

# **AZ ELEKTRONIKUS FUVAR- ÉS RAKTÁRBÖRZÉK LEHETSÉGES JÖVŐBELI SZEREPKÖRE A KOMBINÁLT ÁRUSZÁLLÍTÁS TÁMOGATÁSÁBAN**

Kovács Gábor  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Közlekedésmérnöki Kar  
Közlekedésüzemi Tanszék  
e-mail: kovacs@kku.bme.hu

## **1. Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék lehetőségei a kombinált áruszállítás hatékonyságának javítására**

Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék a szállítási/raktározási kapacitások/feladatok összehangolására létrejött online piacterek [6], melyek bizonyos feltételek mellett alkalmasak lehetnek összetett logisztikai folyamatok támogatására is [7]. A szakirodalom mindemellett igen szegény az elektronikus fuvar- és raktárbörzék közötti áruszállításon kívüli alkalmazási lehetőségeinek elemzése terén. Bruns és társai [2] az elektronikus fuvarbörzék vasúti áruszállításban történő bevezetését javasolják, egy új trend, a zöld logisztika egyik megvalósítási lehetőségeként. Azonban ennek is a fő célja „csupán” a szabad vasúti kapacitások lekötése, nem pedig az áruszállítási módok összekapcsolása. E mellett létezik néhány fuvarbörze (például cargotc.com), amelyek csupán annyiban segítik a kombinált áruszállítást, hogy különféle áruszállítási módokra vonatkozóan engednek ajánlatokat adni, azonban ezt semmilyen döntéstámogató, optimum kereső algoritmussal nem támogatják.

A korábbi kutatások és a szakirodalmi ismeretek alapján a fuvar- és raktárbörze alapvetően két különféle minőségi szinten biztosíthatja a kombinált áruszállítás támogatását:

- Az elektronikus fuvar- és raktárbörzén a nagytávolságú és nagy mennyiséget képviselő szállítást biztosító járművek kapacitásaira lehet foglalást tenni, a különböző áruszállítási módok kapcsolódási pontjain fellépő átmeneti tárolási feladatokhoz szabad kapacitást pedig a raktárbörzén lehet keresni. Ennek a legfőbb hátránya, hogy a felhasználókra van bízva, hogy ezt a lehetőséget igénybe veszik-e.
- Az elektronikus fuvar- és raktárbörze alapvető tulajdonságát, az online kapcsolatot és adatbázist kihasználva lehetőség van az igények és a kapacitások optimális összerendelésére [9], valamint az eszközpark átcsoportosítás [8] megvalósítására. Ez esetben többszintű, készlet- és szállításoptimalizálási probléma is felmerülhet.

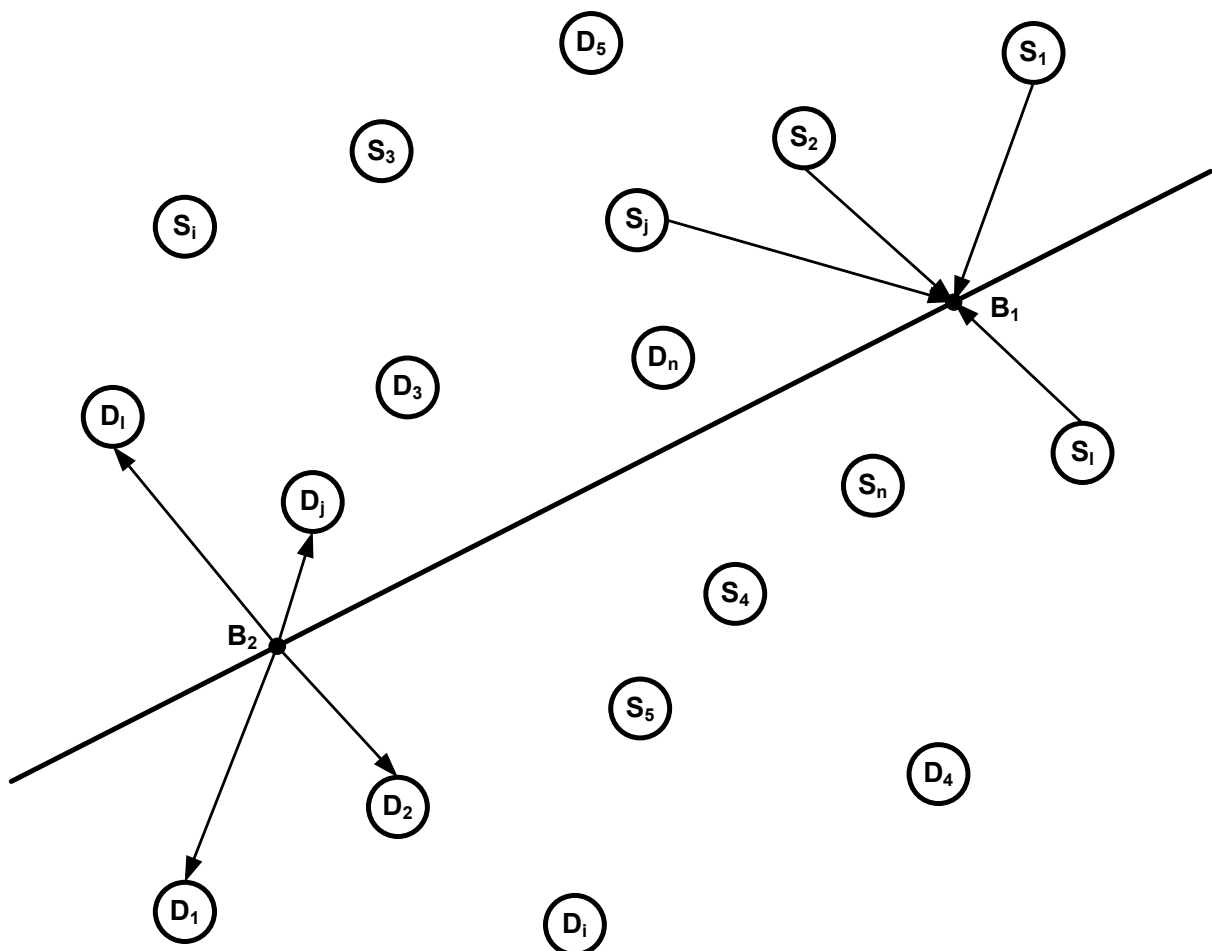
Mivel az első lehetőséget egyrészt a meglévő elektronikus fuvar- és raktárbörzék jellegüknél fogva biztosíthatják, másrészt közel sem biztos, hogy ennek alkalmazásával akár egyéni akár globális szinten kielégítő megoldás születik, ezért a későbbi vizsgálatok tárgyát a második szint, azon belül is szállításoptimalizálás jelenti.

