

A tendereztetés lehetőségei a logisztikai rendszerek fejlesztésében

Kovács Gábor*

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar, Közlekedésüzemi Tanszék (e-mail: kovacs@kku.bme.hu) ill. Adversum Tanácsadó és Szolgáltató Kft. (e-mail: gabor.kovacs@adversum.hu)

Abstract: A tenderek alkalmazásának jelentősége a logisztikai rendszerek fejlesztése során. A tenderek lebonyolítási folyamata az ajánlatkérés elkészítésétől az optimális ajánlat kiválasztásáig. A multikritériumos döntéselőkészítő algoritmusok alkalmazása a tenderekre beérkezett ajánlatok kiértékelésére és az optimális ajánlattevő kiválasztására. Gyakorlati példa bemutatása a tenderekre beérkezett ajánlatok kiértékelésére a szerző által fejlesztett algoritmus (MDA nevű program) felhasználásával. A tenderekkel elérhető megtakarítások felvázolása.

1. BEVEZETÉS

Napjaink logisztikai rendszertervezői/tanácsadói gyakorlatában egyre lényegesebb szerepet tölt be a kifejlesztett logisztikai technológia műszaki megvalósításának előkészítése, illetve támogatása. Ennek legfőbb oka, hogy a megbízók a nagyobb beruházás igényű, komplex projektek esetében joggal várják el a tanácsadóktól, a rendszerfelméréstől a rendszertervezésen át, egészen a megvalósításig (sokszor akár a rendszer beüzemeléséig) terjedő integrációt. A rendszertervezői munka eme igen izgalmas, ámde sok buktatót rejtő fázisai több szempontból is komoly kihívást jelentenek a tanácsadók számára. Ez a tanulmány, egy a gyakorlatban már több esetben is sikerrel alkalmazott olyan komplex módszertan bemutatására tér ki, amely az optimális kivitelező(k)/beszállító(k) kiválasztásában tud hatékony segítséget nyújtani.

2. A LOGISZTIKAI RENDSZEREK FEJLESZTÉSÉRE KIÍRT TENDEREK LEBONYOLÍTÁSI FOLYAMATA

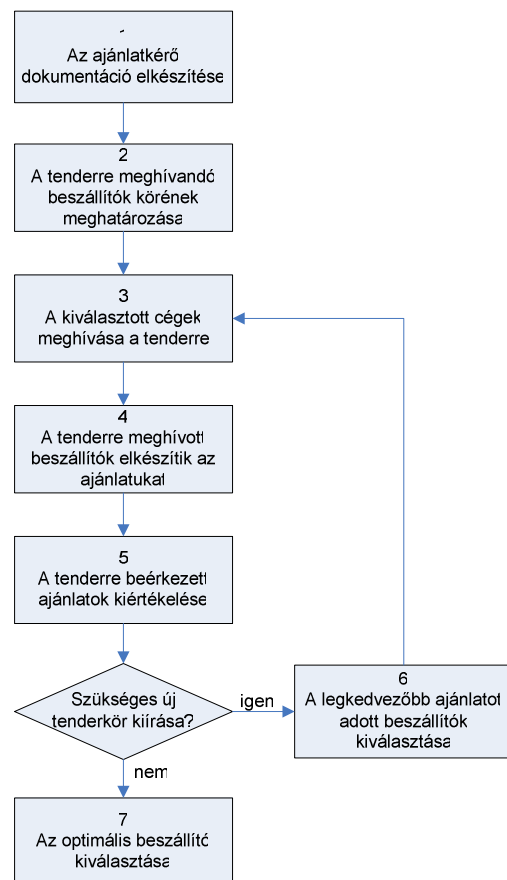
2.1 Általános megállapítások

Tapasztalataink szerint a sikeres tenderek lebonyolításának kulcsa a szakértelmen, a folyamatos kommunikáción és ellenőrzésen alapuló jól felépített, testreszabott tendereztetési folyamat. Ezért fontos bemutatni azt az összetett, többszörösen visszacsatolt alapfolyamatot, amelynek eredményeként az optimális kivitelező/beszállító kiválasztása megvalósítható (Kovács és Dr. Bóna, 2008).

Közismert, hogy egy adott probléma megoldására több elvileg lehetséges jó megoldás található. Különösképpen igaz ez a logisztikai rendszerek tervezése, illetve a rendszertervek megvalósítása esetében. Ha ezt a problémát kicsit elvonatkoztatva modellezni szeretnénk (legyen szó akár rendszertervezésről, akár a már kész rendszertervek megvalósításáról), akkor tulajdonképpen minden egyes jó megoldást tekinthetünk egyfajta lokális optimumnak. A kivitelezés előkészítésének eme fázisában tehát a több jó

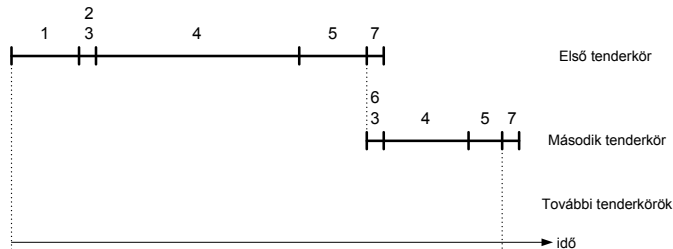
megoldás (lokális optimum) közül kell megtalálni a globális optimumot, vagyis a legkedvezőbb megoldást.

A tendereztetési folyamat szinte minden esetben egy olyan alapmodellre épül fel, amely már több esetben is bizonyított, illetve a tapasztalatok alapján folyamatosan fejlődött ki (1. ábra). Fontos azonban megemlíteni, hogy ennek ellenére szinte minden tender rendelkezik valami olyan egyedi adottsággal, amely miatt a folyamat alap struktúráját testre kell szabni.



1. ábra: A tendereztetési folyamat alap struktúrája

Az egyes *részfázisok* egymáshoz képesti (egyébként a megvalósítandó logisztikai rendszer összetettségének függvényében meglehetősen változó) *időigénye* arányaiban a 2. ábrán látható. Az ábrán látható számok a részfolyamatok sorszámát jelölik (lásd 1. ábra).



