r,s}$), mint keresésből származó információt; és az eljutási távolság ($d_{r,s}$) reciprokját (a minél kisebb úthossz elérése érdekében), mint heurisztikus adatot vettem alapul. Az α és β paramétereket ezek fontosságának megfelelően állítottam be ($\alpha=2$, $\beta=1/3$):

$$p_{r,s} = \frac{\varphi_{r,s}^\alpha \cdot \left(\frac{1}{d_{r,s}}\right)^\beta}{\sum_{t=1}^L \left\{ \varphi_{r,t}^\alpha \cdot \left(\frac{1}{d_{r,t}}\right)^\beta \right\}} \quad (4.)$$

A feromon frissítést (és koptatást) az r. és s. feladatok járatba vonásával és sorrendjével elért \mathbb{H} összetett hasznossági érték ($\mathbb{H}_{\ell(r,s)}$), a konzervatív és a felfedező keresés egyensúlyának beállítására szolgáló \mathcal{B} (az általam javasolt érték: $\mathcal{B} = 5/36$) paraméter valamint a feromon párolgási együttható ($\rho=0,1$) segítségével végeztem:

$$\varphi_{r,s} = [\varphi_{r,s} + \mathcal{B} \cdot \varphi_{r,s} \cdot \mathbb{H}_{\ell(r,s)}] \cdot [1 - \rho] \quad (5.)$$

Kifejlesztettem továbbá egy, a fenti logikán alapuló, a raktározási szolgáltatók által használható hozzárendelő algoritmust (RB_ACO). Ez alkalmas a megadott raktározási feladatok halmazából azok kiválasztására, amelyekkel a korlátozó feltételek betartása mellett a raktározási kapacitáshoz a lehető legnagyobb haszon (\mathbb{H} az adott megoldásban elért és a legjobb tárolótér kihasználtság hányadosa) mellett lehet raktározási feladatokat hozzárendelni. A feladatválasztási valószínűség számítása során heurisztikus adatként a tárolandó mennyiség kerül beírásra (kevés raktározási feladat jó kihasználtság mellett).

Az FB_ACO és RB_ACO algoritmusokat MS VBA környezetben fejlesztettem és MS Excel segítségével kísérleti úton teszteltem.

/Az értekezésem 5. fejezete; [KG17], [KG18], [KG19], [KG21], [KG23], [KG24]/

5) Kísérleti úton bizonyítottam, hogy hangyakolónia algoritmus alapú optimalás és összetett kritériumrendszer alapján az elektronikus fuvar- és raktárbörzék képesek komplex áruszállítási rendszerek és zöld logisztikai elvek támogatására.

Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék a jelenlegi alkalmazási területeken túlmenően számos olyan logisztikai folyamat támogatására alkalmasak, amelyek esetén napjainkban a résztvevő felek közötti kommunikációs hiányosságok okozzák a legnagyobb problémákat. Így az elektronikus fuvar- és raktárbörzék alkalmasak a gyűjtő/elosztó járatok szervezésére

és az egyes szállítási és raktározási kapacitások szolgáltatók közti megosztására, az eszközpark átcsoportosítására. Alkalmasak a különféle áruszállítási módok csatlakozási pontjain ébredő raktározási, és az ide/innen történő szállítási folyamatok hatékony szervezésére (kombinált áruszállítás, városi áruellátás). Így képesek a zöld logisztikai elvek támogatására, főként a közúti járművek számának és a kibocsájtott káros anyag mértékének csökkentése által.

Tézisem bizonyítására felépítettem egy hangyakolónia algoritmust (BA_ACO). Ez az áruszállítási csomópontokon elhelyezkedő átrakóterminálokra gyűjti, illetve onnan osztja szét a szállítási feladatokat, amelyek az átrakóközpontok között együttesen, nagy kapacitású és nagy szállítási távolságú járművel továbbíthatóak a teljes szállítási útvonal jelentős hosszán. A célfüggvény (H) az összes áruszállítási teljesítmény növekményének minimalizálása (Q^{CF}), az ehhez tartozó összes futásteljesítmény csökkenés maximalizálása (F^{CF}) a kombinált áruszállítást biztosító jármű minél jobb kihasználása (K^{CF}) mellett. A modellezési logikát a felmerülő többlet logisztikai szolgáltatás igények bizonyos mértékű figyelembe vétele céljából átrakás specifikus időalapú büntetőfüggvénnyel (RI^{BF}) láttam el. Az összetett \mathbb{H} hasznossági érték így (H_{max} az elért legjobb haszon):

$$\mathbb{H} = \frac{H}{H_{max}} = \frac{RI^{BF} \cdot K^{CF} \cdot \frac{F^{CF}}{Q^{CF}}}{H_{max}} \Rightarrow \text{MAX!} \quad (6.)$$

Az FB_ACO és RB_ACO algoritmusokhoz képesti eltérés, hogy a feladatválasztási valószínűségben heurisztikus információként az elszállítandó mennyiség reciproka szerepel (minél nagyobb futás/közúti járműszám csökkenés elérése érdekében).

A BA_ACO algoritmust MS VBA környezetben fejlesztettem és MS Excel segítségével kísérleti úton teszteltem.