## 2. Az igény-kapacitás összerendelés modellje, logikája, célfüggvénye

Az 1. ábrán egy képzeletbeli körzet látható, feltüntetve rajta a szállítási feladatok fel- és leadási pontjait, a körzetet átszelő, kombinált áruszállítást lehetővé tevő áruszállítási mód útvonalát (vasúti vagy folyami áruszállítás) és az átrakást biztosító bimodális csomópontokat.

A folytatáshoz az 1. ábrával összhangban az alábbiak definiálása szükséges:

- szállítási feladatok:  $1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, l, \dots, n$ ;
- a kombinált áruszállításba vont szállítási feladatok:  $1, 2, \dots, j, \dots, l$ ;
- $S_j$ : a szállítási feladatok feladási állomása;
- $D_j$ : a szállítási feladatok célállomása;
- $B_1, B_2$ : az átrakást lehetővé tevő bimodális áruszállítási csomópontok.



1. ábra: Az elektronikus fuvarbörzék szerepe a kombinált áruszállítás szervezésében

A szállítási feladatok elektronikus fuvarbörzékkel támogatott kombinált módon történő teljesítését az alábbi főbb tényezők befolyásolják:

- a layout, azon belül is:
  - a szállítási feladatok fel- és leadási pontjainak egymáshoz képesti elhelyezkedése,
  - a szállítási feladatok fel- és leadási pontjainak a bimodális áruszállítási csomópontokhoz képesti elhelyezkedése,
  - fontos feltétel a szállítási feladatok fel- és leadási pontjainak a bimodális áruszállítási csomópontokból történő közvetlen elérhetősége,
- a fizikai jellemzők:
  - a szállítási feladatokhoz rendelt áruk fizikai jellemzői,
  - a kombinált szállítást lehetővé tevő áruszállítási eszköz (vasúti kocs, hajó) kapacitásjellemzői,
- időbeli paraméterek:
  - a szállítási feladatok teljesítéséhez kapcsolódó időelemek,
  - a kombinált szállítást biztosító eszközpark időbeli foglaltsága.

Alaphelyzetben a szállítási feladatokat egyenként, egy-egy szabad kapacitás (közúti áruszállító jármű) hozzárendelésével teljesítik a jelenlegi fuvarbörzék. Ekkor 1 számú szállítási feladat vonatkozásában és 1 számú szállítójármű igénybevételével a (1.) képletben látható szállítási teljesítmény ébred a (2.) képletben látható összes futásteljesítmény mellett.

$$Q^H = \sum_{j=1}^l I_j d_{S_j D_j} \quad (1.)$$

$$F^H = \sum_{j=1}^l d_{S_j D_j} \quad (2.)$$

$Q^H$ : hagyományos áruszállítás mellett ébredő anyagmozgatási teljesítmény

$F^H$ : hagyományos áruszállítás mellett ébredő futásteljesítmény

$j = 1, 2, \dots, j, \dots, l$ : szállítási feladatok

$I_j$ : az  $j$ . szállítási feladathoz tartozó árumennyiség (pl. tonna, egységpakomány)

$d_{S_j D_j}$ : az  $j$ . szállítási feladat fel – és leadási állomásai közötti távolság

