

# **PhD értekezés**

**Gyarmati József**

**2003**

**ZRÍNYI MIKLÓS**  
**NEMZETVÉDELMI EGYETEM**  
Haditechnikai és minőségügyi tanszék

## **PhD értekezés**

Gyarmati József

**Többszemponos döntésmélet alkalmazása a haditechnikai  
eszközök összehasonlításában**

Témavezető:

Dr. Szántai Tamás  
egyetemi docens  
a matematikai tudományok kandidátusa

**2003**

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>BEVEZETÉS.....</b>	<b>6</b>
<b>1. TÖBBSZEMPONTOS DÖNTÉSELMÉLET.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1. ÁLTALÁNOS ISMERTETÉS .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2. STATISZTIKAI ELJÁRÁSOK.....</b>	<b>10</b>
1.2.1. Mérési skálák.....	10
1.2.2. Preferenciák tulajdonságai.....	12
1.2.3. Faktoranalízis .....	12
1.2.4. A főkomponensanalízis .....	14
<b>1.3. SZEMPONTRENDSZER MEGHATÁROZÁSA.....</b>	<b>15</b>
<b>1.4. SZEMPONTOK SÚLYOZÁSÁRA ALKALMAZHATÓ MÓDSZEREK .....</b>	<b>18</b>
1.4.1. Közvetlen becslés.....	18
1.4.2. Churhman–Ackoff-féle eljárás .....	19
1.4.3. Guilford-féle eljárás .....	20
<b>1.5. ÖSSZEHASONLÍTÓ MÓDSZEREK .....</b>	<b>22</b>
1.5.1. Harris és Marting módszer.....	22
1.5.2. Kesselring eljárás .....	23
1.5.3. Combinex eljárás.....	25
1.5.4. TENDER program.....	26
1.5.5. KIPA módszer.....	30
1.5.6. PROMETHEE és a GAIA módszerek.....	32
1.5.7. AHP (Analytic Hierarchy Process) eljárás .....	36
1.5.8. TASCFORM eljárás .....	41
<b>1.6. KÖVETKEZTETÉSEK .....</b>	<b>43</b>
<b>2. A DÖNTÉSI FOLYAMATOT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK.....</b>	<b>44</b>
<b>2.1. ÁLTALÁNOS ISMERTETÉS .....</b>	<b>44</b>
<b>2.2. A DÖNTÉSHOZÓI CÉLOK.....</b>	<b>45</b>
<b>2.3. A DÖNTÉS KÖRNYEZETE.....</b>	<b>46</b>
2.3.1. Beszerzés .....	46
2.3.2. Fejlesztés .....	47
2.3.3. Kiválasztás .....	49
2.3.4. Összemérés .....	50
<b>2.4. A HADITECHNIKAI ESZKÖZ MINT KOMPLEX RENDSZER.....</b>	<b>50</b>
2.4.1. A haditechnikai eszköz meghatározása.....	50
2.4.2. Haditechnikai eszközök összehasonlításakor figyelembe veendő főszempontok.....	51
2.4.3. Haditechnikai eszközök összehasonlításakor általános érvénnyel figyelembe veendő szempontok..	54
<b>2.5. KÖVETKEZTETÉSEK .....</b>	<b>54</b>
<b>3. ÉRTÉKREND MEGHATÁROZÁSA.....</b>	<b>56</b>
<b>3.1. ÁLTALÁNOS ISMERTETÉS .....</b>	<b>56</b>
<b>3.2. SZEMPONTRENDSZER MEGHATÁROZÁSA.....</b>	<b>56</b>
3.2.1. A szempontrendszer heurisztikus kialakítása.....	56
3.2.2. Faktoranalízis alkalmazása.....	60
<b>3.3. A SZEMPONTOK SÚLYOZÁSA .....</b>	<b>68</b>
<b>3.4. KÖVETKEZTETÉSEK .....</b>	<b>74</b>

**4. AZ ÖSSZEHASONLÍTÓ MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA.....** *Hiba! A könyvjelző nem létezik.*

4.1. ÁLTALÁNOS ISMERTETÉS .....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.2. GÉPJÁRMŰVEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA .....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3. TŰZÉRSÉGI TŰZVEZETŐ RENDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA.....	84
4.4. ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLAT .....	90
4.5. KÖVETKEZTETÉSEK .....	93
<b>5. A TENDER PROGRAM VIZSGÁLATA .....</b>	<b>94</b>
5.1. ÁLTALÁNOS ISMERTETÉS .....	94
5.2. A TENDER PROGRAM ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK A VIZSGÁLATA.....	94
5.3. LINEÁRIS HASZNOSSÁGI FÜGGVÉNYEK VIZSGÁLATA.....	98
5.4. KÖVETKEZTETÉSEK .....	102
<b>6. ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK.....</b>	<b>103</b>
<b>7. SUMMARY .....</b>	<b>105</b>
<b>8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....</b>	<b>106</b>
<b>9. AJÁNLÁSOK.....</b>	<b>109</b>
<b>10. FELHASZNÁLT IRODALOM .....</b>	<b>110</b>
<b>MELLÉKLETEK.....</b>	<b>115</b>

1. melléklet: Kézifegyverek és gépjárművek vizsgálata faktoranalízis segítségével
2. melléklet: A tűzvezető rendszereket leíró szempontok súlyszámainak a meghatározása AHP eljárás segítségével
3. melléklet: Nehézpuskát leíró szempontok súlyszámainak a meghatározása AHP eljárás segítségével
4. melléklet: Gépjárművek összehasonlítása PROMETHEE eljárással
5. melléklet: Gépjárművek GAIA síkon történő ábrázoláshoz szükséges sajátértékek és sajátvektorok számítása
6. melléklet: A PROMETHEE módszer általános szempont függvényei
7. melléklet: Tűzvezető rendszerek szempontonkénti értékelése AHP eljárás segítségével

## BEVEZETÉS

A mindennapi életben gyakran kerülünk olyan helyzetbe, amikor kettő vagy több berendezés közül kell kiválasztani a számunkra legmegfelelőbbet. Ez összetett feladat, hiszen a különböző eszközöket egyetlenegy paraméterük alapján nem lehet minősíteni és összehasonlítani. A rangsort egyszerre csak több tulajdonságuk együttes mérlegelése alapján lehet megállapítani. A szakirodalom az ilyen jellegű problémát a *többszemponos döntéselmélet* tárgykörébe sorolja.

Hasonló a helyzet a haditechnikai eszközök esetében, ezek mint speciális célra készült berendezések számos olyan meghatározó tulajdonsággal rendelkeznek, melyek figyelembevétele szükséges az eszközök értékeléséhez és összehasonlításához.

A többszemponos döntéselmélet az objektumok, esetemben a haditechnikai eszközök értékelését és az ebből adódó összehasonlítást egy speciális mérési eljárás segítségével végzi, mely során az eszközökhöz a képességeik összességét jelző számot rendel, ennek a jelentőségét az irodalom a következőképpen emeli ki:

*„Minden értékelő munka lényege a számszerűsítés: mert a szám többet tud kifejezni és könnyebben kezelhető mint a szó.” [57] 220. oldal.*

Hipotézisem szerint a többszemponos döntéselmélet, segítségével a haditechnikai eszközök képességeik alapján értékelhetők és összehasonlíthatók.

***Kutatásom fő célja a döntési folyamatban felhasználható és a gyakorlatban is alkalmazható, korszerű döntéstámogató módszerek összegyűjtése és alkalmazásuk bemutatása.***

Az összehasonlítás és a legmegfelelőbb kiválasztásának a jelentőségét különös mértékben emelik a Honvédség közép- és hosszú távú fejlesztési tervei. A tervek szerint 2006-tól kezdődik el a Magyar Honvédség haditechnikai eszközparkjának a korszerűsítése [4], ami jelentős mennyiségű új eszköz beszerzésével jár. Ebben a helyzetben fontosak lesznek azon módszerek, melyekkel a lehetséges eszközök közül kiválaszthatóvá válik a tervezett feladatra legalkalmasabb.

Az értekezésem két fő részre osztható. Az első részben ismertetem a módszereket (1. fejezet), a második részben pedig (2., 3., 4. fejezet) alkalmazom ezeket.

Az 1. fejezetben leírom és elemzem a többszemponos döntésmélet azon legfontosabb eljárásait, melyeket a későbbiek során felhasználok. Továbbá ismertetem a matematikai statisztika azon eljárásait, melyeket egyrészt szükségesek az összehasonlító eljárások alkalmazásához, másrészt önállóan felhasználhatók az összehasonlítások folyamatában. Az eljárásokat az ismertetés mellett az algoritmusuk alapján elemzem, így mintegy előrejelzem az alkalmazásuk peremfeltételeit, valamint a kapott eredmények információtartalmát.

A 2. fejezetben a döntési folyamat környezetét vizsgálom. Hipotézisem szerint ennek a környezetnek lesznek olyan jellemzői (eszköz, döntéshozói célok, stb.), melyek befolyást gyakorolnak a folyamat egészére, így az összehasonlító módszer kiválasztására is. Kutatási célom meghatározni a külső tényezőknek a döntési modell kialakítására gyakorolt azon hatásait, melyek ismerete segítséget nyújthat a haditechnikai eszközök összehasonlításának folyamatában.

A 3. fejezetben az értékrend definiálására felhasználható módszerek alkalmazását mutatom be. Az értékrend a döntéshozó nézőpontját mutatja meg a döntései során, ezt az összehasonlítások elvégzéséhez, a módszer által meghatározott formában kell leírni. Kutatási célom meghatározni az itt alkalmazható eljárások körét, valamint az alkalmazásuk peremfeltételeit.

A 4. fejezetben a többszemponos döntésmélet legfontosabb eljárásainak az alkalmazhatóságát valós példákon keresztül vizsgálom. Kutatási célom egyrészt az összehasonlító módszerek alkalmazásának a bemutatása, másrészt az eljárások alkalmazási peremfeltételeinek a megállapítása.

Az 5. fejezet logikailag eltér az előzőektől, itt egy speciális, hazai döntéstámogató szoftverrendszert a TENDER programot vizsgálom meg, melyet a Honvédelmi Minisztérium megrendelése a Honvédség saját elvárásai alapján fejlesztettek ki és alkalmaztak a MH Gépjármű Fejlesztési és Beszerzési Program közbeszerzési eljárásában.

Végezetül szeretnék köszönetet mondani mindazoknak akik segítséget nyújtottak az értekezésem elkészítésében. Mindenekelőtt témavezetőmnek Dr. Szántai Tamás docensnek az általa nyújtott segítségért, valamint Dr. Rapcsák Tamás professzornak, Dr. Tucsányi Károly professzornak és Dr. Kende György docensnek észrevételeikért és hasznos tanácsaikért.

# 1. TÖBBSZEMPONTOS DÖNTÉSELMÉLET

## 1.1. ÁLTALÁNOS ISMERTETÉS

A döntés olyan választás, amikor a döntést meghozó személy a birtokában lévő információkra támaszkodva meghatározza a cselekvés számára legkedvezőbb formáját. A döntési modellben az alábbi elemek azonosíthatók:

- alternatíva:* a döntési helyzetben a cselekvés egy lehetséges változata;
- döntéshozó:* az a személy, aki választ az alternatívák közül;
- tényállapot:* olyan esemény, ami az alternatíva kiválasztásától függetlenül következik be;
- következmény:* a kiválasztott alternatíva és a fennálló tényállapot együttes hatására bekövetkező esemény;
- döntési kritérium:* olyan szabályok együttese, ami alapján a döntéshozó választ az alternatívák közül.

A döntési modell elemeinek tulajdonságai alapján a döntéselmélet négy különböző osztályt különböztet meg:

- biztos döntések osztálya;
- bizonytalan döntések osztálya;
- kockázatos döntések osztálya;
- konfliktusos döntések osztálya; [13] 246. oldal.

Biztos döntés esetében, a kiválasztott alternatívához csak egy tényállapot tartozik; bizonytalan a döntés, ha az alternatívákhoz több tényállapot tartozik és ezek bekövetkezésének a valószínűsége ismeretlen; kockázatos a döntés, ha az alternatívákhoz több tényállapot tartozik és ezek bekövetkezésének a valószínűsége ismert; konfliktusos a döntési helyzet, ha az alternatívákhoz szintén több tényállapot tartozik, de ezek bekövetkezése függ a kiválasztott alternatívától.

A döntéselmélet célja, hogy a döntési helyzetnek megfelelő kritériumokat nyújtson a döntéshozó számára. A döntéselmélettel foglalkozó szakirodalom a döntési kritériumok meghatározásával részletesen foglalkozik [12; 13; 16; 45; 46; 47; 55].

A *többszemponos döntés* egy olyan biztos döntés, ahol a döntéshozónak un. *komplex rendszerek* közül kell választani, ahol: „*Komplex rendszernek tekintünk minden rendszert,*

*amelyet egyidejűleg több tulajdonság alapján minősítünk*” [32] 12. oldal. Ennek megfelelően a többszemponatos döntéselméletben a következő elemek azonosíthatók:

- alternatíva:* egy kiválasztható komplex rendszer;
- döntéshozó:* a választásra hivatott személy;
- szempont:* a komplex rendszert minősítő ismérv;
- döntési kritérium:* olyan szabályok együttese, ami lehetővé teszi a komplex rendszerek összehasonlítását.

Értekezésemben haditechnikai eszközöket hasonlítok össze többszemponatos döntéselmélet segítségével. Az elmélet elemeit az alábbiak szerint azonosítom.

Az *alternatíva* az összehasonlított haditechnikai eszközöket jelenti. Az alternatívák közül a *döntéshozó* választ. A honvédségi gyakorlatban ezt a szót arra a személyre használják, aki a végső döntést hozza meg. Ez a személy egy haditechnikai eszköz beszerzése esetében általában a Honvédelmi Minisztérium meghatározott szintű vezetője, jelentősebb beszerzések esetében pedig a Miniszter. A döntéselőkészítés folyamatában viszont ezek a személyek nem vesznek részt, a kutatásaim pedig pontosan ennek a folyamatnak a részleteit vizsgálják. A félreértések elkerülése végett, bár a szakirodalom következetesen a *döntéshozó* szót használja, én a *szakértő* szót fogom ugyanezen funkcióra használni.

*Szempontoknak* a haditechnikai eszközök minősítésére szolgáló jellemzőket nevezem. Az egyes szempontok fontosságát jelző számokat *súlyszámoknak* hívom. Az eszközt jellemző különböző szempontok és a melléjük rendelt súlyszám alapvetően meghatározza a szakértői ítéletet, ezért ezt a kettőst a továbbiakban a definiált *értékrendnek* nevezem.

A döntési folyamat jelen esetben a következő lépésekből áll:

- értékrend definiálása;
- összehasonlító módszer kiválasztása;
- összehasonlítás, rangsor felállítása;
- eredmények értékelése.

A döntéshozót az értékrendje befolyásolja az alternatívák közti választása során [1]. Az összehasonlítások elvégzéséhez ezt az értékrendet egzakt formában kell leírni. Ez a forma a szempontok és a hozzájuk rendelt súlyszámok rendszere.

A többszemponatos döntéselmélet nagyon sok eljárást ismer. A különböző eljárásokat különböző döntési helyzetekre fejlesztették ki. Ezek az eljárások saját maguk is különböző



tulajdonságokkal rendelkeznek, melyek közelítőleg jellemzik az alkalmazhatósági területüket. Tehát a módszer kiválasztása önmagában egy többszemponos döntési feladat.

A folyamat harmadik eleme a kiválasztott módszer alkalmazása. A módszerek olyan sajátosságokkal is rendelkeznek melyek meghatározzák a végeredmény információtartalmát illetve pontosságát, ezért az eredményeket minden esetben értékelni kell.

A összehasonlítások elvégzésekor és ezen belül különösen az értékrend meghatározásakor felhasználok a statisztika néhány módszerét, ezeket ismertetem az 1.2. fejezetben. Az 1.3. és az 1.4. fejezetekben ismertetem és elemzem az értékrend definiálására használt módszereket, az 1.5. fejezetben pedig a fontosabb, valamint az általam felhasznált összehasonlító eljárásokat.

Kutatási célom az irodalom feldolgozáson felül az egyes eljárások olyan jellegű elemzése, amely elősegíti a haditechnikai eszközök összehasonlításában való használhatóságuk megállapítását.

## 1.2. STATISZTIKAI ELJÁRÁSOK

### 1.2.1. Mérési skálák

Az összehasonlítások eredményeinek az értelmezhetősége érdekében ebben a pontban a [32; 34] irodalmak alapján ismertetem a mérési skálákat, valamint a szempontból fontos tulajdonságaikat. Jelen ismertetés célja, hogy a 3. és a 4. fejezetekben található eredmények értelmezhetőségét elősegítsem.

Az összehasonlítást a legtöbb módszer az alternatívák mellé rendelt számok segítségével végzi el. Objektumokhoz számok rendelése egy mérési feladat. Az eredmény információtartalmának a megismeréséhez ismerni kell a mérési skála típusát. Négy alapvető mérési skálát különböztet meg a szakirodalom, ezek: *névleges skála*, *sorrendi skála*, *intervallumskála* és az *arányskála* ([34] 206. oldal).

A mérési skálák meghatározása szempontjából a relációk és a műveletek közül az *egyenlőség*, a *sorrendiség* és az *additivitás* minősül lényegesnek. Ezeket a [32] 19. oldal szerinti axiómák segítségével lehet kifejezni:

*Egyenlőség*

1. Vagy  $A = B$  vagy  $A \neq B$
2. Ha  $A = B$ , akkor  $B = A$
3. Ha  $A = B$  és  $B = C$ , akkor  $A = C$

*Sorrendiség*

4. Ha  $A > B$ , akkor  $B \succ A$
5. Ha  $A > B$  és  $B > C$ , akkor  $A > C$

*Additivitás*

6. Ha  $A = P$  és  $B > 0$ , akkor  $A + B > P$
7.  $A + B = B + A$
8. Ha  $A = P$  és  $B = Q$ , akkor  $A + B = P + Q$
9.  $(A + B) + C = A + (B + C)$

A *névleges* skála számok objektumokhoz való kötetlen hozzárendelését jelenti. Ilyen például a gépjárművek rendszáma. Csak az egyenlőség axiómái értelmezhetők. Névleges skáláról nyert számokból gyakoriságokat, móduszt és kontingencia együtthatókat lehet például számítani.

*Sorrendi* skálán az egyenlőség axiómái mellett értelmezhetők a sorrendiség axiómái is. Sorrendi skálát képeznek például a minőségi vagy a kockázati fokozatok. Nem nyújt információt az egymást követő objektumok különbségeinek a nagyságáról. (Nem lehet tudni egy futóversenyen csak a beérkezés sorrendjéből, hogy az első és a második helyezett között mekkora a különbség.) Bármely szigorúan monoton függvény segítségével transzformálni lehet. Sorrendi skála szintű mérések eredményeiből többek között medián és rangkorrelációs együtthatók számolhatók.

Az *intervallumskálán* továbbra is csak az egyenlőség és a sorrendiség axiómái teljesülnek, de az intervallumokra érvényesek az additivitási axiómák is. A 0 pont szabadon választott, ezért az  $x' = a x + b$  transzformáció megengedett, ahol  $a \neq 0$ . Értelmezhetők a skálaértékek különbségei és a különbségek hányadosai. Ilyen skála például a tengerszintfeletti magasság vagy a hőmérsékleti skálák közül a Celsius és a Fahrenheit. Számítható a számtani átlag, a szórás és a korrelációs együttható. A későbbiekben fontos szerepet játszik a súlyozott számtani átlag, ami számítható az intervallumskála szintű mérések eredményeiből, mivel:

$$\sum_i \lambda_i x'_i = \sum_i \lambda_i (ax_i + b) = a \sum_i \lambda_i x_i + b, \quad \text{ha} \quad \sum_i \lambda_i = 1.$$

Az *arányskála* rendelkezik az additivitási tulajdonságokkal is. Valódi nullponttal rendelkezik és értelmezhetők a skálaértékek hányadosai is. Két skálaérték aránya független a mértékegységtől. Az arányskála értékei bármely nullától különböző számmal

való szorzással transzformálhatók. Szinte valamennyi fizikai mértékegység arányskála szintű (geometriai méretek, tömeg, erő, stb.). Mértani átlag, harmonikus átlag számolható.

Jelen fejezetben és a továbbiakban használt statisztikai kifejezéseket magyarázzák a [30; 34; 35; 37; 38; 41] irodalmak.

### 1.2.2. Preferenciák tulajdonságai

Haditechnikai eszközök összehasonlításakor objektumokat hasonlítok össze meghatározott tulajdonságok szerint. A meghatározott összehasonlítási cél szempontjából a „jobbat” nevezem a *preferáltabbnak*, vagyis a döntéshozói (szakértői) környezetben az előnyösebbnek. A *preferencia* tehát objektumok meghatározott környezetbeni egymáshoz viszonyított helyzetét mutatja meg. A preferenciarelációkra a következő jelöléseket alkalmazom:

$A \rightarrow B$	A előnyösebb B-nél;
$A \begin{matrix} \rightarrow \\ \leftarrow \end{matrix} B$	A legalább olyan előnyös mint B;
$A \leftrightarrow B$	A és B indifferens.

A preferencia relációk az alábbi tulajdonságokkal rendelkeznek a [32] 32. oldal szerint:

irreflexivitás:	$A \leftarrow A$ hamis;
aszimmetria:	ha $A \leftarrow B$ igaz, akkor $B \leftarrow A$ hamis;
transzitivitás:	ha $A \leftarrow B$ és $B \leftarrow C$ , akkor $A \leftarrow C$ ;
trichotómia:	ha $A \not\leftarrow B$ , akkor vagy $A \leftarrow B$ vagy $B \leftarrow A$ .

### 1.2.3. Faktoranalízis

A faktoranalízis a többszemponos döntésméletben a tulajdonságok (ismérvek) halmazának a csökkentésére, illetve a tulajdonságok segítségével reprezentált rendszer belső struktúrájának a feltárására használható.

A változók számának csökkentésekor azon változókat kereshetjük meg, melyek egymással és ebből adódóan egy faktoral magas korrelációs viszonyban állnak, hogy eredményként a rendszert olyan tulajdonságcsoportok segítségével lehessen leírni, melyek egymással alacsony korrelációs viszonyban vannak. Az ilyen tulajdonságok kiszűrésével teljesíthető az 1.3. fejezetben megfogalmazásra kerülő függetlenségi feltétel.

A faktoranalízis során előállított együtthatók révén vizsgálható a tulajdonságok közötti összefüggés mértéke, ami segítséget nyújt a tulajdonságok csoportosítására és a rendszer belső szerkezetének a feltárásában.

Az eljárás lényegét a [25] alapján közlöm, ezen kívül a módszertannal és az alkalmazással foglalkoznak a [2; 9; 11; 27] irodalmak. Rendelkezzenek egy  $N$  számú sokaság egyedei  $n$  ismérvvvel és reprezentálja a  $j$ -edik ismérv változatainak az eloszlását  $X_j \sim N(m_j, \sigma_j)$  valószínűségi változó. Legyen  $x_{ij}$  az  $i$ -edik egyed  $j$ -edik ismérv szerinti értéke, ahol  $i = 1, \dots, N$  és  $j = 1, \dots, n$ . Standardizáljuk az  $X_j$  valószínűségi változó reprezentációit a

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}$$

egyenlet szerint, ahol  $\bar{x}_j$  az  $X_j$  valószínűségi változó realizációinak a számtani közepe és  $s_j$  a korrigált tapasztalati szórása. Hasonlóan legyen a  $Z_j$  valószínűségi változó az  $X_j$ -ből képzett  $N(0, 1)$  változó. A standardizált értékek mátrixa:

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_{11} & \dots & z_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ z_{N1} & \dots & z_{Nn} \end{bmatrix}.$$

A standardizált értékek segítségével határozzuk meg a korrelációs együtthatókat:

$$r_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^N z_{ij} z_{ik}}{N}.$$

A korrelációs együtthatók mátrixa:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ r_{n1} & \dots & r_{nn} \end{bmatrix}.$$

Az  $\mathbf{R}$  mátrix a faktoranalízis kiinduló pontja. A matematikai modell feltételei szerint  $n$  számú  $X_j$  valószínűségi változóval rendelkezünk, melyek egymással korreláltak. A korrelációt független virtuális változók ún. faktorok hatása okozza. A faktorok következő típusait különböztethetjük meg:

1. *Közös faktorok*, amelyekben egyszerre több ismérv (valószínűségi változó) jelentkezik és ezek egymással korreláltak. Jelölésük:  $F_1, \dots, F_m$ .
2. *Specifikus faktorok*, amelyekben csak egy változó hatása figyelhető meg. Jelölésük:  $S_j$  és  $j = 1, \dots, n$ .

3. *Hibafaktorok*, amelyekben nem figyelhető meg egyetlenegy ismérv hatása sem.

Jelölésük:  $E_j$  és  $j = 1, \dots, n$ .

A  $Z_j$  változót a faktorok segítségével az ún. modellegyenletekkel lehet kifejezni:

$$\begin{aligned} Z_1 &= a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1m}F_m + b_1S_1 + c_1E_1, \\ Z_2 &= a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \dots + a_{2m}F_m + b_2S_2 + c_2E_2, \\ &\vdots \\ Z_n &= a_{n1}F_1 + a_{n2}F_2 + \dots + a_{nm}F_m + b_nS_n + c_nE_n, \end{aligned}$$

ahol:  $a_{jk}$  a  $Z_j$   $k$ -adik faktorhoz tartozó faktorsúlya;

$b_j$  a  $Z_j$  specifikus faktorához tartozó faktorsúlya;

$c_j$  a  $Z_j$  hibafaktorához tartozó faktorsúlya.

Az  $a_{jk}$  faktorsúly a  $k$ -adik faktor hozzájárulását fejezi ki a  $Z_j$  változó  $s_j^2$  szórásnégyzetében.

Az eljárás eredményeként a faktorsúlyok mátrixát kapjuk:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1m} \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ a_{n1} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix}.$$

A közös faktorokhoz tartozó faktorsúlyok négyzetösszegét kommunalitásnak nevezzük és  $h_j^2$ -tel jelöljük:

$$h_j^2 = a_{j1}^2 + a_{j2}^2 + \dots + a_{jm}^2 \quad (j = 1, 2, \dots, n).$$

Mivel  $Z_j$  szórásnégyzete az alkalmazott transzformáció miatt egységnyi, ezért a kommunalitások segítségével kifejezhető, hogy a közös faktorok milyen mértékben magyarázzák az eredeti változók szórásnégyzeteit. Az információvesztés mértékét a specifikus és a hibafaktorok szórásnégyzeteinek a nagysága adja. A faktorsúlyok meghatározását a [25] tartalmazza. A mátrix elemeit korrelációs együtthatóként lehet értelmezni, az értelmezésre a [25] 161.-181. oldalán több példát is közöl.

A faktorsúlyok segítségével megállapítható, hogy az egyes ismérvek mely faktorokkal vannak magas korrelációs viszonyban. Több ismérv azonos faktorral való magas korrelációja esetén az ismérvek közötti korrelációra lehet következtetni.

#### 1.2.4. A főkomponensanalízis

Az eljárás lényegét a [11] 26. oldal szerint mutatom be. Az eljárás ismertetése során csak a faktoranalízistől való eltérés bemutatására törekszem. Az  $X_i \sim N(m_i, \sigma_i)$  valószínűségi

változóból, a faktoranalízishez hasonlóan képezzük  $Z_i \sim N(0, 1)$  valószínűségi változót. A főkomponensanalízis során  $Z_i$  olyan lineáris kombinációi keressük, ahol teljesül, hogy maximális szórásúak, korrelálatlanok és lineáris kombinációik együtthatóinak a négyzetösszege egységnyi:

$$Z_1 = a_{11} C_1 + a_{12} C_2 + \dots + a_{1n} C_n ,$$

$$Z_2 = a_{21} C_1 + a_{22} C_2 + \dots + a_{2n} C_n ,$$

⋮

$$Z_n = a_{n1} C_1 + a_{n2} C_2 + \dots + a_{nn} C_n ,$$

ahol:

$a_{ij}$  a  $Z_i$   $j$ -edik főkomponenshez tartozó együtthatója és  $i, j = 1, \dots, n$ ;

$C_j$  a  $j$ -edik főkomponens;

A felbontásból látható, hogy a valószínűségi változók és a főkomponensek (virtuális változók) száma megegyezik, de mivel

$$D^2 C_j > D^2 C_{j+1} \quad \text{és } j = 1, \dots, n - 1,$$

az utolsó néhány komponens elhagyásával  $Z_j$  szórásnégyzetei magas százalékban magyarázhatók a megmaradt főkomponensek segítségével. Az eljárás tehát felhasználható a változók számának a csökkentésére. Az elhagyott főkomponensek számát úgy célszerű kiválasztani, hogy a legnagyobb szórásnégyzettel rendelkező kieső és a bennmaradt komponensek szórásai között nagy legyen a különbség [2].

### 1.3. SZEMPONTRENDSZER MEGHATÁROZÁSA

A szempont a rendszer olyan tulajdonsága, amely alapján a rendszer minősítése végezhető el. A rendszert leíró tulajdonságok halmaza az esetek túlnyomó többségében kezelhetetlenül nagy, tehát nem képezheti teljes mértékben az összehasonlítás alapját, viszont, figyelembe véve a Pareto-elvet ([26] 46. oldal, [63] 29. oldal), az információtartalom csekély változtatásával jelentős mértékben szűkíthető.

A döntéshozót az alternatívák közötti választás során meghatározott célok vezérik, és ezek a célok határozzák meg a döntéskor általa figyelembe vett szempontokat. Így például személygépkocsi választásakor a „legjobb” jelentheti a legkényelmesebbet, a leggyorsabbat vagy a legbiztonságosabbat is.

A döntéshozó céljai mellett további befolyásoló tényező lehet a döntéshozó saját környezete. Például az alternatívák költségeihez képest lényegesen jobb anyagi környezetben lévő döntéshozót nem fog feltétlenül befolyásolni a bekerülési költség.

A szempontrendszer tehát a komplex rendszert leíró tulajdonságrendszer egy olyan részhalmaza, ami:

- a döntési környezet;
- a döntéshozót motiváló célok;
- és a komplex rendszer alapján jön létre.

A szempontrendszer egyértelmű kialakítására nem ismertek általánosan is használható algoritmusok. A többváltozós analízis különböző eljárásai viszont segítséget nyújthatnak (3.2.2. fejezet). Léteznek viszont olyan általános érvényű szempontrendszerre jellemző tulajdonságok, melyek valamennyi komplex rendszerre és döntési környezetre érvényesek. A [32] 30. oldal és a [31] 37. oldal szerint ebben a fejezetben ezeket a tulajdonságokat elemzem.

## 1. FŐSZEMPONTOK MEGÁLLAPÍTÁSA

A szempontrendszert célszerű fa struktúra szerint hierarchikusan felépíteni. A legfelső döntéshozó céljait főszempontokra, ezeket rész-szempontokra a rész-szempontokat esetenként alszempontokra bontjuk. A legalsó szint a levélszempont, melyeket a komplex rendszer meghatározott tulajdonságai segítségével mérhetővé tesszük. A főszempontok olyan domináns vetületek, melyeket általában a legfelső döntéshozói szint generál, jellemzőjük a nem feltétlenül megegyező döntési célok. Ilyenek lehetnek például a műszaki, a gazdasági, a környezetvédelmi, a szociális stb. szempontok. Honvédségi vonatkozásban általában az alábbi főszempontokat alkalmazzák:

- katonai (felhasználó);
- műszaki (üzembentartó);
- pénzügyi (finanszírozó);
- gazdasági (mikró- és makroökonómiai szempontok).