/Az értekezésem 6. fejezete; [KG15], [KG16], [KG18], [KG20], [KG22], [KG23]/

5. A TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁGA, FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

Kutatásaim során megállapítottam, hogy a jelenlegi elektronikus fuvar- és raktárbörzék többnyire csak az ajánlatok katalógus formájában történő meghirdetését, illetve kikeresését teszik lehetővé. A logisztikai szolgáltatók is sok esetben csupán marketing csatornának tekintik ezeket az online piactereket. Ezekből kiindulva feltártam, hogy a jelenlegi gyakorlathoz képest milyen új szolgáltatásokkal lenne bővíthető - a minél hatékonyabb gyakorlati felhasználás érdekében - az elektronikus fuvar- és raktárbörzék szolgáltatási kínálata, továbbá hogy a közúti áruszállításon túlmenően milyen egyéb területeken lehetne a gyakorlatban alkalmazni az elektronikus fuvar- és raktárbörzéket.

Megállapítottam, hogy a nagy volumenű, nagy értékű, ismétlődő szállítási/raktározási feladatok esetén a szolgáltatásokat igénybe vevők részére célszerű lenne tendereket és aukciókat kiírni, amelyek a legmegfelelőbb szolgáltató kiválasztására adnak lehetőséget. A tenderen/aukción történő döntéshozatalhoz és a megfelelő ajánlat kiválasztásához multikritériumos döntéstámogató algoritmust (MDA) és érzékenységvizsgálati eljárást fejlesztettem ki. Ezen algoritmusokat nem csak tender/aukció folyamán, hanem az egyszerű katalógusból kiválasztott ajánlatok összehasonlítására is fel lehet használni, így ezt a döntéstámogatósi lehetőséget akár a logisztikai szolgáltatók is igénybe vehetik.

A kifejlesztett hangyakolónia algoritmuson alapuló járatszerkesztő algoritmus a szállítási szolgáltatókat abban segíti, hogy a fuvarbörzén megjelenő szállítási feladatok halmazából

azokat válasszák ki, amelyeket a leghatékonyabban (például a legjobb pénzbeli haszon mellett) tudnak megoldani (FB_ACO). A szintén hangyakolónia algoritmuson alapuló hozzárendelő eljárás segítségével a raktározási szolgáltatók a raktározási feladatok közül a szempontjukból optimálisan megoldhatókat (például a jó raktárhely-kihasználtságra alapozva) választhatják ki (RB_ACO).

Javaslatokat dolgoztam ki az elektronikus fuvar- és raktárbörzék új gyakorlati alkalmazási területeire is, ezek a következők:

- a közúti gyűjtő/elosztó járatok szervezése;
- az eszközpark logisztikai szolgáltatók közötti átcsoportosításának támogatása;
- a kombinált áruszállítás és a városi áruellátás támogatása.

A gyűjtő/elosztó szállítás szervezésének támogatásával főként a szállítási szolgáltatók javíthatják saját logisztikai folyamataikat, az eszközpark átcsoportosítás segítségével pedig a börzén lévő eszközpark összehangoltan használható ki, virtuális szövetségek jöhetnek létre. A kombinált áruszállítás és városi áruellátás támogatása a bemutatott hangyakolónia algoritmussal történhet, amely a járatok összeállításának logikájával, algoritmusával segíti a folyamatokat (BA_ACO). A felhasználók ez esetben szállítási és raktározási kapacitást is birtokló (illetve bérbe vevő, lásd eszközpark csere) logisztikai szolgáltatók. Az alkalmazás előnyei a kapacitások jobb kihasználása mellett a környezetbarát szállítási módok elterjedésében, a környezet élhetőbbé tételében, azaz a zöld logisztika elveinek támogatásában nyilvánulnak meg.

A kutatási eredmények az egyetemi oktatásban is felhasználhatóak a BSc szintű képzésben a közlekedésmérnöki szakon, az MSc szintű képzésben pedig elsősorban a logisztikai mérnöki szakon. Ennek megfelelően a rendszermodell felépítése és működése a Logisztikai információs rendszerek című tárgy, a járat tervező algoritmusok (FB_ACO, BA_ACO) a Szállítási logisztika című tárgy, a döntéstámogató algoritmus (MDA) pedig a különféle tárgyakban vagy éppen a szakdolgozat/diplomaterv feladatokban megjelenő tervváltozat összehasonlítási feladatok során alkalmazhatóak.

A kutatás kapcsolódik más, készülőben lévő PhD értekezések témájához is. Eredményei így például felhasználhatóak a city logisztikai kutatásokban (főleg a BA_ACO algoritmus), de a kidolgozott optimumkeresési algoritmusok révén kapcsolódik a mesterséges intelligenciával foglalkozó kutatásokhoz is.