2. ábra: A tenderizetési folyamat időbeli összetétele

2.2 Az ajánlatkérési dokumentáció elkészítése

Az ajánlatkérési dokumentáció a tenderfolyamat egyik legfontosabb eleme. Ennek korrekt összeállítása alapfeltétele annak, hogy az ajánlatkérésre felkért lehetséges beszállítók műszakilag és gazdaságilag értékelhető ajánlatot tudjanak szolgáltatni, vagyis egy releváns rendszermegoldás, rendszerváltozat születhessen. Ez a dokumentáció specifikálja tehát a tulajdonképpeni megvalósítandó logisztikai rendszert. Ehhez össze kell gyűjteni, és rendszerezni kell minden olyan alapvető bemeneti információt, amelyek az ajánlatadásra felkért cég számára az ajánlat elkészítéséhez szükségesek. A bemeneti információkat egy helyesen végrehajtott a megbízók által többszörösen validált logisztikai rendszertervből lehet összegyűjteni. Egy tárolási ill. anyagmozgató rendszerre kiírt tender esetében az alapvető *bemeneti információk* a következők lehetnek:

- A megvalósítandó logisztikai rendszert specifikáló tervrajzok: helyszínrajzok, alaprajzok, layout tervek a szükséges számú metszettel, állványnézeti és egyéb nézeti rajzokkal. Ezek a tárolási, anyagmozgató technológiákat, az anyagmozgató utakat, a technológiai méreteket és valamennyi olyan rajzi/képi elemet tartalmaznak, amelyek a műszaki ajánlat elkészítéséhez nélkülözhetetlenek.
- A tárolt/mozgató egységek alapvető tulajdonságai: az egységek megjelenési formái, tömege, befoglaló mérete (változó tömegek és méretek esetén ezek minimuma, maximuma), az alkalmazott egységakompany-képző eszközök, csomagolás típusa, halmazolhatósági tényezők, egyéb lényeges paraméterek és specialitások.
- A tárolási és anyagmozgató feladatok pontos jellemzői: a feladatok rövid leírása, a feladatok határainak tisztázása, a tároláshoz/anyagmozgatóhoz szükséges eszközigény specifikálása, a becsült gépszám, egyéb specialitások.

- Bizonyos speciális rakodási feladatok esetében a kiszorgálandó járművek, intermodális egységek (pl. cserefelépítmények, konténerek) paraméterei, a tervezett rakodóhelyi létesítmények, eszközök, berendezések specifikációja.
- Amennyiben lehetséges, fényképes illusztráció a meglévő logisztikai rendszer egyes elemeiről, a tárolandó/mozgató egységakompanyokról, az esetleg jelenleg meglévő tárolási segédeszközökről, anyagmozgató és szállító eszközökről.

A fent felsorolt adatok rendszerettsége és teljessége alapfeltétele a félreértések elkerülésének, továbbá a műszakilag értékelhetetlen rendszermegoldások kiküszöbölésének. Sajnálatos tapasztalat, hogy ennek ellenére sok esetben születhetnek nem kielégítő megoldások. Ennek talán az egyik legfőbb oka, hogy egy korrekt ajánlat kidolgozásába egy-egy lehetséges beszállítónak igen komoly energiákat kell befektetni, ami sok időt és munkát igényel. Fontos tehát a tenderfolyamat időbeli ütemezése, az egyes fázisok tekintetében a kielégítően hosszú átfutási idők biztosítása a pályázók számára. A bemenetek rendszerezettségét a formailag korrekt ajánlatkérő dokumentáció biztosítja, amelyben ki kell térni a benyújtandó ajánlattal kapcsolatos *formai követelményekre* is. Ezt támogatandó, illetve a későbbi kiértékelést megkönnyítendő célszerű „megvezetni” a pályázókat a kötelezően benyújtandó paraméterek és információk tekintetében. Ehhez számos olyan összegző, *rendszerező táblázat*ot célszerű szintén előre elkészíteni, amelyből az ajánlattal kapcsolatos adatok a kiértékelés fázisában akár automatizált módon is kikereshetők, illetve a kiértékelő rendszerbe bevezethetők. Ilyen módon egy korrekt módon előkészített dokumentáció kitér:

- a kapcsolódó, fentebb specifikált forrásadatokra, információkra történő belső hivatkozásokra;
- a tárolási/anyagmozgató technológia opcionálisan igényelhető, kiegészítő elemeire;
- az adott anyagmozgató/tárolási technológia megkívánt alternatív megoldásainak felsorolására;
- a kötelező és opcionális rendszertényezőkre, elemekre;
- a kivitelezéssel kapcsolatos információkra;
- az ajánlatadási szabályokra;
- a benyújtandó dokumentumokra;
- az ajánlat főbb műszaki/gazdasági paramétereit részletező kitöltendő adattáblázatokra;
- az ajánlatkezelés technológiájára (papíralapú és elektronikus dokumentumok, információk megosztása);
- a tenderfolyamat időbeli ütemezésére (határidők stb.);

- a kapcsolattartás módjára.

Fentiek közül a teljesség igénye nélkül egy emelendő ki: az ajánlatkezelés technológiája, ugyanis ez a kérdéskör kulcsfontosságú a tenderekkel kapcsolatos adatvédelem, valamint a benyújtott ajánlatokban szereplő, a kiértékeléshez szükséges adatok multikritériumos elemzésekhez szükséges „kibányászása” végett. Az általunk jelenleg alkalmazott megoldás egy hosszú tanulási folyamat eredménye. Több módszert kipróbáltunk, de a leghatékonyabbnak az internet, vagy FTP alapú technológiák alkalmazása bizonyult, amely alkalmazásával lehetőség nyílt az adatok korszerű, megfelelően védett, rendszerezett és gyors kezelésére. A kommunikációs protokoll (hozzáférés, fel-, illetve letöltés) ezen rendszereknél előre meghatározott szabályok alapján működik. A fejlesztések jelenleg abba az irányban haladnak, hogy az ajánlatok kiértékeléshez szükséges alapadatokat (amelyek közvetlen, vagy közvetett formában a benyújtott ajánlatokban megtalálhatók), hogyan lehet automatikus adatbányászati technológiák segítségével a multikritériumos elemző rendszer adattábláival összekapcsolni. Ez a kiértékelések idejét nagymértékben rövidíthetné, hiszen az egyik leginkább időigényes feladat minden esetben ezeknek az adatoknak az összevadászása, illetve a multikritériumos elemző rendszer számára való „emészthető” állapotba hozása.