## 2. EGY SZEMPONTHOZ RENDELT ALSZEMPONTOK TULAJDONSÁGAI

### a) Teljesség

A szempontokat olyan mértékben kell tovább bontani, hogy az még megfelelő szinten reprezentálja a szempont céljait. A döntési modellt tehát csak egy bizonyos határig szabad egyszerűsíteni.

b) *Egymást kizáró szempontok kerülése*

Egy szemponthoz nem lehet olyan alszempontokat rendelni, melyek teljes mértékben kizárják egymást. A döntéshozói értékrendben egyértelműen meg kell határozni a kizáró jellegű tulajdonságok közül a kedvezőbbet.

c) *Függetlenség*

Kerülni kell az olyan szempontokat, amelyeket mérő tulajdonságok magas korrelációban állnak egymással. Az ilyen szempontok fölöslegesen bonyolítják a döntési modellt, valamint a magas korrelációból adódó lineárisan összefüggő tulajdonságok új információt várhatóan nem szolgáltatnak a döntési modell számára. Ezek szűrhetők szakmai elemzéssel vagy faktoranalízis segítségével, amit a 3. fejezetben vizsgálok. A függetlenség elvének betartásával a döntési modellben szereplő levélszempontok számát csekély információvesztéssel lehet csökkenteni.

d) *A szempontok fogalmi terjedelmének az elkülönítése*

A szempontok fogalmi terjedelmei nem fedhetik át egymást. Az átfedett területek ugyanis többszörösen lesznek figyelembe véve az eljárás során, így ez torzítja a szempontok súlyát és ebből következően befolyással bír az alternatívák rangsorára.

### 3. A SZEMPONTOKAT ÉLESEN KELL DEFINIÁLNI

Lényeges, hogy az egyes szempontok fogalmi terjedelme a félreértések elkerülése végett pontosan meg legyen határozva. A szempontrendszer általában a döntéselőkészítést végző szakértők egy csoportja készíti, de más csoportok is dolgozhatnak vele. A pontos definíciók segítségével elkerülhetők a különböző szakértői csoportok közötti félreértések.

### 4. A (FŐ)SZEMPONTOKHOZ RENDELT SZEMPONTOK ÖSSZETETTSÉGE KÖZEL AZONOS LEGYEN

Nem lehet ugyanis szempontok egymáshoz viszonyított súlyát pontosan megállapítani, ha közöttük összetettség szerint lényeges eltérések vannak.



## 1.4. SZEMPONTOK SÚLYOZÁSÁRA ALKALMAZHATÓ MÓDSZEREK

### 1.4.1. Közvetlen becslés

Az eljárás két formáját a [32] 36. oldal és az [56] 74. oldal szerint mutatom be. Az első eljárás szerint megállapítjuk a szempontok preferenciasorrendjét, és kezdő lépésként minden szemponthoz  $1/n$  értéket rendelünk, ahol  $n$  a szempontok száma. A súlysúlyszámok végső értékeit a kezdeti  $1/n$  értékek módosításával becsüljük úgy, hogy összegük egységnyi maradjon.

A második eljárás szerint a preferenciasorrend megállapítását követően a legkevésbé preferált szempontból kiindulva becsüljük meg a súlysúlyszámok értékeit. A szempontokat  $C_i$ -vel jelölve tételezzük fel a következő preferenciasorrendet:

$$C_1 \leftarrow C_2 \leftarrow \dots \leftarrow C_n.$$

A  $C_1$  szempont  $\omega_1$  súlyát egységnyinek feltételezve a többi szempont  $\omega_i$  súlya  $C_i$ ,  $C_1$ -hez viszonyított fontossági arányával becsülhető. A súlysúlyszámok az

$$f(\omega_i) = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i}$$

egyenlet segítségével transzformálhatók, így eredményként egységnyi összegű súlysúlyszámokat kapunk.

E módszerek előnye az egyszerűségük. Nem igényelnek bonyolult matematikai és számítástechnikai apparátust. A elsőként ismertetett eljárás segítségével a szempontok közötti különbségeket becsüljük, ami egy intervallumskálát közelít. A második eljárás arányokat vizsgál, tehát arányskálát közelít. Hátrányos tulajdonságuk viszont, hogy ismeretlen a becslés pontossága. A becslést végző szakértő általában csak az egymás melletti párokat viszonyítja egymáshoz és nem vizsgál meg minden egyes kombinációt, ami információvesztést jelent. Nem mérhető az egyes szakértő következetessége. Több szakértő esetén, mivel az eredmények legfeljebb sorrendi skála szintűek, számítható rangkorrelációs együttható, vagyis a szakértői egyetértés vizsgálható, amire példát közöl a [17]. Az eljárás pontatlansága a szempontok számával várhatóan nő.

### 1.4.2. Churhman–Ackoff-féle eljárás

Az eljárást a [32] 37. oldal szerint mutatom be. Legyen négy szempont, ahol:

$$C_1 \leftarrow C_2 \leftarrow C_3 \leftarrow C_4 .$$

Állapítsuk meg közvetlen becslés segítségével a súlyszámok  $\dot{u}_i$  értékeit. Hasonlítsuk össze a legjobban preferált szempontot az összes többi szempont együttesével. Ha az összehasonlítás eredménye:

$$C_1 + C_2 + C_3 \leftarrow C_4 ,$$

akkor állapítjuk meg úgy  $\dot{u}_4$  értékét, hogy az

$$\dot{u}_1 + \dot{u}_2 + \dot{u}_3 < \dot{u}_4$$

egyenlőtlenség fennálljon. (A szempontok összeadásán jelen esetben az összegzett szempontok együttesét értem.) Amennyiben a szakértő azonosan preferálja a két kombinációt, akkor hasonlóan kell eljárni. Ha az összehasonlítás eredménye:

$$C_1 + C_2 + C_3 \rightarrow C_4 ,$$

akkor  $\dot{u}_4$  értékét úgy kell meghatározni, hogy az

$$\dot{u}_1 + \dot{u}_2 + \dot{u}_3 > \dot{u}_4$$

egyenlőtlenség fennálljon. Ezt követően, mintegy felső becslést adva  $C_4$ -et  $C_2$  és  $C_3$  együttesével, hasonlítjuk, ha az eredmény:

$$C_2 + C_3 \leftarrow C_4$$

akkor  $\dot{u}_4$  értékét ennek megfelelően állapítjuk meg. Az eljárást  $C_2$  és  $C_3$ ,  $C_4$  együttesének az összehasonlításával folytatjuk, ahol a  $C_2$  –höz tartozó  $\dot{u}_2$  kerül meghatározásra. Az eljárást mindaddig folytatjuk, míg minden egyes szempont súlyát meg nem határozzuk.

Az eljárás előnye az egyszerűség, továbbra sem igényel semmilyen számítástechnikai vagy matematikai apparátust. Több kombinációt vizsgál mint az előző fejezetben ismertetett eljárások, valamint az egyes szempontok súlyszámait alsó és felső becslésekkel közelíti, tehát nagy valószínűséggel pontosabb is. A [32] szerint az eredmény intervallumskála szintű. Továbbra sem határozható meg a szakértői következetesség, és nincs semmilyen ismeretünk az eredmények pontosságáról. Az eljárásnak az itt ismertetett formájával legfeljebb hét szempontot lehet súlyozni, ennél több szempont súlyozására is alkalmas változatát a [32] részletesen tartalmazza.

### 1.4.3. Guilford-féle eljárás

Az eljárás alapját az ún. páros összehasonlítás adja, módszertanát a [32] szerint közlöm. Lényeges, hogy az eredményei intervallumszintű skálán helyezkednek el, tehát alkalmas az összehasonlításra az egyes szempont-párok súlyszám-különbségeinek az aránya is.

Az eljárást egy szakértőn keresztül mutatom be. A szakértő megjelöli a párokba rendezett szempontok közül a fontosabbat. A kitöltött űrlapok alapján elkészíthető a preferenciatáblázat (1. táblázat).

1. táblázat

Preferenciatáblázat

	$C_1$	$C_2$	■	$C_j$	■	$C_n$	$a$	$a^2$	$p$	$u$	$Z$
$C_1$											
$C_2$											
■											
$C_j$											
■											
$C_n$											
$\Sigma$											

A táblázat soraiban és oszlopaiban egyaránt a szempontok szerepelnek. A preferenciák a sorokban vannak jelölve, gyakoriságukat az  $a$  oszlop összesíti.

Következő lépés a szakértő, vagyis az adatlapot kitöltő következetességének a vizsgálata. Az egyes szempontok közötti preferenciareláció tranzitív tulajdonsággal bír. A páros összehasonlítás során viszont ez nem fog feltétlenül bekövetkezni, vagyis az adatlapok kitöltése eredményezhet ún. inkonzisztens körhármas is, ahol  $A \leftarrow B \leftarrow C \leftarrow A$ . A szakértői következetesség vizsgálatát a [32] 246. oldal szerint mutatom be.

Az inkonzisztens körhármasok száma:

$$d = \frac{n(n-1)(2n-1)}{12} - \frac{\sum_{i=1}^n a^2}{2}.$$

A körhármasok maximális száma, ha  $n$  páros:

$$d_M = \frac{n^3 - 4n}{24},$$

ha  $n$  páratlan:

$$d_M = \frac{n^3 - n}{24}.$$

A konzisztenciamutató:

$$K = 1 - \frac{d}{d_M}.$$

A képletből látható, hogy  $0 \leq K \leq 1$  és minél közelebb van  $K$  az 1-hez, annál következetesebb a döntéshozó. A következetesség szignifikancia-vizsgálatát, amennyiben  $n > 7$ ,  $\chi^2$  próba segítségével végezzük el, mivel  $d$  eloszlása ehhez közelít. A próbastatisztikát és a szabadságfokokat a következőképpen határozzuk meg:

$$df = \frac{n(n-1)(n-2)}{(n-4)^2},$$

$$\chi^2 = \frac{8}{n-4} \left[ \frac{1}{4} \binom{n}{3} - d + \frac{1}{2} \right] + df.$$

Az 1. táblázat  $p$  oszlopába a preferenciaarányokat számítjuk:

$$p = \frac{a + 0,5}{n}.$$

A következő oszlopban a preferenciaarányokat a standard normál eloszlás  $u$  értékeire transzformáljuk a  $p = \Phi(u)$  egyenlet alapján. Ezek már intervallumszintű skálaértékeket adnak ([32] 42. oldal). Annak érdekében, hogy 0 kezdőpontú és 100 végpontú skálát kapjunk, a következő transzformációt kell elvégezni:

$$Z = 100 \frac{u - \min(u_i)}{\max(u_i) - \min(u_i)}.$$

A skálán az  $f(x) = mx + c$  (ahol  $m \neq 0$ ) függvény segítségével további transzformációt lehet elvégezni, például azért, hogy egységnyi összegű súlyszámokat kapjunk.

Az eljárás alkalmas több szakértő együttes véleményének a meghatározására, majd a szakértői véleményegyeztetések meghatározására, ezeket a [31; 32] irodalmak részletesen ismertetik.

A módszer előnyös tulajdonsága az eredményként kapott kvantitatív skála. Viszonylag egyszerű matematikai algoritmus lehetővé teszi, hogy általános jellegű szoftver segítségével is alkalmazni lehessen. Munkám során Microsoft Excel programot használtam a súlyszámok ilyen jellegű számításához (3.3. fejezet). Hátránya, hogy sok szempont esetében nehéz úgy kitölteni, hogy az eredmény következetes legyen. Már 12 szempont

esetében  $\binom{12}{2} = \frac{12 \cdot 11}{2} = 66$  döntést kell hoznia a szakértőnek, ami jelentős koncentrációt, szakmai hozzáértést és következetességet mint pszichológiai tulajdonságot követel. A döntések száma  $n$  növekedésével  $\frac{n(n-1)}{2}$  szerint, tehát a négyzeteshez közeli arányban, nő. Az egyszerre összehasonlított szempontok számát tehát célszerű 12-15 alatt tartani. A szempontok számának minimalizálása a döntési probléma megfelelő strukturálásával elérhető.

A Guilford-féle eljárás segítségével a szempontok súlyai intervallumszintű skálán helyezhetők el. Lehetőség van a súlyszámok arányskála szintű mérésére, ezt az eljárást az 1.5.7. fejezetben ismertetem.

## 1.5. ÖSSZEHASONLÍTÓ MÓDSZEREK

### 1.5.1. Harris és Marting módszer

A különböző alternatívák összemérésének a célja nem feltétlenül a preferenciasorrend pontos megállapítása. Elképzelhető olyan döntéselőkészítési vagy döntési helyzet, amikor az alternatívák egymáshoz viszonyított helyzetéről csak közelítő jellegű információt akarunk szerezni, de úgy, hogy a rendelkezésre álló adatok a legszemléletesebb formájukban legyenek ábrázolva. Ebben az esetben olyan eljárásra lesz szükség, melyek viszonylag kis számú és kevésbé pontos adat segítségével olyan összemérést tesz lehetővé, mely segítségével vizuális információt kaphatunk az összemérendő alternatívákról. Ilyen vizuális összemérést tesz lehetővé *Harris* és *Marting* módszere ([32] 71. oldal).

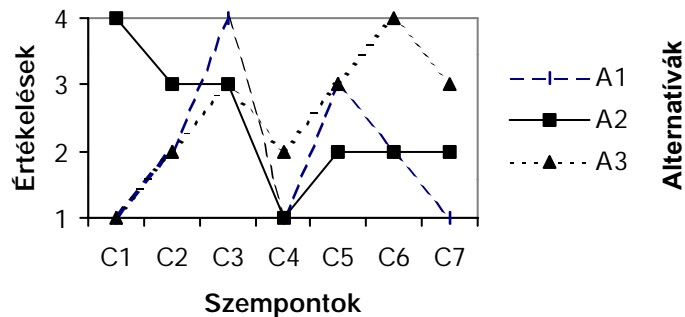
A két eljárás lényegében csak az összehasonlítás eredményének a megjelenítési formájában különbözik. Az alapgondolat, hogy az alternatívákat az őket jellemző szempontok mindegyikén egy négyfokozatú verbális skálán kell lemérni. A megjelenítést az 1. és a 2. ábrák mutatják.

A két eljárás legnagyobb előnye az egyszerűségük, nem igényelnek matematikai és számítástechnikai apparátust. Az értékelő táblázatok könnyen érthetőek, ezért jól felhasználhatóak a döntések indoklásánál. Abban az esetben is alkalmazhatóak, ha a szempontokat csak sorrendi skálán lehet mérni, illetve pontos információ hiányában az adatok csak becsülhetőek. Az egyes alternatívák szempontonként egymáshoz viszonyított helyzete vizuális formában jelenik meg, ami lehetővé teszi a szempontonkénti elemzést. A

megjelenítési forma elősegíti a viszonylag kevés rendelkezésre álló információ minél jobb megértését.

Értékelés	Szempontok Alternatívák	C <sub>1</sub>				C <sub>2</sub>				...				C <sub>m</sub>			
		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>n</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>n</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>n</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	...	A <sub>n</sub>
+2		■					■						■				
+1			■	■		■		■		■		■		■		■	
-1					■				■			■				■	■
-2																	

1. ábra Harris diagram



2. ábra Marting-diagramm

Hátrányos tulajdonságuk, hogy nem teszik lehetővé a szempontok eltérő fontosságának a figyelembevételét. A végeredmény nem jelenik meg explicit formában, ezért nem minden esetben lehet egyértelműen eldönteni a preferenciasorrendet. A legjobb alternatíva kiválasztására egyértelmű lehetőség nincs. A megjelenítés formája korlátozza a szempontok és az alternatívák számát. Az egyes szempontok szubjektív ítélet szerint verbális skálán vannak mérve, ami sorrendi skálának felel meg, ezért számszerűen csak gyakorisági mutatókat lehet számolni, például az alternatívák szempont szerinti sorrendjének a gyakorisági mutatóit.

### 1.5.2. Kesselring eljárás

Alapvetően termékek összehasonlításához készített eljárás, amit a [32] 76. oldal szerint mutatok be. A kialakításának az alapgondolata, hogy a műszaki eszközöket jellemző tulajdonságok többsége intervallum vagy arányskálán mérhető.

Az eljárás módszertana az alternatívákat egy ötfokozatú verbális skálán helyezi el minden egyes szempont szerint, ahol a legkedvezőbb fokozat egy ideális berendezés adott

szempont szerinti ideális képességét jellemzi. Az ötfokozatú skálán való mérés eredménye alapján  $p_{ij}$  értékekkel pontoz (az  $i$ -edik alternatíva  $j$ -edik szempont szerinti pontértéke és  $p_{ij} \in \{0,1,2,3,4\}$ ). Minden szempontokhoz fontosságukat jellemző súlyszámot rendel ( $\omega_j$ ), ahol  $2 \leq \omega_j \leq 10$ . Az egyes rendszerek összpontszámának számítása a 2. táblázat szerint történik, ahol három alternatívát  $A_1, A_2, A_3$  vizsgálok öt értékelési szempont  $C_1, \dots, C_5$  szerint. A módszer lényeges eleme, mivel az alternatívákat szempontonként egy ideális szinthez viszonyítottuk, hogy az elért pontszámoknak önmagukban is van jelentésük:

$0,8 < P < 1$	nagyon jó
$0,6 < P < 0,8$	jó
$P < 0,6$	nem kielégítő.

2. táblázat

Kesselring mátrix

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$		$P_i$
$A_1$	$p_{1,1}$	$p_{1,2}$	$p_{1,3}$	$p_{1,4}$	$p_{1,5}$	$\sum_j p_{1j} \omega_j$	$\frac{\sum_j p_{1j} \omega_j}{\sum_j \max_i p_{ij} \omega_j}$
$A_2$	$p_{2,1}$	$p_{2,2}$	$p_{2,3}$	$p_{2,4}$	$p_{2,5}$	$\sum_j p_{2j} \omega_j$	$\frac{\sum_j p_{2j} \omega_j}{\sum_j \max_i p_{ij} \omega_j}$
$A_3$	$p_{3,1}$	$p_{3,2}$	$p_{3,3}$	$p_{3,4}$	$p_{3,5}$	$\sum_j p_{3j} \omega_j$	$\frac{\sum_j p_{3j} \omega_j}{\sum_j \max_i p_{ij} \omega_j}$
$\dot{u}_j$	$\dot{u}_1$	$\dot{u}_2$	$\dot{u}_3$	$\dot{u}_4$	$\dot{u}_5$		
	$\max_i p_{i1} \omega_1$	$\max_i p_{i2} \omega_2$	$\max_i p_{i3} \omega_3$	$\max_i p_{i4} \omega_4$	$\max_i p_{i5} \omega_5$	$\sum_j \max_i p_{ij} \omega_j$	

A módszer előnyös tulajdonsága az egyszerűsége és ebből adódóan az eredmények könnyen megérthető magyarázata. Ez az eljárás már alkalmas preferenciasorrend felállítására és a legjobb alternatíva kiválasztására. Figyelembe vehető az egyes szempontok fontossága is.

Hátránya, hogy az alkalmazásához intervallum- illetve arányskálán mért szempontokra van szükség. Egy műszaki berendezés esetében ez az esetek többségében nem okoz problémát, viszont az alkalmazott skálatranszformáció sorrendi skálává alakítja a magasabb rendű mérési skálákat, ami információvesztéssel jár. További problémát jelent, hogy egy műszaki eszköz jellemezésekor sem lehet elkerülni a csak szubjektív ítéletekkel

mérhető szempontokat. Ezeknél nehéz meghatározni az ideális szintet, és értékük csak sorrendi skálán határozható meg. A sorrendi skálán pedig súlyozott számtani átlag nem számítható. Ezért az ilyen jellegű szempontok rontják az eredmények pontosságát. Végeredményként fel lehet ugyan állítani a preferenciasorrendet, de az egyes alternatívák egymáshoz viszonyított helyzetéről megbízhatóan csak rangsor szintig lehet beszélni. Nem kapunk arról biztos információt, hogy az egyik alternatíva mennyivel jobb a másiknál. Nem feltétlenül értelmezhetőek tehát a pontértékek hányadosai és különbségei.

Az eljárás az összegzés során az alternatívákat egy olyan virtuális alternatívához viszonyítja, ami minden egyes szempont szerint a legjobb értékelést kapta. Nincs arról információ, hogy ez az alternatíva milyen „távolságban” van az ideálshoz képest. Az esetlegesen elérhető 1 pontérték tehát csak a vizsgált alternatívák halmazán jelenti a minden szempont szerint legjobbat. A virtuális alternatíva függ a vizsgáltaktól, tehát egy új alternatíva felvétele módosíthatja a már kialakult preferenciasorrendet.

### 1.5.3. Combinex eljárás

Az eljárás módszertana az intervallum- illetve az arányskálán mért tulajdonságokat hasznossági függvény segítségével transzformálja 0-100 ponthatárig terjedő skálára ([32] 95. oldal). A még elfogadható szinthez a 70 pontot, a felső határhoz pedig a 90 pontot rendeli. A súlyszámok megállapítására  $m$  darab szempontot feltételezve kezdő lépésként  $1/m$  értéket rendel, amit szubjektív ítéletek alapján módosít úgy, hogy az összegük továbbra is egységnyi maradjon. Az egyes alternatívák végső pontértékét a következő képlettel határozza meg:

$$x_j = \sum_{i=1}^m \omega_i a_{ij}$$

ahol:  $x_j$  az  $A_j$  alternatíva pontértéke;

$\omega_i$  a  $C_i$  szempont súlyszáma;

$a_{ij}$  az  $A_j$  alternatíva  $C_i$  szempont szerinti skálaértéke.

Az eljárás lényeges része, hogy a még elfogadható szint megállapításával mintegy előzetes szelekciót végez. Feltéve, hogy a szempontokat meghatározó tulajdonságok legalább intervallumszintű skálán lettek mérve, az eredmény is lehetővé teszi az intervallumszintű összehasonlítást. Tehát az egyes alternatívák pontérték különbségeit értelmezni lehet. Hátrányként lehet felfogni műszaki berendezések esetén, hogy a mérésekre szolgáló tulajdonságaik többsége arányskála szintű, a Combinex eljárás hasznossági függvénye



pedig intervallumskálára transzformálja, ami információvesztést jelent. Előnyként fogható fel egyszerű kezelhetősége valamint az, hogy az egyes szempontokhoz a természetüknek megfelelő hasznossági függvényeket lehet rendelni.

#### **1.5.4. TENDER program**

A többszemponútú döntési problémák támogatására hazai fejlesztésű szoftverek is vannak [52]. A TENDER program a Beszerzési és Biztonsági Beruházási Hivatal (BBBH) tulajdonában lévő *speciális döntéstámogató szoftver*. A program alapjául szolgáló összehasonlító eljárás a Magyar Honvédség Gépjármű Fejlesztési Program (GFP) keretében lefolytatott közbeszerzési eljáráshoz lett kidolgozva [20; 21; 22; 23]. A nevezett programban 2000 januárjától folyamatosan résztvettem, mint műszaki és döntéseméleti szakértő.

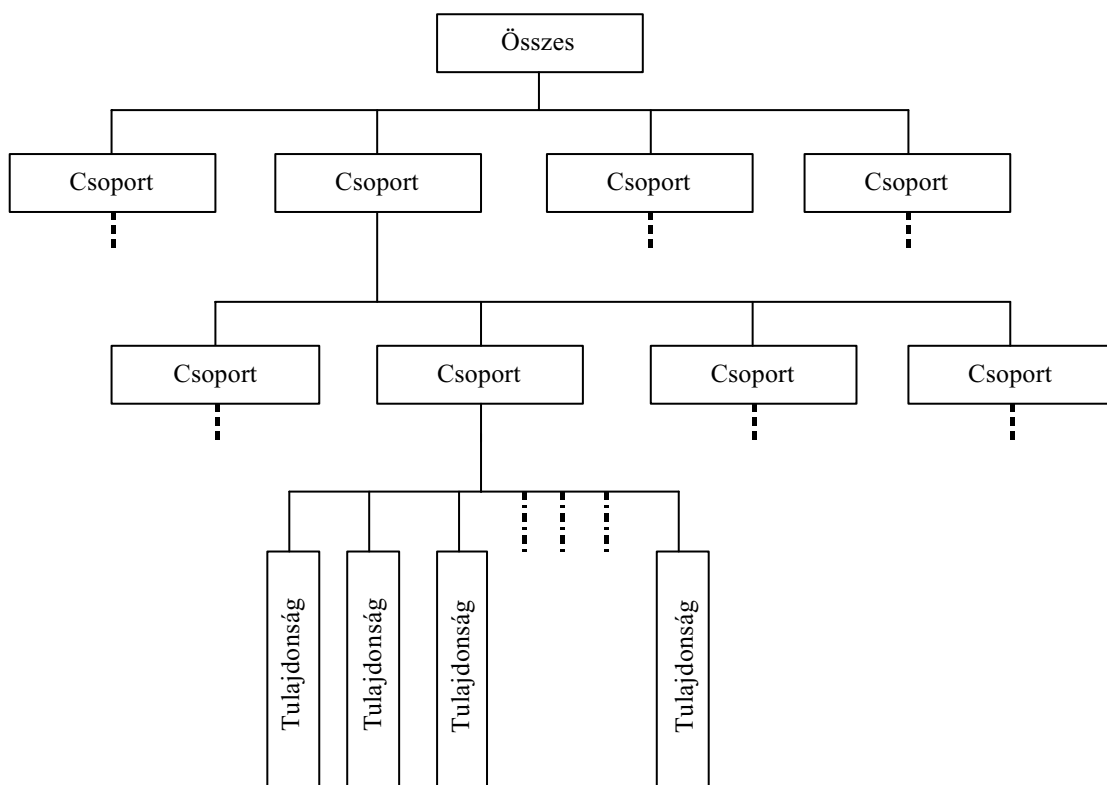
Az eljárás során kidolgoztam a katonai rendeltetésű gépjárművek műszaki szempontok szerinti összehasonlításának matematikai modelljét ([23] 4.1.1., 4.1.2., 4.1.3. fejezetek). Az általam készített matematikai modell adta a TENDER program kidolgozásának az alapját, mely programot a Széchenyi István Egyetem munkatársai készítették el. A fejlesztés során a Gépjármű Programiroda és a BBBH munkatársainak a közreműködésével elvégeztem a program tesztelését. A tesztelés során vizsgáltam a program felhasználói felületét, a számítások pontosságát, valamint vizsgáltam a program általános működését. Ez a tesztelés fázisában mintegy 1000 adat bevitelét és az ezekkel történő próbafuttatásokat jelentette. A tesztek eredményei alapján többször módosítottam, majd a kívánt módosítások ellenőrzését követően javaslatot tettem a program átvételére. Vezettem azt az operátorokból álló csoportot, akik közreműködésével a GFP keretében 2001. évben megjelent ajánlati felhívásra érkezett ajánlatok adatait a TENDER programba rögzítettük. Ez két fordulóban, mintegy 8000 adat feldolgozását jelentette. A bevitt adatok szerint a [23] modellje alapján meghatároztam az egyes ajánlattevők pontértékeit.

A TENDER speciálisan a GFP keretében lezajlott közbeszerzési eljárás támogatására lett kifejlesztve. Az 5. fejezetben kidolgoztam a program továbbfejlesztéséhez szükséges olyan módosításokat, melyek segítségével a program alkalmassá tehető bármely haditechnikai eszköz összehasonlítására, valamint bármely haditechnikai eszköz beszerzése érdekében lefolytatott közbeszerzési eljárás támogatására.

A kidolgozás alapját a Combinex eljárás képezte. A TENDER célja a közbeszerzési eljárásra ajánlati dokumentációt benyújtó pályázók közül a legelőnyösebb kiválasztása. Az eljárás így a gépjárművek katonai és műszaki szempontú összehasonlításán kívül mikro-,

makroökonómiai, és minőségbiztosítási szempontokat is figyelembe vett. A program a mérhető tulajdonságokat fa struktúrán keresztül ún. *csoportokba* szervezi (3. ábra).

A fastruktúra megkönnyíti a szempontrendszer kialakítását valamint a szempontok súlyozását. A súlyszámok megállapításakor egyszerre csak ugyanazon csoport alá rendelt csoportokat, illetve tulajdonságokat kell figyelembe venni például a páros összehasonlítás során. Minden csoport alá rendelt csoportoknak, illetve tulajdonságoknak a súlyszámösszege 100. Az alternatívák kiértékelése a tulajdonságok szintjén kezdődik és a struktúrának megfelelően összegződik a legfelső szintig. A tulajdonságokat a program négy alapvető hasznossági függvény segítségével értékeli.



3. ábra. A TENDER program struktúrája

### 1. LINEÁRIS, EGYENESEN ARÁNYOS HASZNOSSÁGI FÜGGVÉNY

$$D_f \in \mathbb{R}^+, R_f \in \{\mathbb{R} \mid 0 \leq f(x) \leq 100\}$$

$$f(x) = mx + c$$

ahol:

$$m = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{b - a} \quad \text{és} \quad c = f_{\min} - ma.$$

A konstansok jelentése:

$a$ : a legkisebb függvényértékhez tartozó független változó értéke, az a tulajdonságérték melyhez a legkisebb utilitásértéket rendeljük, megadható konstansként, vagy a program a *legkisebb* adatot választja  $a$  értékének;

$b$ : a legnagyobb függvényértékhez tartozó független változó értéke, az a tulajdonságérték, melyhez a legnagyobb utilitásértéket rendeljük, megadható konstansként vagy a program a *legnagyobb* adatot választja  $b$  értékének és  $b > a$ ;

$f_{max}$ : A legnagyobb utilitásérték, nagysága 0 és 100 között szabadon beállítható;

$f_{min}$ : A legkisebb utilitásérték, nagysága 0 és 100 között szabadon beállítható, az  $f_{max} > f_{min}$  feltétel betartásával.

## 2. LINEÁRIS, FORDÍTOTTAN ARÁNYOS HASZNOSSÁGI FÜGGVÉNY

$$D_g \in \mathbb{R}^+, R_g \in \{\mathbb{R} \mid 0 \leq g(x) \leq 100\}$$

$$g(x) = mx + c$$

ahol:

$$m = \frac{f_{max} - f_{min}}{b - a} \quad \text{és} \quad c = f_{min} - ma,$$

minthogy ebben az esetben  $b < a$ .

A konstansok jelentése:

$a$ : a legkisebb függvényértékhez tartozó független változó értéke, az a tulajdonságérték, melyhez a legkisebb utilitásértéket rendeljük, megadható konstansként, vagy a program a *legnagyobb* adatot választja  $a$  értékének;

$b$ : a legnagyobb függvényértékhez tartozó független változó értéke, az a tulajdonságérték, melyhez a legnagyobb utilitásértéket rendeljük, megadható konstansként, vagy a program a *legkisebb* adatot választja  $b$  értékének;

$f_{max}$ : A legnagyobb utilitásérték, nagysága 0 és 100 között szabadon beállítható;

$f_{min}$ : A legkisebb utilitásérték, nagysága 0 és 100 között szabadon beállítható, az  $f_{max} > f_{min}$  feltétel betartásával.

### 3. HIPERBOLIKUS HASZNOSSÁGI FÜGGVÉNY

$$D_h \in \mathbb{R}^+, R_h \in \{\mathbb{R} \mid 0 \leq h(x) \leq 100\}$$

$$h(x) = x_{\min} \frac{100}{x},$$

ahol:  $x_{\min}$  a legkisebb adat.

A hiperbolikus hasznossági függvény változata:

$$D_h \in \mathbb{R}^+, R_h \in \{\mathbb{R} \mid 0 \leq h(x) \leq 100\}$$

$$h(x) = \begin{cases} x_{\min} \frac{100}{x} & \text{ha } x \leq x_{\max}, \\ 0 & \text{ha } x > x_{\max} \end{cases},$$

ahol  $x_{\max}$  egy olyan előre meghatározott érték, amelynél nagyobb értékekhez csak 0 hasznosság rendelhető.

### 4. MINŐSÉGI VÁLTOZÓK HASZNOSSÁGI FÜGGVÉNYE

$$D_l \in \{0; 1\}, R_l \in \{l_{\min}, l_{\max}\}, \text{ ahol } l_{\min}, l_{\max} \in \{0, 100\}.$$

Egy tulajdonság meglétét vizsgálja, megléte esetén a függvényérték  $l_{\max}$ , hiánya esetén  $l_{\min}$ , értékük megadható.