Ugyanezen 1 számú szállítási feladat kombinált módon történő teljesítése által az összes szállítási teljesítmény az esetek nagy részében növekszik, legkedvezőbb esetben a szállítási feladatok fel-és leadási pontjainak a bimodális fel- és leadási csomópontokkal való egybeesése esetén legfeljebb ugyanakkora lesz (3.), viszont az összes futásteljesítmény (4.)  $l > 1$  esetén csökkenhet is, ami a későbbi optimumkeresés egyik fontos feltétele lesz.

$$Q^B = \sum_{j=1}^l I_j d_{S_j B_1} + \sum_{j=1}^l I_j d_{B_1 B_2} + \sum_{j=1}^l I_j d_{B_2 D_j} \quad (3.)$$

$$F^B = \sum_{j=1}^l d_{S_j B_1} + d_{B_1 B_2} + \sum_{j=1}^l d_{B_2 D_j} \quad (4.)$$

$Q^B$ : kombinált áruszállítás mellett ébredő anyagmozgatási teljesítmény

$F^B$ : kombinált áruszállítás mellett ébredő futásteljesítmény

$j = 1, 2, \dots, j, \dots, l$ : a kombinált áruszállításba vont szállítási feladatok

$d_{S_j B_1}$ : az i. szállítási feladat feladási állomásának távolsága a bimodális gyűjtőközponttól

$d_{B_2 D_j}$ : a bimodális elosztóközpont távolsága a j. szállítási feladat célállomásától

$d_{B_1 B_2}$ : a bimodális gyűjtő – és elosztóközpontok távolsága

A célfüggvény az összes anyagmozgatási teljesítménynövekmény minimalizálása (5.), az ehhez tartozó összes futásteljesítmény csökkenés maximalizálása (6.) a kombinált szállítást biztosító jármű minél jobb kihasználása mellett (7.).

$$Q^{CF} = \frac{Q^B}{Q^H} = \text{MIN!} \quad (5.)$$

$$F^{CF} = \frac{F^H}{F^B} = \text{MAX!} \quad (6.)$$

$$K^{CF} = \sum_{j=1}^l I_j = \text{MAX!} \leq K \quad (7.)$$

$Q^{CF}, F^{CF}, K^{CF}$ : az optimalizálás célfüggvényének összetevői

$K$ : a kombinált szállítást biztosító jármű kapacitása

Az (5.) és (6.) képletekben látható célfüggvények közös jellemzője, hogy a bimodális csomópontokhoz közeli fel- és leadási pontokkal rendelkező szállítási feladatokat részesítik előnyben. A futásteljesítmény csökkenés maximalizálása (6.) és a kombinált szállítást végző jármű minél jobb kihasználása (7.) viszont a minél több szállítási feladat bevonásának irányába hat, ami az összes szállítási teljesítményt növelheti. A három célfüggvény összevonásával egy hasznfüggvény képezhető (8.), amely a kombinált szállítással létrejövő

felszabadult kapacitások számával arányos, az optimalizálás célfüggvénye így a H függvény minél magasabb értékének meghatározása (8.), (9.), vagyis olyan szállítási feladatok kombinált úton történő teljesítése, amely ezt lehetővé teszi.

$$H = K^{CF} \frac{F^{CF}}{Q^{CF}} = \text{MAX!} \quad (8.)$$

$$H = \frac{\left(\sum_{j=1}^l I_j\right) * \left(\sum_{j=1}^l I_j d_{S_j D_j}\right) * \left(\sum_{j=1}^l d_{S_j D_j}\right)}{\left(\sum_{j=1}^l I_j d_{S_j B_1} + \sum_{j=1}^l I_j d_{B_1 B_2} + \sum_{j=1}^l I_j d_{B_2 D_j}\right) * \left(\sum_{j=1}^l d_{S_j B_1} + d_{B_1 B_2} + \sum_{j=1}^l d_{B_2 D_j}\right)} \quad (9.)$$

A (9.) képletben látható célfüggvény és az általa definiált optimumkeresési feladat összetettsége, valamint a módszertani hasonlóságok miatt a megoldást a fuvarbörzéken használható járatrtervező algoritmus megalkotása során [9] sikeresen alkalmazott metaheurisztikus optimum kereső algoritmus, a hangyakolónia algoritmus segítségével lehet megtalálni.