A továbbfejlesztés irányaként elsősorban az új gyakorlati alkalmazási lehetőségek további feltárása (főként a kombinált áruszállításra és/vagy városi áruellátásra vonatkozó mintarendszer megalkotása), részletes kidolgozása valamint az algoritmusok további finomítása jelölhető meg. Az optimumkeresés terén talán az egyik legtöbbet ígérő fejlesztési irány a gyűjtő/elosztó szállítás és a rendszerszintű optimum feltételeinek és megoldási módszereinek kidolgozása. A hangyakolónia algoritmusok által az értekezésemben megoldott feladatokra (gráfban keresés, kapacitáskihasználtság optimalizálás) készíthető például egy általános, többváltozós diszkrét nem lineáris matematikai megfogalmazás a Bellman elv szerint (lásd [AC7] és [AC16]). *BÓNA* munkái ([AC4], [AC5], [AC6]) is kiváló alapot nyújthatnak az optimumkeresés (például a raktárbörzék segítségével történő készlet szabályozás) területén.

További kutatási lehetőségek merülhetnek fel az ilyen börzékhez kapcsolódó jogszabályi és pénzügyi kérdések terén. Érdekes fejlesztési irányokat vethetnek fel a közösségi közlekedés területén ismeretes igénybefolyásolás lehetőségei is. Ez utóbbi kettő terület jó példát és lehetőséget ad más szakterületek és más tanszékek bevonására az elektronikus fuvar- és raktárbörzékkel kapcsolatos kutatásokba.

6. A TÉZISEKHEZ KAPCSOLÓDÓ SAJÁT PUBLIKÁCIÓK

- [KG1] Kovács, G. (2006), Korszerű elektronikus fuvarbörze felépítése, szolgáltatásai és működési folyamata, Műszaki Gazdasági Információ - Logisztika (ISSN: 1219-4085, online: http://www.omikk.bme.hu/collections/mgi_fulltext/logisztika/2006/06/0606.pdf, a cím alapján kereshető: <http://www.google.hu>), 11. évf., 6. sz., p. 14-26.
- [KG2] Kovács, G. (2006), Elektronikus fuvarbörze moduljai és működése, Tranzit (ISSN: 1419-8983, online: <http://www.tranzitonline.eu/cikkek/elektronikus-fuvarborze>, a cím alapján kereshető: <http://www.google.hu>), 8. évf. október, p. 52-54.
- [KG3] Kovács, G. (2008), Elektronikus fuvar- és raktárbörzék, mint korszerű logisztikai eszközök, Logisztikai Évkönyv 2007-08 (ISSN 1218-3849), Magyar Logisztikai Egyesület (MLE), Budapest, p. 211-215.
- [KG4] Kovács, G. (2008), Hogyan választhatjuk ki a legkedvezőbb beszállítót? Tenderek raktári gépek, berendezések beszerzésére, Anyagmozgatás Csomagolás (ISSN: 0003-6242), 53. évf., 4. sz., p. 20-22.
- [KG5] Kovács, G. (2008), Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék tenderei esetén alkalmazható multikritériumos döntésszűrő algoritmus, Közlekedéstudományi Szemle (ISSN: 0023-4362), 58. évf., 2. sz., p. 44-51.
- [KG6] Kovács, G., Bóna, K. (2008), Multikritériumos döntési módszertan alkalmazásának gyakorlati tapasztalatai raktár-logisztikai rendszerek infrastruktúrájának beszerzésére kiírt tenderek lebonyolításában, Logisztikai Híradó, 18. évf., 4. sz., p. 14-18.
- [KG7] Kovács, G. (2008), Logisztikai rendszerek fejlesztésére kiírt tenderekre beérkezett ajánlatok kiértékelése, Loginfo (ISSN: 1217-9485, online: http://www.loginfo.hu/wp-content/uploads/loginfo_2008-4.pdf, a cím alapján kereshető: <http://www.google.hu>), 18. évf., 4. sz., p. 21-23.
- [KG8] Kovács, G. (2008), A tendereztetés lehetőségei a logisztikai rendszerek fejlesztésében, Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia (CD, <http://kitt.uni-obuda.hu/mmaws/2008/eloadasok/8-szekcio/kovacs-gabor.pdf>, a cím alapján kereshető: <http://www.google.hu>), 2008. szeptember 3-5., Budapest.
- [KG9] Kovács, G., Bóna, K., Duma, L. (2008), Methodology and managerial lessons of tendering logistics hardwares, Tudományos szimpózium az Acta Technica Jaurinesis nemzetközi tudományos folyóirat Series Logistica (ISSN 1789-6932, online: <http://journal.sze.hu/>, a cím alapján kereshető: <http://www.google.hu>) c. különszámának megjelenése alkalmából, a kötet hazai és külföldi szerzőinek előadásával, 2008. november 28. Győr, Vol. 1., No. 2., p. 237-246.
- [KG10] Kovács, G. (2009), Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék tenderein alkalmazható multikritériumos döntésszűrő algoritmus (MDA) kiegészítő moduljai: érzékenységvizsgálat, csoportos döntéshozatal, Közlekedéstudományi Szemle (ISSN: 0023-4362), 59. évf., 3. sz., p. 30-36.
- [KG11] Bóna, K., Kovács, G., Lénárt, B. (2009), Egy ellátási lánc szimulációs játék (SCSG) modellje és az egyetemi oktatásban végrehajtott tesztelés gyakorlati tapasztalatai, Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia (CD, <http://kitt.uni-obuda.hu/mmaws/2009/eloadasok/day2/3-szekcio/005.pdf>, a cím alapján kereshető: <http://www.google.hu>), 2009. szeptember 3-5., Budapest.
- [KG12] Bóna, K., Kovács, G., Lénárt, B. (2009), BME – Közlekedésmérnöki Kar – Közlekedésüzemi Tanszék... egy logisztikai kutatóműhely, ahol a múlt, jelen és jövő találkozik, Gyártástrend (ISSN: 1789-8935, online: <http://www.gyartastrend.hu/cikk/mult-jelen-es-joev-talalkozik>, a cím alapján kereshető: <http://www.google.hu>), 2. évf., 11. sz., p. 16-17.