2.3. A lehetséges beszállítók körének meghatározása, meghívás a tenderre

A tapasztalatok azt mutatják, hogy ilyen típusú összetettebb feladatok esetében a megbízók számára sok esetben komoly problémát jelent a tervezett logisztikai rendszer megvalósítására alkalmas potenciális beszállítók körének kijelölése. Ennek talán az egyik legfontosabb oka, hogy sokszor nemcsak a lehetséges beszállítókkal, hanem azok kompetenciájával, képességeivel sincsenek tisztában. A szakértők alkalmazása az ilyen jellegű komplex feladatok esetében többek között ezért is jelenthet előnyt, hiszen kompetenciájukból, tapasztalataikból adódóan számukra ez a feladat nem jelenthet gondot. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a feladat típusától függően jellemzően 10...15 céget érdemes hasonló típusú tenderek esetében meghívni, majd számukra az ajánlatkérő dokumentációt a fentebb definiált módon elérhetővé kell tenni. Természetesen az ajánlatkérési felhívásnak is kötött szabályai vannak, amelyet a megbízó beszerzési szervezetének előírásaival összhangban kell lebonyolítani. A teljesség igénye nélkül néhány tapasztalati jó tanács a folyamattal kapcsolatban:

- az ajánlati felhívásban célszerű egyértelműen definiálni az ajánlatkérő dokumentációhoz való hozzáférés módját;
- célszerű röviden leírni az alkalmazott protokollt, az alkalmazott ajánlatkezelő rendszer használatának módját;
- közölni kell azt, hogy milyen dokumentumok találhatóak meg a megadott kiszolgálón (tervrajzok, adattáblák, ajánlatkérő dokumentációk, fényképek, stb.);

- fontos felhívni a figyelmet a tartalmi és formai kötöttségek valamint a határidő betartására;
- célszerű egy értesítő email-t kérni az elkészített ajánlat kiszolgálóra történő feltöltése után (bizonyos esetekben ezt a korszerű ajánlatkezelő rendszerek automatikusan generálják).

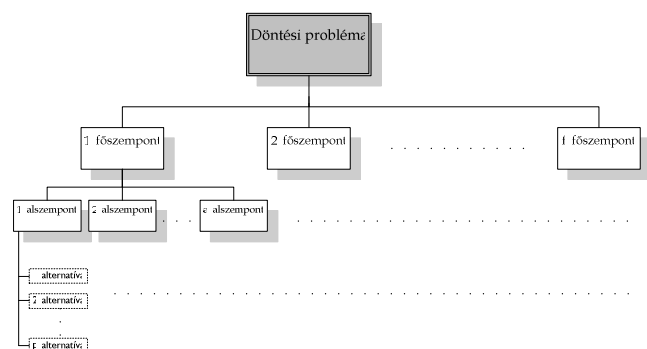
2.4. A beszállítói ajánlatkészítés fázisa

Az ajánlatkészítési időintervallum a megvalósítandó logisztikai rendszer komplexitásától függően változhat. Ez a tapasztalataink alapján minimum két hét átfutási időre méretezendő a teljes tenderfolyamatot figyelembe véve. A gyakorlat azt mutatja, hogy készülhet akár milyen pontos, egzak, jól előkészített ajánlatkérő dokumentáció, az ajánlatkészítési szakaszban a lehetséges beszállítókkal való folyamatos kommunikáció elengedhetetlen. Ehhez a logisztikai rendszerterv, valamint a tender teljes körű és alapos ismeretére van szükség, hiszen számos olyan rendszer- illetve beszállító specifikus kérdés merülhet fel, amely megfelelő kompetencia hiányában tévútra vezetheti az ajánlatadót. Mindazonáltal az is kimondható, hogy még a leg gondosabb tervezés és tender előkészítés ellenére is több esetben előfordult már olyan szituáció, amelyben az ajánlatadó hívta fel a figyelmet olyan problémákra, amely a tendert megelőző fázisokban nem került felszínre. Előfordulhat továbbá az is, hogy egyik-másik ajánlatadó rendelkezik olyan egyedi, nem szokványos rendszer megoldással, amely generálhat további kérdéseket. Ilyen esetekben gyors döntések azonnali meghozatalára lehet szükség úgy, hogy az a tender lebonyolításának folyamatát ne veszélyeztesse. Az ajánlatkészítési szakasz végére, a tenderre meghívott beszállítók elkészítik az ajánlatukat, valamint a megfelelő technológia és protokoll alkalmazásával feltöltik azt a megadott kiszolgálóra. Az ajánlatkészítési időszak alatt tehát az ajánlatkészítők folyamatosan kapcsolatban vannak egy, az ajánlatkiírást készítő megbízott kompetens konzulens szakértővel. Fentiekből következően ez idő alatt különösen értékes információkat lehet szerezni a kivitelezés fortélyairól, illetve egyéb technológiai kérdésekben, amely információk a további tenderek kiírása, lebonyolítása során többszörösen kamatoznak, és a jelenlegi, illetve a későbbi potenciális megbízók további hasznára válhatnak. Ez indukálja továbbá mind a tenderek operatív lebonyolításának, mind a kiértékelés módszertanának fejlesztését is.

2.5. Az ajánlatok kiértékelése

Rendkívül lényeges, már-már közhely számba menő kijelentés, hogy az ajánlatok kiértékelésénél célszerű a sok szempontú vizsgálat, illetve kiértékelés. Ennek ellenére bizony sok esetben tapasztaljuk, hogy ez a gyakorlatban nem, vagy csak részben valósul meg. Az okokat nem egyszerű feltárni, de a megbízók megkérdezése alapján kijelenthető, hogy az egyik legfontosabb probléma az időhiány (sürges döntés, döntéskényszer), de nem ritka a megfelelő kompetencia, a rendszerben való gondolkodás, a többkritériumos összehasonlítás képességének hiánya sem. Bátran kijelenthetjük, hogy az ilyen típusú összetett feladatok

esetében bizony nem egyszerű olyan egzakt értékelő rendszert megvalósítani, ami rendszer-szemléletmódban megfelel az elvárásoknak. Komoly matematikai módszertani segítségre van szükség ahhoz, hogy ilyen kiértékelő rendszert létre lehessen hozni. A többkritériumos elemzéseket támogató matematikai apparátus az operációkutatás területén már régóta ismert *döntés-előkészítési módszer* (Rapcsák, 2007; Winston és Wayne L., 2003), azon belül az ún. AHP módszer (AHP - Analytic Hierarchy Process), amelyben a lehetséges alternatívákat főszempontok ill. azok alszempontjai alapján értékeljük ki (3. ábra). Az értékelő rendszer kifejlesztésének alapját is ez képezte.