### 3. Az optimumkeresési probléma megoldása hangyakolónia algoritmus (BA\_ACO) segítségével

#### 3.1. A BA\_ACO algoritmus logikája

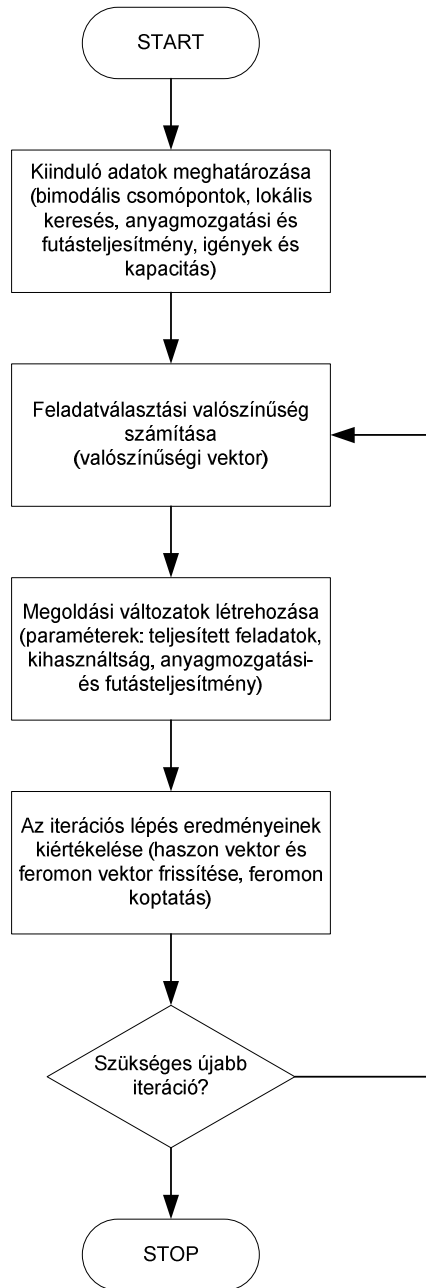
Az Ant Colony optimalizáló algoritmus egy, Marco Dorigo által kifejlesztett, a hangyák szociális viselkedésének modellezésén alapuló metaheurisztikus módszer. A hangyák a természetben először véletlenszerűen keresnek élelemforrást, majd ha élelmet találnak, a bolyba visszatérve feromonnal jelölik meg az utat. Más hangyák az utakon lévő feromonjel alapján nagyobb valószínűséggel válasszák ki a megjelölt utat a véletlen vándorlás helyett. A rövidebb utak hamarabb bejárhatóak, így ezeken több, a hosszabbakon pedig kevesebb feromon lesz. Idővel az utakon lévő feromon mennyisége csökken (párolog), a lokális optimumnál való leragadást gátolva meg [1], [3], [4], [5].

A kombinált áruszállítás elektronikus fuvar- és raktárbörzékkel történő támogatása során a hangyák élelemkereséséhez hasonló probléma merül fel: a cél a bimodális csomópontokra gyűjtés és onnan elosztása a (8.) és (9.) képletekben és az azokat megelőző bekezdésekben definiált optimumkeresési problémának megfelelően, melynek megoldási menetét a 2. ábra, ill. a soron következő néhány bekezdés szerint lehet végrehajtani (BA\_ACO).

#### 1) Kiinduló adatok meghatározása:

- az optimumkeresés kiindulópontja (kombinált áruszállítási csomópontok);
- a keresési tér szűkítése (*lokális keresés*): a bimodális csomópontokhoz és a kombinált áruszállítást biztosító jármű kapacitásához képest teljesíthető szállítási feladatok távolság és árumennyiség alapján történő kiválasztása;
- a szállítási feladatok egyedi szállítási feladatként, ill. kombinált módon történő továbbításához kapcsolódó távolság, anyamozgatási teljesítmény és futásteljesítmény értékek számítása ((1.), (2.), (3.), (4.) képletek és azok elemei);

- *feromon vektor* előállítása (az egyes szállítási feladatok kombinált módon történő teljesítésének hatékonyságát jellemző szám, kezdetben csupa 1-es értékeket tartalmaz).
- *haszonvektor* (az egyes szállítási feladatok kombinált áruszállításba történő bevonása mekkora haszonnal jár) kinullázása;



2. ábra: A kombinált áruszállítás elektronikus fuvarbörzék segítségével történő szervezését támogató hangyakolónia algoritmus (BA\_ACO)

2) Feladatválasztási valószínűség számítása:

- Annak valószínűsége, hogy a j-edik szállítási feladatot kombinált módon teljesítjük:

$$p_j = \frac{\varphi_j^\alpha * \left(\frac{1}{I_j}\right)^\beta}{\sum_{j=1}^L \left[ \varphi_j^\alpha * \left(\frac{1}{I_j}\right)^\beta \right]} \quad (10.)$$

$\varphi_j$ : a j. szállítási feladathoz tartozó feromon mennyisége

$I_j$ : a j. szállítási feladathoz tartozó elszállítandó árumennyiség

L: a választható szállítási feladatok száma ( $j = 1 \dots L$ )

$\alpha$ : a keresésből származó információk fontosságát kifejező kitevő ( $\alpha = 2$ )

$\beta$ : heurisztikus információ (mennyiség) fontosságát kifejező kitevő ( $\beta = 1/3$ )

- a fenti valószínűségekből képezhető egy vektor, amely a szállítási feladatok kombinált áruszállításba vonásának valószínűségét mutatja (*valószínűségi vektor*).

3) Megoldási változatok létrehozása:

- véletlenszámok generálása, majd szállítási feladatok kiválasztása a valószínűségi vektor alapján, a korlátozó feltétel (a kombinált áruszállítást biztosító jármű kapacitása) teljesüléséig;
- a járat fő paramétereinek (szállítási feladatok, kihasználtság, anyagmozgatási teljesítmény, futásteljesítmény) meghatározása;
- a fenti lépések végrehajtása a hangyakolónia számának megfelelően (pl. 10 hangya=10 verzió).