- [KG13] Kovács, G. (2009), The structure, modules, services and operational process of modern electronic freight and warehouse exchanges, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* (ISSN 0303-7800, online: ISSN 1587-3811, http://www.pp.bme.hu/tr/2009_1/pdf/tr2009_1_06.pdf, a cím alapján kereshető: <http://scholar.google.hu>), Vol. 37., No. 1-2., p. 33-38.
- [KG14] Kovács, G., Bóna, K. (2009), Applying a multi-criteria decision methodology in the implementation of tenders for the acquisition of the infrastructure of logistics systems, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* (ISSN 0303-7800, online: ISSN 1587-3811, http://www.pp.bme.hu/tr/2009_1/pdf/tr2009_1_07.pdf, a cím alapján kereshető: <http://www.google.hu>), Vol. 37., No. 1-2., p. 39-44.
- [KG15] Kovács, G. (2010), Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék által nyújtott lehetőségek a city logisztikai problémák megoldásában, *Logisztikai Évkönyv 2010* (ISSN 1218-3849), Magyar Logisztikai Egyesület (MLE), Budapest, p. 130-133.
- [KG16] Kovács, G. (2010), Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék új alkalmazási területei, *Logisztikai Innovációs Füzetek* (ISSN: 2061-6821, online: http://www.pannonkutatas.hu/loginno_fuzet_2.pdf, a cím alapján kereshető: <http://www.google.hu>), 2. sz., p. 74-78.
- [KG17] Kovács, G. (2010), Egy korszerű elektronikus fuvar- és raktárbörze rendszermodellje, optimum kereső és döntéstámogató algoritmusai, alkalmazási lehetőségei, *Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia* (CD: ISBN 978-963-88875-0-4, Online: ISBN 978-963-88875-1-1, <http://kitt.uni-obuda.hu/mmaws/2010/eloadasok/kovacs-g-iffk-2010-egy-korszeru-elektronikus-fuvar-es-raktar-borze-rendszermodellje.pdf>, a cím alapján kereshető: <http://www.google.hu>), 2010. szeptember 2-4., Budapest.
- [KG18] Kovács, G. (2010), Possible methods of application of electronic freight and warehouse exchanges in solving the city logistics problems, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* (ISSN 0303-7800, online: ISSN 1587-3811, http://www.pp.bme.hu/tr/2010_1/pdf/tr2010_1_05.pdf, a cím alapján kereshető: <http://scholar.google.hu>), Vol. 38., No. 1., p. 25-28.
- [KG19] Kovács, G. (2011), Az elektronikus fuvarbörzékben alkalmazható optimumkeresési eljárások, algoritmusok, *Logisztikai Évkönyv 2011* (ISSN 1218-3849), Magyar Logisztikai Egyesület (MLE), Budapest, p. 28-35.
- [KG20] Kovács, G. (2011), Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék lehetséges jövőbeli szerepköre a kombinált áruszállítás támogatásában, *Közlekedéstudományi Szemle* (ISSN: 0023-4362), 61. évf., 2. sz., p. 31-38.
- [KG21] Kovács, G. (2011), Egy korszerű elektronikus fuvar- és raktárbörze kifejlesztése, *Logisztika a felsőfokú képzésben és a PhD felkészítésben III.* Magyar Tudományos Akadémia IX. Gazdaság- és Jogtudományok Osztálya, Budapest, a szerkesztő által hivatalos közlésre elfogadott, várható megjelenés: 2011
- [KG22] Bóna, K., Bakos, A., Kovács, G., Lénárt, B. (2011), BME Kutatóegyetem - Szinergikus logisztikai K+F területek a JKL kiemelt kutatási területen, *Logisztikai Híradó* (megjelenés alatt)
- [KG23] Kovács, G., Grzybowska, K. (2011), Logistics processes supported by freight and warehouse exchanges, 6th Scientific Conference Economy and Efficiency - contemporary solutions in logistics and production, 16-18. November 2011, Poznan (accepted)
- [KG24] Kovács, G. (2012), The ant colony algorithm supported optimum search in the electronic freight and warehouse exchanges, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering* (ISSN 0303-7800, online: ISSN 1587-3811), lektorált és a főszerkesztő által hivatalos közlésre elfogadott, várható megjelenés: 2012