3. ábra: Az AHP hierarchikus szerkezete

Az ajánlatok *értékelési szempontjainak* kiválasztása ebben a fázisban már nem jelenthet komolyabb problémát, hiszen már a tenderkiírás fázisában komoly gondot kell fordítani arra, hogy az egyes ajánlatok jellemző paramétereit irányított módon definiáljuk, és strukturált formában kérjük be az ajánlatadóktól. Ennek következtében a megvalósítandó logisztikai rendszer „jóságát”, megfelelőségét mérő szempontok már korábban kialakításra kerültek. A teljesség igénye nélkül a legfontosabb tényezők (tárolási ill. anyagmozgató rendszerekre kiírt tenderek esetén) a következők:

- ár paraméterek: az egyes alternatívák ára, a választható opciók ára;
- szállítási költségek;
- szerelési/telepítési költségek;
- karbantartási költségek (például 18000 üzemórára targoncák esetén);
- karbantartás, folyamatos üzem biztosításának megoldásai;
- szállítási határidő paraméterek;
- szerelés/telepítés időszükséglete;
- garancia, utanszállítási garancia;
- fizetési feltételek és módozatok;
- egyéb, feladat specifikus műszaki és gazdasági szempontok.

Az időigényes feladat sokkal inkább a többkritériumos vizsgálathoz szükséges, az ajánlott több alternatívára vonatkozó bemeneti adatok beérkezett ajánlatokból való összegyűjtése, strukturálása, feldolgozható állapotba hozása. Ennek automatizálására irányuló fejlesztések az adatkezelés fejlesztésével párhuzamosan már kibontakozóban vannak, és reményeink szerint a közeljövőben bevezetésre kerülnek.

Az egyik legkomolyabb érték az általunk alkalmazott rendszerben a tankönyvekből már régóta ismert, azonban a gyakorlatban még talán nem kellőképpen elterjedt többkritériumos kiértékelő módszerek automatizált alkalmazása. Az általunk kifejlesztett, és a tenderek kiértékelésénél alkalmazott matematikai eljárás neve *multikritériumos döntéstámogató algoritmus (MDA)* (Kovács, 2008). Az algoritmus alapját a döntési modell (3. ábra) képezi. *Döntési modellen* a kiértékelés alapját jelentő szempontokat (főszempontok ill. azokon belül alszempontok), azok súlyszámait valamint a kiértékelendő alternatívák egyes szempontok szerinti értékeit értjük. A döntési modell alapján az egyes alternatívák 0...1 közötti értéket (teljesítési érték) kapnak. Az lesz az optimális alternatíva, amelynek a súlyozott teljesítési értéke (1) a legnagyobb.

$$É_k = \sum_{i=1}^f w_i \sum_{j=1}^a w_{ij} R_{kij} \quad (1)$$

$$R_{kij} = \frac{T_{ijmin}}{T_{kij}} \text{ ha } T_{ijmin} \text{ a legkedvezőbb}$$

$$R_{kij} = \frac{T_{kij}}{T_{ijmax}} \text{ ha } T_{ijmax} \text{ a legkedvezőbb} \quad (2)$$

$É_k$ – a k. alternatíva súlyozott teljesítési értéke

f – főszempontok összes száma

a – alszempontok összes száma

w_i – az i – edik főszempont súlyszáma

w_{ij} – az i – edik főszempont j – edik alszempontjának súlyszáma

T_{kij} – a k. alternatíva értéke az ij – edik alszempontból

T_{ijmin} – az ij – edik alszempontból legkisebb alternatíva érték

T_{ijmax} – az ij – edik alszempontból legnagyobb alternatíva érték

Az MDA lehetőséget biztosít arra, hogy a vizsgált értékelési szempontok súlyszámait matematikailag korrekt módon határozzuk meg. Ehhez az egyes értékelési szempontok egymáshoz képesti paraméterezett fontossági arányát a megbízóval egyeztetve, majd validálva be kell állítani. Ez egy rendkívül fontos lépés, hiszen tulajdonképpen ez a paraméterezés képezi az értékelési szempontok súlyszámait generáló belső matematikai rutin bemenetét, vagyis a *páros összehasonlítás mátrixot* (4. ábra ill. (4) alapján). A páros összehasonlítás mátrix tulajdonképpen egy reciprok mátrix, amely a súlyszám arányokat tartalmazza. A súlyszámok megállapításának procedúrájában rendkívül fontos a *konzisztencia*, hiszen inkonzisztencia (az értékelési szempontok egymáshoz képesti fontosságának mértékében

ellentmondás van) esetén a kiértékelő rendszer hamis képet szolgáltat az alternatívákról.

<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

4. ábra: A páros összehasonlítás mátrix szerkezete

A konzisztens mátrix elemeit a (3) alapján lehet meghatározni.

$$a_{ik} = a_{ij} a_{jk} \quad (3)$$

i, j, k = 1, ..., n ahol n a mátrix sorainak száma

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad (4)$$

i, j = 1, ..., n ahol n a mátrix sorainak száma

a_{ij} – a mátrix eleme

w_i, w_j – a szempontok súlyszámai

Az inkonzisztencia mértékét az (5) alapján lehet ellenőrizni.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} < 0,1 \quad (5)$$

λ_{max} – a legnagyobb sajátérték

n – a mátrix sorainak száma

A páros összehasonlítás mátrix legnagyobb sajátértékhez tartozó sajátvektora adja meg a szempontok súlyszámait, (6) alapján.

$$(Aw)_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j = \sum_{j=1}^n \frac{w_i}{w_j} w_j = \sum_{j=1}^n w_i = n w_i \quad (6)$$