4) Az iterációs lépés eredményeinek kiértékelése:

- haszonvektor feltöltése: az iterációs lépésben elért legnagyobb járatszintű haszon beírása az egyes szállítási feladatokhoz a (9.) képlet alapján. Ebben a vektorban csak azon helyeken lesz érték, melyeket a hangyák közül legalább egy érintett, több hangya esetén a lépés során elért legnagyobb haszon kerül beírásra;
- az iterációs lépések során elért maximális haszon ( $H_{max}$ ) frissítése, amennyiben sikerült javulást elérni;
- a *feromon vektor frissítése* (az 5/36-os szorzó a *konzervatív* és a *felfedező keresés* közötti egyensúlyt biztosítja;  $H_{max}$  használata un. *erős elitizmust* eredményez):

$$\varphi_j = \varphi_j + \frac{5}{36} * \varphi_j * \frac{H_j}{H_{Max}} \quad (11.)$$

$H_j$ : a j. szállítási feladat kombinált módon történő teljesítésével elért haszon

$H_{Max}$ : az iterációs lépések során elért legnagyobb haszon

- *feromon koptatás* (csak az adott iteráció során bejárt viszonylatokon kell feromon frissítést végrehajtani):

$$\varphi_j = \varphi_j * (1 - \rho) \quad (12.)$$

$\rho$ : feromon párolgási együttható ( $\rho = 0,1$ )

5) Újabb iterációs lépés végrehajtása (2, 3, 4 lépések) mindaddig, amíg további lényeges javulás ( $H_{\max}$ ) már nem elérhető, vagy bizonyos lépésszám után.

### 3.2. A BA\_ACO főbb futtatási eredményei, példa az alkalmazásra

Az előző pontokban bemutatott algoritmus MS VBA környezetben készült el. A tesztelés az alábbi paraméterek alapján került végrehajtásra:

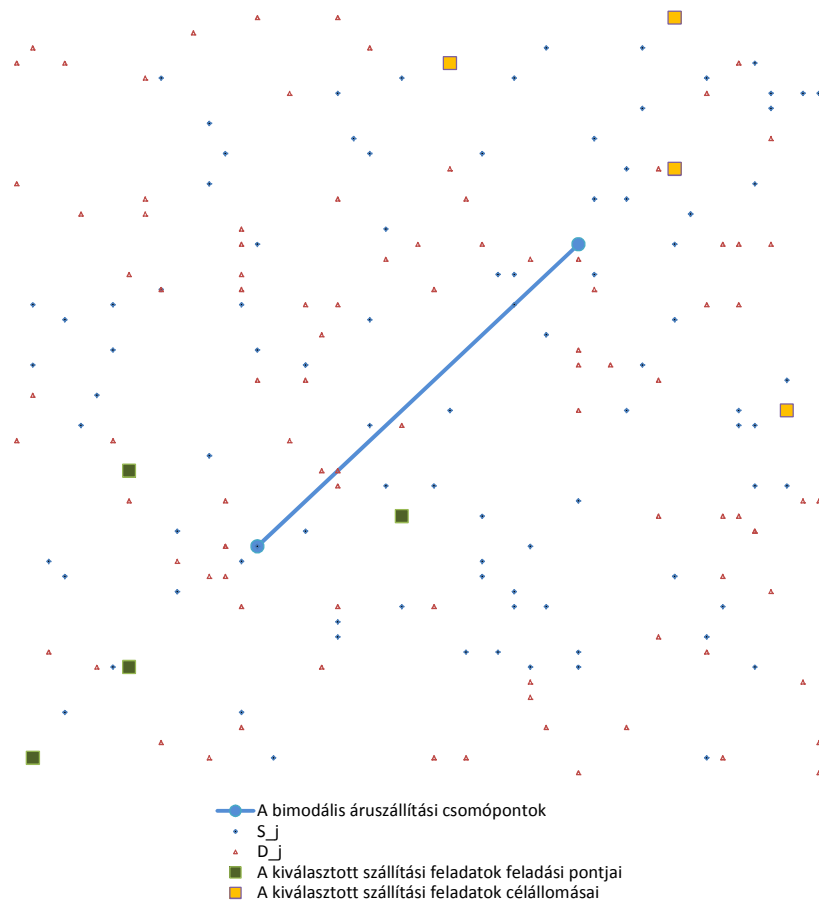
- szállítási feladatok száma: 99 (99 feladási és 99 rendeltetési pont),
- a szállítási feladatokhoz rendelt árumennyiség: 1 vagy 2,
- a kombinált áruszállítást biztosító eszköz kapacitása: 5,
- a bimodális áruszállítási csomópontok, a szállítási feladatok fel- és leadási állomásai, valamint a kombinált áruszállítást biztosító eszköz (vasúti pálya, folyó) nyomvonala (lásd. a 3. ábrán),
- a fentiekből számítható az anyagmozgatási- és futásteljesítmény,
- futtatások száma: 22,
- futtatásonként 50 iteráció,
- iterációnként 10 megoldási verzió (hangya) létrehozása.