7. AZ ÉRTEKEZÉSHEZ FELHASZNÁLT IRODALOM

- [AC1] *Bell, J. E., McMullen, P. R.* (2004), Ant colony optimization techniques for the vehicle routing problem, *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 18., No. 1., p. 41-48.
- [AC2] *Bin, Y., Zhong-Zhen, Y., Baozhen, Y.* (2009), An improved ant colony optimization for vehicle routing problem, *European Journal of Operational Research*, Vol. 196., No. 1., p. 171-176.
- [AC3] *Bonabeau, E., Dorigo, M., Theraulaz, G.* (1999), *Swarm intelligence: From Natural to Artificial Systems*, Oxford University Press, ISBN 0-19-513159-2
- [AC4] *Bóna, K.* (2008), *Készletezési rendszerek és folyamatok korszerű optimalizálási módszerei, eljárásai*, PhD értekezés, BME
- [AC5] *Bóna, K.* (2009), *Innovatív optimumkeresési megoldások alkalmazása logisztikai folyamatok optimalálásban*, *Logisztikai Évkönyv 2009*, p. 79-85.
- [AC6] *Bóna, K., Pfeiffer, A., Popovics, G.* (2008), *Innovatív IT/MI megoldások alkalmazása logisztikai rendszerek és folyamatok hatékonyságának növelésére*, *Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia*, 2008. szeptember 3-5., Budapest.
- [AC7] *Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L.* (2001), *Algoritmusok*, Műszaki Könyvkiadó
- [AC8] *Dacey, M. F.* (1960), Selection of an initial solution for the travelling salesman problem, *Operations Research*, No. 8, p. 133-134.
- [AC9] *Dorigo, M.* (1992), *Optimization, learning and natural algorithms*, PhD thesis, Politecnico di Milano, Italy
- [AC10] *Dorigo, M., Gambardella, L. M.* (1997), Ant colony system: A cooperative learning approach to the travelling salesman problem, *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 1, p. 53-66.
- [AC11] *Dorigo, M., Stützle, T.* (2004), *Ant Colony Optimization*, MIT Press, ISBN 0-262-04219-3
- [AC12] *Földesi, P., Botzheim, J.* (2008), Solution for modified travelling salesman problem with variable cost matrix using bacterial evolutionary algorithm, *Acta Technica Jaurinesis Series Logistica*, Vol. 1., No. 2., p. 159-171.
- [AC13] *Kóczy, A., Horváth, G., Győri, S., Álmos, A.* (2002), *Genetikus algoritmusok*, Typotex Kiadó, Budapest
- [AC14] *Russel, S., Norvig, P.* (2005), *Mesterséges intelligencia modern megközelítésben*, Panem Könyvkiadó
- [AC15] *Tang, J., Zhang, J., Pan, Z.* (2010), A scatter search algorithm for solving vehicle routing problem with loading cost, *Expert Systems with Applications*, Vol. 37., No. 6., p. 4073-4083.
- [AC16] *Vizvári, B.* (2006), *Egészértékű programozás*, Typotex, ISBN 978-963-9664-29-6
- [AC17] *Zhang, X., Tang, L.* (2009), A new hybrid ant colony optimization algorithm for the vehicle routing problem, *Pattern Recognition Letters*, 30, p. 848-855.
- [EC1] *Andam, Z. R.* (2003), *E-commerce and e-business*, e-Asean Task Force UNDP-APDIP UNDP Asia Pacific Development Information Programme
- [EC2] *Benczúr, D.* (2007), *Vállalati üzleti intelligencia és internet*, PhD értekezés, BME
- [EC3] *Beynon-Davies, P.* (2004), *E-business*, Palgrave Macmillan, Basingstoke, ISBN 1-4039-1348-X
- [EC4] *Duma, L.* (2005), *A logisztikai üzleti modellek és értékelés módszerek a hálózati gazdaságban*, PhD értekezés, BME
- [EC5] *Figliozzi, M. A., Mahmassani, H. S., Jaillet, P.* (2003), A framework for the study of carrier strategies in an auction based transportation marketplace, *Journal of the Transportation Research Board*, No. 1854, p. 162-170.
- [EC6] *George, J.* (2008), *The role of logistics in e-commerce*, Nottingham University Business School
- [EC7] *Gudmundsson, S. V.* (2006), A global electronic market (GEM) for logistics services and supply-chain management: the expert view, *World Review of Intermodal Transportation Research*, Vol. 1., No. 1.