A – páros összehasonlítás mátrix

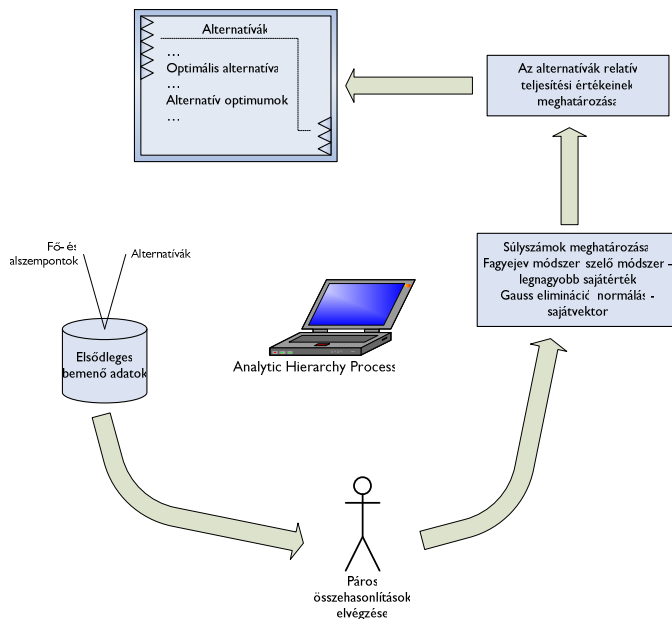
w – sajátvektor

n – a mátrix sorainak száma,

a legnagyobb sajátérték

Az 5. ábrán látható folyamat alapján és számos matematikai modell/eljárás segítségével a szempontok súlyszámait ki lehet kalkulálni (Kovács, 2008). Fontos lépés a súlyszámok

generálása után azok 1-re normálása (a súlyszámok összege 1), valamint az inkonzisztencia vizsgálata.



5. ábra: Az optimális alternatíva nagyvonalú kiválasztási folyamata

A beérkezett ajánlatok előre definiált kiértékelési szempontok szerinti aktuális értékei valamint a szempontok generált súlyszáma alapján a beérkezett ajánlatokat a szinten egzakt módon kalkulált *súlyozott teljesítési értékek* (hasznosságok) ((1) és (2) alapján) szerint már sorrendbe lehet rendezni. A sorrendbe rakott ajánlatok 0...1 közötti értéket kapnak, ahol a legkedvezőbb megoldás kapja a legnagyobb értéket (amennyiben egy ajánlat minden szempontból a legkedvezőbb, a teljesítési értéke 1 lesz). A teljesítési értékek igen egyszerűen felfoghatók százalékos formában is úgy, hogy az elvileg optimális ajánlathoz képest mennyire „jók”.

A teljesítési értékben kis mértékben eltérő alternatívák további vizsgálatot igényelnek, ha a teljesítési értékük az alábbi tartományban mozog:

$$0,9 \hat{E}_k^{\max} \leq \hat{E}_k \leq \hat{E}_k^{\max} \quad (7)$$

Igen gyakran előfordul olyan eset, hogy kettő, vagy több megoldás között igen kicsi a különbség, ekkor érzékenységvizsgálatot kell végezni, vagyis a súlyszámok változására bekövetkező sorrendváltozást kell vizsgálni. Az *érzékenységvizsgálat* elvégzésének vannak korlátozó feltételei:

1. a súlyszámok összege továbbra is 1 marad;
2. a súlyszámok alsó korlátja 0, felső korlátja 1;
3. a módosított súlyszámhoz tartozó szempontot kivéve az összes többi szempont egymáshoz viszonyított relatív súlyszáma változatlan marad, vagyis (8) alapján:

$$\frac{w_i}{\sum_{i=1, i \neq j}^n w_i} = \frac{w_i^{(m)}}{\sum_{i=1, i \neq j}^n w_i^{(m)}} \quad (8)$$

w_i – súlyszám

$w_i^{(m)}$ – módosított súlyszám

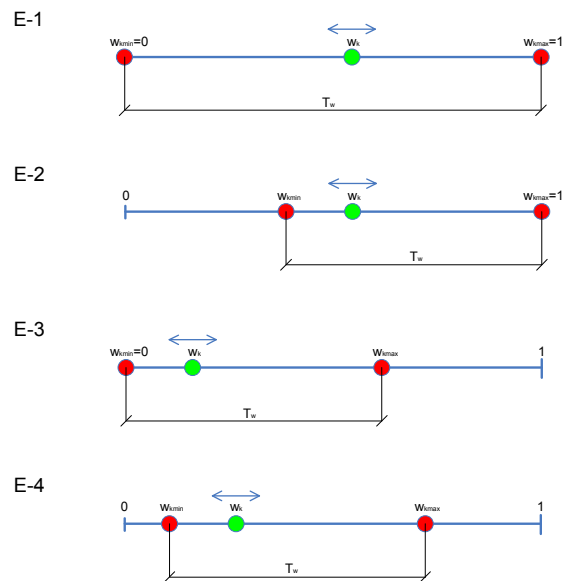
n – a szempontok száma

j – a vizsgált szempont sorszáma

Meg kell vizsgálni, hogy a súlyszámok változtatásának hatására (egy szempont többiekhez mért relatív súlyát változtatjuk - 0...1 között -, a többi szempont egymáshoz képesti súlya változatlan) miként változik a legjobb ajánlat kiléte. *Négyféle szempont típus* definiálható (6. ábra):