A megoldás a 3. ábrán látható: a kombinált szállításba 4 szállítási feladat lett bevonva, 100%-os kapacitáskihasználtság mellett. A rész-célfüggvények értékeinek ismeretében a legjobb megoldást alapul véve ( $Q^{CF}=1,259$ ,  $F^{CF}=1,3404$ ,  $K^{CF}=5$ ) számítható a célfüggvénynek leginkább megfelelő haszon érték ( $H=5,323$ ). Ez a megoldás látható a 3. ábrán, mely alapján levonható az a következtetés, hogy az algoritmus a bimodális csomópontokhoz közeli fel- és leadási pontokat keresi, azok közül is a legjobb kapacitás-kihasználtságot eredményezőket. A célfüggvény tárgyalása során támasztott kritériumokat a BA\_ACO algoritmus tehát teljesíti.

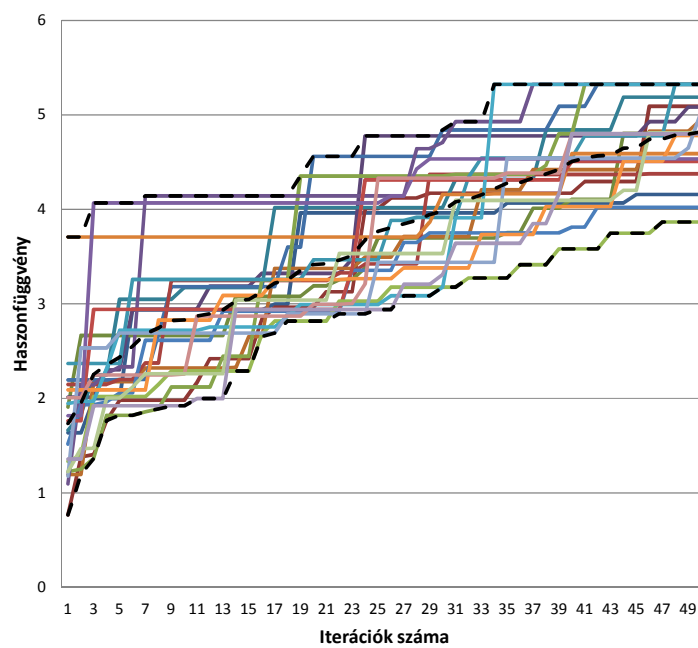
A 4. ábra a 22 futtatásban kapott 22 darab haszonfüggvény egyes iterációk során elért változásait mutatja. Az egyes futtatásokat jelképező függvények között iterációk szintjén számított szórásnégyzetek átlaga 0,5056. A használt paraméterek mellett 22 futtatásból 5 adta ki a fent közölt legjobb célfüggvény értéket, viszont az 50-edik iteráció során kapott haszonfüggvény értékek 22 futtatásra vonatkoztatott átlagos szórásnégyzete (0,4375) az előző szórásértéknél 13,47%-al alacsonyabb volt, vagyis a kezdeti véletlen keresés és nagyobb ingadozások után az algoritmus által adott független futtatásokból származó eredmények közti távolság egyre csökken. Megfigyelhető az is, hogy a 4. ábrán látható függvények egy szűkülő szalag (szaggatott fekete vonal) által határolt területen mozognak, miközben átlagértékük (középső fekete vonal) a szalag aljáról a teteje felé tart.

Amennyiben nem 10, hanem ennél nagyobb számú hangyát alkalmaznánk (pl. 20, 30, 40), az egyes futtatásokban kapott haszonfüggvény értékek közti szórás csökkenne, vagyis kisebb lenne a szaggatott fekete vonallal határolt terület (szalag). Továbbá, magasabb hangyszám esetén az iterációk számával ez a szalag gyorsabban szűkül. Bizonyos hangyszám felett viszont már nincs érezhető javulás az algoritmus sebességének tekintetében, vagyis az ilyen jellegű feladatok többek között megkívánják az optimális hangyszám megválasztását is.





3. ábra: Példa a kombinált áruszállítás elektronikus fuvarbörzék segítségével történő szervezését támogató hangyakolónia algoritmus (BA\_ACO) alkalmazására