- [EC8] *Ihde, T.* (2004), Dynamic alliance auctions - a mechanism for internet-based transportation markets, Physica Verlag, Hedelberg
- [EC9] *Kövesné, G. É., Tarnai, J., Debreczeni, G., Mészáros, P., Tóth, J., Mándoki, P.* (2001), A fenntartható városi mobilitás feltételrendszere, Elektronikus jegyzet, <http://www.kku.bme.hu/publikaciok/tanulmany/mobilitas.pdf>.
- [EC10] *Krishna, V.* (2002), Auction theory, Academic Press, San Diego
- [EC11] *Ledyard, J. O., Olson, M., Porter, D., Swanson, J., Torma, D.* (2002), The first use of a combined value auction for transportation services, Interfaces, Vol. 32. No. 5., p. 4-12.
- [EC12] *McAfee, R. P., McMillan, J.* (1987), Auctions and bidding, Journal of Economic Literature, No. 25, p. 699-738.
- [EC13] *Prezenszki, J.* (2003), Logisztika I., BME Mérnök-továbbképző Intézet
- [EC14] *Rayport, J. F., Jaworski, B. J.* (2002), Introduction to e-commerce, McGraw-Hill, New York
- [EC15] *Song, J., Regan, A. C., Nandiraju, S.* (2004), A bid analysis model with business constraints for transportation procurement auctions, UC Irvine Institute of Transportation Studies Working paper, UCIITS-LI-WP-04-1
- [EC16] *Song, J., Regan, A. C.* (2004), An auction based collaborative carrier network, Proceedings of the 83rd Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington D.C.
- [EC17] *Song, J., Regan, A. C.* (2005), Approximation algorithms for the bid valuation and structuring problem in combinatorial auctions for the procurement of freight transportation contracts, Transportation Research Part B: Methodological, Vol. 39. No. 10., p. 914-933.
- [EC18] *Song, J., Regan, A. C.* (2003), Combinatorial auctions for transportation service procurement: an examination of carrier bidding policies, Proceedings of the 10th International Conference on Travel Behavior Research, Lucerne
- [EC19] *Song, J., Regan, A. C.* (2003), Combinatorial auctions for transportation service procurement: the carrier perspective, Journal of the Transportation Research Board, No. 1833, p. 40-46.
- [EC20] *Tokodi, J.* (2000), A logisztikai informatika elméleti kérdései, Supply Chain Management, Vol. 4., No. 11., p. 24-25.
- [EC21] *Tokodi, J.* (2001), Korszerű logisztikai információs rendszerek, Logisztikai Évkönyv 2001, p. 121-127.
- [EC22] *Vickrey, D.* (1961), Counter speculation auctions and competitive sealed tenders, The Journal of Finance, No. 3., p. 9-37.
- [EC23] *Wannenwetsch, H.* (2002), E-Logistik und e-Business, Kohlhammer, Stuttgart
- [EC24] *Zuo-Yi, L., Tzong-Chen, W., Kui-Yu, C.* (2002), An English auction mechanism for internet environment, ISC 2002, p. 331-337.
- [FB1] *Ackermann, S.* (2004), Frachtenbörse oder Frachtauktion?, <http://fys-online.de>
- [FB2] *Albers, S.* (2005), Nutzenallokation in strategischen Allianzen von Linienluftfrachtgesellschaften
- [FB3] *Alt, R., Klein, S.* (1998), Learning from failure: The myths and magic of electronic transportation markets, System Sciences, Proceedings of the Thirty-First Hawaii International Conference on 4, p. 102-110.
- [FB4] *Andersson, D., Norrman, A.* (2002), Procurement of logistics services - a minutes work or a multi-year project?, European Journal of Purchasing & Supply Management, No. 8, p. 3-14.
- [FB5] *Bánkúti, Gy.* (2007), Egy szállításszervezést segítő modell bemutatása, Acta Agraria Kaposváriensis, Vol. 11., No. 2., p. 223-233.
- [FB6] *Bierwirth, C., Schneider, S., Kopfer, H.* (2002), Elektronische Transportmärkte - Aufgaben, Entwicklungsstand und Gestaltungsoptionen, Wirtschaftsinformatik, Vol. 44., No. 4.
- [FB7] *Bokor, Z.* (2005), Az intermodális logisztikai szolgáltatások helyzetének értékelése, fejlesztési lehetőségeinek feltárása, Műszaki Gazdasági Információ - Logisztika, Vol. 10., No. 3., p. 22-65.

