

Kutatási Jelentés

Téma azonosítója: JKL-P7-T2

Téma megnevezése: Elektronikus fuvar- és raktárbörzék alkalmazása a közlekedési csomópontok modalitási lehetőségeinek optimális kihasználása érdekében

4. munkaszakasz (lezárva: 2011.09.25.): A belső döntéstámogató algoritmusok specifikálása, megalkotása:

- 1.1.** Az áruszállítási módok közötti munkamegosztást támogató elektronikus fuvar-és raktárbörze rendszerben a megfelelő kapacitásajánlat kiválasztása során (pl. tendereztetés során) alkalmazható, Analytic Hierarchy Process alapú multi kritériumos döntéstámogató algoritmus (MDA) specifikálása.
- 1.2.** Az MDA algoritmus kifejlesztése és tesztelése MS VBA környezetben, az MDA lehetőségeinek bemutatása.

Az összefoglalót készítette: Kovács Gábor, tanársegéd

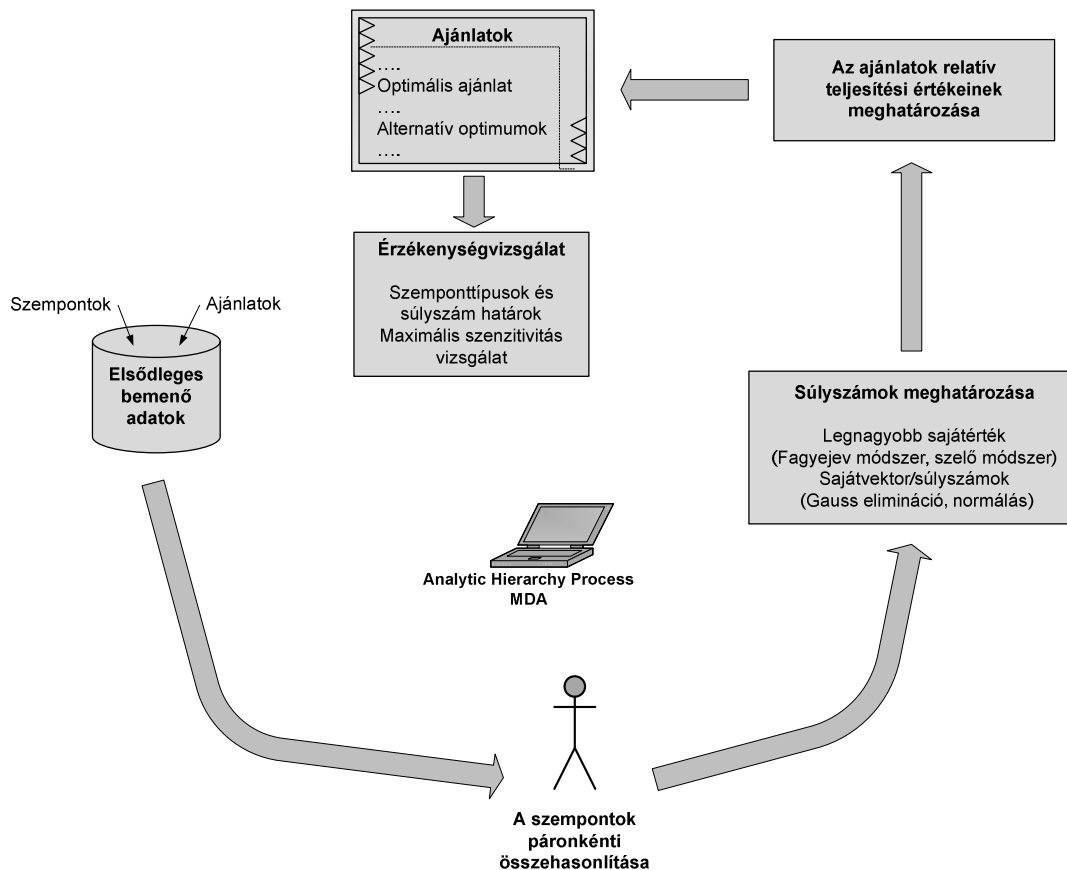
BME Közlekedésmérnöki Kar, Közlekedésüzemi Tanszék

Témavezető: Dr. Bóna Krisztián PhD, adjunktus

BME Közlekedésmérnöki Kar, Közlekedésüzemi Tanszék

1.1. Az áruszállítási módok közötti munkamegosztást támogató elektronikus fuvar-és raktárbörze rendszerben a megfelelő kapacitásajánlat kiválasztása során alkalmazható, multi kritériumos döntéstámogató algoritmus (MDA) specifikálása

A fuvar- és raktárbörzékben alkalmazható, AHP-n (Analytic Hierarchy Process) alapuló [2], [3], [4], [5] multikritériumos döntéstámogató algoritmus (MDA) nagyvonalú folyamatábrája az 1. ábrán látható.