4. ábra: A hasznosság alakulása a BA\_ACO futtatásai során

#### 4. A BA\_ACO kiegészítése időalapú büntetőfüggvénnyel

Az előző pontokban bemutatott BA\_ACO algoritmus az említett layout és igény/kapacitás jellemzőket a célfüggvénybe épített módon veszi figyelembe, az időjellemzőket szűréssel (pl. adott napra, időszakra vonatkozó tervezés) lehet beállítani. Ez utóbbiak esetén a célfüggvényt büntetni lehet, kisebb-nagyobb mértékben attól függően, hogy az egyes szállítási feladatok rakományai a kombinált áruszállítást biztosító eszközre milyen időbeli ütemezéssel kerülnek fel, vagyis meghatározott mértékben a nagytávolságú szállítást biztosító eszköz (vasúti kocsik, hajók) teljes rakodásának és várakozásának ideje (az első szállítási feladat felrakásától az utolsóig eltelt idő) is figyelembe vehető. A (13.) képletben látható módon a legkorábban és a legkésőbb rakodásra kész (vagyis a bimodális áruszállítási csomópontba érkezett) szállítási feladatok felrakodásának kezdése között eltelt idő lesz a büntetőfüggvény alapja (a cél ennek minél kisebb értéken tartása):

$$T^{\max} = \text{MAX}\{T_j\} - \text{MIN}\{T_j\} = \text{MIN!} \quad (13.)$$

$j = 1, 2, \dots, j, \dots, l$ : a kombinált áruszállításba vont szállítási feladatok

$T_j$ : a szállítási feladatok nagytávolságú szállításra történő átrakásának kezdése (0 ... 24)

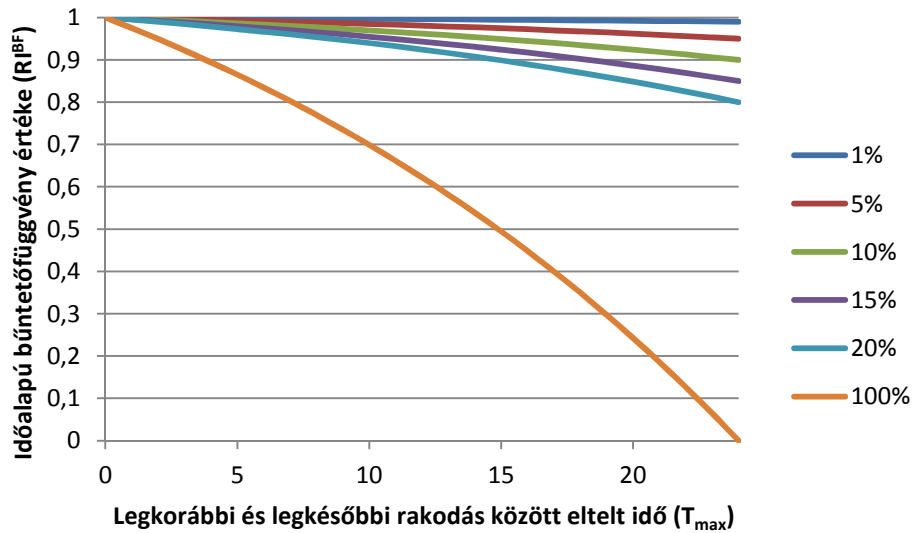
Menetrend szerint közlekedő járatok esetén az időbeli szűrést úgy célszerű végrehajtani, hogy a várható (menetrendben rögzített) indulási időben a vizsgált szállítási feladatok kombinált áruszállításra készen kell, hogy álljanak (itt a fő cél a teljes rakodás időbeli elhúzóadásának büntetése). A (13.) képlet eredményét célszerű közvetlenül a H hasznfüggvény (8.) számításánál figyelembe venni, azonban ügyelni annak helyes súlyára, vagyis az eredeti célfüggvény (8.) csökkentésének mértékére. A (14.) képletben egy lehetséges büntetőfüggvény definiálása látható ( $RI^{BF}$  – a maximális rakodási időközt figyelembe vevő függvény), melynek fő jellemzői:

- előzetes szűrést igényel: csak a 24 órán belül és/vagy az ütemezett indulási időponttól legfeljebb 24 órával korábban a bimodális áruszállítási csomóponton átrakásra kész szállítási feladatokat veszi figyelembe;
- a növekvő várakozási/rakodási időket gyorsuló ütemben bünteti (5. ábra);
- maximális értéke 1, minimális értéke az időtényező súlyától függ (pl. 10%-os súly esetén maximálisan 10%-al csökkenti a (8.) képletben definiált hasznfüggvény értékét ( $H' = 0,9H \dots H$ ));
- a  $p^{BF}$  paraméter értéke 1%-os maximális csökkentő hatás esetén  $58,1977 \cdot 10^{-4}$ , ami az időtényező súlyával (mennyivel csökkenti az eredeti hasznfüggvény értékét, %) lineárisan változik (6. ábra).