- [FB8] *Bourke, J.* (2009), Online freight exchange fills gap in quiet times, *Commercial motor*, 12/03/09, p. 10.
- [FB9] *Bruns, A. S., Günes, N., Zelewski, S.* (2010), Online-Frachtenbörse für den trans-europäischen Schienengüterverkehr, *Internationales Verkehrswesen*, Vol. 62., No. 11., p. 25-29.
- [FB10] *Clements, B.* (2001), Disintermediation as a potential consequence to the creation of electronic freight exchanges, *Supply Chain Practice*, Vol. 3., No. 4.
- [FB11] *Crainic, T. G., Gendreau, M.* (2007), Freight exchanges and carrier operations: issues, models, and tools, *École Polytechnique, Montréal*
- [FB12] *Crainic, T. G., Gendreau, M.* (2007), Intelligent freight transportation systems: assessment and the contribution of operations research, *École Polytechnique, Montréal*
- [FB13] *Crainic, T. G., Gendreau, M., Potvin, J. Y.* (2008), Intelligent freight transportation systems: Assessment and the contribution of operations research, *CIRRELT 2008-40*.
- [FB14] *Crujssen, F.* (2006), A survey on European inter-organizational data sharing implementations in transportation, *Klikt position paper*
- [FB15] *Davies, I., Mason, R., Lalwanib, C.* (2007), Assessing the impact of ICT on UK general haulage companies, *International Journal of Production Economics*, No. 106., p. 12-27.
- [FB16] *Duin, J. H. R., Kneyber, J. C.* (2003), Towards a matching system for the auction of transport orders, *Logistics systems for sustainable cities proceedings of the 3rd International conference on city logistics, Madeira, Portugal, 25-27 June 2003*, p. 163-177.
- [FB17] *Florian, M.* (2000), Vorschläge für ein Szenario „Tauschbörse und E-Commerce“. Working Papers zur Modellierung sozialer Organisationsformen in der Sozionik
- [FB18] *Frachten und Laderaumbörsen* (2003), www.cc-elogistics.de
- [FB19] *Günther, O., Kracke, U.* (1998), Transportbörsen und Sendungsverfolgungssysteme im Internet, *Internationales Verkehrswesen*, Vol. 50., No. 7+8., p. 340-341.
- [FB20] *Hayashi, K., Ono, H., Yano, Y.* (2005), Efforts to make distribution and transportation more efficient through cooperation among Japanese companies, *Recent advances in city logistics proceedings of the 4th International conference on city logistics, Langkwai, Malaysia, 12-14 July 2005*, p. 347-360.
- [FB21] *Hayashi, K., Yano, Y.* (2003), Future city logistics in Japan from the shippers' and carriers' view – prospects and recent measures to develop them, *Logistics systems for sustainable cities proceedings of the 3rd International conference on city logistics, Madeira, Portugal, 25-27 June 2003*, p. 263-277.
- [FB22] *Hoffmann, C. P., Lindemann, M. A., Zimmermann, H. D.* (1998), Logistik-Ressourcen im World Wide Web, *Wirtschaftsinformatik*, Vol. 40., No. 3., p. 245-250.
- [FB23] *Holguín-Veras, J.* (2003), On the estimation of the maximum efficiency of the trucking industry: Implications for city logistics, *Logistics systems for sustainable cities proceedings of the 3rd International conference on city logistics, Madeira, Portugal, 25-27 June 2003*, p. 123-134.
- [FB24] *Jonkman, P., Taniguchi, E., Yamada, T.* (2005), Evaluation of a freight auction in an urban transport network, *Recent advances in city logistics proceedings of the 4th International conference on city logistics, Langkwai, Malaysia, 12-14 July 2005*, p. 207-220.
- [FB25] *Mansell, G.* (2006), Transport tendering comes of age, *Transport and Logistics Focus*, Vol. 8., No. 4., p. 26-28.
- [FB26] *McKinnon, A.* (2009), Innovation in road freight transport, *Achievements and Challenges, Innovation in Road Transport: Opportunities for Improving Efficiency, Lisbon, 2 October 2009*
- [FB27] *McKinnon, A.* (2003), The effects of ICT and e-commerce on Logistics: A review of the policy issues, *summary paper work package 3*.
- [FB28] *McKinnon, A., Ge, Y.* (2006), The potential for reducing empty running by Trucks: a retrospective analysis, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 36., No. 5., p. 391-410.