A súlyszámokat közvetlenül lehet csak megadni, számításukra jelenleg nincsen semmilyen lehetőség. Minden csoport mellé alternatívánként rendelhető egy ún. módosító. Jelentőségük inkább eljárástechnikai. Segítségükkel nullázható az adott alternatíva kérdéses szempont szerinti pontértéke. Használatával a jogszabályi (szabványi) előírásoknak való megfelelés vehető számításba. Például nullázni lehet a műszaki szempontokat, ha az alternatíva nem felel meg valamilyen fontos szabványnak.

Az eljárás előnye a jól strukturáltság, ami elősegíti a szempontrendszer felépítését, valamint az eredmények magyarázatát. A lineáris hasznossági függvények, legalább intervallumskála szinten mért tulajdonságok esetén intervallumszintű függvényértékeket szolgáltatnak. A hiperbolikus hasznossági függvényértékek arányskála szintű tulajdonságok esetén arányskála szinten maradnak. A minőségi változók viszont csak a sorrendi skála tulajdonságaival rendelkeznek. Az alternatívák végső pontértékei nagyban függenek a tulajdonságok mérési szintjétől, valamint a minőségi változók többihez

viszonyított arányától. Műszaki berendezés esetében, az értékelési struktúra megfelelő szervezésével elérhető az intervallumskála szintű végeredmény.

A lineáris hasznossági függvények esetében, ha a minimális utilitáshoz tartozó értéket megadjuk, az ettől kisebb hasznossági értékű adatot az 1. és a 2. pont egyenletei szerint számítjuk. Ez eltér a Combinex eljárás elvétől. Az itt meghatározott értékeknek csak a függvények definiálásában van szerepük.

### 1.5.5. KIPA módszer

A módszer a Budapesti Műszaki Egyetemen fejlesztették ki. A módszer nevét adó mozaikszó a kidolgozók neveit takarja (*Kindler József, Papp Ottó*). Alapfilozófiáját tekintve az európai iskolába sorolható. Az európai iskola az összemérendő rendszerek különböző szempontok szerinti egymáshoz viszonyított előnyeit és hátrányait vizsgálja. A preferenciasorrendet is az előnyök és hátrányok arányai alapján határozza meg. Ennek megfelelően a szakirodalom a „jobb” szó helyett inkább az „optimálist” használja és optimális megoldást keres az alternatívák halmazából.

Ezt a [32] irodalom így fogalmazza meg:

*„Az optimális megoldás tehát lényegileg egy optimális kompromisszum, amelynél optimális egyensúly van az előnyök és a hátrányok között.”* [32] 22. oldal.

A KIPA módszer az összemérendő alternatívákat a figyelembe vett szempontok alapján egy ötfokozatú verbális skála segítségével jellemzi. A skálák terjedelmeit általában a súlyszámok alapján határozza meg úgy, hogy a skálaegységnek általában magát a súlyszámot javasolja. Tehát a *rossz* értékelési fokozat nulla pontértéket jelent, a *megfelelő* fokozat magát a súlyszám értéket, a *közepes* fokozat a súlyszám kétszeresét, a *jó* fokozat a súlyszám háromszorosát, a *nagyon jó* értékelési fokozat pedig a súlyszám négyszeresét jelenti. Így például a 3. táblázatban látható  $C_3$  szempont esetében, mivel az ide tartozó súlyszám  $u_3=30$ , tehát a skálaegység is 30, a megfelelő minősítés 30, a közepes 60, a jó 90, és a nagyon jó minősítés 120 pontot ér. A skálatranszformációkra ezen kívül még több javaslatot tesznek a [31; 32] irodalmak. A transzformációt követően elkészíthető az un. KIPA alaptáblázat, ami kiindulását képezi a további számításoknak (3. táblázat).

KIPA alaptáblázat									
Szempontok / Súlyszámok									
		C <sub>1</sub>		C <sub>2</sub>		C <sub>3</sub>		C <sub>4</sub>	
		û <sub>1</sub> (10)		û <sub>2</sub> (40)		û <sub>3</sub> (30)		û <sub>4</sub> (20)	
Alternatívák	Verbális	Szám	Verbális	Szám	Verbális	Szám	Verbális	Szám	
A <sub>1</sub>	Közepes	20	Jó	120	Közepes	60	Nagyon jó	80	
A <sub>2</sub>	Jó	30	Jó	120	Jó	90	Közepes	40	
A <sub>3</sub>	Mf	10	Mf	40	Mf	30	Mf	20	

A következő lépésben a  $c_{ij}$  preferencia- illetve az előnymutatókat határozzuk meg. Az előnymutató információval szolgál az  $i$ -edik alternatíva  $j$ -edikkel szembeni előnyéről. A  $c_{ij}$  értékeket minden egyes  $A_i, A_j$  viszonylatban számolni kell. Kiszámításának a menetét az  $A_1, A_2$  alternatívákon keresztül mutatom be. Összeadjuk azon szempontok súlyszámát, ahol  $A_1$  preferál, illetve indifferens  $A_2$  alternatívához képest és az összeget osztjuk a súlyszámok összegével. A hányadost, hogy az eredményt %-os formában kapjuk, 100-zal szorozzuk. Jelen esetben:

$$c_{12} = [(40 + 20) / 100] \cdot 100 = 60\% .$$

Az előnymutatók számítását követően a  $d_{ij}$  diszkvalifikancia vagyis a hátránymutatókat kell meghatározni. A magyarázatul szolgáló példát folytatva megkeressük a legnagyobb skálakülönbséget, ahol  $A_2 \rightarrow A_1$ , ez jelen esetben  $C_3$  szempontnál van, ahol  $A_2$  előnyösebb  $A_1$ -hez képest és ezt az értéket osztjuk a legnagyobb skála terjedelmével, ami jelen esetben a  $C_2$  szemponthoz tartozó skála, melynek terjedelme  $4 \cdot 40 = 160$ . Az eredményt 100-zal szorozzuk, hogy %-os formában kapjuk a mutatót:

$$d_{12} = [30 / (4 \cdot 40)] \cdot 100 = 18,75\% .$$

Az előny- és a hátránymutatókat egy új táblázatba foglalva kapjuk, az ún. KIPA mátrixot (4. táblázat).

4. táblázat

Preferencia és diszkvalifikancia mátrix							
		A <sub>1</sub>		A <sub>2</sub>		A <sub>3</sub>	
A <sub>1</sub>			$c_{12}$		$c_{13}$		$d_{13}$
				$d_{12}$			
A <sub>2</sub>	$c_{21}$				$c_{23}$		
		$d_{21}$					$d_{23}$
A <sub>3</sub>	$c_{31}$		$c_{32}$				
		$d_{31}$		$d_{32}$			

Az összehasonlítást a 4. táblázat adatai alapján végezzük el. Az összehasonlítás elvégzéséhez preferenciaszinteket ( $p$ ) és diszkvalifikációs szinteket ( $q$ ) kell meghatározni. Az első szint  $p = 100\%$  és  $q = 0\%$ . Azon  $A_i, A_j$  viszonylatban lehet behúzni a preferenciarelációt, ahol  $c_{ij} \geq 100\%$  és  $d_{ij} \leq 0\%$ . Az eljárás az egyes alternatívák közötti preferenciarelációkat ezen  $p$  és  $q$  szintekhez képest határozza meg a  $p$  és  $q$  értékek szükséges módosításával. Az eljárás módszertana legalább 70%-os preferenciaszintet, és legfeljebb 50%-os diszkvalifikációs szintet javasol.

A módszer alapjaiban különbözik az eddig ismertett eljárásoktól. Egyszerűen számolható és jól, viszonylag szerény számítástechnikai apparátus segítségével programozható. Végeredményként csak preferenciasorrendet szolgáltat, melyet az alábbiak szerint lehet értelmezni.

Az előnymutatót mint gyakoriságot lehet felfogni, ami megmutatja, hogy  $C_i$  milyen súlyozott relatív gyakorisággal jobb mint  $C_j$ , de nem veszi figyelembe a szempontonkénti előnyök nagyságát. A hátránymutató  $C_i$  legnagyobb hátrányának a nagyságát adja  $C_j$ -hez képest, de nem veszi figyelembe a többi szempontnál esetlegesen fellépő hátrányokat. Ha a javasolt  $p = 70\%$  és  $q = 50\%$ -os szinteken vizsgáljuk a preferenciát, akkor ennek a jelentése:  $C_i$  akkor előnyösebb mint  $C_j$ , ha legalább 70% súlyozott relatív gyakorisággal jobb, de a legnagyobb hátrányának a nagysága legfeljebb 50% az elérhető legnagyobbhoz képest. A  $p$  és  $q$  értékének a megválasztása nagy szabadságot nyújt a szakértőknek. Az eljárás széles körben ismert és a hazai gyakorlatban jól bevált [12].

#### 1.5.6. PROMETHEE és a GAIA módszerek

A PROMETHEE eljárás az európai iskola jelenleg legkiforrottabb változata, módszertana alapján fejlesztették ki a PROMCALC & GAIA döntéstámogató szoftverrendszert. A KIPA módszerhez hasonlóan előny illetve hátránymutatókat határoz meg minden  $A_i, A_j$  alternatívára és a döntési kritériumot ezen mutatók szerint adja meg. Az eljárást részletesen, példával illusztrálva ismerteti a [49].

Az eljárás az alternatívákat szempontonként hasonlítja össze egymással. Az összehasonlításhoz hat általános  $P(A_i, A_j)$  szempontfüggvényt használ, melyekre igaz:

$$P: A \times A \rightarrow [0,1],$$

ahol  $A$  az alternatívák halmazát jelenti.

A szempontenkénti preferenciákat összegezve megkaphatók az alternatívapárok aggregált preferenciái:

$$P(A_k, A_l) = \sum_{i=1}^m \omega_i P_i(A_k, A_l).$$

Az  $\omega_i$  jelenti a szempontok súlyszámait, és:

$$\sum_{i=1}^m \omega_i = 1.$$

Az általános szempontfüggvények sajátosságai szerint  $P(A_i, A_j)$  csak  $A_i$  alternatíva  $A_j$  alternatívával szembeni előnyét mutatja, és nem szolgáltat információt  $A_j$ ,  $A_i$ -hez viszonyított hátrányáról. A  $P(A_i, A_j)$  elemekből képzett mátrix tehát nem szimmetrikus, ezért szükséges valamennyi alternatívapárra kiszámolni az aggregált preferenciamutatót.

A rangsor felállításához két új mutatót vezet be, ezek a pozitív és a negatív döntési folyam mutatói,  $n$  számú alternatíva esetén a pozitív döntési folyam:

$$\Phi^+(A_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{X \in A} P(A_i, X),$$

a negatív döntési folyam:

$$\Phi^-(A_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{X \in A} P(X, A_i),$$

vagyis a pozitív döntési folyam megegyezik a  $P(A_i, A_j)$  mátrix sorvektor elemeinek az átlagával, a negatív döntési folyam pedig a mátrix oszlopvektor elemeinek az átlagával úgy, hogy a  $P(A_i, A_j)$  mátrix fődiagonális elemei nincsenek figyelembe véve.

Az alternatívák végső sorrendjét, vagyis a teljes rangsor felállítását a nettó döntési folyam segítségével végzi. A nettó döntési folyamot a pozitív és a negatív döntési folyamokból származtatja:

$$\Phi(A_i) = \Phi^+(A_i) - \Phi^-(A_i).$$

Az un. PROMETHEE II teljes rangsor definíciója a [49] 17. oldal szerint:

$$A_i P'' A_j \Leftrightarrow \Phi(A_i) > \Phi(A_j),$$



$$A_i P^{II} A_j \Leftrightarrow \Phi(A_i) = \Phi(A_j),$$

$$\forall (A_i, A_j) \in A \times A,$$

ahol:  $A_i P^{II} A_j$  jelentése:  $A_i$  preferál  $A_j$ -hez képest,

$A_i I^{II} A_j$  jelentése:  $A_i$  indifferens  $A_j$ -hez képest.

A PROMETHEE eredményeinek részletes elemzéséhez és vizuális megjelenítésére szolgál a GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Assistance) módszer. Az eljárásnak csak a lényegi részét közlöm a [49] szerint.

A vizuális megjelenítéshez az alternatívák nettó döntési folyamait bontjuk a szempontok súlyozott nettó döntési folyamainak az összegére, a [49] 20. oldal szerint:

$$\Phi(A_j) = \sum_{i=1}^m \omega_i \Phi_i(A_j).$$

Bevezetve az  $a_{ij} = \ddot{O}_i(A_j)$  jelölést, a következő döntési táblázatot kapjuk:

$$\begin{array}{c} \omega_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \omega_m \end{array} \begin{array}{c} C_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ C_m \end{array} \begin{array}{ccc} A_1 & \dots & A_n \\ \left[ \begin{array}{ccc} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{array} \right] \end{array}.$$

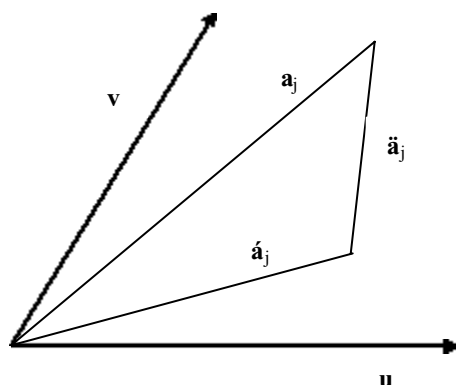
Az alternatívák szempontonkénti reprezentációit megjelenítő mátrixot felbontjuk oszlopvektoraira:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} = [\mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_n], \quad \mathbf{a}_j \in R^m, \quad j = 1, \dots, n.$$

Az  $\mathbf{a}_j$  vektor tartalmazza  $A_j$  alternatíva szempontonkénti nettó döntési folyamait, vagyis reprezentálja az  $A_j$  alternatívát. A GAIA ezeket a vektorokat ábrázolja. Viszont ezek a vektorok  $m$  komponenssel rendelkeznek, ezért csak az  $m$ -dimenziós térben lehetne ábrázolni. A vizuális megjelenítéshez az  $m$ -dimenziós tér vektorait a tér 2-dimenziós alterére vetíti. Legyen a 2-dimenziós alteret generáló két egységvektor  $\mathbf{u}$  és  $\mathbf{v}$  ahol:

$$\mathbf{u}, \mathbf{v} \in R^m, \quad \|\mathbf{u}\| = 1, \quad \|\mathbf{v}\| = 1, \quad \mathbf{u}^T \mathbf{v} = 0.$$

Legyen  $\mathbf{a}_j$  vektor  $\mathbf{u}$  és  $\mathbf{v}$  által generált síkra vetített vetülete  $\hat{\mathbf{a}}_j$ , és  $\tilde{\mathbf{a}}_j$ ,  $\mathbf{a}_j$  és  $\hat{\mathbf{a}}_j$  különbségvektora (4. ábra).



4. ábra. A GAIA eljárás vektorai  
[49] 21. oldal

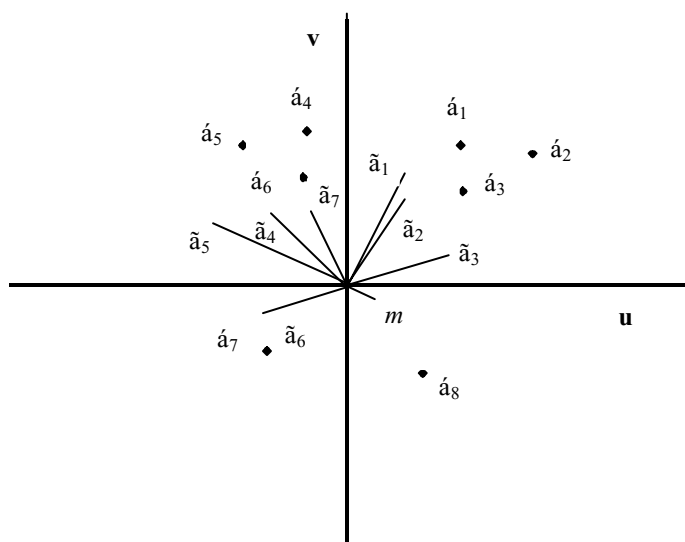
Cél olyan  $\mathbf{u}$  és  $\mathbf{v}$  keresése, ahol  $\sum_{j=1}^n \tilde{\mathbf{a}}_j \rightarrow \min$ . A módszer eredményeként síkon válnak ábrázolhatóvá az alternatívák és a szempontok. Az eredmények értelmezését egy fiktív példán keresztül mutatom be (5. ábra).

A alternatívák vetületeit az  $\alpha_j$ ,  $j = 1, \dots, 8$ , szimbólumokkal jelölt pontok mutatják, a szempontokat pedig  $\tilde{a}_i$ ,  $i = 1, \dots, 7$  szimbólumokkal jelölt tengelyek. A súly vetülete az  $m$  tengely.

A szempontok vetületének a tengelye olyan irányt jelöl ki, ahol az oda eső alternatívák előnyös tulajdonsággal rendelkeznek a kérdéses szempont viszonylatában. Ebből adódóan az egymáshoz közel eső alternatíváknak kiszűrhetők azon tulajdonságai, amiben hasonlóságot tapasztalhatunk. A szemponttengelyek vetületeinek az egymással bezárt szögéből a szempontok közötti összefüggésekre lehet következtetni. Amennyiben ez a szög kicsi, akkor szorosabb korrelációra lehet következtetni, az ilyeneket *hasonló szempontoknak* nevezzük. *Független* szempontokról beszélünk, ha a szög  $90^\circ$  körül van és *ellentétesek*, ha a tengelyek vetületei  $180^\circ$ -os szöget zárnak be. A súlytengely  $m$  vetületének a nagyságából a súlysúlyszámok befolyásoló hatásának a nagyságára lehet következtetni.

Az 5. ábrán tehát az  $A_1, \dots, A_3$  alternatívák  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  vetületei egymáshoz közel vannak, ami azt jelenti, hogy a szempontrendszerben megfogalmazott értékrend szerint hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek, azaz a  $C_1, C_2, C_3$  szempontok szerint előnyösek a  $C_6$  szerint pedig hátrányosak.

Az  $A_4, \dots, A_6$  alternatívák a  $C_4, C_5, C_7$  szempontok szerint rendelkeznek előnyös tulajdonságokkal, míg egyértelműen hátrányos tulajdonságokkal az 5. ábra szerint nem rendelkeznek. Az  $A_7$  alternatíva csak  $C_6$  szerint előnyös és  $C_1, C_2, C_3$  szempontok szerint hátrányos.



5. ábra. GAIA módszer eredményei

A szempontokat vizsgálva  $C_1$  és  $C_2$  hasonló,  $C_1$  és  $C_5$  független és  $C_3, C_6$  ellentétes szempont.

### 1.5.7. AHP (Analytic Hierarchy Process) eljárás

Az eljárás az amerikai iskola legkidolgozottabb képviselője, kifejlesztése Saaty [54] nevéhez fűződik. Az eljárás módszertana alapján dolgozták ki az Expert Choice döntéstámogató szoftverrendszert. Az amerikai iskola alapvető különbsége az európaival szemben (PROMETHEE, KIPA), hogy az alternatívák tulajdonságait közvetlenül homogenizálja hasznossági függvényeivel, míg az európai iskola az alternatívapárok tulajdonságai különbségét használja ugyanerre. Az európai iskola az alternatívák előnyeit és a hátrányait elemzi, az amerikai pedig az egyes alternatívákat próbálja mérni és a mérés eredményei alapján hasonlít.

Az AHP az alternatívák arányskálaszintű mérésére alkalmas. Módszertanának csak a lényegét közlöm, az eljárást az [50; 51] irodalmak részletesen tartalmazzák.

Legyen  $\mathbf{p} \in R^m$  vektor és képezzük az  $\mathbf{A}$  mátrixot a  $p_i/p_j$  elemek felhasználásával:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} p_1/p_1 & p_1/p_2 & \dots & p_1/p_m \\ p_2/p_1 & p_2/p_2 & \dots & p_2/p_m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_m/p_1 & p_m/p_2 & \dots & p_m/p_m \end{bmatrix}$$

Az  $\mathbf{A}$  definíciója alapján belátható, hogy:

$$\mathbf{A} \mathbf{p} = m \mathbf{p} .$$

A fenti egyenlet viszont az  $\mathbf{A}$  mátrix sajátérték-sajátvektor problémájával egyezik meg, ahol  $m$  a sajátérték, és a  $\mathbf{p}$  az  $m$  sajátértékhez tartozó sajátvektor.

Az  $\mathbf{A}$  mátrix a következő tulajdonságokkal rendelkezik:

1. Reciprok

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} ;$$

2. Konzisztens

$$a_{ij} = a_{ik} a_{kj} .$$

A rangja 1, ezért az [50] 21. oldal szerint csak egy nullától különböző sajátértéke van, ami esetünkben  $m$  (a lineáris algebrához kapcsolódó fogalmak és problémakörök tanulmányozásához az [5; 14; 18; 53; 58] irodalmakat javasolom).

Legyen  $m$  darab objektum, melyek meghatározott szempontbeli értékét közvetlenül nem lehet mérni. Páronként becsülhetők viszont az egymáshoz viszonyított értékarányok, vagyis a  $p_i/p_j$  hányadosok. Az így előálló  $\mathbf{A}$  mátrix legnagyobb sajátértékéhez tartozó sajátvektor tartalmazza az objektumokhoz rendelhető és az őket jellemző  $p_i$  értékeket.

Az összehasonlítások eredményeként keletkező tapasztalati páros összehasonlító mátrixok nem lesznek feltétlenül konzisztensek. Az inkonzisztencia mérésére az AHP módszertan a

$$\frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1}$$

kifejezést használja, melynek maximális értékére 0,1-et javasol, ahol  $\lambda_{\max}$  a legnagyobb sajátérték és  $m$  a páros összehasonlító mátrix sorainak a száma.

A páros összehasonlítást egy kilenc fokozatú skálán kell elvégezni, ahol a preferenciák erőssége a következők szerint értelmezhető:

- 1: egyformán fontos/előnyös;
- 3: mérsékelten fontosabb/előnyösebb;
- 5: sokkal fontosabb/előnyösebb;
- 7: nagyon sokkal fontosabb/előnyösebb;
- 9: rendkívüli mértékben fontosabb/előnyösebb.

Ezen felül felhasználhatók a 2, 4, 6, 8 közbenső értékek is. Az eljárás segítségével meghatározhatók az egyes alternatívákat jellemző szempontok súlyszámai, valamint számíthatók az egyes alternatívák meghatározott szempont szerinti egymáshoz viszonyított értékei. Az összehasonlítás menete:

### 1. Szempontok súlyainak a meghatározása

Minden egyes szempontot páronként az AHP kilencfokozatú skáláján kell összehasonlítani egymással. Az így képzett páros összehasonlító mátrix legnagyobb sajátértékéhez tartozó sajátvektor adja az egyes szempontok súlyait. Amennyiben a

$$A x = \lambda x$$

egyenlőség fennáll, akkor fennáll az

$$A c x = c \lambda x$$

egyenlőség is, ezért az eredményül kapott sajátvektort 1-re kell normálni, vagyis minden egyes komponenst a komponensek összegével osztani kell.

### 2. Az alternatívák (haditechnikai eszközök) szempontonkénti értékelése

Szempontonként kell elkészíteni az alternatívák összehasonlításából a páros összehasonlító mátrixot. Az így képzett mátrixok 1-re normált sajátvektorai megadják az egyes alternatívák szempontonkénti pontértékeit.

### 3. Az egyes alternatívák pontértékeinek a meghatározása

A páros összehasonlító mátrixok sajátvektorainak a meghatározását követően a következő döntési problémához jutunk:

$$\begin{matrix} & x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ & A_1 & A_2 & \dots & A_n \end{matrix} ,$$

$$\begin{matrix} \omega_1 & C_1 & \left[ \begin{matrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{matrix} \right] \end{matrix}$$

ahol az  $\mathbf{a}_j$  vektorok tartalmazzák az  $A_j$  alternatíva  $C_i$  szempontok szerinti pontértékeit ( $i = 1, \dots, m$ ) és  $\sum_{j=1}^n a_{ij} = 1$ . Az  $u_i$  értékek tartalmazzák az egyes szempontok 1-re normált súlyszámait. Az  $\mathbf{x}$  vektor tartalmazza az egyes szempontok pontértékeit. Feladat olyan  $\mathbf{x}$  vektor keresése, amely a legjobban illeszkedik az  $\mathbf{a}_i$  sorvektorokhoz. Csak a három legfontosabb összegzési modellt ismertetem, ezen kívül számos más modellt mutat be a [39; 51] irodalom.

#### *Disztributív modell*

$$x_j^D = \sum_{i=1}^m \omega_i a_{ij}$$

$$\text{és} \quad 0 < x_j^D < 1 \quad \sum_{j=1}^n x_j^D = 1 \quad \sum_{i=1}^m \omega_i = 1.$$

Az eredményül kapott  $x_j^D$  értékeknek önmagukban nincs információtartalmuk, értelmezhetőek viszont az  $x_i^D / x_j^D$  hányadosok, ezért ezt az összegzési módot akkor célszerű alkalmazni, ha az alternatívák preferenciasorrendjére vagyunk kíváncsiak.

#### *Ideális modell*

$$x_j^I = \sum_{i=1}^m \omega_i a_{ij} \frac{1}{\max_j a_{ij}}$$

Az  $x_j^I$  értékeknek itt önmagukban is van információ tartalmuk. Az összegzési modell itt egy olyan ideális alternatívához hasonlítja a többit, amely minden egyes szempont szerint a legjobb tulajdonsággal rendelkezik, és ehhez az ideális alternatívához rendeli az 1 értéket. Az eredményül kapott értékeknek az 1-hez viszonyítva van értelmük. Sok szempont esetén nem célszerű alkalmazni, ugyanis ekkor ez az információtartalom torzulni fog. Minél több szempont szerint történik a vizsgálat, annál valószínűtlenebb, hogy létezik vagy egyáltalán létezhet az 1-es értékkel rendelkező ideális alternatíva. A mérés során tehát elképzelhető, hogy egy nem létező alternatívához képest állapítjuk meg a többi pontértékét.

Másik jelentős hibája abból ered, hogy mindig lesznek egymással ellentétes hatású szempontok, például ilyenek lesznek a teljesítménymutatók és a pénzügyi-gazdasági mutatók, melyek egyszerre a legkedvezőbbek nem lehetnek. A viszonyítási alapként létesülő alternatíva várhatóan egy nem létező és el sem készíthető alternatíva lesz. Ez

ugyanis a példát tovább folytatva itt a legnagyobb teljesítőképességű és egyben a legolcsóbb alternatívát jelentené.

*Minősítő modell*

$$x_j^M = \sum_{i=1}^m \omega_i a_{ij} \frac{1}{a_{i0}},$$

ahol az  $a_{i0}$  szempontként meghatározott olyan érték, amely a döntéshozói értékrend szerint a legkedvezőbb. Ez a modell az 1 értékhez rendeli a szempontkénti minősítő értékekből álló fiktív, esetleg valóságos alternatívát. Ennek megfelelően azon alternatívák  $x_j^M$  értéke, amelyek összességében jobbak mint a minősítő alternatíva, 1-nél nagyobbak is lehetnek.

Az AHP eljárás előnye, hogy alkalmas csak szubjektíven becsülhető tulajdonságok hasznosság-értékeinek a meghatározására, Alkalmazható ugyan objektíven, arányskála szinten mérhető tulajdonságok szerinti összehasonlításra is, viszont, ha az alternatívákat csak ilyen szempontokkal hasonlítjuk össze, akkor a páros összehasonlítást követően az eredeti értékeket kapjuk vissza, ezért ebben az esetben az eljárás alkalmazása értelmetlen. Alkalmazását a hazai szakirodalom is javasolja [6].

Hátrányos tulajdonsága, hogy sok szempont esetén nehéz helyzet elé állítja a páros összehasonlítást végző szakértőt. Az AHP módszertanra épülő szoftver, az Expert Choice maximálisan 9 szempont összehasonlítását teszi lehetővé. Az összehasonlítás során bármely szempont legfeljebb 9-szer lehet jobb a többinél. A preferenciasorrendet növekvőnek feltételezve:

$$a_{19} = a_{12} a_{23} a_{34} a_{45} a_{56} a_{67} a_{78} a_{89}$$

és

$$1 \leq a_{ij} \leq 9.$$

Ennek megfelelően a konzisztencia feltételét valamennyi esetre nehéz biztosítani, figyelembe véve a kombinációk magas számát.

Az 1.5. fejezetből következtethetünk arra, hogy a szempontok fontosságát meghatározó súlyszámokat csak valamilyen pontossággal lehet meghatározni. Az összegzési módszerekből viszont következik, hogy a súlyszámok befolyásolják az alternatívák rangsorát. Fontos információt kaphatunk akkor, ha az alternatívákhoz nem egy pontértéket rendelünk, hanem egy intervallumot, ami megmutatja, hogy a súlyszámok meghatározott tartományban való változása mennyire folyásolja be az alternatívák pontértékeit. Az ilyen típusú vizsgálatokat *érzékenységvizsgálatnak* nevezzük [39; 43; 51].

Az érzékenységvizsgálatot az [51] 10. oldal alapján a következő döntési elvre mutatom be:

$$x_j = \sum_{i=1}^m \frac{\omega_i}{\omega} a_{ij} \quad j = 1, \dots, n,$$

ahol  $\omega = \sum_{i=1}^m \omega_i$ . A döntési elv megegyezik a disztribúciós modellel, az eltérés jelen esetben abban rejlik, hogy a súlyszámok összege nem feltétlenül egységnyi. A súlyszámok egy előre meghatározott intervallumban mozognak:

$$\omega_i \in [\omega_i^-, \omega_i^+], \quad i = 1, \dots, m.$$

Az érzékenységvizsgálat célja meghatározni azokat az

$$[x_j^-, x_j^+], \quad j = 1, \dots, n$$

intervallumokat, melyekben az alternatívák pontértékei a súlyszámok engedett intervallumon belüli változásának a hatására mozoghatnak. Ez a következő hiperbolikus programozási feladat segítségével oldható meg:

$$x_j^- = \min_t \sum_{i=1}^m \frac{t_i a_{ij}}{\sum_{k=1}^m t_k}, \quad t_i \in [\omega_i^-, \omega_i^+], \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n,$$

$$x_j^+ = \max_t \sum_{i=1}^m \frac{t_i a_{ij}}{\sum_{k=1}^m t_k}, \quad t_i \in [\omega_i^-, \omega_i^+], \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n.$$

### 1.5.8. TASCFORM eljárás

A TASCFORM (Technique for Assessing Comparative Force Modernisation, Összehasonlító Haderőmodernizáció Értékelő Eljárás) eljárást az Amerikai Egyesült Államok hadserege részére fejlesztették ki. Az eljárás segítségével adott szintű általános rendeltetésű katonai szervezet képességét számszerű formában lehet meghatározni. Számszerűsíti az egyes fegyverek és fegyverrendszerek fejlesztésének a vizsgált katonai szervezet harci képességeire gyakorolt hatását. A TASCFORM módszertan az alakulatok képességét mérő számot két fő lépésben határozza meg:

- haditechnikai eszköz hatékonysági mutatója;
- alakulat képessége.



A kiinduló pont a katonai szervezethez rendszeresített haditechnikai eszközök halmaza. Az alakulat összesített képességét az eszközeire számított hatékonysági mutatók az eljárás módszertana szerinti összegzése révén nyeri. Az egyes eszközök mérésére külön-külön eljárást fejlesztettek ki, ennek megfelelően a közvetlen irányzású eszközökre a TASCFORM–ARMOR, a közvetett irányzású eszközökre a TASCFORM–ARTY, a repülőeszközökre a TASCFORM–AIR, stb. eljárásokat alkalmazza [19].

Valamennyi módszerre igaz:

- a haditechnikai eszközök hatékonysági mutatóját a képességeik súlyozott összegével határozza meg;
- a számításokhoz haditechnikai eszközcsoportonként un. alapeszközökhöz (pl.: M-60A1, F-4B, stb.) képest viszonyít;
- a hatékonysági mutatók nem konstansok, hanem időbeni függvények.