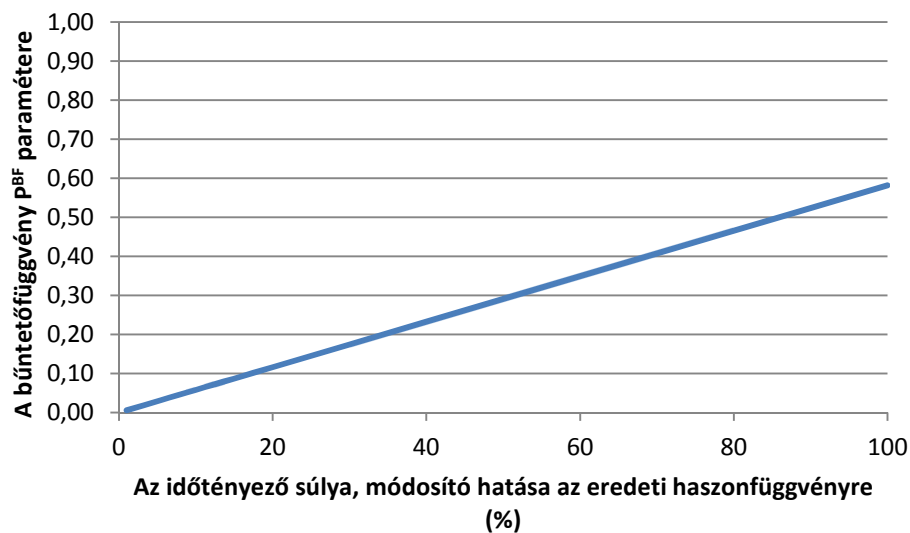
Az  $RI^{BF}$  függvény különböző időtényező súlyszámok ( $p^{BF}$  paraméter és a hozzá tartozó hasznfüggvény-csökkentés maximális százalékos értéke) melletti alakulása az 5. ábrán, míg ennek beépítése a hasznfüggvénybe a (15.) képletben látható.

$$RI^{BF} = (1 + p^{BF}) - p^{BF} e^{\frac{T^{\max}}{24}} \quad (14.)$$

$$H' = RI^{BF} K^{CF} \frac{F^{CF}}{Q^{CF}} = \text{MAX!} \quad (15.)$$



5. ábra: Néhány lehetséges időalapú büntetőfüggvény különféle időtényező súlyszámok (maximális %-os csökkentő hatás) mellett



6. ábra: Az időalapú büntetőfüggvény  $p^{BF}$  paraméterének alakulása az időtényező súlyának (maximális %-os csökkentő hatás) függvényében

A  $p^{BF}$  paramétert célszerű olyan értékűre megválasztani, amelyet a logisztikai folyamat adottságai indokolnak. Olyan feladatok esetén, ahol kevésbé lényeges a magasabb állásidő, a  $p^{BF}$  paramétert kicsire kell venni, amelynek hatására az eredeti haszonfüggvény csak kismértékben csökken. Azon feladatok esetén viszont, ahol az idő kritikus tényező, ezt növekvő százalékban kifejezett haszoncsökkentő hatásként (ld. 6. ábra) kell alkalmazni.

## 5. Konklúziók

A kifejlesztett hangyakolónia algoritmus képes megadni, hogy az elektronikus fuvar- és raktárbörzén megjelenő szállítási feladatok közül melyeket érdemes a megadott jellemzőkkel rendelkező, kombinált áruszállítást biztosító áruszállítási mód (vasút, folyami áruszállítás) igénybevételevel teljesíteni. Segítségével összességében, rendszerszinten csökkenthető a járművek összes futásteljesítménye, ez által a feladatok teljesítéséhez igénybe vett járművek időbeli foglaltsága, valamint az általuk használt utak terheltsége. A BA\_ACO algoritmus ezzel a kombinált áruszállítás, a környezetbarát áruszállítási módok terjedését segíti elő. Mindez persze igen nehezen lenne megvalósítható a fuvarbörzék információs és kommunikációs kapcsolat megteremtő szerepe által, más szavakkal kifejezve: a területileg szétszórt és egymástól független igények BA\_ACO-val támogatott szállítás szervezését a megfelelő elektronikus fuvarbörze nélkül nem lehet megteremteni.

### Köszönetnyilvánítás

A munka 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 ÚMFT TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

### Felhasznált irodalom

- [1] Bonabeau, E., Dorigo, M., Theraulaz, G.: *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*. Oxford University Press, ISBN 0-19-513159-2, 1999.
- [2] Bruns, A. S., Günes, N., Zelewski, S.: *Online-Frachtenbörse für den trans-europäischen Schienengüterverkehr*. *Internationales Verkehrswesen* (62) 11, pp. 25.29., 2010.
- [3] Dorigo, M.: *Optimization, Learning and Natural Algorithms*. PhD thesis, Politecnico di Milano, Italy, 1992.
- [4] Dorigo, M., Gambardella, L. M.: *Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Travelling Salesman Problem*. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 1, pp. 53–66., 1997.
- [5] Dorigo, M., Stützle T.: *Ant Colony Optimization*. MIT Press, ISBN 0-262-04219-3, 2004.
- [6] G. Kovács: *The structure, modules, services and operational process of modern electronic freight and warehouse exchanges*. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 37/1-2 (2009), pp. 33.-38.
- [7] G. Kovács: *Possible methods of application of electronic freight and warehouse exchanges in solving the city logistics problems*. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 38/1 (2010), pp. 25.-28.
- [8] Kovács G.: *Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék új alkalmazási területei*. *Logisztikai Innovációs füzetek* 2010, pp. 74.-78.
- [9] Kovács G.: *Az elektronikus fuvarbörzékben alkalmazható optimumkeresési eljárások, algoritmusok*. *Logisztikai Évkönyv* 2011, pp. 28.-35.