1. ábra: Az MDA nagyvonalú működési folyamata

A kidolgozott módszer első lépéseként definiálni kell a kiértékelés alapját képező szempontrendszert (fő- és alszempontok), majd a beérkezett ajánlatok tulajdonságait eme szempontoknak megfelelően ki kell gyűjteni. Ezt követi a módszer legnagyobb emberi befolyást igénylő lépése, a páros összehasonlítások elvégzése, amelynek során a kiértékelést végző személy a szempontok egyenkénti összehasonlítása által felépíti a páros összehasonlítás mátrixot (A, 1. táblázat), amely a szempontok egymáshoz képest fontosságát mutatja meg (a mátrixban 0...9 között szerepelnek számok, az egymáshoz képesti fontosságnak megfelelően, reciprok mátrix).

1. táblázat: A páros összehasonlítás mátrix felépítése

<u>A</u>	A ₁	A ₂	...	...	...	...	A _n
A ₁	w ₁ /w ₁	w ₁ /w ₂	...	...	...	...	w ₁ /w _n
A ₂	w ₂ /w ₁	w ₂ /w ₂	...	...	...	...	w ₂ /w _n
...
...
...
...
A _n	w _n /w ₁	w _n /w ₂	...	...	...	...	w _n /w _n

A páros összehasonlítás a súlyszámányokat adja meg, így a mátrix legnagyobb sajátértékéhez tartozó sajátvektora tartalmazza a szempontok súlyszámait:

$$(A \cdot w)_i = \sum_{j=1}^n \{a_{ij} \cdot w_j\} = \sum_{j=1}^n \left\{ \frac{w_i}{w_j} \cdot w_j \right\} = \sum_{j=1}^n \{w_i\} = n \cdot w_i \quad (1.)$$

A: páros összehasonlítás mátrix;

w: az A mátrix n sajátértékhez tartozó sajátvektora;

n: az A mátrix sorainak száma, a legnagyobb sajátérték.

A mátrixszal kapcsolatban alapvető elvárás a konzisztencia (a szempontok egymáshoz képesti fontosságában ne legyen ellentmondás), ám bizonyos határig az inkonzisztencia is megengedhető. A súlyszámok meghatározására az 1. ábrán látható numerikus módszerek kerültek felhasználásra.

Miután a szempontokhoz tartozó súlyszámok meghatározásra kerültek, ki lehet számítani az egyes ajánlatok teljesítési értékét. Ez alapján például a k. ajánlat teljesítési értéke a szempontok súlyszámainak és a k. ajánlat egyes szempontok szerinti jóságát kifejező számoknak (az adott szempontból az adott ajánlat a legjobb ajánlat hány százalékát teljesíti) a segítségével számítható ($\hat{E}_k=0...1$):

$$\hat{E}_k = \sum_{i=1}^f \left\{ w_i \cdot \sum_{j=1}^{a_i} [w_{ij} \cdot R_{ij}^k] \right\} \quad (2.)$$

$$R_{ij}^k = \frac{T_{ij}^k}{T_{ij}^{\max}}, \text{ ha } T_{ij}^{\max} \text{ (a nagyobb érték) a legkedvezőbb} \quad (3.)$$

$$R_{ij}^k = \frac{T_{ij}^{\min}}{T_{ij}^k}, \text{ ha } T_{ij}^{\min} \text{ (a kisebb érték) a legkedvezőbb} \quad (4.)$$

\hat{E}_k : a k. alternatíva súlyozott teljesítési értéke;

f: a főszempontok összes száma ($i = 1 \dots f$);

a_i : az i. főszemponton belüli alszempontok összes száma ($j = 1 \dots a_i, i = 1 \dots f$);

w_i : az i. főszempont súlyszáma;

w_{ij} : az i. főszempont j. alszempontjának súlyszáma;