A módszertan fő vonásai alapján megállapítható, hogy a fegyvercsaládokat vizsgáló TASCFORM módszerek olyan speciális többszemponos döntési módszerek, amely segítségével egy haditechnikai eszköz harci képességének az időbeni változását követhetjük nyomon. A korábban tárgyalt döntési módszereknél már láthattuk, hogy eljárásonként különbözhet az eszközökre számolt eredmény információtartalma. Az eredményeknek lehet saját jelentése, vagy pedig az egymáshoz viszonyított értékeiket elemezhetjük, ez a skála szintjének megfelelően lehet rangsor, különbség, vagy pedig arány. Jelen esetben az eszközökre jellemző olyan számot képez az eljárás, amely segítségével a részképességeiből eredő harci képességét mérhetjük. Ez egy olyan érték számítását jelenti, amelynek hasonlóan az AHP ideális és minősítő módszereihez önmagában is van jelentése. A skála egységnyi értékét egy saját haditechnikai eszköz segítségével állapítja meg. Az eredmény így a vizsgált eszköz alapeszközökhöz viszonyított képességarányát mutatja.

A módszertan másik jelentős vonása, hogy az eredmények az idő függvényében jelennek meg. Számíthatók a korszerűsítések képességekre gyakorolt hatásai. Egy harckocsi esetében mérhetővé válik például a tűzvezető rendszerének korszerűsítésekor az eszköz harci képességének a változása.

## 1.6. KÖVETKEZTETÉSEK

1. A többszemponτος döntéelmélet valamint a matematikai statisztika eljárásait tanulmányozva megállapítom, hogy ezen eljárások várhatóan felhasználhatók a haditechnikai eszközök összehasonlításakor a döntés előkészítésében és támogatásában. A korszerű módszereket tanulmányozva megállapítom, hogy ezek olyan összetett matematikai módszereken alapulnak (többváltozós analízis, lineáris algebra), melyek szükségessé teszik az összehasonlítás folyamatában, ilyen speciális felkészültségű szakértő(k) foglalkoztatását.
2. A többszemponτος döntéelmélet eljárásait vizsgálva megállapítom, hogy két egymástól jelentős mértében eltérő filozófiájú vonulatot különböztet meg a szakirodalom, ezek:
  - európai iskola;
  - amerikai iskola.

*Az európai iskola* az alternatívák rangsorának a megállapítására törekszik, de képességarányok meghatározására nem nyújt lehetőséget. Két alternatíva közül a kedvezőbbet a szempontonkénti előnyök és hátrányok mérlegelésével választja ki.

*Az amerikai iskola* az egyes alternatívák mérésére törekszik, vagyis az összehasonlítást az alternatívákhoz rendelt számok segítségével végzi. Ennek megfelelően a képességarányok megállapítására lehetőséget nyújt.

## 2. A DÖNTÉSI FOLYAMATOT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

### 2.1. ÁLTALÁNOS ISMERTETÉS

A második fejezetben bemutattam, hogy a döntési folyamat során minden lépésnél választani kell az alkalmazható eljárások közül. Az eljárások olyan tulajdonságokkal rendelkeznek, melyek befolyásolják a közöttük történő választást, ami szintén egy döntési problémát jelent. Melyek lesznek azok a tényezők, melyek meghatározó jelentőséggel rendelkeznek a döntési folyamat kialakítása során? Jelen fejezetben erre a kérdésre adom meg a választ, de csak a haditechnikai eszközök összehasonlításának a viszonylatában.

Az 1.3. fejezetben megállapítottam, hogy a szempontrendszer függ a döntéshozói céltól, a döntési környezettől és magától az összehasonlítás tárgyát képező komplex rendszertől. Ezen három tényezőn át keresem meg mindazon jellemzőket, melyek befolyással bírnak a döntési folyamat kialakítására.

A 2.2. fejezetben meghatározom a haditechnikai eszközökkel kapcsolatban felmerülhető összes döntéshozói célt.

A 2.3. fejezetben a döntés környezetét vizsgálom. A környezet fogalmán itt azon körülmények együttesét értem, amelyek szükségessé teszik a haditechnikai eszközök közötti választást. Hipotézisem szerint ezek a következők lehetnek:

- beszerzés;
- fejlesztés;
- adott feladatkörre történő kiválasztás;
- meglévő eszköz összemérése más eszközzel.

Kimutatom, hogy a döntési környezetek milyen célokat realizálnak. Megállapítom, hogy a lehetséges környezetekben milyen összehasonlító eljárásokat lehet illetve kell alkalmazni.

A 2.4 fejezetben a haditechnikai eszközök olyan tulajdonságait gyűjtöm össze, melyek:

- determinálnak meghatározott környezetben általánosan figyelembe veendő főszeponpontokat;
- meghatároznak a haditechnikai eszközök minősítésére általánosan használandó szempontokat.

Hipotézisem szerint az összehasonlítás menetét, vagyis a szempontrendszer és az összehasonlító eljárás kiválasztását befolyásolja a *döntéshozó célja*, a *döntés környezete* és

az összehasonlítás tárgyát képező *haditechnikai eszköz*. Ezen három tényező olyan tulajdonságait állapítom meg a 2.2. a 2.3. és a 2.4. fejezetben, amelyek egyértelmű befolyással bírnak a döntési modell kialakítására.

## 2.2. A DÖNTÉSHOZÓI CÉLOK

A döntéshozót az alternatívák közötti választás során célok motiválják ([13] 238. oldal). Az általános és minden döntési környezetben érvényes döntéshozói cél, a legmegfelelőbb, illetve az optimális alternatíva kiválasztása. Esetünkben az alternatívák haditechnikai eszközök.

A haditechnikai eszközök speciális (katonai) feladatok ellátására készült technikai eszközök, tehát rendelkezniük kell meghatározott funkciók ellátására való képességekkel. Mint technikai eszközre, vonatkoznak rá meghatározott jogszabályok és szabványok. A vizsgált haditechnikai eszköz minden esetben egy rendszer részét vagy elemét képezi, ami további szabványosítási célokat tűzhet ki. Végezetül létezik egy anyagi és egy gazdasági vonzat is.

Ezek alapján egy haditechnikai eszközzel kapcsolatban felmerülő általános döntéshozói cél következő fő csoportjait állapítom meg:

### 1. FUNKCIONÁLIS CÉLOK

Rendelkezzen azon képességekkel, melyek alkalmassá teszik a számára megszabott feladatok ellátására.

### 2. JOGI ÉS SZABVÁNYOSÍTÁSI CÉLOK

- a) Feleljen meg a vonatkozó hazai jogszabályoknak és szabványoknak.
- b) Feleljen meg a NATO szabványosítás elvárt szintjének (compatibility, interoperability, interchangeability, commonability, [42] 293. oldal).

### 3. PÉNZÜGYI CÉLOK

Beszerezési ára, valamint a fenntartási- és az egyéb felmerülő költségek álljanak arányban a pénzügyi lehetőségekkel és a funkciók betöltésének reális költségeivel.

### 4. GAZDASÁGI CÉLOK

- a) Gyártása segítse elő a hazai hadiipari kapacitás fenntartását és fejlesztését.
- b) Beszerzésével létrejövő ellentételezés segítse elő meghatározott régiók fejlődését.

A kérdést, miszerint a lehetséges haditechnikai eszközök közül melyik a „legjobb” a következőképpen fogalmazom meg:

*Melyik haditechnikai eszköz felel meg legjobban a döntéshozói céloknak?*

A felsoroltak közül az 1. a 2. és a 3. egyértelműen a Honvédelmi Minisztérium célja; a 4. a) a Honvédelmi Minisztérium és a Gazdasági Minisztérium közös célja; a 4. b) pedig a Gazdasági Minisztérium célja.

Természetesen nem minden esetben lesz figyelembe véve a felsorolt összes cél. Azt, hogy mely célok realizálódnak, a következő fejezetben tárgyalt döntési környezet határozza meg. A realizált döntési célok pedig meghatározzák, hogy milyen főszenpontokat kell figyelembe venni.

## 2.3. A DÖNTÉS KÖRNYEZETE

### 2.3.1. Beszerzés

A beszerzés környezetének befolyásoló hatásait az alábbi tényezők segítségével vizsgálom:

- szövetségi rendszer (NATO);
- aktuális biztonságpolitikai környezet;
- jogszabályi háttér.

A szövetségi rendszer szűkíti a választható haditechnikai eszközök halmazát. Ez megnyilvánul abban, hogy a Magyar Honvédség beszerzései célszerű biztonsági megfontolások alapján a jelenlegi gyakorlat szerint, szövetséges (NATO), vagy a szövetséghez közeli, főképpen európai országokat célozzák.

Az aktuális biztonságpolitikai környezet beláthatóan módosíthatja a beszerzés során a figyelembe veendő célok súlyát. Nem tárgyalom a politikai környezet befolyásoló hatását, csak megállapítom, hogy ezek minden esetben valamilyen súlyú befolyással rendelkeznek és fognak rendelkezni egy beszerzési környezetben létrejövő döntési folyamatra.

Haditechnikai eszköz beszerzésekor a közbeszerzésre vonatkozó jogszabályok szerint kell eljárni. Az ide vonatkozó jogszabályok: az 1995. évi XL. törvény a közbeszerzésről (továbbiakban Kbt.) és a 152/1999. (X. 22.) Korm. rendelet a haditechnikai eszközök beszerzésére vonatkozó eljárás szabályairól (továbbiakban 152. r.). Az összehasonlítások elvégzése szempontjából lényeges az ajánlatok (ajánlati dokumentációkban szereplő haditechnikai eszközök és a velük járó gazdasági jellegű kínálatok) elbírálására vonatkozó Kbt. 34 § (1) bekezdése, amely szerint a legkisebb ellenszolgáltatású vagy összességében a

legelőnyösebb ajánlatot kell elfogadni. A legkisebb ellenszolgáltatást mint egyetlen vizsgálati szempont alkalmazását csak akkor tartom indokoltnak, ha a Kbt. 42. § alapján megengedett olyan előszűrés lett alkalmazva a közbeszerzési eljárás során, aminek az eredményeképpen az ajánlati szakaszba csak olyan ajánlatok kerültek be, amelyek között a saját értékrendünk alapján csak az ellenszolgáltatási összegben maradt különbség. Amennyiben ez nem áll fenn, akkor az ajánlatokban szereplő haditechnikai eszközöket nem minden vetületük figyelembevételével kerülnek összehasonlításra és ez sérti a teljesség 1.3. fejezetben megfogalmazott elvét.

Az ajánlatok értékelésére a Kbt. 55. § (6) és a 34. § (3) bekezdések vonatkoznak. A paragrafusok szerint az ajánlatokat rész-szempontronként kell értékelni. Minden szemponthoz súlyszámot kell rendelni. Az ajánlati dokumentációban meg kell határozni egy rész-szempontronként azonos intervallumot és egy hozzárendelési szabályt, vagyis definiálni kell a hasznossági függvényt, ami segítségével számolni lehet a megadott intervallumra az egyes ajánlatok rész-szemponatok szerinti pontértékét. Az ajánlatok végső pontszámait a rész-szempontronkénti pontszámok súlyszámmal szorzott összege adja. A Kbt. 55. §-a előírja, hogy a rész-szempontronkénti legjobb tartalmi elemekre a hasznossági függvény értékkészletének a legnagyobb értékét kell adni.

A törvényi előírások egyértelműen megerősítik, hogy többszemponτού döntési problémáról van szó [48]. A törvényi előírásoknak megfelel a Kesselring módszer, az AHP disztributív modell, a Combinex eljárás és a TENDER program. Ellentmondást látok a törvény és az európai iskola 2. fejezetben tárgyalt eljárásai között, mivel ezen eljárások az alternatívák rész-szemponatok szerinti pontértékeit (amennyiben meghatároz ilyen értéket), a többi alternatíva azonos rész-szempontojaihoz viszonyított előnyei és hátrányai szerint számolja és nem közvetlenül a törvényi előírás szerint homogenizál.

Közbeszerzési eljárás lebonyolításakor a 2.2. fejezet valamennyi döntéshozói célja realizálódik. A döntéshozói célok az 1.3. fejezet valamennyi főszempontját determinálják (katonai, műszaki, pénzügyi, gazdasági).

### **2.3.2. Fejlesztés**

Az 1.5.8. fejezetben a TASCFORM módszertanon keresztül már foglalkoztam olyan típusú mérésekkel, melyek egy haditechnikai eszközön végzett fejlesztés hatásainak a meghatározására is szolgál. Ennek egy hazai fejlesztésű eszköz összehasonlító mérésének a példáját a 4. fejezetben mutatom be. A K+F (Kutatás + Fejlesztés) folyamatán belül előfordulhat a többszemponatos döntéselmélet alkalmazása a fejlesztés egy olyan fázisában, amikor az eszköz paramétereit már meg lehet határozni olyan szinten, ami alkalmassá

teheti más, már meglévő hasonló rendeltetésű eszközökkel történő összemérésre. Az ilyen jellegű feladatokra olyan módszerek használható fel, melyek egyértelműen lehetővé teszik:

1. a preferenciarelációk megállapítását;
2. a haditechnikai eszközök kvantitatív szintű skálán történő mérését.

Az 1. pontban megfogalmazott követelményt általánosnak lehet tekinteni. A 2. pont követelményét indokoltta teheti, hogy a mérés eredményeként nem lesz feltétlenül elegendő egy „jobb”, „azonos”, „rosszabb” minősítés. A K+F döntéselőkészítési szakaszaiban lényeges lehet olyan információ, amivel mintegy előre „mérhető” a korszerűsítés hatása. A mérési skála természetesen akkor a legjobb, ha az a legmagasabb szintű tehát arányskála. Erre csak akkor van lehetőség, ha a rendelkezésre álló adatok mérési szintje ezt lehetővé teszi. Elegendő információ nyerhető intervallumszintű skála segítségével, de ebben az esetben a skála tulajdonságainak megfelelően kettőnél több összehasonlított eszközre van szükség, vagyis a fejlesztés kiinduló alapjául szolgáló és a fejlesztés eredményeként megjelenő eszközön kívül legalább még egy haditechnikai eszközre.

Ezeknek megfelelően előnyben részesíthetők az amerikai iskola pontozásos rendszere alapuló eljárásai. Az AHP modelleken belül a disztributív és a minősítő összegzési módok lesznek alkalmasak itt.

A disztributív eljárás olyan preferenciasorrendet szolgáltat, ahol az alternatívák pontértékeinek az  $x_i/x_j$  hányadosai értelmezhetők. A minősítő eljárás az alternatívákat egy olyan virtuális alternatívához képest méri, amely a döntéshozói értékrendben optimális. Elképzelhető, hogy a minősítő értékeket egy valós alternatíva adja. Ebben az esetben előfordulhat, hogy az alternatívák szempontonkénti értékei magasabbak mint a minősítő alternatíva például, ha ezt a fejlesztés kiinduló bázisának tekintett haditechnikai eszköz alapján határozzuk meg. A szempontonkénti pontok számítása a minősítő érték függvényében:

$$f(a_m) = \omega_i \frac{a_{ij}}{a_m}$$

ahol:  $\omega_i$  az  $i$ -edik szempont súlyszáma;

$a_{ij}$  a  $j$ -edik alternatíva  $i$ -edik szempont szerinti realizációja;

$a_m$  a minősítő érték.

A minősítő érték ( $a_m$ ) befolyását  $f(a_m)$ -re jól mutatja a görbéhez húzott érintő meredeksége, vagyis a függvény első deriváltja:

$$f'(a_m) = -\omega_i \frac{a_{ij}}{a_m^2}$$

A derivált abszolútértéke fordított négyzetes arányban áll  $a_m$ -mel, ebből következik, ha a minősítésül szolgáló alternatíva szempontenkénti értékei nagyon kicsik a fejlesztés eredményeként létrejövőhöz képest, akkor erre az alternatívára a módszer irreálisan nagy végső pontértéket ad (4.2. és 4.3. fejezetek).

A fejlesztést elindító körülmények egyértelműen determinálni fogják a döntéshozói célokat. Mivel ezek a körülmények sokfélék lehetnek, ezért itt nem lehet általános érvénnyel a célokat megállapítani. Különbségeket eredményezhet például, ha a haditechnikai eszköz fejlesztése a Honvédelmi Minisztérium saját programja vagy, ha a fejlesztés valamilyen kormányprogram része. Amennyibe a fejlesztés HM program, akkor a 4.b) célon kívül valamennyi döntéshozói cél realizálódik.

### 2.3.3. Kiválasztás

A többszemponos döntéselmélet egy újabb lehetséges felhasználási területe a nem teljesen azonos funkciókkal rendelkező haditechnikai eszközök közül a legmegfelelőbb kiválasztása egy adott feladatkörre. Létrejöhet ilyen szituáció, ha:

1. a feladatkör ellátására egy eszköz több típusváltozata is alkalmas, de a típusváltozatok közötti választás nem egyértelmű;
2. a feladatkör a harcjeljárások változásával együtt változik;
3. az eszközök közel azonos funkciókkal rendelkeznek, de a működésük fizikai elve alapjaiban különbözik.

Az 1. pontban megfogalmazott problémára példaképpen lehet említeni a 12,7 mm űrméretű puskákat. A fegyvercsalád jelentős számú típusváltozattal rendelkezik (mesterlövészromboló; egylövetű, ismétlő vagy félautomata) és ezek közül kell kiválasztani, hogy egy adott feladatkör betöltésére melyik lesz a legalkalmasabb.

A 2. pont problémájára jó példával szolgál a jelenleg világszerte vitatémát okozó nehéz lánctalpas harcjármű vagy a könnyebb és mozgékonyabb kerekes harcjármű közötti választás kérdése.

A 3. pontra példaképpen lehet említeni a páncéltörő rakétakomplexumokat és a páncéltörő ágyúkat.

Mind a három esetben egy meghatározott feladatkör betöltésére nem teljes mértékben azonos funkciókkal rendelkező eszközökből kell kiválasztani a legalkalmasabbat, tehát az alternatívák halmazából a legmegfelelőbbet. A legmegfelelőbb, vagyis a feladatkör



szempontjából optimális alternatíva, a kisebb vagy nagyobb mértékben eltérő funkciókból származó előnyök és hátrányok elemzésével határozható meg. Itt az európai iskola módszerei tűnnek a legjobbnak, mint például a PROMETHEE vagy a KIPA, melyek segítségével az optimális alternatíva egyértelműen kiválasztható és a PROMETHEE vizuális módszere további elemzési lehetőséget nyújt. Ezen felül természetesen alkalmazható más, disztributív jellegű összegzési módszerrel rendelkező eljárás is, amely alkalmas az alternatívák preferenciasorrendjének megállapítására (Kesselring, AHP disztributív modell).

A feladat jellegéből adódóan a haditechnikai eszközök képességeit kell összehasonlítani, tehát a döntéshozó lehetséges céljaiból a funkcionális realizálódik. A funkcionális célok pedig a főszempontok közül a katonait és a műszakit determinálják.

#### 2.3.4. Összemérés

A harcászati feladatok kidolgozásakor szükségesek olyan mutatószámok, melyek segítségével meghatározható a saját és az ellenséges haditechnikai eszköz képességei között lévő eltérés nagysága (pl: TASCFORM). Az egyenértéket adó mutatókat szorzótényezőként használják: például 1 darab T-72 harckocsi megfelel 0,9 Leopard-II A2 harckocsinak. Az ilyen jellegű feladatok elvégzésére arányskála szintű mérést szolgáló eljárás szükséges, ilyen az AHP disztributív modellje, ahol az alternatívák pontértékeinek hányadosa értelmezhető. A pontértékek az összegzési modellből adódóan egységnyi összegűek, ezért az eredményt az

$$x'_j = \frac{x_j}{x_s}, \quad j = 1, \dots, n,$$

összefüggés szerint transzformálni kell, ahol  $n$  az alternatívák száma és  $x_s$  a minősítés alapjául szolgáló saját haditechnikai eszköz.

A kiválasztás környezetéhez hasonlóan itt is a képességek lesznek vizsgálva, tehát a funkcionális célok és a főszempontok közül a katonai és a műszaki realizálódik.

## 2.4. A HADITECHNIKAI ESZKÖZ MINT KOMPLEX RENDSZER

### 2.4.1. A haditechnikai eszköz meghatározása

A haditechnikai eszközt a [61] irodalom a 10. oldalon a következőképpen definiálja:

*„A haditechnikai eszköz a fegyveres erők állományában rendszeresített és/vagy a nemzetgazdaságból honvédelmi célokra bevont eszköz, amely lehetővé teszi a katonai*

*szervezetek feladatainak a megoldását, vagy közvetve azok végrehajtásának a biztosítását mind háborús, mind pedig békeállapot időszakában. A hadfelszerelés azon köre, amelyekre jellemző a huzamosabb ideig tartó alkalmazás, használat és üzemeltetés.*”. A [61] a haditechnikai eszközöket további három fő csoportra bontja:

- harceszközök, melyek a harc megvívását közvetlenül szolgálják;
- biztosító eszközök, melyek a harc megvívását közvetve szolgálják;
- kiszolgáló eszközök, melyek a harc- és az üzemképesség fenntartását szolgálják.

A 152. r. meghatározása szerint *„Kizárólagosan illetve elsődlegesen katonai célokra kifejlesztett, illetve gyártott, repülőgépek, helikopterek,...a felsorolt eszközökhöz kapcsolódó szoftverek, alkatrészek..., ipari javításukkal kapcsolatos szolgáltatások”*.

Mindkét meghatározás szerint a haditechnikai eszköz (elsősorban) katonai (honvédelmi) célokra használt eszköz. A [61] a hadfelszerelésből származtatja a haditechnikai eszközt úgy, hogy ezen belül megkülönböztet egy eszköz és egy anyag kategóriát. A meghatározás szerint az anyag *„működése során rendeltetésszerűen elhasználódik”* [61] 11. oldal, míg az eszközre jellemző lesz a tartós működés.

A 152. rendelet szerint a [61] által definiált hadianyag is haditechnikai eszköz, valamit annak minősül a vele kapcsolatos szolgáltatás.

Értekezésemben a haditechnikai eszközre a [61] meghatározását használom. Döntéseméleti megközelítésben az eszköz az anyag és a szolgáltatás között jelentős különbségek vannak, ezért a megállapításaim a 152. rendelet csak eszköz kategóriába sorolható objektumaira lesznek érvényesek.

#### **2.4.2. Haditechnikai eszközök összehasonlításakor figyelembe veendő főszempontok**

A döntéshozatalkor, ahogy azt a 2.2. fejezetben megállapítottam, arra a kérdésre keresem a választ, hogy melyik eszköz képes legjobban kielégíteni a döntéshozói célokat. A realizált döntéshozói célok, pedig meghatározzák az összehasonlításakor figyelembe veendő főszempontokat.

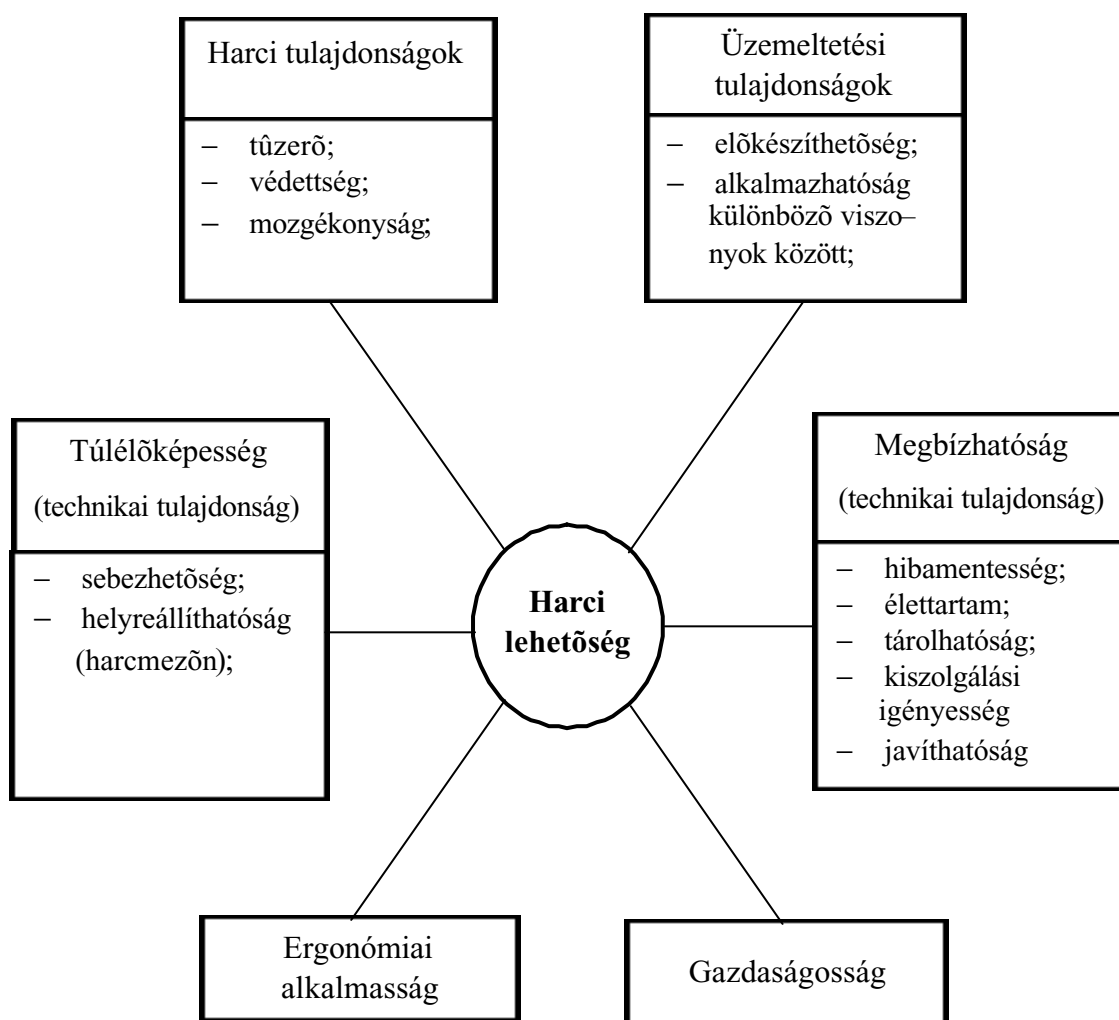
A célok közül elsőként lett megfogalmazva a funkcionális jellegű, amely segítségével az eszköz képességeit vizsgálhatjuk. Az [59] bevezeti a harci lehetőség fogalmát:

*„A harci lehetőség a haditechnikai eszközök minőségének összetett kifejezője azon legfőbb jellemzők, tulajdonságok egy fogalomba egyesítése, amelyek alapvetően meghatározzák a rendeltetés szerinti feladatok végrehajtását, illetve annak lehetőségét.”* [59] 9. oldal.

A definíció szerint a harci lehetőség olyan tulajdonságok együttese lesz, ami pontosan a funkcionális képességeket határozza meg. Az [59] a 9. oldalon a harci lehetőségeket négy fő csoportba osztja (6. ábra):

- harci tulajdonságok;
- üzemeltetési tulajdonságok;
- technikai tulajdonságok;
- ergonómiai alkalmasság.

A 1. fejezetben négy, a gyakorlatban használt főszempontot soroltam fel. Az első kettő a katonai és a műszaki főszempontok, melyek a funkcionális képességeket határozzák meg.



6. ábra. A haditechnikai eszközök harci lehetőségeinek alapvető összetevői [62]

Kérdés, hogy ezeket a képességeket leíró tulajdonságok közül melyek sorolhatók a katonai, illetve a műszaki főszempontok csoportjába. A választ a 6. ábra logikája segítségével adom meg.

A katonai főszempont a felhasználók (üzemeltetők) céljait és értékrendjét hivatott képviselni, ezért ide a felhasználók számára meghatározó tulajdonságok tartoznak. Ezek a tulajdonságok a haditechnikai eszköz mint komplex rendszer kimenetein fognak jelentkezni, ezért *közvetlenül határozzák meg az alkalmazás minőségét*. A 6. ábrából ide, mint közvetlen befolyásoló tényezőket, a harci és az üzemeltetési tulajdonságokat sorolom be.

A műszaki főszempontok az eszközt üzemeltetők céljait képviselik. Ezek olyan jellemzők lesznek, melyek *közvetve határozzák meg az alkalmazás minőségét*, ezért ide a 6. ábrából a technikai és az ergonómiai tulajdonságokat sorolom be. A műszaki főszempontokat ezen felül kiegészítem a minőségügyi szempontokkal.

Ennek megfelelően a főszempontokat a következőképpen definiálom:

*Katonai szempontok:* A haditechnikai eszközt alkalmazók (üzemeltetők) céljait és értékrendjét képviselő szempontok olyan együttese, melyek az alkalmazás minőségét közvetlenül határozzák meg, ilyenek lesznek a harci és az üzemeltetési tulajdonságok.

*Műszaki szempontok:* A haditechnikai eszköz üzemeltetését végzők céljait és értékrendjét képviselő szempontok olyan együttese, melyek az alkalmazás minőségét közvetve határozzák meg. Ilyenek lesznek a technikai szempontok (megbízhatóság, élettartam, kiszolgálási igényesség, karbantarthatóság, javíthatóság béke és harci körülmények között, stb.) az ergonómia és a minőségügy.

*Pénzügyi szempontok:* Azon szintű döntéshozói célokat kifejező szempontok együttese, amely szint, illetve szervezet finanszírozza a kérdéses haditechnikai eszköz beszerzését illetve fejlesztését (mivel a pénzügyi szempontok csak ebben a két döntési környezetben jelennek meg). Mérésükre az eszköz beszerzésével és üzemeltetésével és üzemeltetésével kapcsolatosan fellépő pénzügyi ellenszolgáltatások szolgálnak (beszerzési ár, fenntartási költségek, szükséges karbantartó és javító háttér kiépítésének és fenntartásának a költsége, fajlagos fenntartási költség, stb.).

*Gazdasági szempontok:* A legfelsőbb (kormány szintű) döntéshozó gazdasági céljait kifejező szempontok. Ebbe a kategóriába lehet sorolni a hadiipari kapacitás létrehozását, az egyéb beruházásokat és az ellentételezést jellemző tulajdonságok együttesét.

### 2.4.3. Haditechnikai eszközök összehasonlításakor általános érvénnyel figyelembe veendő szempontok

A haditechnikai eszközök, illetve a hadipar rendelkeznek olyan sajátosságokkal, melyek általánosan figyelembe veendő szempontokat generálnak.

A haditechnikai eszközök rendszerben tartásának várható ideje a nemzetközi gyakorlat szerint 25-35 (40) év, ezért az üzemeltetés teljes idejére, mivel ilyen távlatok előre nem felmérhetők, nem lehet pontosan meghatározni a funkciókat és ezek teljesítésének az elvárt szintjét. Az ilyen helyzetbe, különösképpen a beszerzés és a fejlesztés döntési környezetében előtérbe kerülnek az olyan tulajdonságok, melyek a gyártmány és a gyártó azon képességeit mérik, melyekkel behatárolható a továbbfejlesztés lehetősége. A funkciók változásának a bizonytalan ismerete előtérbe helyezi a többfunkciós haditechnikai eszközöket, így a funkciók száma szempontként is szerepelhet.

A béke üzemeltetés mennyiségileg kevés és jelentős mértékben tér el a háborús üzemeltetéstől, ezért csak a béke üzem alapján teljes bizonyossággal nem feltétlenül határozható meg a háborús üzemre való képesség. A beszerzés környezetében ezért, különösképpen a harceszközöknél, szempontként kell figyelembe venni –amennyiben van– a harci alkalmazás tapasztalatait is.

Az egyértelműen előre nem mindig ítéltető meg, hogy minősített helyzetekben egyes szövetségen kívüli országok hogyan fogják kialakítani a saját szövetségi körüket. A beszerzés környezetében ezért szempontként kell figyelembe venni annak az országnak a hovatartozását, ahol a gyártó cég és az összeszerelő üzem székhelye található.