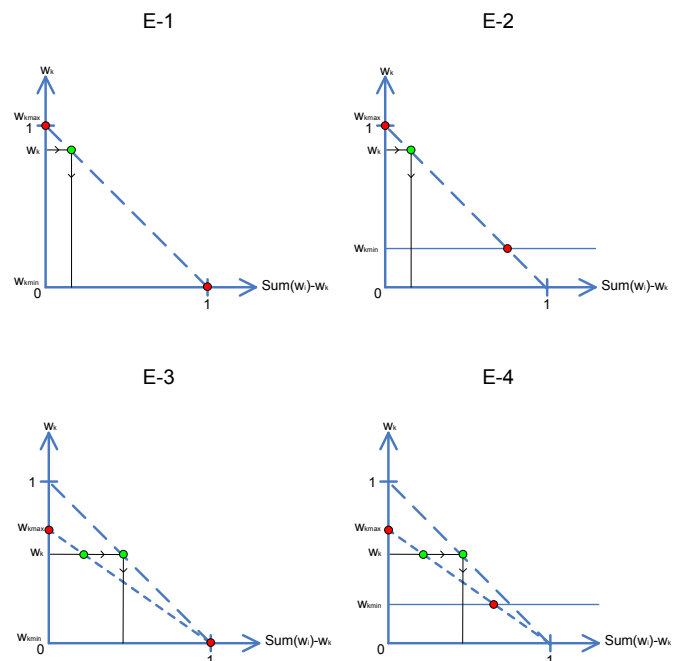
- *E-1*: a súlyszám a 0...1 között bármilyen értéket felvehet anélkül, hogy a döntési modell kiinduló eredménye megváltozna. Az ilyen típusú súlyszámokhoz tartozó szempont tehát a döntés végeredményét önmagában nem képes megváltoztatni.
- *E-2*: a súlyszám a $w_{kmin} \dots 1$ ($w_{kmin} > 0$) között bármilyen értéket felvehet anélkül, hogy a döntési modell kiinduló eredménye megváltozna. Az ilyen típusú súlyszámokhoz tartozó szempont a döntés végeredményét képes megváltoztatni, ha súlyszámát w_{kmin} értékénél kisebbre vesszük. Az ilyen szempontok az adott döntési modell szempontjából kritikusak, a hozzájuk tartozó w_{kmin} pedig a kritikus súlyszám. Amennyiben egy döntési modellben a súlyszámot w_{kmin} kritikus súlyszámhoz közel vesszük fel, érdemes megvizsgálni a súlyszám módosításával a döntési modell további lehetséges végeredményeit.
- *E-3*: a súlyszám a $0 \dots w_{kmax}$ ($w_{kmax} < 1$) között bármilyen értéket felvehet anélkül, hogy a döntési modell kiinduló eredménye megváltozna. Az ilyen típusú súlyszámokhoz tartozó szempont a döntés végeredményét képes megváltoztatni, ha súlyszámát w_{kmax} értékénél nagyobbra vesszük. Az ilyen szempontok az adott döntési modell szempontjából kritikusak, a hozzájuk tartozó w_{kmax} pedig a kritikus súlyszám. Amennyiben egy döntési modellben a súlyszámot w_{kmax} kritikus súlyszámhoz közel vesszük fel, érdemes megvizsgálni a súlyszám módosításával a döntési modell további lehetséges eredményeit.
- *E-4*: a súlyszám a $w_{kmin} \dots w_{kmax}$ ($w_{kmin} > 0$ és $w_{kmax} < 1$) között bármilyen értéket felvehet anélkül, hogy a döntési modell kiinduló eredménye megváltozna. Az ilyen típusú súlyszámokhoz tartozó szempont a döntés végeredményét képes megváltoztatni, ha súlyszámát w_{kmin} értékénél kisebbre, vagy a w_{kmax} értékénél nagyobbra vesszük. Az ilyen szempontok az adott döntési modell szempontjából kritikusak, a hozzájuk tartozó w_{kmin} és w_{kmax} a kritikus súlyszámok. Amennyiben egy döntési modellben a

súlyszámot w_{kmin} vagy w_{kmax} kritikus súlyszámhoz közel vesszük fel, érdemes megvizsgálni a súlyszám módosításával a döntési modell további lehetséges eredményeit.



6. ábra: A súlyszámok érzékenységvizsgálatának alapesetei

A súlyszámok módosításának logikáját a korlátozó feltételekkel összhangban a 7. ábra mutatja.



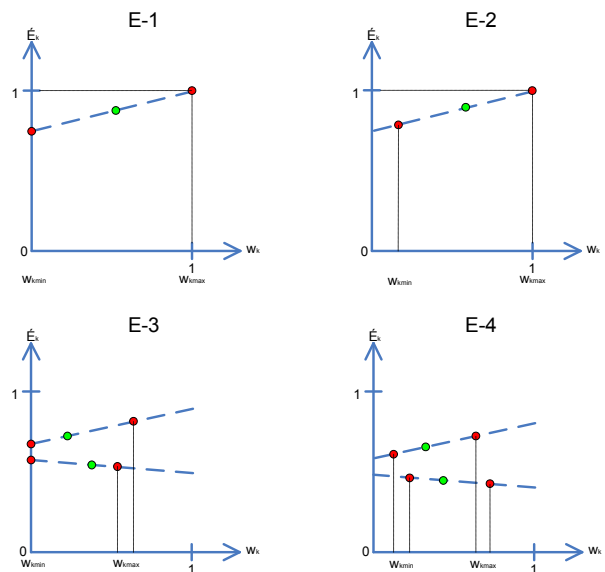
7. ábra: A súlyszámok módosításának logikája

Az érzékenységvizsgálat során választ kell adnia arra a kérdésre is, hogy az E-1, E-2, E-3, E-4 típusú súlyszámok módosítása milyen hatással van a kiinduló optimális

alternatíva teljesítési értékére. Az érzékenységvizsgálat során csak a főszempontok súlyszámait módosítjuk, így a teljesítési érték egy egyenes mentén fog változni. A főszempontok súlyszámainak módosítására a teljesítési érték lineárisan növekszik, vagy csökken. Az egyes súlyszám típusokra a következő bekezdésekben leírtak igazak, a teljesítési érték tekintetében.

- *E-1*: az ilyen típusú szempontból a kiinduló optimális alternatíva rendelkezik a legkedvezőbb értékkel. A súlyszám növekedésével a kiinduló optimális alternatíva teljesítési értéke folyamatosan nő, ill. $w=1$ pontban éri el a maximális értéket, az 1-et. A súlyszám csökkenésével a kiinduló optimális alternatíva teljesítési értéke csökken, és $w=0$ pontban éri el minimális értékét, de még ekkor is a kiinduló optimális alternatíva a legkedvezőbb.
- *E-2*: az ilyen típusú szempontból a kiinduló optimális alternatíva rendelkezik a legkedvezőbb értékkel. A súlyszám növekedésével a kiinduló optimális alternatíva teljesítési értéke folyamatosan nő, ill. $w=1$ pontban éri el a maximális értéket, az 1-et. A súlyszám csökkenésével a kiinduló optimális alternatíva teljesítési értéke csökken, és w_{kmin} pontban éri el minimális értékét, ennél kisebb súlyszám értékek esetén egy másik alternatíva lesz optimális.
- *E-3*: az ilyen típusú szempontból nem a kiinduló optimális alternatíva rendelkezik a legkedvezőbb értékkel. A súlyszám növekedésével a kiinduló optimális alternatíva teljesítési értéke akkor nő, ha annak adott szempont szerinti értéke arányaiban csak kicsivel rosszabb, mint az ebből a szempontból optimális alternatíva értéke. Ebben az esetben egy w_{kmax} pontban a kiinduló optimális alternatíva teljesítési értéke már kisebb lesz, mint az ebből a szempontból optimális alternatívának (azaz a súlyszám értékének növelésével a kiinduló optimális alternatíva teljesítési értéke kisebb mértékben növekszik, mint egy másik alternatíva teljesítési értéke). A súlyszám növekedésével a kiinduló optimális alternatíva teljesítési értéke akkor csökken, ha annak adott szempont szerinti értéke arányaiban sokkal rosszabb, mint az ebből a szempontból optimális alternatíva értéke. Ebben az esetben egy w_{kmax} pontban a kiinduló optimális alternatíva teljesítési értéke már kisebb lesz, mint egy másik alternatívának.
- *E-4*: az ilyen típusú szempontból nem a kiinduló optimális alternatíva rendelkezik a legkedvezőbb értékkel. Az *E-3* típusú súlyszámoknál említett megállapítások igazak itt is, csak ebben az esetben a súlyszám alsó korlátja nem nulla, hanem egy $0...1$ közötti érték.