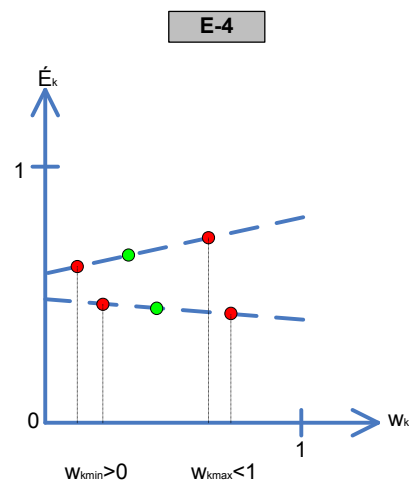
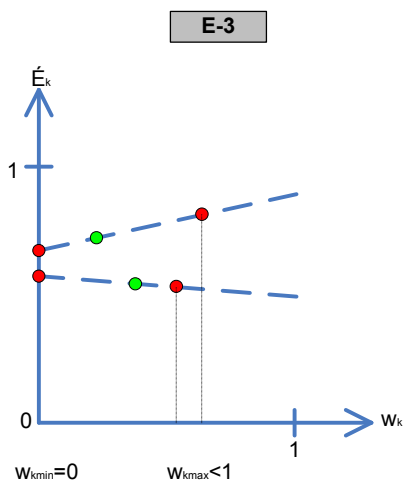
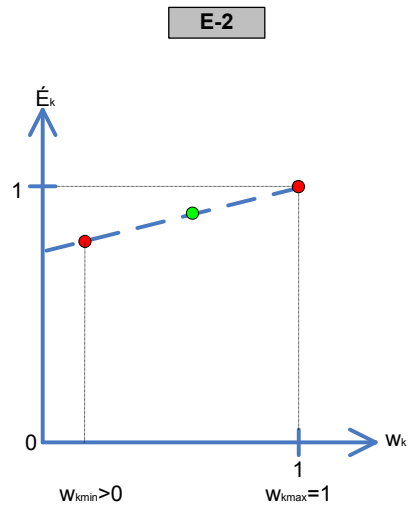
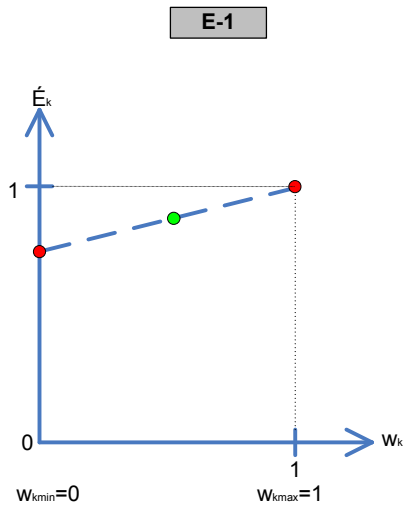
R_{ij}^k : a k. alternatíva relatív értéke az i. főszempont j. alszempontjából;

T_{ij}^k : a k. alternatíva értéke az i. főszempont j. alszempontjából;

T_{ij}^{\max} : a legnagyobb alternatíva érték az i. főszempont j. alszempontjából;

T_{ij}^{\min} : a legkisebb alternatíva érték az i. főszempont j. alszempontjából.

A legnagyobb teljesítési értékkel rendelkező ajánlat a legkedvezőbb, így a cél ennek kiválasztása. Sok esetben a fenti teljesítési értékek egyes ajánlatok esetén olyan közel vannak egymáshoz, hogy e miatt kellhet újabb tenderköröket kiírni. A módszerben fellelhető legnagyobb bizonytalanságot a súlyszámok meghatározása okozza. Ennek kiszűrésére, vagy éppen a kapott eredmény stabilitásának vizsgálatára szolgál a kifejlesztett érzékenységvizsgálati eljárás, amelynek segítségével a súlyszámok változtatásának hatására fellépő teljesítési érték, és az ez általi sorrendváltozás hatásait lehet mérni, elemezni. Az alapszabály, hogy a súlyszámokkal kapcsolatos kitételek (a súlyszámok $0 \dots 1$ közé eshetnek, az azonos hierarchiaszinten lévő szempontok súlyszámainak összege egy) továbbra is érvényesek, valamint a módosított súlyszámhoz tartozó szemponton kívül az összes többi szempont egymáshoz képesti relatív súlya változatlan marad. Négyféle szemponttípus (2. ábra) került definiálásra, attól függően, hogy a kiinduló súlyszám értékek mellett kalkulált első helyezett ajánlat teljesítési értéke miként reagál a súlyszámok módosítására. Ennek megfelelően első lehetőségként szabadon változhat az adott szempont súlyszáma $0 \dots 1$ között (E-1), de ennek nincs hatása az első helyezett kilétére. A további típusok esetén vagy alsó határ (E-2), vagy felső határ (E-3), vagy pedig alsó és felső határ együttesen létezik (ezek nem 0 vagy 1), vagyis ezek átlépése után más ajánlat lesz a legnagyobb teljesítési értékkel rendelkező. A kiinduló súlyszámok mellett adódó legkedvezőbb ajánlat súlyozott teljesítési értékének változását az adott szemponttípusokat is figyelembe véve a 2. ábrán lehet látni.