## 2.5. KÖVETKEZTETÉSEK

Az összehasonlítás folyamatát befolyásoló három tényezőt (döntéshozói cél, döntési környezet, haditechnikai eszköz) tanulmányozva a következőket állapítom meg:

1. Az általános *döntéshozói célok* vonatkozhatnak:
  - az eszköztől elvárt funkciók betöltésének a minőségére;
  - jogszabályi és szabványi megfelelésre;
  - pénzügyi és gazdasági vonzatok nagyságára.
2. A haditechnikai eszközök összehasonlítása négy esetben válhat szükségessé. Az eseteket a *döntés környezetének* nevezem, melyek a következők lehetnek:
  - beszerzés;
  - fejlesztés;

- kiválasztás;
- összemérés.

A döntés környezete befolyásolja a döntés folyamatát, evvel együtt befolyásolja az összehasonlító módszer kiválasztását, valamint meghatározza, hogy az összehasonlítás során az általános döntéshozói célok közül melyek lesznek figyelembe véve.

3. *Haditechnikai eszközök* összehasonlításakor katonai, műszaki, pénzügyi és gazdasági főszempontokat kell figyelembe venni. Továbbá meghatározott döntési környezetekben (beszerzés, fejlesztés) lesznek olyan szempontok, amelyeket általános érvénnyel alkalmazni kell, ezek:

fejleszthetőség (gyártmány és a gyártó képessége);

harc alkalmazás tapasztalatai;

származási hely.

### 3. ÉRTÉKREND MEGHATÁROZÁSA

#### 3.1. ÁLTALÁNOS ISMERTETÉS

Az értékrend az 1. fejezetben foglaltak alapján az eszközt jellemző szempontrendszerből és a szempontok fontosságát jelző súlyszámokból áll. Az értékrend a döntéshozó céljaitól, lehetőségeitől és a döntés környezetétől függ, tehát egy adott szituációban az összehasonlítás létrejöttétől függetlenül létezik.

Az összehasonlítások elvégzése miatt ezt az értékrendet, a kiválasztott összehasonlító módszer sajátosságai alapján, explicit formában definiálni kell. Jelen fejezetben az értékrend definiálásának gyakorlatával és az összefüggéseivel foglalkozom.

A 3.2. fejezetben a szempontrendszer meghatározását vizsgálom, ezen belül a 3.2.1. fejezetben a szempontrendszer meghatározás általános összefüggéseit keresem. A szempontrendszer felépítését egy gyakorlati példán keresztül mutatom be (katonai terepjáró tehergépkocsi). Kutatási célom meghatározni a haditechnikai eszközöket jellemző szempontrendszer rangsorra, vagyis az összehasonlítási pontosságára gyakorolt hatását.

A 3.2.2. fejezetben a faktor- és főkomponensanalízis alkalmazhatóságát két gyakorlati példán keresztül vizsgálom (tehergépkocsi, gépkarabély). Hipotézisem szerint a ezen eljárások elősegíthetik a haditechnikai eszközöket leíró szempontrendszer kialakítását. Kutatási célom meghatározni az alkalmazhatóság peremfeltételeit

A 3.3. fejezetben a súlyszámok meghatározásával foglalkozom. Csak a kvantitatív szintű eredményeket szolgáltató eljárásokat vizsgálom meg (AHP, Guilford). Az eljárások használatát gyakorlati példákon keresztül mutatom be. Kutatási célom meghatározni a két vizsgált eljárás alkalmazásának peremfeltételeit.

#### 3.2. SZEMPONTRENDSZER MEGHATÁROZÁSA

##### 3.2.1. A szempontrendszer heurisztikus kialakítása

Az 1. fejezetben az összehasonlításra és a súlyszámok megállapítására számos eljárást ismertettem, nincs viszont a szempontrendszer kialakítására semmilyen általánosan használható algoritmus, ami megkönnyítené a döntési folyamatnak ezen részét.

A [32] alapján az 1. fejezetben leírtam azon jellemzőket, melyeket teljesíteni kell a szempontok kiválasztásakor, de ezek nem határolják, és nem is határolhatják be olyan pontossággal a folyamatot, amiből az eredmények egyértelműen következhetnének. Ennek megfelelően két azonos összetételű és felkészültségű szakértői csoport egymástól elkülönítve, azonos eszköz jellemzésére nem feltétlenül azonos szempontrendszert állítana össze. A szakértői csoportok alkalmazásának a [3] 108. oldal szerint előfeltételei vannak.

Az 4. fejezetben látható lesz, hogy a különböző módszerekkel összehasonlított haditechnikai eszközök rangsora, amennyiben azok között jelentős különbségek vannak az esetek többségében azonosak lesznek. Más rangsort akkor eredményeznek az összehasonlító módszerek, ha a kérdéses alternatívák között amúgy is csak jelentéktelen eltérések vannak. A 2. fejezetben felsoroltam azokat a környezeteket, melyek az összehasonlítást generálják. Ezek közül a Honvédségre gyakorolt hatását tekintve a legfontosabb a beszerzés, ennek a mennyiségét a [40] a technikai állapot alapján jelentős mértékűnek prognosztizálja. A beszerzésnél viszont a módszert egyértelműen előírja a Kbt., tehát a döntés folyamatában az összehasonlító módszer adott, a súlyszámok meghatározására algoritmusok állnak rendelkezésre, a szempontrendszer kialakítására viszont csak általános jellegű ajánlások vannak, melyek teljesítési szintje szubjektív.

Ezek alapján megállapítom, hogy beszerzés során egyértelműen, a többi döntési környezetben pedig várhatóan a szempontrendszer kialakításakor lehet a legnagyobb pontatlanságot vinni a döntési modellbe, így a rangsorra a legnagyobb befolyást várhatóan a szempontrendszer fogja gyakorolni.

A 2. fejezetben meghatároztam azokat a főszempontokat, melyek általános érvénnyel alkalmazhatók minden haditechnikai eszköz esetében. A főszempontok alapján a szempontrendszer felépítését főnről lefelé haladva, a rendszer folyamatos bontásával célszerű elvégezni. A rendszer analízis segítségével történő felbontását a gyakorlat is igazolja [21]. A gyakorlat által is jól visszaigazolt szervezési módszer, miszerint a szakértők szakterületüknek megfelelően, a főszempontok alapján alkotnak csoportokat (bizottságokat). A haditechnikai eszköz, mint komplex rendszer vizsgálatához két fogalmat definiálok:

*Tulajdonság:* Az eszköz olyan jellemzője, ami műszaki, fizikai vagy pénzügyi paraméter segítségével egyértelműen meghatározható. Ilyenek például a geometriai méretek, a teljesítménymutatók és az eszközzel kapcsolatban felmerülő költségek.

*Szempont:* A döntéshozói célok felbontásából adódó jellemző. Ilyenek például a tűzerő, a védettség, a mozgékonyosság, az ergonómia, stb.



A tulajdonság tehát az eszközre, a szempont pedig a döntéshozói célokra jellemző ismérv. Ennek megfelelően a szempontrendszer alapvetően a döntéshozói céloktól függ és csak ezeken keresztül függ az eszköztől. A szempontok alapján így válhat lehetővé az összehasonlítás a kiválasztás környezetében, ahol nem feltétlenül azonos funkciókkal rendelkező haditechnikai eszközöket mérünk össze.

Mivel döntéshozói célokat kell kielégíteni, ezért az összehasonlításhoz szükséges adatok halmazához a döntéshozói célok részekre bontásából adódó szempontrendszeren keresztül kell eljutni. A rendszert a legfelső szinten a főszempontokból kiindulva a szempontok definíciója által megengedett szintig kell felbontani. Az elemzés következő lépése a legalsó szinthez tartozó szempontok mérése, vagyis a mérésekre szolgáló tulajdonságok meghatározása.

<b>Főszempontok</b>	<b>Alszezpontok első szintje</b>	<b>Alszezpontok második szintje</b>
Katonai	Mozgékonyosság	Terepjáróképesség
		Stratégiai mozgékonyosság
	Szállítóképesség	Terhelhetőség
		Rakodhatóság
		Felépítmény
	Kiképzés	
	Védettség	Tűzerő
		Páncélvédelem
Méret		
Műszaki	Ergonómia	
	Megbízhatóság	
	Korszerűség	
	Tárolhatóság	
	Javíthatóság	
	Környezetvédelem	
Pénzügyi	Beszerezés	
	Fenntartás	

7. ábra Katonai terepjáró tehergépkocsik szempontrendszere (változat)

A szempont és a tulajdonság általam történő megkülönböztetésének a jelentőségét a 7. ábrán látható gyakorlati példán keresztül mutatom meg. Az ábra a katonai terepjáró tehergépkocsikat jellemző szempontrendszer egy változatát mutatja be. Nem szerepeltetem az ábrán a szempontok mérésére szolgáló tulajdonságokat.

A 7. ábrán látható olyan szempont, ahol meghatározható azon tulajdonságok halmaza, melyek segítségével a kérdéses szempontot nagy pontossággal mérni lehet. Ilyen például a pénzügyi szempont. A szempontot egyértelműen meghatározza, valamint a tulajdonságok

természetéből adódóan nagy pontossággal adódik a beszerzés költsége, a fizetési feltételek, a garancia és a kötbér, ezen felül jó közelítéssel számítható a jövőbeni fenntartás költsége. Nem ilyen egyszerű a helyzet például a terepjárás esetében. Egy jármű terepjáróképességét a műszaki paramétereinek az együttese határozza meg (járószervezet, erőátvitel, teljesítménymutatók, geometriai paraméterek, stb.). Ezeknek a műszaki paramétereknek és jellemzőknek a terepjáróképességre gyakorolt befolyásuk nagyságát a jármű szerkezeti kialakítása determinálja. Tehát ezen mennyiségi és minőségi változók egymástól elkülönített vizsgálata még súlyozott formában sem fogja feltétlenül egy adott gépjármű terepjáróképességét a valóságnak megfelelő értékkel reprezentálni. A példánkban hasonló tapasztalhatunk az ergonómia és a javíthatóság esetében. Ezeket a szempontokat elégséges pontossággal csak valamilyen számítógépes szimuláció, vagy csapatpróba segítségével lehet lemérni.

Vannak olyan szempontok, melyeket a jármű paramétereinek segítségével szubjektív, ítéletekkel jó közelítéssel mérhetünk. Ilyen például a rakodhatóság és jelen esetben a kiképzés.

A következő csoportot azon szempontok alkotják, melyeket minőségi változók segítségével egyértelműen mérhetünk. Ezen ismérveknek pedig meghatározható az a változata, amely teljesítését valamilyen jogszabály írja elő, vagy szükséges a haditechnikai eszköztől elvárt funkció teljesítéséhez. A példában ilyen a környezetvédelem, ahol jogszabály írja elő az emissziós értékeket, vagy a felépítmény, ahol az adott típusú konténer felszerelhetősége szükséges az eszköztől elvárt funkció teljesítéséhez.

A vázolt szempontcsoportokat az alábbiakban foglalom össze:

- a) az eszköz tulajdonságai alapján közvetlenül és pontosan mérhető szempontok;
- b) az eszköz tulajdonságai alapján szubjektív ítéletekkel mérhető szempontok;
- c) minőségi ismerv segítségével mérhető szempont, ahol a meghatározott ismérvváltozat megléte egyértelmű követelmény;
- d) az eszköz tulajdonságai alapján nem, illetve nem meghatározható pontossággal mérhető szempont.

Az a) és a b) pontokba sorolható szempontok, mivel elégséges pontossággal mérhetők, részét képezhetik az összehasonlító eljárásoknak, vizsgálatuk nem áll ellentétben a Kbt.-el.

A c) pontba sorolt szempontoknak a jogszabályok vagy az eszköztől elvárt funkció egyértelműen meghatározza, hogy milyen ismérvváltozattal kell rendelkezniük, ezért a vizsgálatuk szükséges, de nem képzik részét az összehasonlító eljárásoknak. Nem áll

ellentétben a Kbt.-vel, ezen szempontok segítségével vizsgálható a haditechnikai eszköz alkalmassága.

A d) pontba sorolt szempontok mérése számítógépes szimuláció vagy csapatpróba segítségével valósítható meg. Csapatpróbara közbeszerzési eljárás esetén nincs lehetőség, a számítógépes szimuláció pedig ellentmondásban áll a Kbt.-vel (a közbeszerzési értesítőkből a 2002. január 1-ével hatályba lépő, a döntési modellt leíró törvénymódosítás óta nem találtam rá precedenst), ezért közbeszerzés esetén ezeket a szempontokat nem meghatározható pontossággal lehet csak mérni. Ebből adódóan az ilyen esetekben, a vizsgált haditechnikai eszközök között felállított preferenciasorrend nem fogja feltétlenül visszatükrözni a döntéshozói értékrendet.

### **3.2.2. Faktoranalízis alkalmazása**

Az előző fejezetben definiáltam a tulajdonság és a szempont fogalmát. A definíciókból adódóan a legalsó szinten lévő szempontok meghatározott tulajdonságok segítségével mérhetőek. Egy helyesen kiválasztott szempontnak viszont olyan tulajdonságokat kell magába foglalni, –mivel ezek együttesen mutatják meg egy eszköz meghatározott szempont szerinti képességét– melyek egymással is magas korrelációs viszonyban vannak. Ezeknek a tulajdonságsoportoknak a létrehozásához a többváltozós analízis eljárásai közül a faktor- és a főkomponensanalízis alkalmas.

Az eljárások alkalmazhatóságát két gyakorlati példán keresztül vizsgáltam meg. A példákban haditechnikai eszközök (kézifegyver, katonai gépjármű) szempontrendszerét próbáltam kialakítani, az eszközöket leíró paraméterhalmaz segítségével. A szempontrendszer kialakításán kívül a faktorsúlyok nagyságának a műszaki tartalmát kerestem meg, igazolva az eljárás alkalmazhatóságát. A számításokat SPSS 11. statisztikai program segítségével végeztem el. A program angol nyelvű ezért az 1. számú melléklet táblázataiban a magyarázatok angol nyelvűek, az általam feldolgozott tulajdonságok megnevezései pedig magyar nyelvűek.

#### **KÉZIFEGYVER VIZSGÁLATA**

A vizsgálatot 32 darab gépkarabély adatai alapján végeztem el a [8] adatai szerint. A minta jó reprezentálja a világ fontosabb kézifegyvergyártói (USA, orosz, cseh, lengyel, belga, francia, brit, izraeli, magyar) által készített típusokat. Az eredményeket a 1. melléklet tartalmazza. A faktoranalízist –tekintettel a minta alacsony elemszámára– az SPSS 11. nem tudta elvégezni, ezért itt főkomponens analízist alkalmaztam. Az SPSS 11. az

alkalmazhatóságot Bartlet teszt segítségével vizsgálja. Esetembe a próba szignifikancia szintje 0,00% volt, ami megfelel a program által javasolt 5%-os szignifikancia szintnek.

A program alaphelyzetben a korrelációs mátrix egynél nagyobb sajátértékéhez tartozó főkomponenseket veszi figyelembe. Jelen esetben, a kumulált szórásnégyzetek szerint, a főkomponensekhez tartozó együtthatómátrix az eredeti ismérvek szórásnégyzetét 79,85%-ban magyarázzák. Az információveszteség mértéke tehát valamivel meghaladja a 20%-ot. Az eredményeket tartalmazó rotált mátrixot az 5. táblázat mutatja.

5. táblázat

<b>Rotált együtthatómátrix</b>			
	<b>Komponens</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>csőfurat átmérő</b>	<b>,835</b>	-,293	,166
<b>hatásos lőtávolság</b>	<b>,809</b>	,402	7,699E-02
<b>tűzgyorsaság</b>	<b>-,800</b>	-,215	-8,474E-02
<b>torkolati sebesség</b>	<b>-,760</b>	,607	7,677E-02
<b>csőhosszúság</b>	-,139	<b>,788</b>	,296
<b>hossz harchelyzetben</b>	,225	<b>,788</b>	2,958E-02
<b>tárkapacitás</b>	-,136	-2,116E-02	<b>-,940</b>
<b>töltött tömeg</b>	6,969E-02	,524	<b>,728</b>

Az első főkomponenssel legnagyobb korrelációs viszonyban a csőfurat átmérő van, mellette korrelál a tűzgyorsasággal, a hatásos lőtávolsággal és gyenge korrelációt mutat a torkolati sebességgel. A faktorsúlyok nagyságát a műszaki tartalom segítségével lehet magyarázni [7]. A csőfurat átmérő és a lövedéktömeg között köbös, de a csőfurat átmérő és a lövedékfenékre ható gázerő között csak négyzetes arány van, ebből következik, hogy a nagyobb űrméretű gépkarabélyok lövedékei kisebb torkolati sebességgel rendelkeznek. A kisebb csőfurat átmérőjű gépkarabélyoknak, a kisebb gázerők miatt, a mozgó alkatrész tömegei kisebbek (zár, zárkeret, gázdugattyú), ami nagyobb tűzgyorsaság elérését teszi lehetővé. A hatásos lőtávolság és a csőfurat átmérő közötti korrelációt a tapasztalat igazolja, miszerint a nagyobb (7,62 mm) űrméretű gépkarabélyok általában 400 m, az ennél kisebb űrméretűek pedig általában 300 méter körüli lőtávolságokkal rendelkeznek. Ezek a műszaki szempontok szerint is igazoltan összefüggő, a fegyver teljesítményét és lőtávolságát mutató tulajdonságokat összesítő főkomponens, a *tűzerő* szempontját reprezentálja.

A második főkomponenssel a hossz harchelyzetben és a csőhosszúság korrelál. Az összefüggés mértékét magasabbnak lehetne várni, ezt magyarázni lehet avval, hogy a

fegyver harchelyzetbeni, tehát kihajtott válltámasszal számított hosszúsága a cső hosszúságán kívül függ a hosszúság és a csőhossz hányadosából származtatott mutatótól. A mutató értékét a fegyver szerkezeti kialakítása határozza meg, jelentős eltérések tapasztalható egy hagyományos és egy „bull pup” kialakítású fegyver esetében. A torkolati sebesség gyengén korrelál a második faktoral, mivel ez még számos tényezőtől is függ például a tölténytől. A második főkomponens a *méret* szempontját reprezentálja.

A harmadik főkomponens erősen korrelál a tárkapacitással. Összefüggést lehet látni a tömeggel, de az ellentétes előjel miatt ez fordított arányosságú korrelációra utal, ami első látásra ellentmondásos. Az ellentmondás magyarázható a nem feltétlenül elegendő számú adattal. A [25] irodalom 163. oldalán egy nagyon fontos tényezőt az azonos időbeniség tényezőjét, mint az eljárás alkalmazásának a feltételét említi. Az időbeniség feltétele szerint az adatokat szolgáltató egyedeknek közel azonos időben kell „keletkezniük” ugyanis a paramétereket gazdasági trendek és a műszaki tudományos fejlődés fokozatosan módosítják. Jelen esetben a fegyverek kibocsátási ideje körülbelül 40 éves időintervallumot takar. Ilyen hosszú idő alatt pedig az anyagtechnológiában jelentős változások történtek, ami a fegyverek tömegének a csökkenését is előidézte. A harmadik főkomponens így csak a *tárcapacitás* szempontját reprezentálja.

Az analízis eredményeként a tulajdonságok halmazát három szempont szerint lehet csoportosítani, ezek:

- tűzerő;
- méret;
- tárcapacitás.

A tömeg, mint fontos tulajdonság gyengén korrelál a második és a harmadik főkomponenssel, ezért egyértelműen nem lehetett besorolni egyikbe se. Az ok lehet a minta alacsony elemszáma, a kevés figyelembe vett ismérv, vagy az időbeniség problémája. Az eljárás eredményeképpen a második, illetve harmadik főkomponensek szerint meghatározott szempontok ezért nem egyértelműek.

Az eredmények alapján szükséges megjegyezni, hogy az eljárás segítségével létrehozott három szempont csak a figyelembe vett tulajdonságok alapján reprezentálják az eszközt. Több tulajdonság bevonása a vizsgálatba valószínűleg változatlanul hagyná a tűzerő főkomponensét, de befolyást gyakorolna a második és harmadik főkomponensre, illetve, várhatóan újakat hozna létre.

## KATONAI GÉPJÁRMŰ VIZSGÁLATA

A vizsgálatot 49 darab katonai rendeltetésű közúti és terepjáró tehergépkocsi 17 tulajdonságára végeztem el. A járművek között személygépkocsitól a nyerges vontatóig minden teherbírasi kategória megtalálható. Az egyes típusok gyártásának kezdeti időpontja között nincs jelentős eltérés, tehát itt nem áll fenn a kézfegyvereknél tapasztalt időbeniség problémája. Az adathalmaz elemzését főkomponens- és faktoranalízis segítségével is elvégeztem (1. melléklet). A főkomponens analízis eredményeit a 6. táblázat mutatja.

6. táblázat

Rotált együtthatómátrix					
	Komponens				
	1	2	3	4	5
fogyasztás	<b>,909</b>	,161	-7,802E-02	,161	1,338E-02
motor teljesítmény	<b>,885</b>	,265	,153	,258	-3,659E-02
vontatmány tömeg	<b>,871</b>	7,775E-02	5,517E-02	-,140	-,139
összgördülőtömeg	<b>,790</b>	,370	,279	,296	9,541E-02
max. vonóerő	<b>,781</b>	,180	,291	,199	5,001E-02
öntömeg	<b>,771</b>	,490	,151	,236	7,637E-02
teherbírás	<b>,713</b>	,361	,235	,359	,127
max. sebesség	-,117	<b>-,810</b>	5,093E-02	,101	,338
magasság	,316	<b>,736</b>	,296	-,138	-5,701E-02
teljesítmény dotáció	-,403	<b>-,642</b>	-,368	-,254	-,177
hosszúság	,281	<b>,635</b>	,164	,373	,188
terepjárás	-,157	8,221E-02	<b>,821</b>	,104	-,141
oldaldőlés	-,305	-,207	<b>-,816</b>	,139	-7,722E-02
mászóképesség	-,458	-,120	<b>-,734</b>	4,032E-02	-,124
fajlagos fogyasztás	-,307	1,696E-02	8,954E-02	<b>-,864</b>	2,966E-02
nyomatéki rugalmasság	-,145	-,198	-9,210E-02	-7,568E-02	<b>,868</b>
fordulókör átmérő	,426	,331	,232	,223	,567

A Bartlett teszt eredménye jelen esetben is engedi az eljárás alkalmazását. A korrelációs mátrix legkisebb négy figyelembe vett sajátértékének 0,8-et adtam meg, az együttható-mátrix információtartalma így 81,609%.

A 6. táblázat szerint a *első főkomponenssel* a legnagyobb korrelációs viszonyban a fogyasztás van, mellette korrelációt tapasztalhatunk az öntömeg, a teherbírás, a vontatmány tömeg, a motor teljesítmény, a vonóerő, és az összegördülőtömeg esetében. Ezek a jellemzők beláthatóan műszaki megfontolások szerint is szoros összefüggésben állnak egymással [24]. A főkomponens a *teherbírasi kategória* szempontját reprezentálja.

A *második főkomponens* a max. sebességgel korrelál, emellett gyenge korrelációt tapasztalhatunk a jármű befoglaló méreteivel (hosszúság, magasság) és a teljesítmény dotációval (a gördülőtömeg és a motorteljesítmény hányadosa). Az összefüggés járműtechnikai okai beláthatóak, de az összefüggés nagysága miatt szorosabb korrelációt lehetne várni főképpen a sebesség és a teljesítmény dotáció között. A jelenség magyarázható avval, hogy a járművek legnagyobb sebességét a méreten és a tonnára vetített teljesítményen kívül forgalombiztonsági, és jogszabályi előírások is meghatározzák. Haszongépjárművek esetén és néhány katonai terepjáró tehergépkocsinál a motor egy meghatározott sebesség elérésekor automatikusan le szabályoz, és így műszakilag akadályozza meg a biztonságosnak ítélt sebesség (100 km/h) túllépését. A főkomponens a *közúti mozgékonyság* szempontját reprezentálja.

A *harmadik főkomponens* legnagyobb korrelációban a terepjárás tulajdonsággal van, mellette korrelációt tapasztalhatunk az oldaldőlés és a mászókéesség esetében, melynek oka egyértelmű, kérdéses viszont az ellenkező előjel. A vizsgált járművek között közútiak és terepjárók egyaránt találhatóak. A kialakítást egy alternatív ismérv segítségével vettem figyelembe, melynek értéke 1, ha a jármű közúti és 0, ha terepjáró. A harmadik főkomponens által reprezentált szempont a *terepjáró képesség* szempontja.

A *negyedik főkomponens* egyedül a fajlagos fogyasztással korrelál. Ez a tulajdonság csak a motor korszerűségére jellemző, ezért nem lehet más itt is megjelenő tulajdonsággal való összefüggést tapasztalni. Vizsgálható lenne a fogyasztás, de ennek az értékét a fajlagos fogyasztáson kívül még számos gépjárműtulajdonság alakítja ki, például a teljesítménydotáció, az erőátvitel áttételi viszonyai, a gumiabroncsok kialakítása, és a hajtott tengelyek száma, stb. A negyedik főkomponens ennek megfelelően csak a *fajlagos fogyasztást* reprezentálja.

Az *ötödik főkomponens* csak a nyomatéki rugalmasság tulajdonságával van korrelációs viszonyban. Az előző főkomponens tapasztaltakhoz hasonlóan ez is csak a motor jellemzője.

Az első két főkomponenshez tartozó tulajdonságok közül néhány (öntömeg, teljesítmény dotáció) mindkét komponenssel mutat némi korrelációs viszonyt, amiből nagyrészt a második főkomponens és az ide megállapított szempontot teszi bizonytalanná. A fordulókör átmérő nem korrelál egyértelműen egyik főkomponenssel sem, valamint nem egyértelmű a korreláció a jármű hosszúsága esetében. A vizsgált gépjárművek között van terepjáró személygépkocsi, pick up, nyergesvontató, valamint kettő-, három-, és négytengelyes gépjármű. Az eltérő funkciókból adódóan jelentősek az eltérések a

gépjárműveket jellemző fő méretek arányaiban, amivel magyarázható a jármű befoglaló méreteinek a korrelálatlansága. Nincsen figyelembe véve a tengelyek száma, a nyomtávolság és a tengelytávolság aránya, valamint a szerkezeti kialakítás, amivel a fordulókör korrelálatlansága magyarázható.

A katonai gépjárművek esetében a minta nagysága lehetővé tette a faktoranalízis elvégzését is. A vizsgálatot úgy végeztem el, hogy a főkomponens analízishez hasonlóan 5 faktort hozzon létre a program. A kumulált szórásnégyzetek szerint a faktorsúlyok mátrixa 71,52%-ban magyarázzák az eredeti ismérvek szórásnégyzeteit. Ez az arány kevesebb faktor esetén csökkenő tendenciát mutatott, ami igazolja a faktorok számának helyes megválasztását. Faktoranalízis esetében a minta megfelelőségét a program Kaiser-Meyer-Oldkin teszt segítségével ellenőrzi. Ennek értéke jelen esetben 0,794 volt, ez lényegesen magasabb a program által minimálisan javasolt 0,5-es értéknek. Az analízis eredményeit a 7. táblázat mutatja.

7. táblázat

Rotált együtthatómátrix					
	Faktor				
	1	2	3	4	5
vontatmány tömeg	<b>,850</b>	9,278E-02	,147	,107	-,111
fogyasztás	<b>,812</b>	,429	,189	-3,899E-02	9,282E-03
motor teljesítmény	<b>,756</b>	,534	,250	,190	-,114
öntömeg	<b>,611</b>	,510	,508	,191	9,398E-04
max. vonóerő	<b>,579</b>	,505	,164	,343	-4,138E-02
összgördülőtömeg	,573	<b>,642</b>	,336	,333	-1,561E-02
teherbírás	,497	<b>,638</b>	,341	,257	3,476E-02
fajlagos fogyasztás	-,174	<b>-,607</b>	2,180E-03	,110	1,716E-02
magasság	,304	-7,684E-03	<b>,734</b>	,325	-,117
max. sebesség	-7,879E-02	-6,996E-02	<b>-,621</b>	-4,155E-02	,411
teljesítmény dotáció	-,225	-,454	<b>-,618</b>	-,380	-6,794E-02
hosszúság	,191	,425	<b>,525</b>	,176	6,213E-02
oldaldőlés	-,225	-2,987E-02	-,197	<b>-,887</b>	-2,051E-02
mászóképesség	-,314	-,217	-,114	<b>-,759</b>	-4,891E-02
terepjárás	-9,629E-02	-1,859E-02	,120	<b>,543</b>	-6,386E-02
nyomatéki rugalmasság	-,119	-2,887E-02	-,142	-5,436E-02	<b>,627</b>
fordulókör átmérő	,274	,432	,339	,257	,458

Az eredmények hasonlóságokat mutatnak a főkomponens analízis eredményeivel. Hasonlóságot tapasztalhatunk a harmadik a negyedeik az ötödik faktor és rendre a második a harmadik és az ötödik főkomponens között. A fordulókör átmérő esetében mindkét



eljárásnál ugyan azt tapasztalhatjuk. Az első főkomponensbe sorolt ismérvek a faktoranalízis során két külön faktorba lettek sorolva, kiegészítve az előzőekben függetlennek ítélt *fajlagos fogyasztással*.

Megfigyelve viszont az első két faktort, az ide sorolt tulajdonságok a vontatmány tömeg és a fajlagos fogyasztás kivételével, mind a két faktorról magas korrelációt mutat. Az eredmények pontosítása érdekében ezért a [11] 264. oldal szerinti iterációt végeztem el. Az ott bemutatott példa szerint, az analízisből ki kell hagyni azon tulajdonságokat, melyek legnagyobb együtthatója egy meghatározott értéket nem érnek el. Ez az érték esetemben 0,6 volt. A többszörös iteráció eredményét a 8. táblázat mutatja.

8. táblázat

Rotált együtthatómátrix		
	Faktor	
	1	2
<b>fogyasztás</b>	<b>,908</b>	-6,639E-02
<b>motor teljesítmény</b>	<b>,947</b>	-,279
<b>vontatmány tömeg</b>	<b>,724</b>	-,159
<b>összgördülőtömeg</b>	<b>,856</b>	-,419
<b>öntömeg</b>	<b>,866</b>	-,335
<b>teherbírás</b>	<b>,817</b>	-,324
<b>oldaldőlés</b>	-,141	<b>,980</b>
<b>mászóképesség</b>	-,324	<b>,750</b>

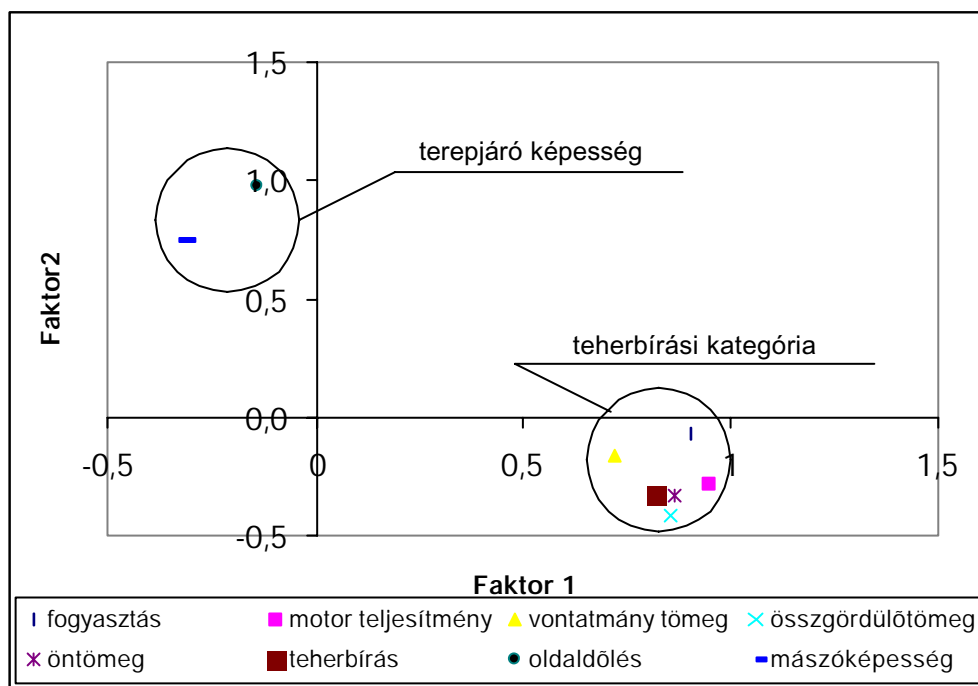
A KMO teszt eredménye 0,826. A két faktor, az iteráció eredményeként megmaradt 8 tulajdonság szórásnégyzetének a 81,822%-át magyarázzák. Vagyis az eddigi eljárások közül ez szolgáltatja a legnagyobb pontosságot. A táblázatot megvizsgálva megállapítható, hogy az eredmények megerősítik a főkomponens analízis során kapott első főkomponenst, a *max. vonóerő* kivételével és megerősíti a harmadik főkomponenst. A terepjárás tulajdonságának a kiesése magyarázható avval, hogy ezt alternatív ismérv segítségével vettem figyelembe, ami a jelen eljárás esetében nem használható.