A fenti súlyszám-típusok (w_k) változásának a teljesítési értékre (\hat{E}_k) gyakorolt hatását mutatja a 8. ábra.



8. ábra: A kiinduló optimális alternatíva teljesítési értékének változása

Amennyiben valamennyi szempont *E-1* típusú, akkor az adott döntési modell végeredményét a súlyszámok bármilyen irányú és mértékű változása nem befolyásolja. Ez akkor fordul elő, amikor egy alternatíva valamennyi szempont szerint a legkedvezőbb értékekkel rendelkezik.

Amikor legalább egy szempont szerint kedvezőtlenebb a végső értékben legjobb alternatíva egy másik alternatívánál, akkor mindig lehet olyan súlyszámot találni, amivel a döntési modell végeredménye megváltozik. Általános esetben *E-1*, *E-2*, *E-3* és *E-4* típusú szempontok/súlyszámok is előfordulhatnak egy döntési modellben.

A szempont típusok előfordulási gyakoriságát tekintve az alábbi sorrendet lehet köztük felállítani: *E-3*, *E-1*, *E-2*, *E-4*. A leggyakoribb szemponttípus tehát az, amikor a súlyszám alsó korlátja 0, felső korlátja pedig egy 1-nél kisebb érték (vagyis amikor adott szempontból nem a kiinduló optimális alternatíva a legkedvezőbb). Nagyon ritka eset az, amikor a súlyszám alsó korlátja nagyobb, mint 0, és kisebb, mint 1 (*E-4*). A fenti megállapítások azonban erősen függenek a kiinduló döntési modelltől.

Az érzékenységvizsgálat legfontosabb kimenete a szempontok azon súlyszám-határainak meghatározása, amely mellett az eredeti súlyszámok által adott legkedvezőbb ajánlat továbbra is a legkedvezőbb. Ez a vizsgálat szintén automatikus módon végrehajtható az általunk alkalmazott rendszerben. A végső sorrendeket ennek függvényében tehát általában többszöri súlyszám-változtatás után célszerű megállapítani.

Főszempontok			Alszezpontok				Ajánlatok és értékek								
Ssz.	Név	Súlyszám	Ssz.	Név	Súlyszám	Értelmezés	1	2	3	4	5	6	7	8	Ideális
1	Ár	0,574	1	Ár (euró)	1	K	114315	140880	102000	81030	150000	136780	126021	110490	81030
2	Szállítási határidő	0,115	1	Szállítási határidő (hét)	1	K	8	6	4	8	8	8	8	6	4
3	Szerelés	0,115	1	Szerelés (nap)	1	K	9	14	9	30	22	23	30	14	9
4	Garancia	0,082	1	Garancia (év)	1	N	5	1	2	1	1	2	2	2	5
5	Fizetés	0,115	1	Előleg (%)	0,5	K	0,00	0,30	0,30	0,00	0,40	0,3	0,00	0,3	0,00
			2	Határidő (nap)	0,5	N	30	30	30	30	8	8	15	15	30
1	Ár	0,574					0,71	0,58	0,79	1,00	0,54	0,59	0,64	0,73	1
2	Szállítási határidő	0,115					0,50	0,67	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,67	1
3	Szerelés	0,115					1,00	0,64	1,00	0,30	0,41	0,39	0,30	0,64	1
4	Garancia	0,082					1,00	0,20	0,40	0,20	0,20	0,40	0,40	0,40	1
5	Fizetés	0,115					1,00	0,50	0,50	1,00	0,13	0,13	0,75	0,25	1
							Ajánlat sorszáma	1	2	3	4	5	6	7	8
							Végző pontszámok	0,776	0,554	0,775	0,797	0,446	0,490	0,580	0,633
							Ajánlatok végső sorrendje	4	1	3	8	7	2	6	5
							Ajánlat értéke	0,797	0,776	0,775	0,633	0,580	0,554	0,490	0,446

Kritikus szempontok és azok kritikus súlyszámai, amely mellett a jelenlegi eredmény (4. sorszámu ajánlat a legkedvezőbb) érvényes:

Főszempont	Alsó korlát	Felső korlát
Ár	0,52	1
Szállítási határidő	0	0,14
Szerelési idő	0	0,13
Fizetési feltételek	0,06	1

9. ábra: Példa az MDA által generált riportra

Az MDA egy MS Excel alapú, Visual Basic Application (VBA) technológián alapuló rendszer. Döntésselőkészítő jelleggel olyan riportokat generál, amelyek megkönnyítik a megalapozott döntések meghozatalát (9. ábra). A 9. ábra példaként egy lehetséges kiértékelő táblázatot mutat, amelyen fel vannak tüntetve a főszempontok (ár, szállítási határidő, szerelési idő, garancia, fizetési feltételek) és az alszezpontok (kizárólag a fizetési feltételek tartalmaznak további alszezpontokat, mégpedig a megrendeléskor fizetendő előleg nagyságát és az átadás utáni fizetési határidőt). Az egyes főszempontok mellett láthatóak azok súlyszámai, valamint az alszezpontok esetén azok főszemponton belüli súlya ill. az alszezpontok értelmezése, ahol N esetén a nagyobb, K esetén a kisebb érték a kedvezőbb. A beszállítók ajánlatainak egyes szempontok szerinti értékei közül kiválasszuk a legjobbakat, és az összes többi ajánlatot ehhez viszonyítjuk (2) alapján. Először alszezpontonként, majd főszempontonként képezzük az ajánlatok súlyozott teljesítési értékeit (2) és (1) alapján, amelyekből kiadódik a végső sorrend. Érdemes továbbá megvizsgálni azt is, hogy milyen súlyszámkorlátok mellett érvényes a kapott végeredmény. A példában az ezt jelenti, hogy milyen súlyszámok esetén nyeri a tendert a 4. sorszámu beszállító.