- w_{kmin} - a k. súlyszám módosíthatóságának alsó határa
- w_{kmax} - a k. súlyszám módosíthatóságának felső határa
- w_k - a k. súlyszám aktuális értéke
- \acute{E}_k - az eredetileg első alternatíva teljesítési értéke (a k. szempontra vonatkozó érzékenységet vizsgálva)

2. ábra: Az érzékenységvizsgálat alapesetei, jellemzői az MDA modellben

A maximális szenzitivitás vizsgálat [1] segítségével az is értékelhető, hogy mely ajánlat teljesítési értéke reagál érzékenyebben az egyes súlyszámok módosítására (az egyes szempontok súlyszámainak 1%-os változásának hatására bekövetkező teljesítési érték változást adja meg:

$$S_k(w) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^f \left\{ \frac{\partial}{\partial w_i} \acute{E}_k(w) \right\}^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^f \{w_i^2\}}}{\acute{E}_k(w)} \quad (5.)$$

1.2. Az MDA algoritmus kifejlesztése és tesztelése MS VBA környezetben, az MDA lehetőségeinek bemutatása

Az MS Visual Basic nyelven (VBA), MS Excel környezetben fejlesztett MDA segítségével készített kiértékelésre mutat példát a 2. és 3. táblázat, valamint a 3. ábra. Az egyes szempontok szerinti optimális alternatíva értékek a 2. táblázatban narancssárga cellákban szerepelnek. Az így megjelölt cellákból összerakható egy ún. fiktív optimális alternatíva, amely mindegyik szempont szerint a legkedvezőbb értékkel bír. Az egyes valós alternatívák teljesítési értéke így úgy értelmezhető, hogy pl. a „1” ajánlat a fiktív optimális alternatíva 82,54%-át teljesíti. Jól látható, hogy az első kettő alternatíva teljesítési értékei (0,8254; 0,7863) között kicsi a különbség, így érdemes megvizsgálni, hogy milyen súlyszám határok mellett érvényes a 2. táblázat alsó felén látható sorrend (lásd a 3. táblázatba írt érzékenységvizsgálati eredményeket).

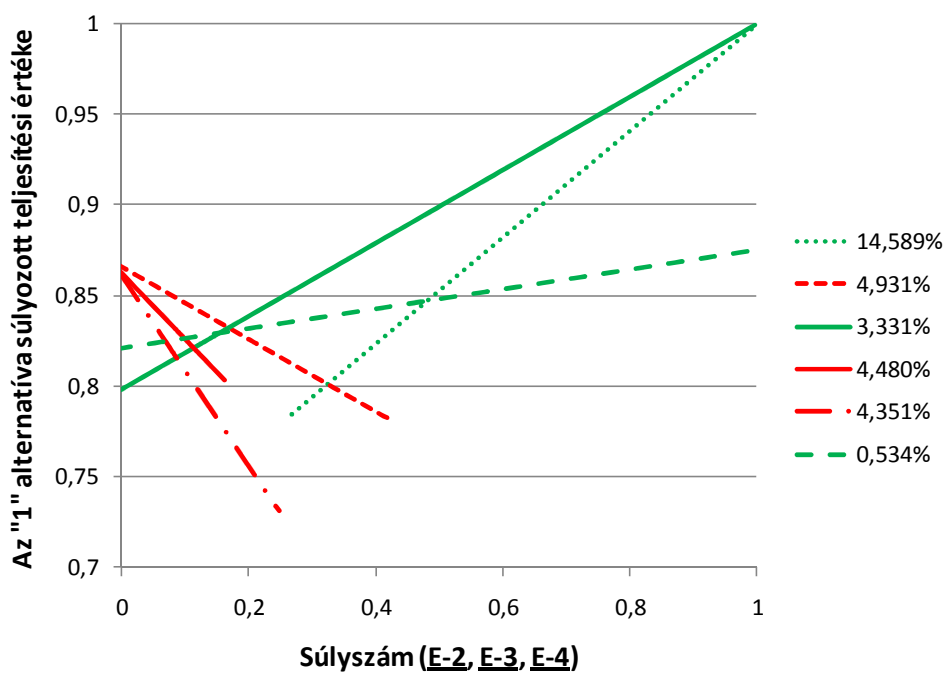
Az E-4 típusú szempontot kivéve az összes tárgyalt szemponttípust fel lehet fedezni ebben a példában. Jól látható például, hogy ha a fuvardíj súlyszámát 0,2482 alatti értékre vesszük fel, akkor már nem az „1” alternatíva lesz a legkedvezőbb. Ilyen módon tudjuk értékelni a súlyszámok megválasztásának helyességét, valamint ez alapján lehet a kiértékelő algoritmust újrafuttatni.