Végezetül megállapítom, hogy a közel valamennyi lehetséges tehergépkocsit reprezentáló minta alapján a vizsgált tulajdonságokból két olyan csoport szűrhető ki, amelyeket alkotó tagok egymással páronként magas korrelációs viszonyban vannak. Az általuk reprezentált szempontok a következők: *teljesítmény kategória* és *terepjáró képesség*. A mintát alkotó gépjárművekre ezek lesznek az alapvető információt hordozó változók, vagyis ezen két szempont szerint a mintát elkülöníteni. Az eredmények

helyességét visszaigazolják a kiindulási adatok, miszerint a mintát különböző teherbírasi kategóriájú gépjárművek közötti és terepjáró változatai alkotják.

Figyelembe véve a kiszűrt két csoportot függetlennek illetve korrelálatlannak tekinthető a *nyomatéki rugalmasság*, nem képezhető egyértelmű csoport a *max. vonóerő*, a *magasság*, a *max. sebesség*, a *teljesítmény dotáció*, és a *hosszúság* tulajdonságokból. A *fordulókör átmérő* esetében egyértelmű korrelációs viszony nem állapítható meg.

Az analízis eredményeként csak két faktor maradt, ezért lehetőség van a faktortér grafikus ábrázolására is (8. ábra).



8. ábra A teherbírasi kategória és a terepjáró képesség szempontjaihoz tartozó faktortér

A két adathalmaz elemzését követően megállapítom, hogy a faktoranalízis segítségével a rendelkezésre álló tulajdonságokat csoportokba lehet foglalni. A csoportokon belül a korrelációt kiváltó okok azonosíthatók, és ezen okok alapját képezhetik a vizsgált eszközt leíró szempontrendszer kialakításának. Az eredmények lehetővé teszik a tulajdonságok közötti korrelációk segítségével a rendszerben lévő összefüggések feltárását, valamint a tulajdonságok közötti korrelációs viszonyok azonosításával teljesíthető az 1.3. fejezetben megfogalmazott „függetlenség” feltétele.

Az egymással összefüggő adatok kiszűrésével kapcsolatban fellépő problémákra jó példát szolgáltat a motorteljesítmény és a fogyasztás kapcsolata. A 6. táblázat szerint a két mennyiség magasan korrelál egymással, tehát az összehasonlítások elvégzésekor az

eddigiek szerint elegendő az egyik figyelembevétele. A szűrést megelőzően ismét az egyedek összetételét kell megvizsgálni. Az eszközök között a kistehergépkocsitól a nyerges vontatóig minden, közel azonos teherbírással és funkciókkal rendelkező eszközökből álló katonai járműkategória megtalálható. Az eredmények tehát általános jellegűek és nem feltétlenül érvényesek az egyes teherbírasi kategóriákon belül. Összehasonlításakor pedig pontosan ezen kategóriákon belül keressük a számunkra legmegfelelőbb eszközt, vagyis felhasználható eredményt csak akkor kaphatnánk, ha a faktoranalízis segítségével vizsgált egyedek az összehasonlítás tárgyát képező eszközökkel azonos kategóriába lennének. Egy ilyen adathalmaz várhatóan nem is állapítana meg a motorteljesítmény és a fogyasztás között ilyen magas korrelációs viszonyt.

Meghatározó az eszközöket leíró ismérvek teljessége, mivel csak ezeknek az információtartalma kerül feldolgozásra, ennek a feltételnek a be nem tartása egyrésztől a faktorok által nem teljes tulajdonságcsoportokat és ebből adódóan szempontrendszert szolgáltat, másrésztől félreérthetővé teszi az adatok korrelációinak elemzését. A tulajdonságok halmazát, tehát a teljesség követelményének megfelelően kell kiválasztani.

Az eljárás alkalmazása, illetve az eredmények pontossága függ az egyedek, jelen esetben a haditechnikai eszközök számától. További feltétel, hogy a mintát képező eszközöknek közel azonos funkciókkal és teljesítőképességgel kell rendelkezni, vagyis a faktoranalízissel feldolgozott eszközök halmazának és az összehasonlítás tárgyát képezhető eszközök halmazának közel meg kell egyeznie, ugyanis csak ebben az esetben szolgáltat az eljárás olyan tulajdonságcsoportokat és egyéb az eszközökre jellemző összefüggéseket, amelyek az összehasonlítások során felhasználhatóak lesznek.

### 3.3. A SZEMPONTOK SÚLYOZÁSA

A [15; 29] irodalmak tűzérési tűzvezető rendszereket hasonlítanak össze. Az összehasonlítás a témával foglalkozó szakértők által kiválasztott 12 szempont szerint lett elvégezve. Az említett irodalmakban a szempontokat Guilford-féle páros összehasonlítás módszerével lettek súlyozva, az eredményt a 9. táblázat mutatja. Összehasonlításképpen a súlyszámok értékét meghatároztam AHP eljárás segítségével. A páros összehasonlító mátrixot ugyanaz a szakértő töltötte ki mint a [15; 29] irodalmakban a Guilford-féle preferenciamátrixot. A mátrixot a 10. táblázat mutatja.

A 10. táblázatban látható mátrix legnagyobb sajátértékéhez tartozó sajátvektor adja a szempontok súlyát. A sajátvektort MAPLE V program segítségével határoztam meg, a [33] felhasználásával. A számítás a 2. mellékletben megtalálható.

9. táblázat

Tüzérségi tűzvezető rendszerek leíró szempontok súlyszámainak a meghatározása  
Guilford-féle eljárással

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	a	a <sup>2</sup>	p	u	Z	ù
C <sub>1</sub>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	121	0,9583	1,7317	1	14,667
C <sub>2</sub>		1				1			1		1	1	5	25	0,4583	-0,105	0,4698	7,9507
C <sub>3</sub>			1						1				1	1	0,125	-1,15	0,1678	4,1261
C <sub>4</sub>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100	0,875	1,1503	0,8322	12,541
C <sub>5</sub>		1	1		1	1			1	1	1	1	7	49	0,625	0,3186	0,592	9,4987
C <sub>6</sub>			1			1			1	1	1	1	4	16	0,375	-0,319	0,408	7,168
C <sub>7</sub>		1	1			1	1		1		1	1	6	36	0,5417	0,1046	0,5302	8,716
C <sub>8</sub>		1	1		1	1	1	1	1		1	1	8	64	0,7083	0,5485	0,6584	10,339
C <sub>9</sub>									1				0	0	0,0417	-1,732	0	2
C <sub>10</sub>		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	9	81	0,7917	0,8122	0,7345	11,304
C <sub>11</sub>			1						1		1	1	3	9	0,2917	-0,549	0,3416	6,3272
C <sub>12</sub>			1						1			1	2	4	0,2083	-0,812	0,2655	5,3628
Σ	0	6	10	1	4	7	5	3	11	2	8	9		506				100

A sajátvektort az AHP módszertan alapján 1-re normáltam és, hogy összehasonlítható legyen a Guilford eredményekkel, 100-zal szoroztam. Az eredményeket a 11. táblázat és a 9. ábra mutatja.

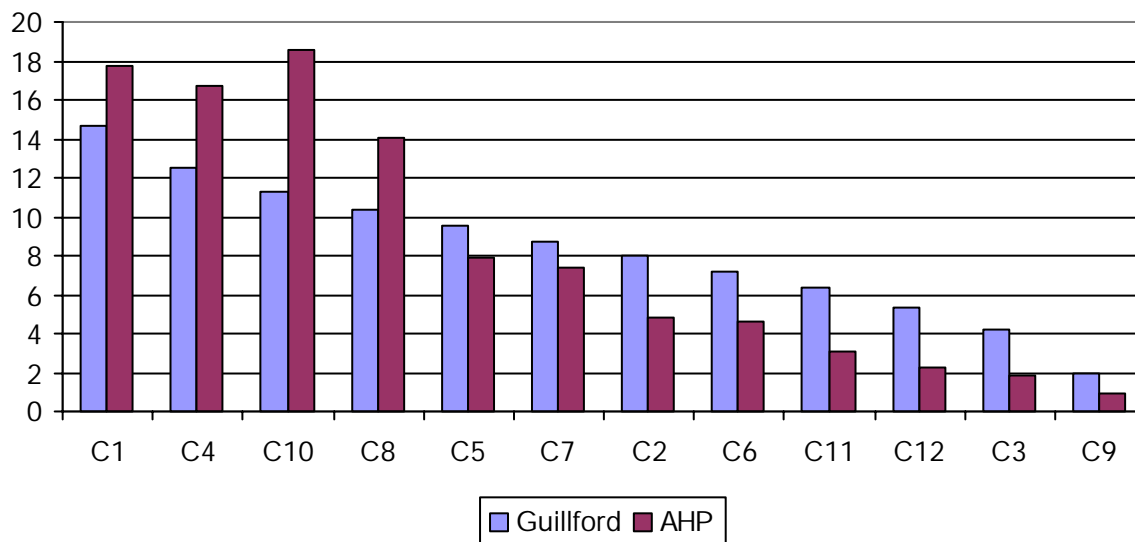
10. táblázat

	Páros összehasonlító mátrix											
	C <sub>1</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>9</sub>
C <sub>1</sub>	1	1	1	3	3	3	4	5	5	6	7	9
C <sub>4</sub>	1	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	9
C <sub>10</sub>	1	1	1	1	3	5	6	6	7	7	8	9
C <sub>8</sub>	1/3	1/2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C <sub>5</sub>	1/3	1/3	1/3	1/2	1	1	2	3	4	5	5	9
C <sub>7</sub>	1/3	1/3	1/5	1/3	1	1	2	3	4	4	5	9
C <sub>2</sub>	1/4	1/4	1/6	1/4	1/2	1/2	1	1	3	3	4	9
C <sub>6</sub>	1/5	1/5	1/6	1/5	1/3	1/3	1	1	3	4	4	9
C <sub>11</sub>	1/5	1/5	1/7	1/6	1/4	1/4	1/3	1/3	1	2	3	9
C <sub>12</sub>	1/6	1/6	1/7	1/7	1/5	1/4	1/3	1/4	1/2	1	2	6
C <sub>3</sub>	1/7	1/7	1/8	1/8	1/5	1/5	1/4	1/4	1/3	1/2	1	6
C <sub>9</sub>	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1/6	1/6	1

AHP és Guilford eredmények

	C <sub>1</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>9</sub>
AHP	17,76	16,69	18,61	14,03	7,94	7,41	4,86	4,64	3,06	2,25	1,82	0,924
Guilford	14,67	12,54	11,3	10,34	9,5	8,72	7,95	7,17	6,33	5,36	4,17	2

Az eredményekből látható, hogy a preferenciasorrend annyiban különbözik, hogy az AHP eljárás a C<sub>10</sub>-es szempontot sorolta elsőnek. Ez következik abból, hogy a szakértő a páros összehasonlító mátrixban az  $a_{1,10}$  -re 1 értéket adott vagyis azonosan preferálta a két szempontot. A két szempont többihez viszonyított értékéhez C<sub>1</sub> és C<sub>10</sub> sorait kell megtekinteni, ahol azt tapasztaljuk, hogy:  $a_{10,i} \geq a_{1,i}$ ,  $i \in [1, \dots, 7, 9, \dots, 12]$ , ami magyarázatot nyújt a C<sub>10</sub> és C<sub>1</sub> közötti preferenciáról.



9. ábra Az AHP és a Guilfor eljárás eredményeinek az összehasonlítása

A számításokat tartalmazó 2. mellékletből látható a páros összehasonlító mátrix magas következetességi mutatója (0,106). A még elfogadható érték az [50] szerint 0,1. Az itt számított ennél valamivel nagyobb. Az 1. fejezetben szó volt arról, hogy a nagy páros összehasonlító mátrixok esetében a konzisztencia feltételét a mátrix méretei miatt nehéz betartani. Esetünkben ez a következőképpen alakul. A mátrix sorai és oszlopai a Guilford eredmények alapján vannak rendezve. Ezen sorrend szerint alkotott kör elemeinek a szorzata a következő lesz (a fődiagonális elemeitől jobbra lévő elemek és az  $a_{9,1}$  szorzata):

$$a_{1,4} a_{4,10} a_{10,8} a_{8,5} a_{5,7} a_{7,2} a_{2,6} a_{6,11} a_{11,12} a_{12,3} a_{3,9} a_{9,1} = 1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 1/9 = 32.$$

Az eredményből látható, hogy a megvizsgált kör, mivel a szorzat eredményének 1-nek kellene lennie, csekély konzisztenciával rendelkezik.

A két eljárás eredményei a preferenciasorrenden kívül a súlyszámok szórásában is különbözik, amit a 9. ábrából jól láthatunk. Az eredmények tehát nem csak a preferenciasorrendben különböznek, ez tovább erősíti azt a tényt, hogy a két különböző, bár ugyanattól a szakértőtől származó eredmény az alternatívák eltérő rangsorát eredményezheti. A magasabb információtartalma miatt az AHP eredményeket kell pontosabbnak tekinteni. Bizonytalanná teszi viszont a választást az AHP eredmények magas és a Guilford eredmények alacsony inkonzisztenciája. A konzisztenciaszint viszont mind a két esetben elfogadható, ezért az AHP eredményeket kell mérvadónak tekinteni.

Az AHP és a Guilford eljárás alkalmazhatóságának a vizsgálatára egy további összehasonlítást is elvégeztem. Az eljárások során nehézpuska<sup>1</sup> szempontjait súlyoztam. A súlyozást az előzőekhez hasonlóan, mindkét eljárás esetében ugyanaz a szakértő végezte el. A súlyozáskor figyelembe vett szempontok:

1. Pontosság;
2. Átütőképesség;
3. Megbízhatóság;
4. Ergonómia;
5. Harctéri mozgathatóság;
6. Szállíthatóság;
7. Élettartam;
8. Kiképzés;
9. Ár;
10. Fajlagos költségek;
11. Tűzgyorsaság.

A Guilford féle páros összehasonlítást a 12. táblázat, az AHP páros összehasonlító mátrixot a 13. táblázat mutatja. A két eljárás eredményeit a 14. táblázat és a 10. ábra segítségével lehet összehasonlítani. Az AHP eredmények kiszámítását a 3. melléklet mutatja.

---

<sup>1</sup> A nehézpuska kifejezésen a 12,7 mm , vagy annál nagyobb űrméretű puskákat értem.

Nehézpuska szempontrendszerének súlyozása  
Guilford-féle eljárással

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	<i>a</i>	<i>a</i> <sup>2</sup>	<i>p</i>	<i>u</i>	<i>Z</i>	<i>ω</i>
C <sub>1</sub>	■	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	8	64	0,77	0,75	0,72	12,27
C <sub>2</sub>	0	■	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	64	0,77	0,75	0,72	12,27
C <sub>3</sub>	1	1	■	1	1	1	1	1	1	1	1	10	100	0,95	1,69	1	16,24
C <sub>4</sub>	0	0	0	■	1	1	0	1	1	1	1	6	36	0,59	0,23	0,57	10,09
C <sub>5</sub>	0	0	0	0	■	1	0	1	1	1	1	5	25	0,5	0	0,5	9,12
C <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	■	0	0	1	0	0	1	1	0,14	-1,1	0,18	4,50
C <sub>7</sub>	1	0	0	1	1	1	■	1	1	1	1	8	64	0,77	0,75	0,72	12,27
C <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	1	0	■	1	1	1	4	16	0,41	-0,2	0,43	8,15
C <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	■	0	0	0	0	0,05	-1,7	0	2,00
C <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	■	1	3	9	0,32	-0,5	0,36	7,13
C <sub>11</sub>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	■	2	4	0,23	-0,7	0,28	5,97
	2	2	0	4	5	9	2	6	10	7	8	55	383				100,00

A súlyszámok meghatározásakor az  $f(x) = mx + c$  transzformációs egyenlet  $c$  értéket 2-nek vettem fel, így a legkevésbé preferált szempont súlya a transzformáció természetének megfelelően 2 lett. Az iránytangens értékét pedig úgy határoztam meg, hogy a súlyszámok összege 100 legyen.

Az inkonzisztens körhármasok száma:

$$d = \frac{n(n-1)(2n-1)}{12} - \frac{\sum_{i=1}^n a^2}{2} = \frac{11 \cdot 10 \cdot 21}{12} - \frac{383}{2} = 1.$$

A körhármasok maximális száma:

$$d_M = \frac{n^3 - n}{24} = \frac{11^3 - 11}{24} = 55.$$

A konzisztenciamutató:

$$K = 1 - \frac{d}{d_M} = 1 - \frac{1}{55} = 0,98.$$

A következetességi mutató olyan magas, hogy a  $\div^2$ -próbát nem szükséges elvégezni. A szakértő közel a lehető legnagyobb következetességgel töltötte ki az űrlapot.

Az AHP eljárás páros összehasonlító mátrixát a 13. táblázat mutatja. A szakértő következetességi mutatója a 3. melléklet szerint 0,2 a megengedett 0,1-hez képest lényegesen magasabb, ezért ezt az eredmények értékelése és elemzése során figyelembe veszem.

13. táblázat

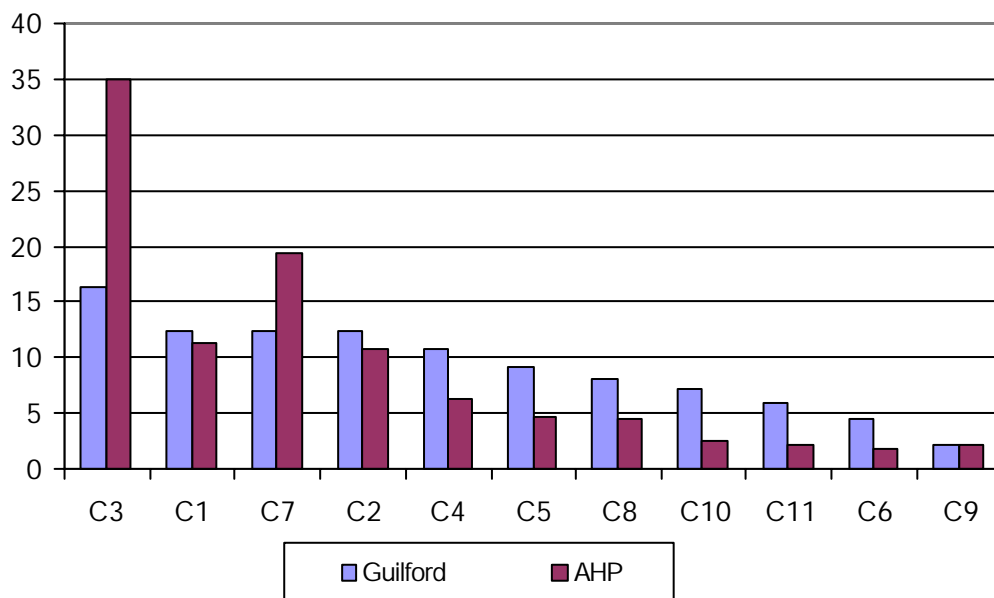
Páros összehasonlító mátrix

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	$C_{11}$
$C_1$	1	3	1/8	3	4	6	1/3	3	3	5	6
$C_2$	1/3	1	1/7	3	3	5	2	3	3	4	5
$C_3$	8	7	1	8	9	9	3	8	8	8	9
$C_4$	1/3	1/3	1/8	1	2	5	1/7	3	3	5	5
$C_5$	1/4	1/3	1/9	1/2	1	5	1/8	3	2	4	2
$C_6$	1/6	1/5	1/9	1/5	1/5	1	1/8	1/3	2	1/2	1/2
$C_7$	3	1/2	1/3	7	8	8	1	8	8	8	8
$C_8$	1/3	1/3	1/8	1/3	1/3	3	1/8	1	4	5	5
$C_9$	1/3	1/3	1/8	1/3	1/2	1/2	1/4	1/4	1	1/2	1/2
$C_{10}$	1/5	1/4	1/8	1/5	1/4	2	1/5	1/5	2	1	3
$C_{11}$	1/6	1/5	1/9	1/5	1/2	2	1/5	1/5	2	1/3	1

14. táblázat

Nehézpuska AHP és Guilford eredmények összehasonlítása

	$C_3$	$C_1$	$C_7$	$C_2$	$C_4$	$C_5$	$C_8$	$C_{10}$	$C_{11}$	$C_6$	$C_9$
AHP	35	11,2	19,4	10,7	6,21	4,66	4,48	2,51	2,05	1,7	2,09
Guilford	16,2	12,3	12,3	12,3	10,7	9,12	8,15	7,13	5,97	4,5	2



10. ábra Nehézpuska AHP és Guilford eljárás eredményeinek az összehasonlítása



A 10. ábra és a 14. táblázat alapján elemezhetővé válnak a két különböző eljárás végeredményei közötti különbségek. A táblázatban és az ábrán a sorrend Guilford eredmények szerint van felállítva.

A 10. ábrát vizsgálva első látásra kitűnik  $C_3$  és  $C_7$  szempont súlyainak az AHP szerint számolt kiugró értékei. Az AHP ezen felül a  $C_7$ -es szempontot a második, a  $C_9$ -es szempontot pedig a nyolcadik helyre sorolta, de jelentős eltérés csak a  $C_7$  értékében van. Ezeknek megfelelően a legjelentősebb eltérés a két eljárás eredményei között a  $C_3$  és  $C_7$  súlyszámainak az értékében van.

A Guilford eljárás az algoritmus miatt, egy szakértő esetében nem tud megállapítani a súlyszámok közötti, az AHP eredményeknél is tapasztalható nagy eltérést, mivel a páros preferenciák megállapításakor csak egy kedvezőbb-kedvezőtlenebb relációt kell eldönteni és nem lehet a páronként vizsgált szempontok közötti fontosság nagyságát a modellben figyelembe venni. Tehát elképzelhető, hogy a jelenleg vizsgált két szempont súlyának az ilyen mértétű kiugró értéke a valóságot takarja. Az eredmények elemzéséhez viszont feltétlenül figyelembe kell venni, hogy az AHP konzisztenciamutatója jelen esetben a megengedett kétszerese, tehát az is feltételezhető, hogy a kiugró értékek csak a következetlenség eredménye. Ebben az esetben a súlyszámok pontos megállapítása érdekében célszerű az AHP eljárást megismételni.

### 3.4. KÖVETKEZTETÉSEK

1. A szempontrendszer heurisztikus kialakításának a vizsgálatokor definiáltam a szempont és a tulajdonság fogalmát, mely definíciók szerint a szempont a döntéshozói célok felbontásából adódó ismérv, míg a tulajdonság a haditechnikai eszközökre jellemző ismérv.

A haditechnikai eszközöket leíró szempontrendszer vizsgálata alapján a következőket állapítom meg:

- a) Az összehasonlítás eredményeit és az eredmények pontosságát a döntési folyamat során várhatóan a szempontrendszer kialakítása fogja a legnagyobb mértékben befolyásolni.
- b) A haditechnikai eszközöket leíró szempontok nem mindegyikét lehet csak az eszközök tulajdonságai alapján mérni. Ezen szempontokat, melyek főleg a vizsgált haditechnikai eszköz katonai képességeire vonatkoznak, csak csapatpróba vagy megfelelő számítógépes szimulációs eljárás segítségével lehet mérni.

2. A faktor- és főkomponensanalízis vizsgálta, valamint az eredmények értékelése alapján megállapítom, hogy ezen eljárások felhasználhatók a haditechnikai eszközöket leíró szempontrendszer kialakításában. Az eljárás alkalmazásának feltételei:
  - a) a tulajdonságoknak a vizsgált haditechnikai eszközt teljes mértékben le kell írniuk;
  - b) a vizsgálatban résztvevő típusok halmazának és az összehasonlításban részvevő típusok halmazának közel azonosnak kell lenni;
  - c) a vizsgált haditechnikai eszközöknek hasonló műszaki-tudományos színvonalat kell képviselniük;
  - d) a vizsgálatot megfelelő számú típus segítségével kell elvégezni.
3. A szempontrendszer súlyozásának a vizsgálata és a kapott eredmények elemzése alapján a következőket állapítom meg:
  - a) A haditechnikai eszközöket leíró szempontok fontosságát jellemző súlyszámok, a szakértői szubjektivitás jelentős mértékű csökkentésével, számíthatók.
  - b) Az arányskála szintű eredményeket szolgáltató AHP eljárás lényegesen nagyobb következetességet követel az űrlapokat kitöltő szakértőtől, mint az intervallumszintű eredményeket szolgáltató Guilford eljárás. Az elvégzett két felmérésből következtetni lehet arra, hogy a Guilford eljárás esetében egyszerre összehasonlítható 12 szempont. Az AHP eljárás esetében az egyszerre összehasonlítható szempontok száma ennél alacsonyabb. Itt célszerű figyelembe venni a módszertanán alapuló Expert Choice döntéstámogató szoftverrendszert, amely egyszerre csak kilenc objektum összemérését teszi lehetővé.

## 4. AZ ÖSSZEHASONLÍTÓ MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA

### 4.1. ÁLTALÁNOS ISMERTETÉS

A döntési folyamat elemeit az előző fejezetekben megvizsgáltam. Jelen fejezetben az folyamat utolsó elemét, az összehasonlító módszerek alkalmazását mutatom be. A vizsgálatok során két haditechnikai eszközcsoportot hasonlítok össze. Az elsőt a katonai terepjáró tehergépkocsik, a második csoportot tüzérségi tűzvezető rendszerek alkotják. A két rendszer között lévő alapvető különbség, a szempontok mérési szintje. A gépjárművek esetében a szempontokat a jármű műszaki paraméterei és az ezekből számított képességei szerint kvantitatív skálán, tüzérségi tűzvezető rendszerek esetében pedig nagyrészt szakértők szubjektív ítéletei alapján kvalitatív skálán mérem.

Az 1. fejezetben a döntési modellek elemzésekor behatároltam azokat a jellemzőket, melyek segítségével az adott szituációban kiválasztható az alkalmazható döntési modell. A 2. fejezetben meghatároztam azokat a körülményeket, melyek befolyásolják a döntési folyamat során az alkalmazható módszer kiválasztását, ezért itt az összehasonlító módszer kiválasztásával már nem foglalkozom.

Jelen fejezetben a kiválasztott haditechnikai eszközök segítségével bemutatom az 1. fejezetben ismertetett fontosabb eljárások (Kesselring, KIPA, PROMETHEE&GAIA, AHP) használatát. Kutatási célom valós példák bemutatásán keresztül igazolni az 1.5. fejezetben ismertetett eljárások alkalmazhatóságát.

### 4.2. GÉPJÁRMŰVEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Az összehasonlítás a 3.2. fejezet 7. ábrája szerint végeztem el. A szempontrendszert az egyes adatok nehéz elérhetősége miatt szűkítettem. Az egyszerűsített szempontokat a 15. táblázat mutatja. A súlyszámokat közvetlen becsléssel határoztam meg. Az összehasonlítást hat terepjáró tehergépkocsira végeztem el. A gépjárműveket a számítások során  $A_1, \dots, A_6$  jelek szimbolizálják. A gépjárművek között vannak teljesen új (1-2 éves) és régebbi (10 éves) gyártmányok. Az  $A_1$  alternatíva közúti gépjármű a többi terepjáró. Az adatokat a 18. táblázat mutatja. Az alszempontok mérésére szolgáló tulajdonságok közül a *VSE görbe alatti területet* a [34] 290. oldal szerint a VSE 4.0 for Windows program segítségével számoltam.

A gépjárművek összehasonlításának alapját képző szempontrendszer  
és a szempontok súlyszámai (változat)

Főszempontok	ù	Alszezpontok	ù	Alszezpontok mérésére szolgáló tulajdonságok	Û
Katonai	0,4	Mozgékonyosság	0,5	VSE görbe alatti terület	0,3
				Legnagyobb emelkedő	0,06
				Oldaldőlés	0,06
				Gázlóképesség	0,06
				Fordulókör sugara	0,12
				Teljesítmény dotáció	0,24
				Motor rugalmasság	0,16
		Szállítóképesség	0,4	Hasznos teher	0,4
				Vontatmány tömeg	0,3
				Rakfelület mérete	0,3
Védelem	0,1	Befoglaló méretek szorzata	1		
Műszaki	0,3	Ergonómia	0,3	Lengéskényelem	1
		Korszerűség	0,7	Szubjektív ítélet	1
Pénzügyi	0,3	Beszerezés	0,5	Beszerezési ár	1
		Fenntartás	0,5	Üzemanyag fogyasztás	1

#### KATONAI GÉPJÁRMŰVEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA PROMETHEE ÉS GAIA MÓDSZERREKKEL

A számításokat EXCEL és MAPLE V programokkal végeztem el (4. és 5. mellékletek). Az eredmények szemléletes ábrázolása érdekében a szempontrendszerből szempontokat emeltem ki és ezekkel építettem fel a döntési mátrixot, illetve a GAIA módszer ábráját. A kiemelt szempontok:

- mozgékonyosság;
- szállítóképesség;
- védelem;
- ergonómia;
- korszerűség;
- pénzügyi.

A szempontokat a 15. táblázat szerinti tulajdonságok segítségével mértem. A korszerűség mérésére a 6. melléklet szerinti lépcsős szempont függvényt használtam. A  $q_1$  küszöböt egységnyi, a  $q_2$  küszöböt két egységnyi szubjektív értékítélet különbség szerint határoztam meg. A többi tulajdonság értékelésére V-alakú szempontfüggvényt használtam. A  $p$  küszöb meghatározását az alternatívák adott tulajdonság értékeinek a legnagyobb különbsége alapján végeztem, így az eljárás a legnagyobb eltérések esetében is lineáris függvény segítségével határozta meg a  $P(d)$  értékeket.

A küszöbök meghatározásakor segítséget nyújtott az adatok előzetes ismerete. Ez természetesen nem lehetséges minden döntési környezetben. Az ilyen esetekben a döntéselőkészítést végző szakértőknek saját értékrendjük szerint kell meghatározni ezen értékeket.

Az egyes tulajdonságokat a [49] alapján vontam össze, ami szerint a nettó döntési folyamatok felbonthatók a szempontonkénti nettó döntési folyamatok összegére:

$$\Phi(A_j) = \sum_{i=1}^m \omega_i \Phi_i(A_j),$$

ahol  $m$  a szempontok száma. Az összefüggés szerint a szempontokból a súlyszámok felhasználásával olyan csoportok képezhetők, melyekkel a kiemelt szempontok a döntési modellben közvetlenül leírhatók:

$$\Phi(A_j) = \sum_{i=1}^m \omega_i \Phi_i(A_j) = \sum_{k=1}^p \omega_k \sum_{c_k} \omega_i \Phi_i(A_j),$$

ahol:  $p$  a döntési modellben lévő kiemelt szempontok száma;

$\omega_k$  a kiemelt szempont súlyszáma;

$\omega_i$  a kiemelt szempontot reprezentáló szempontok egységnyi összegűre számított súlyszáma;

$c_k$  a  $k$ -edik kiemelt szempont alszempontjai (tulajdonságai).

A számítások eredményeit a 16. táblázat tartalmazza.