Nem szabad azonban elfelejteni, hogy sok esetben az eredmények értelmezése sem triviális. Ehhez szintén „nem árt” a szakavatott szem, aki meg tudja magyarázni a számok mögött rejlő tartalmat. Egy gondos tender kiértékelési procedúra tehát minden esetben egy ilyen konzultációval kell, hogy véget érjen.

2.6. További tenderkör(ök) kiírása, a döntés, beszállító kiválasztása

A döntések meghozatala sokszor a komoly módszertani, szakmai támogatás ellenére sem egyszerű. Rendszeresen tapasztalható, hogy a megbízók különböző belső szervezeti, illetve felelősség lehatárolási problémákból adódóan

képtelenek konszenzusos döntést hozni. Sokszor előfordul, hogy a kiértékelési fázis már több hónapja kész, de ennek ellenére sem születik döntés a továbbiakról. Ezzel értékes időt veszíthetünk, továbbá irracionálisan megnyúlhat a tenderfolyamat átfutási ideje. Az MDA által kapott eredmények alapján ugyanis az első két (esetleg három) legalkalmasabb potenciális beszállítót egy, vagy több további tenderkörre célszerű meghívni, egyrészt az ajánlatok további műszaki pontosítása, másrészt a kedvezőbb feltételek elérése érdekében. Célszerű a potenciális beszállítóknál egy referencialátogatást is kezdeményezni, egy a tenderben rögzített technológiához hasonló felszereltséggel rendelkező raktárban. A tender ezen fázisában jöhet szóba a tender tárgyát képező tárolási/anyagmozgatási rendszer több lépcsőben történő telepítése (főleg a nagy értékű beruházások esetén). Szintén ekkor kezdődnek meg a főleg a beszerzési árra vonatkozó további tárgyalások is, amelyben a tapasztalatok alapján komoly megtakarítási potenciál rejlik. Ennek ellenére elmondható, hogy a már fentebb említett időzavarból kifolyólag, sajnos a további tenderkörök sokszor kimaradnak a tenderfolyamatból. Nem ritka tehát az sem, hogy a tenderfolyamat lebonyolítása közben derül ki, hogy nincsen idő további körök kiírására. Sok esetben ezzel komoly megtakarítási lehetőségektől eshet el a megbízó, nem is beszélve az ebből generálódó, a kivitelezés során később jelentkező problémákra.

Így, vagy úgy de a tender utolsó szakasza minden esetben a többlépcsős kiválasztási folyamat eredményeképpen adódó végső döntés, vagyis a beszállító(k) kiválasztása. Az egyes esetekben könnyen előfordulhat az is, hogy például egy tárolási rendszer kivitelezését más cég nyeri el, mint az anyagmozgató rendszer szállítását. Ebben az esetben gondoskodni kell a két rendszer kompatibilitásáról, amely további problémákat generálhat, és újabb kihívásokkal állíthatja szembe a szakértőket, rendszerfejlesztőket.

3. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben vázolt tendereztetési folyamat egy olyan evolúció, folyamatos kutatás-fejlesztés eredménye, amely a több éves gyakorlati tendereztetési tapasztalatokat építi a kifejlesztett módszertanokba. Gyakorlati munkák, a kifejlesztett folyamat és az algoritmusok tesztelése során a csupán néhány millió forintos állványok beszerzésétől egészen a közel félmilliárd forint értékű, komplex tárolási anyagmozgatási rendszerek tendereztetéséig számos problémával találkoztunk.

A legkülönbözőbb tárolási technológiák megvalósítására írtunk már ki tendereket: az átadó helyek felfestésétől kezdve a polcos, át- illetve bejárható állványok, valamint soros állványok telepítésén át, egészen a legkülönlegesebb tárolási rendszerekig (galériás polcos tárolás, speciális mély állványok, stb.).

Az anyagmozgató rendszerek tekintetében mind szakaszos működésű (kisemelésű kézi illetve gépi targonca, hagyományos nagyemelésű targonca, tolóoszlopos targonca, kommissiózó targonca, stb.), mind pedig folyamatos működésű (gyártást kiszolgáló görgős pálya) rendszerek telepítését készítettük már elő a fentebb ismertetett tenderfolyamat alkalmazásával.

A tapasztalatok azt igazolták, hogy a rendszer helyesen működik, hasznossága mérhető, de kétség sem fér hozzá, hogy a fentebb megfogalmazott fejlesztési irányokban további, még kiaknázatlan lehetőségek rejlenek, amely még tovább fokozhatja a hatékonyságot. Végezetül fontos megemlíteni, hogy a tenderek során kiválasztott cégek számára akár további feladatot is indukálhat egy-egy tender: amennyiben a megbízó elégedett a kivitelezéssel és a folyamatos üzem biztosításával, további raktárainak, raktárrészeinek berendezését nagy valószínűséggel a korábban már kiválasztott kivitelezőre bízta.

4. HIVATKOZÁSOK

- Kovács G., Dr. Bóna K. (2008). Multikritériumos döntési módszertan alkalmazásának gyakorlati tapasztalatai raktár-logisztikai rendszerek infrastruktúrájának beszerzésére kiírt tenderek lebonyolításában. *Logisztikai Híradó*, megjelenés alatt.
- Kovács G. (2008): Az elektronikus fuvar- és raktárbörzék tenderei esetén alkalmazható multikritériumos döntésszolgáltató algoritmus. *Közlekedéstudományi Szemle*, megjelenés alatt.
- Rapcsák T. (2007). *Többszemponitú döntési problémák*. Elektronikus egyetemi oktatási segédanyag. MTA SZTAKI, Budapest.
- Winston, Wayne L. (2003). *Operációkutatás I-II.* Aula kiadó, Budapest.