2. táblázat: Az MDA fuvarbörzéken történő felhasználása során kapott kiértékelő táblázat

Főszempont			Alszezpont				Alternatívák					
Ssz.	Név	Súlyszám	Ssz.	Név	Súlyszám	Értelmezés	1	2	3	4	5	Ideális
1	Fuvardíj (millió Ft)	0,4082	1	Fuvardíj (millió Ft)	1	Kisebb	421	525	590	586	448	421
2	Szállítási idő (nap)	0,2041	1	Szállítási idő (nap)	1	Kisebb	3	3	4	2	3	2
3	Térbeli közelség	0,1361	1	Térbeli közelség	1	Nagyobb	0,3457	0,3457	0,1728	0,0494	0,0864	0,3457
4	Szolgáltatási kör	0,1020	1	Szolgáltatási kör	1	Nagyobb	0,125	0,25	0,125	0,25	0,25	0,25
5	I+K kapcsolatok	0,0680	1	I+K kapcsolatok	1	Nagyobb	0,1509	0,2264	0,4528	0,0566	0,1132	0,4528
6	Referenciák	0,0816	1	Iparági referencia	0,75	Nagyobb	0,2759	0,1379	0,1379	0,2759	0,1724	0,2759
			2	Bizalom	0,25	Nagyobb	0,1429	0,2857	0,2857	0,1429	0,1429	0,2857
1	Fuvardíj (millió Ft)	0,4082					1	0,8015	0,7127	0,7186	0,9393	1
2	Szállítási idő (nap)	0,2041					0,6667	0,6667	0,5	1	0,6667	1
3	Térbeli közelség	0,1361					1	1	0,5	0,1429	0,25	1
4	Szolgáltatási kör	0,1020					0,5	1	0,5	1	1	1
5	I+K kapcsolatok	0,0680					0,3333	0,5	1	0,125	0,25	1
6	Referenciák	0,0816					0,875	0,625	0,625	0,875	0,5938	0,875
						Alternatíva sorszám	1	2	3	4	5	
						Súlyozott telj. érték	0,8254	0,7863	0,6310	0,6988	0,7210	
						Alternatívák végső sorrendje	1	2	5	4	3	
						Súlyozott telj. érték	0,8254	0,7863	0,7210	0,6988	0,6310	

3. táblázat: Az MDA által adott érzékenységvizsgálati eredmények

Az "1" alternatíva első helyen történő rangsorolását biztosító súlyszámok					$S_1(w)$
Főszempont megnevezése és súlyszámának jellege		Súlyszám határok		Az "1" alternatíva teljesítési érték-változásának jellege	
		Alsó határ	Felső határ		
Fuvardíj (millió Ft)	E-2	0,2482	1,00	monoton növekvő	14,589%
Szállítási idő (nap)	E-3	0,00	0,4141	monoton csökkenő	4,931%
Térbeli közelség	E-1	0,00	1,00	monoton növekvő	3,331%
Szolgáltatási kör	E-3	0,00	0,1620	monoton csökkenő	4,480%
I+K kapcsolatok	E-3	0,00	0,2380	monoton csökkenő	4,351%
Referenciák	E-1	0,00	1,00	monoton növekvő	0,534%



3. ábra: Az érzékenységvizsgálat eredményei (a 3. táblázat alapján) az MDA modellben

A munkaszakaszhoz kapcsolódó publikációk:

Bóna K., Bakos A., Kovács G., Lénárt B.: BME Kutatóegyetem -Szinergikus logisztikai K+F területek a JKL kiemelt kutatási területen. Logisztikai Híradó, XXI. évf. 4. szám, p. 20-23.

Kovács G.: 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.

Felhasznált irodalom

- [1] Péter, T. (1997), Gépjármű lengőrendszerek felfüggesztés-paramétereinek optimalálása, MTA, Kandidátusi értekezés
- [2] Rapcsák T. (2007), Többszemponútú döntési problémák, Elektronikus egyetemi oktatási segédanyag, MTA SZTAKI
- [3] Saaty, T.L. (1994), How to make a decision: the analytic hierarchy process, Interfaces, 24, pp. 19-43
- [4] Saaty, T.L. (1990), The analytic hierarchy process, University of Pittsburgh
- [5] Winston, Wayne L. (2003), Operációkutatás I-II. Aula kiadó, Budapest.