**Gépjárművek PROMETHEE módszertan szerinti döntési folyamatai**

	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	Φ+	Φ
A <sub>1</sub>	0	0,281309	0,340364	0,288479	0,437142	0,333898	0,336	0,159
A <sub>2</sub>	0,223547	0	0,189467	0,236975	0,29902	0,21927	0,234	0,069
A <sub>3</sub>	0,196064	0,171729	0	0,229037	0,24964	0,165514	0,202	0,019
A <sub>4</sub>	0,150507	0,179564	0,167765	0	0,29668	0,266128	0,212	-0,02
A <sub>5</sub>	0,179067	0,104107	0,113265	0,173577	0	0,144883	0,143	-0,15
A <sub>6</sub>	0,135152	0,089007	0,104068	0,217955	0,205413	0	0,15	-0,08
Φ-	0,176867	0,165143	0,182986	0,229205	0,297579	0,225939		

A nettó döntési folyamatok alapján a PROMETHEE II teljes rangsor:

$$A_1 > A_2 > A_3 > A_4 > A_6 > A_5 .$$

A GAIA módszer szerinti ábrázoláshoz a kiemelt szempontonkénti nettó döntési folyamatokat használtam fel (17. táblázat).

**Gépjárművek szempontonkénti nettó döntési folyamatai**

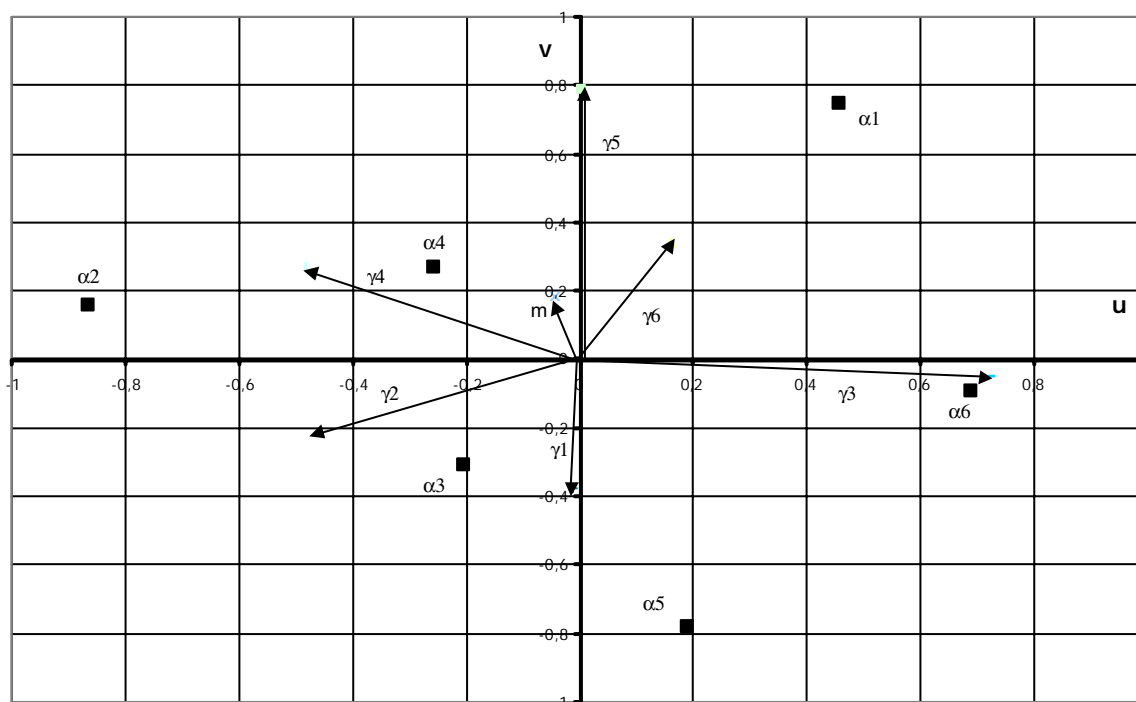
Fsz.	Szempontok	ù	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>
1	Mozgékonyosság	0,2	-0,31856	0,03864	0,1904	-0,24624	0,17796	0,1578
2	Szállítóképesség	0,16	-0,34355	0,064053	0,376933	0,347853	0,094053	-0,53935
3	Védelem	0,04	0,210116	-0,71352	-0,07457	-0,05919	0,089086	0,548076
4	Ergonómia	0,09	-0,1	0,7	-0,1	-0,02	-0,38	-0,1
5	Korszerűség	0,21	0,5	-0,1	-0,1	0,5	-0,7	-0,1
6	Pénzügy	0,3	0,57882	0,12359	-0,15332	-0,41439	-0,09201	-0,04269

A 17. táblázat segítségével szempontonként válik elemezhetővé az alternatívák sorrendje. Az 1. fejezet alapján ismeretes, hogy az eljárás segítségével más információt nem nyerhetünk az alternatívákról és a döntési modellről. Elemzési lehetőség nyílik a GAIA módszer segítségével, melynek eredményét a 11. ábra mutatja.

Az **u** és a **v** vektorok síkján a összes információhoz képest a rendelkezésre álló információ aránya a [49] 23. oldal szerint:

$$\delta = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2)}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} = 0,7248,$$

ahol  $\tilde{e}_i$  a  $\mathbf{B}$  mátrix sajátértékei (5. melléklet). A 11. ábra információtartalma tehát 72,48%. A szemponttengelyek vetületei a GAIA síkon azon alternatívákat jelölik, melyek az adott szempont szerint előnyös tulajdonságokkal rendelkeznek. Ennek megfelelően a korszerűség és a pénzügyi szempontok vetületei ( $\tilde{\alpha}_5, \tilde{\alpha}_6$ ) az  $A_1$  alternatívát jelölik a ezen két szempont szerint legelőnyösebbnek. Az ábra szerint ergonómiai ( $\tilde{\alpha}_4$ ) szempontból az  $A_2$  és az  $A_4$  alternatívák a legjobbak. Szállítóképesség ( $\tilde{\alpha}$ ) szerint az  $A_3$ , mozgékonyság ( $\tilde{\alpha}$ ) szerint az  $A_5$ , és védelem ( $\tilde{\alpha}_3$ ) szempontjából az  $A_6$  a legelőnyösebb. A kiválasztás akkor egyértelmű, ha szemponttengely vetületének az iránya közel esik a kérdéses alternatívához. Ez jól látható a védelem ( $\tilde{\alpha}$ )  $A_6$  alternatíva és a pénzügy ( $\tilde{\alpha}$ )  $A_1$  alternatívák viszonylatában (11. ábra, 17. táblázat).



11. ábra Gépjárművek (alternatívák) és szempontok ábrázolása GAIA síkon  
 $\tilde{\alpha}_j$ :  $j$ -edik alternatíva vetülete;  $\tilde{\alpha}_i$ :  $i$ -edik szempont vetülete;  
 $m$ : a súlytengely vetülete

A 11. ábrán  $A_2$ ,  $A_3$  és  $A_4$  alternatívák vetületei közelebb helyezkednek el egymáshoz (a vetületek távolsága  $\sim 0,6$ ), ami az alternatívák értékrend szerinti hasonlóságára utal. A három alternatíva az ábra szerint szállítóképesség és ergonómiai szempontból rendelkeznek kedvezőbb tulajdonságokkal. A legkedvezőbb alternatíva vetülete viszonylag

távol helyezkedik el a többitől, az ábra alapján védelem, korszerűség és pénzügyi szempontokból rendelkezik kedvező tulajdonságokkal. A megállapítások helyességét a 17. táblázat igazolja.

A szemponttengelyek egymással bezárt szögei a szempontok összefüggésének a mértékét szemlélteti. Ennek megfelelően belátható a pénzügyi szempontok ( $\tilde{a}_4$ ) és a korszerűség szempontja ( $\tilde{a}_5$ ) összefüggésének a valóságtartalma. Ellentmondó szempontok a mozgékonyosság és a korszerűség, ami jelen esetben a korszerűbb járművek kisebb mozgékonyságát jelenti. Ez az ellentmondás avval magyarázható, hogy a vizsgált alternatívák közül az  $A_1$  és  $A_4$  a 17. táblázat szerint a legkorszerűbb, de egyben a legkedvezőtlenebb mozgékonyossági tulajdonságokkal rendelkeznek. Kitűnik  $A_1$  nagyon alacsony mozgékonyossági képessége, ami  $A_1$  közúti és nem terepjáró besorolásából adódik.  $A_1$  alternatívát szándékosan helyeztem el terepjáró eszközök között, a eltérő besorolását a GAIA láthatóan jól kiszűrte.

Félreérthető a korszerűség ( $\tilde{a}_5$ ) és a védelem ( $\tilde{a}_6$ ) közötti függetlenség, amiből arra a téves következtetésre juthatunk, hogy a katonai rendeltetésű gépjárművek védettségét a korszerűsítések nem befolyásolják. Jelen kijelentés nem felel meg a valóságnak, hiszen napjainkban megfigyelhető ezen eszközök könnyű páncélozása. A védettséget viszont csak a jármű befoglaló méreteivel jellemeztem, az ilyen teherbírású járműkategóriában pedig nem figyelhető meg a korszerűsítéssel a jármű méreteinek a változása.

Az  $A_1$  alternatívához képest a mozgékonyosság tengelyvetülete ( $\tilde{a}_3$ ) közel ellentétes irányú, ami jelöli az alternatíva kedvezőtlen tulajdonságát ezen szempontból. Az  $A_1$  közúti jármű, amit az eljárás jól kiszűrte.

Az eljárás a példa alapján jól láthatóan nem általános érvényű törvényszerűségeket állapít meg, hanem csak a rendelkezésre álló információkat ábrázolja szemléletesen. Az eredményeket ezért minden esetben értelmezni kell. Ellenkező esetben olyan félreértésekbe lehet esni például, hogy a korszerűbb gépjármű kedvezőtlenebb mozgékonyssággal rendelkezik. Amennyiben általános érvényű törvényszerűségek megállapítása a cél, akkor a mintát vagyis az alternatívák halmazát, úgy kell összeállítani, hogy az elégséges szinten reprezentálni tudja a vizsgálat tárgyát képező eszközöket. Ez egyszer megfelelő mennyiségű, valamint közel azonos funkciókkal rendelkező haditechnikai eszközt jelent. A problémára jó példa az  $A_1$  alternatíva befolyása a mozgékonyosság-korszerűség közötti összefüggés mértékére. Ezen kívül, ahogy a védettség-korszerűség példáján keresztül megfigyelhető volt, ügyelni kell a szempontok megfelelő szintű mérésére is.



## KATONAI GÉPJÁRMŰVEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA AHP ELJÁRÁSSAL

Az összehasonlítást ugyanazon alternatívákra és szempontok szerint végeztem el, mint a PROMETHEE eljárás esetében. A szempontokat és a súlyszámokat a 15. és 18. táblázatok mutatják. Az AHP módszer vizsgálatakor a céloom nem csak az amerikai és az európai iskola összehasonlítása volt, hanem az AHP módszertan egyes összegzési modelljeinek a vizsgálata is.

18. táblázat

## Gépjárművek AHP módszertan szerinti döntési modellje

		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>5</sub>	A <sub>6</sub>	jelleg	súly
Mozgékonyosság	VSE [-]	65	105	84	76	108	116	max.	0,06
	Mászóképesség [%]	30	40	32	30	30	31	max.	0,012
	Oldaldőlés [%]	23	20	18	20	22	20	max.	0,012
	Gázlóképesség [mm]	600	1200	1250	1200	1200	800	max.	0,012
	Fordulókör [1/m]	0,0637	0,0485	0,0588	0,049	0,0508	0,0546	min.	0,024
	Teljesítmény dotáció [kW/t]	11,3	13,6	17,8	13,4	13,4	13,3	max.	0,048
	Rugalmaság[Nm/Nm]	1,184	1,236	1,24	1,2	1,35	1,3	max.	0,032
Szállító-képesség	Hasznos teher [t]	5015	5800	7598	7120	7900	6000	max.	0,064
	Vontatmány [t]	9500	19500	41000	24000	11000	8000	max.	0,048
	Rakfelület [m <sup>2</sup> ]	12	12,15	10,56	12,23	11,5	9,28	max.	0,048
Védelem	Befoglaló méret [1/m <sup>2</sup> ]	5E-08	3E-08	4E-08	4E-08	4E-08	5E-08	min.	0,04
Ergonómia	Lengéskényelem [h]	2	4	2	2,2	1,3	2	max.	0,09
Korszerűség	Korszerűség	1	0,50	0,50	1,00	0,25	0,50	max.	0,21
Pénzügyi	Ár [1/Ft]	6E-08	4E-08	4E-08	4E-08	4E-08	4E-08	min.	0,15
	Üzemanyag fogyasztás [1/liter]	0,0476	0,0417	0,037	0,0256	0,0345	0,0435	min.	0,15

A döntési modellt a 18. táblázat mutatja. Az összegzést mindhárom, az 1. fejezetben ismertetett mód szerint elvégeztem, az eredményeket a 19. a 21. és a 22. táblázatok mutatják. Az adatok jobb megértése érdekében az eredményeket diagramban is közlöm (12. ábra).

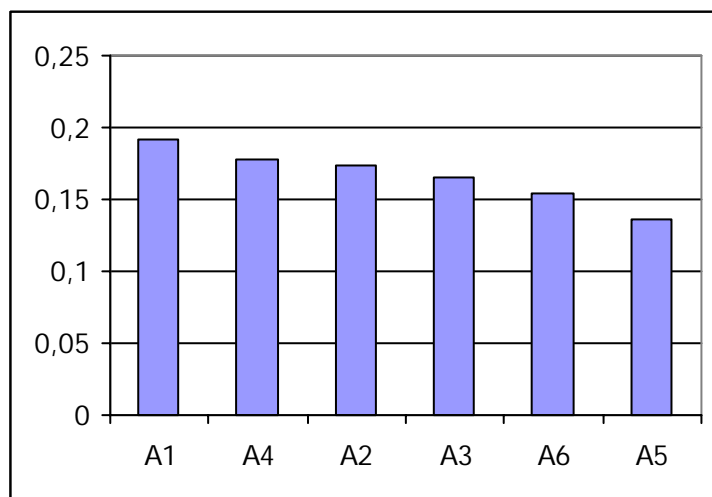
19. táblázat

## Gépjárművek AHP disztributív modell szerinti rangsora

A <sub>1</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>
0,1922	0,1782	0,173	0,1658	0,1542	0,1364

Az AHP eljárás nem alkalmaz hasznossági függvényeket. Logikai hasonlóságot látok viszont az összegzési módok és a hasznosság között. A három vizsgált összegzési módszer

közül a disztributív az alternatívákat egymáshoz hasonlítja, ez némi hasonlóságot mutat a PROMETHEE eljárással, ezért ezen összegzési módszer eredményeit vetem össze a ennek az eljárásnak az eredményeivel.



12. ábra Gépjárművek rangsora AHP disztributív modell szerint

A 19. táblázatból látható, hogy az AHP eljárás más rangsort eredményezett, mint a PROMETHEE. A különbség az  $A_4$  alternatíva pozíciójában van, amit az AHP a második helyre, míg a PROMETHEE a negyedikre sorolt. A 11., 12. ábrát megvizsgálva látható viszont, hogy az  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$  alternatívák nagyon közel vannak egymáshoz, tehát jelentős eltérések nincsenek közöttük, ez látható a GAIA ábrán, ahol jól kivehető, hogy ez a három alternatíva közelebb van egymáshoz, mint a másik három. Ezeknek a közeli alternatíváknak a sorrendjét a két módszer másképpen állapította meg. Az  $A_1$  alternatíva elsősége mind a két esetben egyértelmű.

A két eljárás közel egyforma rangsora nem törvényszerű. A PROMETHEE rangsort ugyanis a súlyszámok nagyságán kívül befolyásolja az alkalmazott szempontfüggvény és a hozzá rendelt paraméter. Jelen esetben lineáris szempontfüggvényt használtam olyan küszöbvel, hogy a legnagyobb különbség is kisebb tőle, vagyis valamennyi alternatívapár pontértékeinek a különbsége minden kombinációban lineárisan van értékelve.

A  $p$  küszöbök csökkentése azoknál a tulajdonságoknál, ahol  $A_1$  a legjobb értékekkel rendelkezik, a  $P(A_1, A_j)$  értékek növekedését vonja maga után, ami növeli  $A_1$  pozitív döntési folyamait. Azoknál a szempontoknál, ahol  $A_1$  hátrányban van, ott a  $p$  küszöb csökkentése a  $P(A_j, A_1)$  értékeket növeli, ami az alternatíva negatív döntési folyamait növeli.  $A_1$  viszont a hat szempont közül három esetben a legnagyobb és csak egy szempontnál rendelkezik a legrosszabb szempontokénti nettó döntési folyamattal (17.

táblázat).  $A_1$  nettó döntési folyama lényegesen magasabb, mint az utána következő  $A_2$  alternatíváé.  $A_1$  elsőségét biztosítja, hogy a három szempont, ahol a legjobb értékeléssel rendelkezik súlyszám összege 0,55, vagyis 55%-ban a legkedvezőbb értékekkel rendelkezik.

A szempontokénti rangsor összehasonlításához a 20. táblázat nyújt segítséget. Ebben a táblázatban az AHP disztributív döntési modelljét ugyanazon formában mutatom be, mint a 17. táblázatban a PROMETHEE eredményeket.

20. táblázat

#### Gépjárművek AHP eljárás szerinti szempontokénti eredményei és rangsora

	0,1922	0,173	0,1658	0,1782	0,1364	0,1542	
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	súly
mozgékonyosság	0,143	0,1742	0,1759	0,1542	0,1764	0,1763	0,2
szállítóképesség	0,1293	0,1644	0,2327	0,1901	0,1603	0,1232	0,16
védelem	0,1768	0,13	0,1594	0,1603	0,169	0,2045	0,04
ergonómia	0,1481	0,2963	0,1481	0,163	0,0963	0,1481	0,09
korszerűség	0,2667	0,1333	0,1333	0,2667	0,0667	0,1333	0,21
Pénzügyi	0,2218	0,1734	0,1524	0,133	0,1536	0,1659	0,3

$A_1$  alternatíva szempontokénti helyzete megegyezik a PROMETHEE szempontokénti nettó döntési folyamait tartalmazó táblázatával. A 21. táblázat az ideális modell rangsorát mutatja.

21. táblázat

#### Gépjárművek AHP ideális modell szerinti rangsora

$A_1$	$A_4$	$A_2$	$A_3$	$A_6$	$A_5$
0,8313	0,7567	0,7468	0,714	0,6866	0,6203

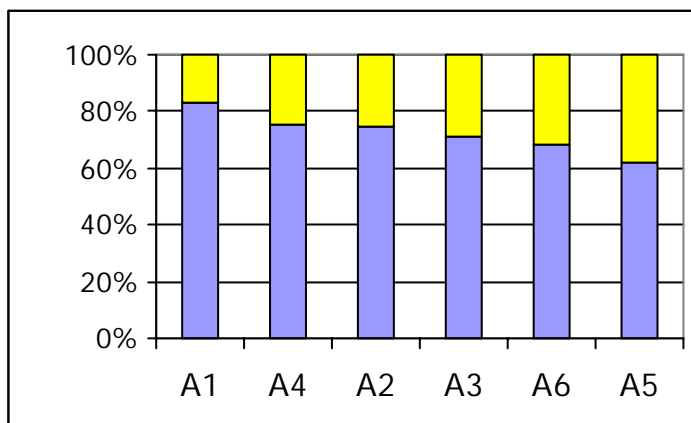
A rangsor megegyezik a disztributív módszer rangsorával, de mivel:

$$\frac{x_i^D}{x_j^D} \neq \frac{x_i^I}{x_j^I},$$

a két összegzési módszer rangsora nem feltétlenül egyezik meg minden esetben.

Az ideális modell az egyes szempontokban az alternatívák által elért legkedvezőbb értékekből képzett virtuális alternatívához képest számolja az alternatívák  $x_j^I$  pontértékeit, ezen pontértékeket információtartalmuknak megfelelően ábrázolom a 13. ábrán. Az ábrán 100% a legjobb pontértékekből képzett virtuális alternatíva.

A minősítő modell számításakor a minősítési értékeket az alternatívák értékeiből származtattam. Két minősítő alternatívára született eredményeket a 22. táblázat mutatja.



13. ábra Gépjárművek rangsora  
AHP ideális modell szerint

22. táblázat

#### Gépjárművek AHP minősítő modell szerinti rangsorai

Minősítő alternatíva: A <sub>2</sub>					
A <sub>1</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>
1,1990	1,1160	1	0,9988	0,9294	0,8156
Minősítő alternatíva: A <sub>5</sub>					
A <sub>1</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>6</sub>	A <sub>5</sub>
1,7505	1,6794	1,4480	1,3816	1,2544	1

A táblázatból látható, hogy a rangsorok egymással valamint a disztributív és az ideális módszer rangsorával is megegyeznek. A rangsoregyezés hasonlóan az előzőekben megfogalmazotthoz nem törvényszerű.

A táblázat adatait elemezve rögtön feltűnik, hogy az alternatívák pontértéke növekszik. Ez egyrészt magyarázható a minősítő értékek csökkenésével, másrészt a 2.3.2. fejezetben igazolt összefüggéssel. Az érvényességét igazolja a legkedvezőbb és a legkedvezőtlenebb alternatíva pontértékeiből számolt hányados változása. Az ideális modellben, ahol a minősítő érték, vagyis a virtuális alternatíva a feladatból adódóan mindig a legnagyobb érték lesz, a hányados:

$$\frac{x_1^f}{x_5^f} = \frac{0,8313}{0,6203} = 1,34.$$

A minősítő modellben, ahol a minősítő alternatíva az A<sub>2</sub>, a hányados:

$$\frac{x_1^M}{x_5^M} = \frac{1,199}{0,8156} = 1,47.$$

Az  $A_5$  minősítő alternatíva esetén pedig a táblázatból látható: 1,7505. A hányados értéke a minősítő értékek csökkenésével nő.

### 4.3. TÜZÉRSÉGI TÜZVEZETŐ RENDSZEREK ÖSSZEHAJONLÍTÁSA

Az összehasonlításokat a tűzvezető rendszerek két csoportjára végeztem el. Az első csoportot 80-as évek második felében használt, illetve kifejlesztett rendszerek képzik, a második csoportot pedig a 90-es évek első felében kifejlesztett rendszerek. A vizsgálatokat különböző aspektusokból a [15; 29; 60] irodalmak részletesen tartalmazzák.

#### A 80-AS ÉVEK TÜZVEZETŐ RENDSZEREINEK AZ ÖSSZEHAJONLÍTÁSA

Az összehasonlított rendszerek a szovjet gyártású Masina és Falcet, a magyar fejlesztésű Árpád, valamint a francia gyártású Atila. A legkorábbi fejlesztésű rendszer a Masina és ennek a rendszernek a továbbfejlesztett változatai a Falcet és az Árpád. A rendszereket a [29] Kesselring módszer segítségével hasonlítja össze (23., 24. táblázatok).

*A 80-as évek tűzvezető rendszerei [29]*

	FSZ.	SZEMPONTOK	VSZ			NATO	
			ÁRPÁD magyar	MASINA szovjet	FALCET szovjet	ATILA francia	
KATONAI JELLEMZŐK	1.	reakcióidő (s)	50-60	120-130	120-130	15-35	
	2.	ütegek száma osztályonként (max.)	3	3	3	3-6	
	3.	lövegek száma ütegenként (max.)	6	6	6	6	
	4.	felderítési képesség	közepes	közepes	közepes	jó	
	5.	lövegek széttagolásának lehetősége a tűzelőállásban, ebből következően a tűzlépcső túlélőképességének megnövelése	+	—	—	+	
	6.	automatizált tűzvezetés üteg (szakasz) kötetékben	+	—	—	+	
	7.	löelemek pontossága	távolság „D” (%)	0,5..0,7	0,7...0,9	0,7..0,9	n.a.
			oldalszög „β” (vonás)	2-3	3-5	3-5	n.a.
	8.	rádióelektronikai felderíthetőség	csekély	jelentős	közepes	csekély	
9.	tűzparancsok automatikus dokumentálása	+	—	—	+		

10.	téves tűzkiváltás valószínűsége a tűzparancs félreérthetősége miatt	csekély	jelentős	közepes	csekély
11.	automatizált együttműködés nemzeti összefegyvernemi vezetési rendszerekkel	—	—	—	—
12.	automatizált együttműködés a szövetséges országok vezetési rendszereivel	—	—	—	+

A Kesselring eljárás eredményeit a 24. táblázat tartalmazza.

24. táblázat

#### Tűzvezető rendszerek összehasonlítása Kesselring eljárással [29]

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>		P <sub>i</sub>
Árpád	3	2	4	2	4	4	3	4	4	4	0	0	206	0,85
Masina	2	2	4	2	0	0	2	2	0	0	0	0	88	0,36
Falcet	2	2	4	2	0	0	2	2	0	2	0	0	104	0,43
Atila	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	0	0	243	1
	10	6	3	9	7	5	6	7	2	8	5	4		
	40	24	12	27	28	20	24	28	8	32			243	

Az eredményekből a rangsor egyértelműen meghatározható:

**Atila > Árpád > Falcet > Masina .**

Megállapítható tehát, hogy a fejlesztés alapjául szolgáló Masinához képest mind a két korszerűsítés eredményeképpen kedvezőbb rendszerek készültek. A fejlesztések közül a magyar volt az eredményesebb, de egyik sem érte el az Atila színvonalát. Az eredményekből viszont nem tudható meg, hogy az egyes rendszerek között mekkora a különbség, a végeredmények pontértékeiből nem képezhető hányados. Lényeges lenne viszont olyan tájékoztató jellegű mutató, amellyel meghatározható lenne, hogy a fejlesztés „mekkora” eredménnyel járt. Illetve lényeges lenne, hogy a fejlesztés eredményeként létrejött haditechnikai eszköz milyen viszonylatban áll egy lehetséges ellenséges korszerű eszközzel. Az összehasonlítást ezért elvégeztem AHP eljárás segítségével. Súlyszámoknak a 11. táblázatban látható AHP eredményeket használtam fel. Az alternatívák szempontokénti értékeinek a számítását a 7. melléklet tartalmazza, a súlyszámokat és a alternatívákat tartalmazó döntési mátrixot a 25. táblázat tartalmazza.

## Tűzvezető rendszerek döntési mátrixa

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>
Árpád	55	3	1	1	7	7	2	3	7	1,07	1	1
Masina	125	3	1	1	1	1	1	1	1	0,15	1	1
Falcet	125	3	1	1	1	1	1	1	1	0,30	1	1
Atila	25	6	1	2	7	7	2	3	7	1,00	1	1
$\bar{u}_i$	17,76	4,86	1,82	16,69	7,94	4,64	7,41	14,03	0,924	18,61	3,06	2,25

Mivel a kérdés az alternatívák egymáshoz viszonyított helyzete, ezért a disztribúciós módszer szerint végeztem el az összegzést. Az eredményeket a 26. táblázat mutatja.

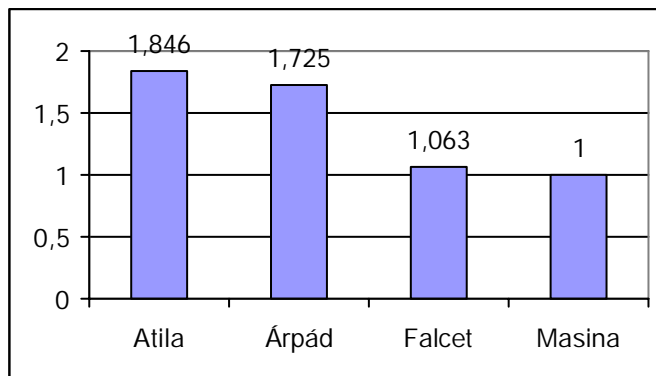
26. táblázat

Tűzvezető rendszerek AHP disztributív modell szerinti rangsora

Atila	Árpád	Falcet	Masina
0,328	0,306	0,189	0,177

A fejlesztések során létrejött eszközökre olyan mutatót határoztam meg a disztribúciós eljárás eredményeiből, ahol rögtön kitűnik a új eszköz alapeszközhöz (jelen esetben a Masina) viszonyított aránya. Ehhez az eljárás eredményeit úgy transzformálom, hogy az alapeszköz pontértéke egységnyi legyen. Az eredményt a 14. ábra szemléletesen mutatja.

Az eredményeket elemezve megállapítható, hogy a Falcet jelentősen nem különbözik a Masinától. Az Árpád viszont jelentős fejlesztés eredménye, az ábra alapján több mint 70%-al múlja felül a Masina rendszert, és megközelíti az Atila színvonalát.



14. ábra Tűzvezető rendszerek egymáshoz viszonyított képességarányai

Az eljárás segítségével ugyanazt a rangsort állapítottam meg mint a [29] Kesselring eljárással. A Kesselring eredmények, bár utaltak arra, hogy az Árpád és az Atila, valamint a Falcet és a Masina rendszerek helyezkednek el közelebb egymáshoz, de ezeket a mutatókat csak nagyrészt szubjektív ítéletek súlyozott gyakorisági mutatójaként lehet felfogni és az eredményekből hányados nem képezhető. Az AHP segítségével viszont megállapítottam a rendszerek közötti szempontrendszerre támaszkodó olyan arányokat, melyek már választ adhatnak arra kérdésre miszerint:

„Mennyivel jobb az eszköz egy másikhoz képest?”.

A mindkét eljárás esetében tapasztalható azonos rangsor nem törvényszerű. Az azonosság a megegyező súlyszámoknak, valamint az alternatívák szempontonkénti azonos rangsorának köszönhető (24. táblázat, 25. táblázat). Eltérő rangsor esetén a magasabb szintű mérési skála miatt az AHP eredményeit kellene elfogadni.

Az AHP eljárás alkalmazása jelen esetben különösen előnyös. Megvizsgálva a 23. táblázatot látható, hogy a szempontok közül csak a  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_7$  szempontok mérhetőek a rendszerek paramétereinek alapján, a többi szempont mérésére csak szubjektív lehetőség van.

#### A 90-ES ÉVEK TŰZVEZETŐ RENDSZEREINEK AZ ÖSSZEHAJONLÍTÁSA

Az összehasonlított rendszerek: az Árpád továbbfejlesztett változata az Árpád M1, az orosz Kapusztyik és a német Adler. A rendszereket a [29] (23. táblázat) szempontjai és adatai szerint KIPA és AHP eljárásokkal hasonlítottam össze.

Az eredmények összehasonlíthatósága érdekében közlöm a [29] Kesselring módszer szerinti összehasonlításának az eredményeit (27. táblázat).

27. táblázat

Tűzvezető rendszerek Kesselring mátrixa [29]

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	$C_{11}$	$C_{12}$		$P_i$
Árpád M1	3	4	4	2	4	4	3	4	4	4	2	0	228	0,79
Kapusztyik-B	3	4	3	4	4	4	4	4	2	4	4	0	255	0,89
Adler	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	285	0,99
	10	6	3	9	7	5	6	7	2	8	5	4		
	40	24	12	36	28	20	24	28	8	32	20	16	288	

A 27. táblázat eredményei meglehetősen közel helyezkednek el egymáshoz, ezért az összehasonlítást elvégeztem KIPA eljárás segítségével is (28. táblázat).

28. táblázat



Tűzvezető rendszerek KIPA pontozótáblázata

C <sub>i</sub>	C <sub>1</sub>		C <sub>2</sub>		C <sub>3</sub>		C <sub>4</sub>		C <sub>5</sub>		C <sub>6</sub>		C <sub>7</sub>		C <sub>8</sub>		C <sub>9</sub>		C <sub>10</sub>		C <sub>11</sub>		C <sub>12</sub>	
v <sub>i</sub>	15		8		4		13		10		7		9		10		2		11		6		5	
T <sub>i</sub>	Verbális	Szám	Verbális	Szám	Verbális	Szám	Verbális	Szám	Verbális	Szám	Verbális	Szám	Verbális	Szám	Verbális	Szám	Verbális	Szám	Verbális	Szám	Verbális	Szám	Verbális	Szám
Árpád M1	J	45	N	32	N	16	K	26	N	40	N	28	J	27	N	40	N	8	N	44	K	12	R	0
Kapuszt-nyik-B	J	45	N	32	J	12	N	52	N	40	N	28	N	36	N	40	K	4	N	44	N	24	R	0
Adler	N	60	N	32	J	12	N	52	N	40	N	28	N	36	N	40	N	8	N	44	N	24	N	20

A KIPA eljárás számításakor a [29] által Guilford eljárással meghatározott súlyszámokat használtam, de olyan skála transzformációval, amely 100 összegű súlyszámokat szolgáltat. A preferenciák szerint az előnymutatókat a 29. táblázat mutatja.