- [FB29] *Nandiraju, S., Regan, A.* (2003), Freight transportation electronic marketplaces: a survey of the industry and exploration of important research issues, 84th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 1 August 2003
- [FB30] *Nault, B. R., Dexter, A. S.* (2006), Agent-intermediated electronic markets in international freight transportation, *Decision Support Systems*, No. 41., p. 787-802.
- [FB31] Online Freight Exchanges (2002), *E-Logistics Magazine*, p. 44
- [FB32] *Pieringer, M.* (2005), Gesucht und gefunden - Die internetplattform Lagerflaeche.de bietet neben Lagerangeboten und Gesuchen zahlreiche Zusatzdienste rund um die Vermarktung von Logistikimmobilien, *Logistik Inside*, 05/2005, p. 50-51.
- [FB33] *Piontek, J.* (2009), Bausteine des Logistikmanagements, NWB Studium Betriebswirtschaft
- [FB34] *Sanger, F.* (2003), Elektronische Transportmärkte, Gabler Verlag
- [FB35] *Scharmer, D.* (2009), Die Fallen der virtuellen Welt, *Straßengüterverkehr*, 2009 Juli, p. 20-21.
- [FB36] *Schwarz, G.* (2006), Enabling global trade above the clouds: restructuring processes and information technology in the transatlantic air cargo industry, Graduate School of Geography Clark University
- [FB37] *Wang, Y., Potter, A., Naim, M.* (2007), An exploratory study of electronic logistics marketplaces and its impact on customised logistics, POMS 18th Annual Conference Dallas, Texas, U.S.A., May 4 to May 7 2007
- [FB38] *Werner, H.* (2007), Supply Chain Management - Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling, Gabler Verlag
- [FB39] *Winkler, D.* (2009), Die Fracht im Netz, *Verkehrsrundschau*, No. 17., p. 26-28.
- [FB40] Wtransnet - Freight exchange made to measure (2006), *Iberia and Latin America Special*, p. 13.
- [FB41] *Zapp, K.* (2009), Wohin mit der Ware? *Internationales Verkehrswesen*, Vol. 61., No. 1+2., p. 340-341.
- [MD1] *Babcsányi, I., Csank, L., Nagy, A., Szép, G., Zibolen, E.* (2002), Matematika feladatgyűjtemény III., egyetemi tankönyv, BME Természettudományi Kar, Budapest
- [MD2] *Buede, D., Maxwell, D. T.* (1995), Rank disagreement: a comparison of multicriteria methodologies, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Vol. 4., No. 1., p. 1-21.
- [MD3] *Duleba, Sz.* (2007), Az AHP módszer verifikálása logisztikai trendek meghatározására, különös tekintettel a magyar FMCG szektor trendjeire, PhD értekezés, SZIE
- [MD4] *Faddeeva, V. N.* (1959), Computational Methods of Linear Algebra (translated from the Russian by Curtis D. Benster), Dover Publications Inc. N.Y., ISBN: 0486604241
- [MD5] Faddeev-Leverrier method for Eigenvalues, <http://math.fullerton.edu>
- [MD6] Gaussian Elimination, <http://mathworld.wolfram.com>
- [MD7] *Gisbert, S., Takó, G.* (2005), Numerikus módszerek I., Typotex
- [MD8] *Lázár, Zs., Lázár, J., Járjai-Szabó, F.* (2008), Numerikus módszerek, Presa Universitara Clujeana
- [MD9] *Mészáros, Cs., Rapcsák, T.* (1996), On sensitivity analysis for a class of decision systems, *Decision Support Systems*, No. 16, p. 231-240.
- [MD10] *Péter, T.* (1997), Gépjármű lengőrendszerek felfüggesztés-paramétereinek optimalálása, MTA, Budapest, Kandidátusi értekezés
- [MD11] *Péter, T.* (1992), Komplex célfüggvény és ekvivalencia osztályok alkalmazása gépjármű lengőrendszerek térbeli sztochasztikus modelljeinek optimalálására, *Magyarok szerepe a világ természettudományos és műszaki haladásában III. Tudományos találkozó*, p. 142-144.
- [MD12] *Péter, T., Korcsog, A.* (1987), Bestimmung der dominanten Periodizität von Input- und Output-Prozessen bei einem Umschlagsystem, *Wissenschaftliche Zeitschrift, Dresden*, No. 5. p. 840-854.
- [MD13] *Péter, T., Korcsog, A.* (1986), Rakodási rendszerek input-output folyamatainak jellemző periodicitásának vizsgálata, *Automatizálás*, No. 6.
- [MD14] *Péter, T., Zibolen, E.* (1992), Komplex célfüggvény a jármű-lengőrendszer optimalálására, *Járművek, Építőipari és Mezőgazdasági Gépek*, Vol. 39., No. 6, p. 195-201.

- [MD15] *Rapcsák, T.* (2007), Többszemponútú döntési problémák, Egyetemi oktatási segédanyag, Budapesti Corvinus Egyetem Gazdasági Döntések Tanszék, Budapest
- [MD16] *Rapcsák, T.* (2004), Some optimization problems in multivariate statistics, *Journal of Global Optimization*, No. 28, p. 217-228.
- [MD17] *Saaty, T. L.* (1986), Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process, *Management Science*, No. 32., p. 841-855.
- [MD18] *Saaty, T. L.* (2004), Decision making – The analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP), *Journal of systems science and systems engineering*, 2004, Vol. 13., No. 1., p. 1-35.
- [MD19] *Saaty, T. L.* (2000), Fundamentals of decision making with the analytic hierarchy process, RWS Publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburgh
- [MD20] *Saaty, T. L.* (2004), Fundamentals of the analytic network process: dependence and feedback in decision-making with a single network, *Journal of systems science and systems engineering*, Vol. 13., No. 2, p. 129-157.
- [MD21] *Saaty, T. L.* (1994), How to make a decision: the analytic hierarchy process, *Interfaces*, Vol. 24., No. 6., p. 19-43.
- [MD22] *Saaty, T. L.* (1990), How to make a decision: The analytic hierarchy process, *European Journal of Operational Research*, No. 48., p. 9-26.
- [MD23] *Saaty, T. L.* (1987), Risk-its priority and probability: the analytic hierarchy process, *Risk Analysis*, Vol. 7., No. 2.
- [MD24] *Saaty, T. L.* (1980), *The analytic hierarchy process*, McGraw-Hill, New York
- [MD25] *Saaty, T. L.* (1990), *The analytic hierarchy process*, University of Pittsburgh, Pittsburgh
- [MD26] *Saaty, T. L., Vargas, L. G.* (2003), The possibility of group choice: pairwise comparisons and merging functions, *Math of OR*
- [MD27] *Salminen, P., Hokkanen, I., Lahdelma, R.* (1998), Comparing multicriteria methods in the context of environmental problems, *European Journal of Operational Research*, No. 104., p. 485-496.
- [MD28] *Tánczos, L.* (1998), Multicriteria evaluation methods and group decision support systems for transport infrastructure development projects, *Operation Research and Decision Aid Methodologies in Traffic and Transportation Management*, Springer-Verlag, p. 164-182.
- [MD29] *Vincke, P.* (1992), *Multicriteria decision-aid*, John Wiley&Sons, 1992
- [MD30] *Wilkinson, J. H.* (1965), *The algebraic eigenvalue problem*, Clarendon Press, Oxford
- [MD31] *Winston, W. L.* (2003), *Operációkutatás I-II*. Aula kiadó, Budapest