29. táblázat

## Tűzvezető rendszerek előnymutatói

	Árpád M1	Kapuszt-nyik-B	Adler
Árpád M1		72	52
Kapuszt-nyik-B	94		78
Adler	96	100	

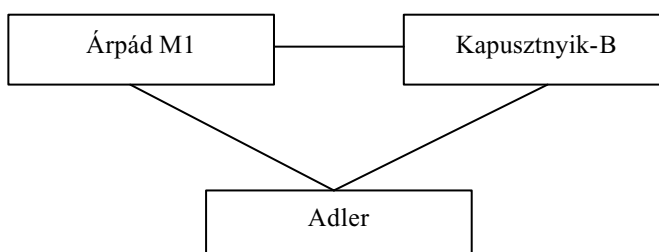
A diszkvalifikációk alapján a hátránymutatókat a 30. táblázat ismerteti.

30. táblázat

## Tűzvezető rendszerek hátránymutatói

	Árpád M1	Kapuszt-nyik-B	Adler
Árpád M1		43	43
Kapuszt-nyik-B	7		33
Adler	7	0	

A 29. és a 30. táblázatból látható, hogy 90%-os előnymutatóknál és 10%-os hátránymutatóknál mindegyik rendszer mindegyikkel összevethető. A KIPA eljárás



15. ábra A tűzvezető rendszerek assortációs gráfja

segítségével tehát egyértelműen meghatározhatóak a preferenciarelációk. Az ide vonatkozó asszortációs gráfot a 15. ábra mutatja, mely szerint a rendszerek közötti sorrend: Adler → Kapusztnyik-B → Árpád M1.

A KIPA eredmények megerősítik a Kesselring eljárás eredményeit, a három rendszer rangsora egyértelmű. A Kesselring eljárás pontértékeit megvizsgálva tapasztalható, hogy a különbségek lényegesen kisebbek, mint a 80-as évek tűzvezető rendszereinél.

A rendszerek közötti különbségek meghatározása érdekében az összehasonlítást AHP módszer segítségével is elvégeztem. A 31. táblázat tartalmazza az alternatívák szempontenkénti értékelését, a értékek számítását pedig a 7. melléklet mutatja. A számítások során a 3. fejezetben ugyancsak AHP segítségével meghatározott súlysúlyszámokat használtam.

31. táblázat

Tűzvezető rendszerek AHP döntési mátrixa

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>
	$\omega_1$	$\omega_2$	$\omega_3$	$\omega_4$	$\omega_5$	$\omega_6$	$\omega_7$	$\omega_8$	$\omega_9$	$\omega_{10}$	$\omega_{11}$	$\omega_{12}$
Árpád M1	1	1	3	1	1	1	1	1	5	1	1	1
Kapusztnyik-B	1	1	1	7	1	1	3	1	1	1	5	1
Adler	3	1	1	7	1	1	3	1	5	1	5	5
	0,1776	0,0486	0,0182	0,1669	0,0795	0,0465	0,0741	0,1403	0,0092	0,1862	0,0306	0,0225

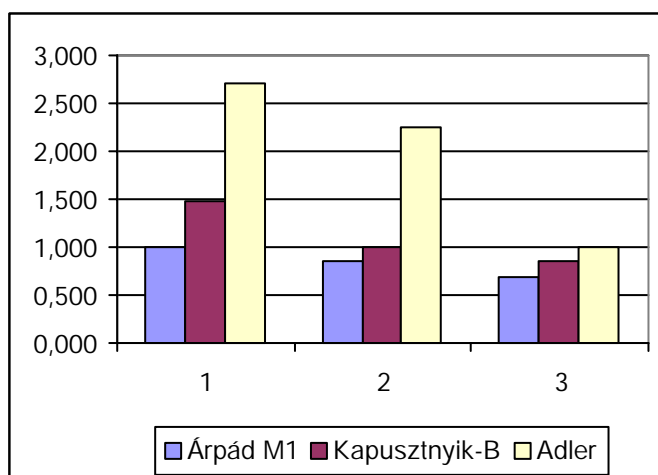
Az összegzést a mindhárom eddigi összegzési mód mellett egy negyedik a geometriai közép segítségével is elvégeztem. Az eredményeket a 32. táblázat tartalmazza.

32. táblázat

Tűzvezető rendszerek AHP módszertan szerinti eredményei

Összegzési mód	Adler	Kapuszt-nyik-B	Árpád M1
Disztributív modell	0,421	0,334	0,245
Ideális modell	0,988	0,844	0,647
Minősítő (ADLER)	1,000	0,856	0,683
Minősítő (Kapusztnyik)	1,482	1,000	0,856
Minősítő (Árpád)	2,705	2,252	1,000
Geometriai közép	0,435	0,346	0,272

A minősítő modell esetében, hasonlóan az előző vizsgálatokhoz itt is egy meghatározott alternatíva értékei szolgáltatják a minősítő értékeket. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az összes esetben azonos a rangsor, ami megegyezik a Kesselring és a KIPA eredményekkel. A minősítő eljárás eredménye ismét mutatja a 2.3.2. fejezetben megfogalmazott jelenséget miszerint az alacsony minősítő értékek a kedvező alternatíváknak irreálisan magas pontszámot adnak (16. ábra).



16. ábra Tűzvezető rendszerek AHP minősítő módszer szerinti pontértékei

#### 4.4. ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLAT

A 4.2. fejezetben a katonai gépjárművek összehasonlításakor az AHP és a PROMETHEE eljárás különböző rangsort eredményezett. A súlyszámok közvetlen becslés segítségével lettek meghatározva. Ezek együttese bizonytalanná teszi a rangsort, ezért mintegy ellenőrzésképpen érzékenységvizsgálatot végeztem el.

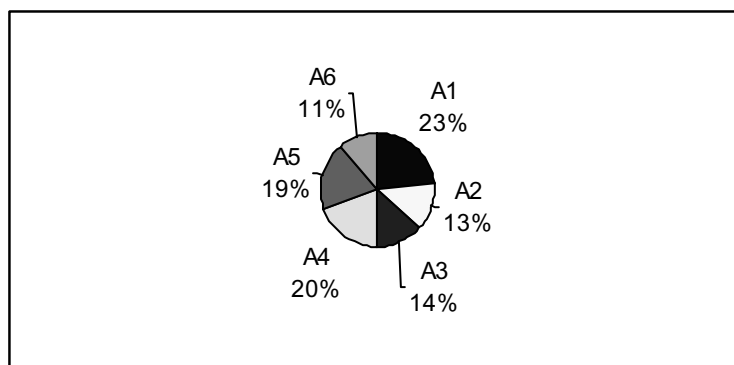
A vizsgálatot az 1. fejezetben leírtak szerint a 18. táblázat adataira támaszkodva végeztem el. A hiperbolikus programozást az EXCEL Solver makrójának a segítségével végeztem. A súlyszámok pontosságának  $\pm 10\%$ -ot vettem. Az eredményeket a 33. táblázat mutatja.

33. táblázat

Az érzékenységvizsgálat eredményei  
(gépjármű)

	$x_j^D$	$x_j^-$	$x_j^+$
A <sub>1</sub>	0,192209	0,187258	0,1971
A <sub>2</sub>	0,173047	0,170246	0,175972
A <sub>3</sub>	0,165831	0,163117	0,168876
A <sub>4</sub>	0,178244	0,174213	0,182515
A <sub>5</sub>	0,136419	0,132266	0,140327
A <sub>6</sub>	0,15425	0,151912	0,156702

Az  $[x_j^+, x_j^-]$  határok megmutatják az alternatívák pontértékeinek a változását. A különbségük nagysága tehát az alternatíva érzékenységét adja, ezt szemlélteti a 17. ábra. Az ábrán a pontérték sávok nagysága szerint lehet megállapítani az egyes alternatívák érzékenységét a súlyszámok változására. Az ábra szerint az  $A_1$  a legérzékenyebb és  $A_6$  a legkevésbé érzékeny. A 18. ábra világos sávjai azokat határokat mutatják, melyek

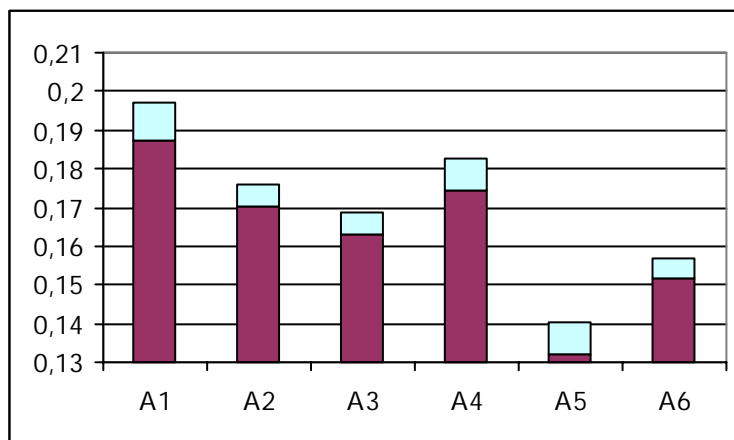


17. ábra Az alternatívák (gépjárművek) érzékenysége a súlyszámok változására

segítségével érzékelhető a rangsor változása. Az ábra szerint az  $A_2$  és az  $A_4$  alternatívák hibasávja fedi egymást, ennek megfelelően a súlyszámok 10%-os bizonytalansága esetén ennek a két alternatívának a sorrendje nem egyértelmű. A 4.2. fejezetben a két különböző eljárás segítségével meghatározott rangsor pontosan  $A_2$  és  $A_4$  rangsorában különbözik. Ebből következik, hogy a két alternatíva preferenciasorrendje a rendelkezésre álló információk alapján biztonságosan nem dönthető el. A rangsor megállapítása érdekében kétféleképpen lehet eljárni:

1. Új szempont felvételével kell megismételni az eljárást. Ebben az esetben viszont az eszközök addig jelentéktelennek tartott tulajdonsága dönti el a végső sorrendet.
2. A legfontosabb szempont alapján kell dönteni. Ekkor viszont a rangsor megállapítása az eszközök nem teljes tulajdonságrendszere alapján történik.

A többi alternatíva sorrendjét nem befolyásolhatja a súlyszámok ilyen határok közötti változása sem.



18. ábra Gépjárművek rangsorváltozási lehetősége a súlyok változásának hatására

A 4.3. fejezetben összehasonlított ÁRPÁD M1, Kapusztnyik, ADLER tűzvezető rendszerek pontértékei meglehetősen közel vannak egymáshoz. A súlyszámok nagyságának a meghatározására használt két eljárás különböző eredményeket szolgáltatott, ezért az érzékenységvizsgálatot itt is elvégeztem.

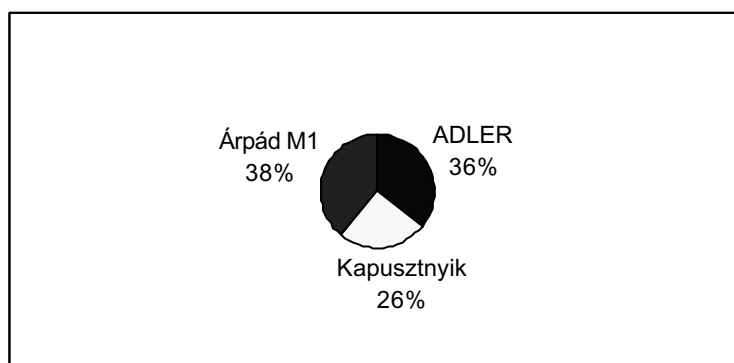
Az érzékenységvizsgálatot a 31. táblázat soronként 1-re normált értékei szerint végeztem el. Az eredményeket a 34. táblázat mutatja.

34. táblázat  
Az érzékenységvizsgálat eredményei  
(tűzvezető rendszerek)

	$x_j^D$	$x_j^-$	$x_j^+$
ADLER	0,420957	0,41141	0,430607
Kapusztnyik	0,333725	0,326806	0,340622
Árpád M1	0,245318	0,234762	0,255755

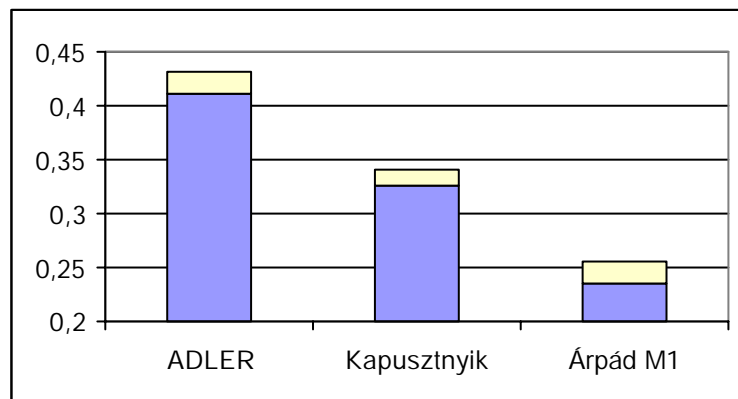
Az alternatívák %-os formában megadott érzékenységét a súlyszámok változására a 19. ábra mutatja. Az ábrából látható, hogy a legérzékenyebb az Árpád és a legkevésbé a Kapusztnyik.

A rangsor esetleges változása a 20. ábra alapján állapítható meg. Az ábrából látható,



19. ábra Az alternatívák (tűzvezető rendszerek)

hogy a súlyok  $\pm 10\%$ -os változtatásának a hatására sem változik meg az alternatívák sorrendje.



20. ábra Tűzvető rendszerek rangsorváltozási lehetősége a súlyok változásának a hatására

#### **4.5. KÖVETKEZTETÉSEK**

A két haditechnikai eszközcsoporton elvégzett összehasonlítások és az eredmények értékelése alapján megállapítom, hogy:

1. A többszemponos döntéelmélet vizsgált módszerei felhasználhatók a haditechnikai eszközök összehasonlítására.
2. A különböző módszerek a döntési modell eltérő vetületeit vizsgálják, ezért ezek kombinált felhasználásával a összehasonlítási célnak megfelelő információ nyerhető, ezek az információk vonatkozhatnak:
  - a) a haditechnikai eszközök preferenciasorrendjére;
  - b) a haditechnikai eszközök egymáshoz viszonyított képességarányaira;
3. Az összehasonlító módszerek kombinált felhasználásával információt nyerhető:
  - a) a döntési modell helyességéről;
  - b) az eredmények pontosságáról.
4. Az érzékenységvizsgálat segítségével vizsgálható a súlyszám-megállapítás pontosság, eredményekre gyakorolt hatása.
5. A súlyszám-megállapítás pontossága becsülhető, több szakértő szerint megállapított súlyszámok szélső értékeivel.

## 5. A TENDER PROGRAM VIZSGÁLATA

### 5.1. ÁLTALÁNOS ISMERTETÉS

A TENDER program a Gépjármű Fejlesztési Program keretében lefolytatott közbeszerzési eljárás során a Kbt. 34. §-ának megfelelően az ajánlatok (alternatívák) rangsorolására és a legkedvezőbb kiválasztására készült.

A program alapját képező modell szerint az alternatívák pontértékeit a következő képlet segítségével lehet meghatározni:

$$x_j = \sum_{i=1}^m \omega_i f_i(a_{ij}) , j = 1, \dots, n, \quad (1)$$

ahol:  $x_j$  a  $j$ -edik alternatíva pontértéke;

$\omega_i$  az  $i$ -edik szempont súlya;

$f_i$  az  $i$ -edik szempont hasznossági függvénye;

$a_{ij}$  a  $j$ -edik alternatíva  $i$ -edik szempont szerinti értéke.

A program nem rendelkezik olyan modullal, amely támogatja a súlysúly meghatározás egyetlen ismert módját sem, ezért ezeket csak közvetlenül lehet megadni úgy, hogy

az  $\sum_{i=1}^m \omega_i = 1$  egyenlőség teljesüljön, mivel  $f_i(a_{ij}) \in [0;100]$  ezért  $x_j \in [0;100]$ .

A döntési modell alapján megállapítható, hogy az amerikai iskola egy változatról van szó.

A fejezetben a következő kérdéseket vizsgálom:

A TENDER program alkalmazhatóságának a megállapítása a haditechnikai eszközök összehasonlításában. A program alkalmazhatóságát két esetben is megvizsgálom ezek:

- a Kbt. 34. §-a és az 55. §-a szerint;
- a Kbt. által nem szabályozott esetben.

A program általános érvényű, tehát közel minden haditechnikai eszköz összehasonlításában és az összes lehetséges beszerzési eljárásban történő használathoz szükséges módosítások és bővítések köre;

A hasznossági függvények rangsorra gyakorolt hatásainak megállapítása.



## 5.2. A TENDER PROGRAM ALKALMAZHATÓSÁGÁNAK A VIZSGÁLATA

A TENDER program hasznossági függvényeit az 1. fejezetben ismertettem. A függvények között található az alternatív ismérveket értékelő függvény, amely egy tulajdonság meglétét vizsgálja és ennek megfelelően kétféle hasznossági értéket szolgáltat. A vizsgált tulajdonság megléte esetén maximális hasznosságot, hiánya esetén pedig minimális hasznosságot eredményez. A hasznossági értékek beállíthatók. Közbenső érték megadására nincs lehetőség, és ennek megfelelően a minimális és a maximális hasznosság között más hasznossági értéket sem szolgáltat.

A függvény alkalmazása nem áll ellentétben a Kbt. ide vonatkozó paragrafusával, de a törvény szerint minden rész- és alszempontra esetében a legnagyobb és a legkisebb hasznossági értéknek meg kell egyeznie, tehát olyan függvények mellett alkalmazható, melyek a legkisebb és legnagyobb hasznosságú értékekhez ugyanezt a függvényértéket rendelik. Ilyen a következőkben ismertetésre kerülő lineáris függvény.

Az alternatív ismérveket vizsgáló függvény tehát alkalmazható a közbeszerzési eljárás során.

A program által használt másik hasznossági függvénycsoport a lineáris (1. fejezet). Ezen függvények segítségével teljesíthetők a Kbt. ide vonatkozó (55. § és 34. §) előírásai. Az előírások tartalma:

- valamennyi rész- és alszempontra esetében azonos hozzárendelési módszert kell választani;
- a hasznossági függvények értékészletének minden szempontra azonosnak kell lennie;
- a legnagyobb hasznossági értéket a legkedvezőbb adathoz kell rendelni.

A törvényi előírásoknak megfelelő függvény:

$$f_i(a_{ij}) = \frac{f_i(a_{i,max}) - f_i(a_{i,min})}{a_{i,max} - a_{i,min}} (a_{ij} - a_{i,min}) + f_i(a_{i,min}), \quad (2)$$

ahol:  $a_{i,max}$  az ajánlatok (alternatívák)  $i$ -edik szempontra szerinti legkedvezőbb adata;  
 $a_{i,min}$  az ajánlatok (alternatívák)  $j$ -edik szempontra szerinti legkedvezőtlenebb adata;

$f_i(a_{i,max})$   $a_{i,max}$  hasznossága, értéke 0 és 100 között szabadon megválasztható;

$f_i(a_{i,min})$   $a_{i,min}$  hasznossága, értéke 0 és 100 között szabadon megválasztható.

A harmadik függvénycsoport a hiperbolikus. A hozzárendelési szabályt nem lehet a (2) szerinti formában, azaz növekvő és csökkenő hasznosságú adatokra egyaránt érvényesen megadni, ami a szó szoros értelmében ellentmondásban van a Kbt. 34. § (3) d) pontjával.

A hozzárendelési szabály csökkenő hasznosságú adatokra:

$$f_i(a_{ij}) = f_i(a_{i,\max}) \frac{a_{i,\max}}{a_{ij}} \quad \text{és } a_{ij} \neq 0. \quad (3)$$

A hozzárendelési szabály növekvő hasznosságú adatokra:

$$f_i(a_{ij}) = f_i(a_{i,\max}) \frac{1}{1 - (a_{ij} - a_{i,\max})} \quad \text{és } a_{ij} - a_{i,\max} \neq 1. \quad (4)$$

A két görbe, mivel létezik olyan pozitív abszcisszára merőleges tengely, amelyre szimmetrikus, ezért erre a tengelyre szimmetrikus adatképekre abszolút értékében azonos hasznosságkülönbséget eredményez.

A TENDER programban az 1. fejezet szerinti módosítókat lehet rendelni minden szempont mellé. A módosítóknak két változata létezik. Az első segítségével nullázni lehet a kérdéses szempontot. A második segítségével pedig a nemleges módosítók összeshez viszonyított arányában csökkenteni lehet az alternatíva adott szempont szerinti pontértékét.

Nullázó módosító, a főszempontokat összesítő a 3. ábra szerinti *Összes* címke mellé rendelésével az adott ajánlattevő teljes pontértéke nullázható. Így teljesíthető lenne a Kbt. 53. § szerinti kizárás, de a program csak a nullázott ajánlatban szereplő alternatíva összesített pontértékét törli, az alternatíva szempontonkénti adataival továbbra is számol. Nem zárja ki a többi ajánlat szempontonkénti hasznossági értékeinek a megállapításából, és mivel a (2), (3) és a (4) hasznossági függvényeket az ajánlatok határozzák meg, a kizárt alternatíva, mivel rendelkezhet szélsőértékekkel, befolyásolja a kizárásra nem kerülő alternatívák végső pontértékeit, ez pedig ellentmondásos a Kbt. 34. §-ával. Megállapítható, hogy a módosítók használata egyértelműen ellentmondásban áll a Kbt.-nyel.

A program jelenleg csak az ajánlatokban szereplő alternatívák adatai által meghatározott lineáris és alternatív hasznossági függvény szerint képes az érvényben lévő jogszabályoknak megfelelő hasznossági értéket számítani.

Amennyiben eltekintünk a törvényi előírásoktól, tehát a beszerzés nem a Kbt. 34. és az 55. §-ai szerint történik, vagy az összehasonlítást nem beszerzési eljárás generálja, feltétlenül hiányosságként kell felfogni a hasznossági függvények viszonylag szűk körét.

A TENDER program alapfilozófiája szerint, az alternatívák szempontokénti hasznosságuk súlyozott számtani átlaga alapján kerülnek mérésre és összehasonlításra. Amennyiben továbbra is eltekintünk a Kbt. előírásaitól, egy olyan általánosan használható hasznossági függvény szükséges a program továbbfejlesztéséhez amely:

- a) a lehető legtöbb függvényt közelít;
- b) megkönnyíti a szakértők számára az adatok hasznosságának a megállapítását, valamint az adat és a hasznosság közötti függvénykapcsolat feltárását;
- c) könnyen programozható.

Az 5.1. fejezetben megfogalmazott egyik kutatási cél a program továbbfejlesztésének olyan meghatározása, amellyel alkalmassá válik közel minden haditechnikai eszköz összehasonlítására.

Az elkövetkező évtizedre csak becsléseket lehet tenni arra, hogy milyen haditechnikai eszközök kerülnek beszerzésre. Tehát ismeretlen az összehasonlítás tárgyát képező haditechnikai eszközök köre, evvel együtt ismeretlen a minősítésükre szolgáló szempontok jellege. Mindezek indokoltá teszik az általános hasznossági függvényekre általam javasolt a) feltétel szükségességét.

A szempontok értéke és a hasznosságuk közötti összefüggések feltárása összetett feladat. A vizsgált adatok teljes terjedelmére vonatkozólag nem lehet feltétlenül egy hozzárendelési szabály segítségével definiálni a hasznossági függvényt, mivel az összefüggés elképzelhetően intervallumonként más-más jelleget ölt. Megkönnyítheti a szakértők munkáját, ha az adatok terjedelmén belül konkrét értékekhez vagy intervallumokhoz rendelhető a hasznossági érték. Evvel igazolom a b) pontban megfogalmazott követelményt. A c) pont követelményének gyakorlati jelentősége van.

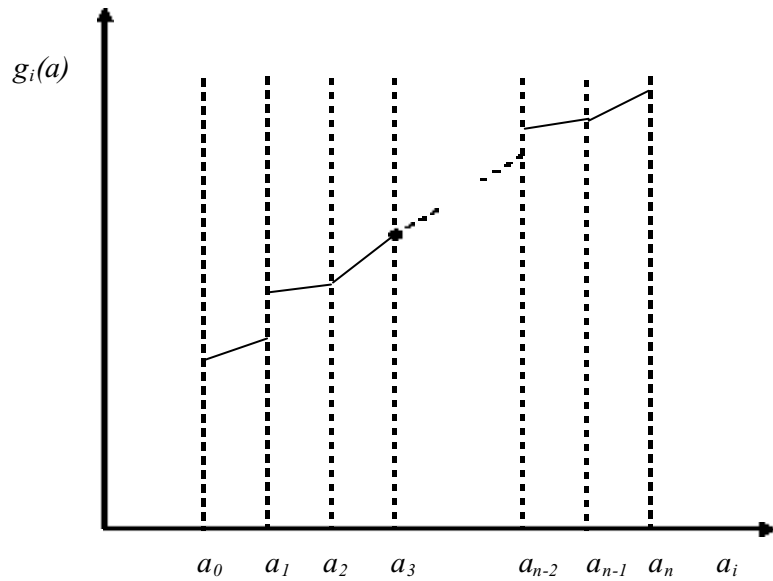
A felsorolt pontoknak eleget tevő (5) egyenlet (21. ábra) szerinti általános, nem feltétlenül folytonos hasznossági függvény, intervallumokra osztja az adatokat és az intervallumokon belül lineáris hozzárendelési szabály szerint állapítja meg a hasznosságot.

$$g(a) = \begin{cases} g_1(a), & \text{ha } a_0 \leq a < a_1 \\ \vdots \\ g_n(a), & \text{ha } a_{n-1} \leq a \leq a_n \end{cases} \quad (5)$$

$$a_i < a_{i+1}, \quad g_i(a) = m_i a + c_i$$

$$i = 1, \dots, n, \quad m_i \in \mathbb{R}, \quad c_i \in \mathbb{R}.$$

ahol:  $g_i$  az  $i$ -edik intervallum hasznossági függvénye;  
 $m_i$  az  $i$ -edik intervallum hasznossági függvényének iránytangense;  
 $c_i$  az  $i$ -edik intervallum hasznossági függvényéhez tartozó konstans.



21. ábra A javasolt általános hasznossági függvény

Növekvő hasznosság esetén  $g$  monoton növekvő függvény tehát:

$$m_i \geq 0 \text{ és } g_{i+1}(a_i) \geq g_i(a_i) \quad i = 1, \dots, n - 1.$$

Csökkenő hasznosság esetén  $g$  monoton csökkenő függvény tehát:

$$m_i \leq 0 \text{ és } g_{i+1}(a_i) \leq g_i(a_i) \quad i = 1, \dots, n - 1.$$

A program döntési modelljének további hiányossága, a szubjektív ítéletekkel mérhető szempontok hasznosságának a pontatlan meghatározása. A jelenséget az 1.5.3. fejezetben a Combinex eljárás kapcsán már ismertettem. A hátrányt a TENDER az (5) szerinti hasznossági függvénnyel, a függvény szemléletes definiálhatósága révén némiképpen kiküszöböli.

### 5.3. LINEÁRIS HASZNOSSÁGI FÜGGVÉNYEK VIZSGÁLATA

Legyen

$$f_i: a_{ij} \rightarrow tg_i a_{ij} + c_i, \quad (6)$$

$$\text{és } D_f = [a_{i,\min}; a_{i,\max}], c_i \in \mathbb{R}; \acute{a}_i \in \{-\pi/2, \pi/2 \mid \acute{a}_i \neq -\pi/2, \pi/2, 0\}; i = 1, \dots, m.$$

lineáris függvény.

Képezzük a  $p$ -edik és az  $l$ -edik alternatíva pontértékének a különbségét:

$$x_p - x_l = \sum_{i=1}^m \omega_i (f_i(a_{ip}) - f_i(a_{il})) \text{ és } a_{ip} \neq a_{il}. \quad (7)$$

Belátható, ha bármelyik szempont hasznossági függvényének meredekségét növeljük, akkor evvel együtt változik a  $p$ -edik és az  $l$ -edik alternatíva pontértékkülönbsége. A hasznossági függvény tehát befolyásolja az alternatívák pontjainak a különbségét vagyis befolyásolhatja a rangsort. A befolyás meghatározásához legyen:

$$\alpha_i \in ]0, \pi/2[ , f_i = f_j , i, j = 1, \dots, m.$$

Képezzük a (7) egyenlet szerint a  $p$ -edik és az  $l$ -edik alternatíva pontértékének a különbségét és ez legyen:

$$x_p^I - x_l^I ,$$

ahol  $tg\alpha_i = tg\alpha_j$  minden  $i, j = 1, \dots, m$ .

Egy szabadon kiválasztott  $k$ -adik szempont hasznossági függvényének az iránytangensét növeljük meg és képezzük a (7) egyenlet szerinti különbséget a  $p$ -edik és az  $l$ -edik alternatíva között, és ez legyen:

$$x_p^{II} - x_l^{II}$$

ahol  $tg\alpha_k > tg\alpha_j$  minden  $j = 1, \dots, k-1, k+1, \dots, m$ .

A (7) egyenlet alapján belátható, hogy:

$$\text{ha } a_{kp} > a_{kl} \text{ akkor } x_p^I - x_l^I < x_p^{II} - x_l^{II} , \quad (8)$$

$$\text{ha } a_{kp} < a_{kl} \text{ akkor } x_p^I - x_l^I > x_p^{II} - x_l^{II} . \quad (9)$$

Vagyis a  $k$ -adik lineáris hasznossági függvény meredekségének a növelésével a  $k$ -adik szempont szerint kedvező tulajdonsággal rendelkező alternatíva kedvezőbb, míg a  $k$ -adik alternatíva szerint kedvezőtlen tulajdonsággal rendelkező alternatíva kedvezőtlenebb helyzetbe kerül.

Az alternatívák különbségeinek a (8) és a (9) egyenletek szerinti módosulása beláthatóan teljesül az

$$\alpha_i \in ]-\delta/2, 0[$$

esetekben is.

A hasznossági függvény meredeksége tehát befolyásolja az egyes szempontok rangsorra gyakorolt hatását, vagyis közvetve módosítja azokat a súlyszámokat, melyek

segítségével a szempontok fontosságát állapítottuk meg. Ennek megfelelően egy olyan rangsort kaphatunk, ami nem feltétlenül tükrözi a szakértői értékrendet.

A görbe meredekségét a

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{f_i(a_{i,\max}) - f_i(a_{i,\min})}{a_{i,\max} - a_{i,\min}}$$

egyenlet szerint az adatok terjedelme, valamint  $f_i$  értékkészlete határozza meg, ahol:

$a_{i,\min}$ : a legkisebb hasznosság független változója;

$a_{i,\max}$ : a legnagyobb hasznosság független változója;

$f_i(a_{i,\min})$ : a legkisebb hasznosság, értéke 0 és 100 között lehet;

$f_i(a_{i,\max})$ : a legnagyobb hasznosság, értéke az esetek többségében 100.

Az adatok terjedelme adott, ezt nem tudjuk befolyásolni, meghatározható viszont az értékkészlet. Az  $a_{i,\max}$  a Kbt. 55. § (6) bek. szerint az ajánlattevők  $i$ -edik szempont szerinti legkedvezőbb értéke. Az  $a_{i,\min}$  meghatározását viszont a Kbt. nem szabályozza, ennek megfelelően lehet a legkedvezőtlenebb vagy egy előre meghatározott érték.

A Kbt. 34. § (3) bek. c) pont szerint  $f_i(a_{i,\min})$  és  $f_i(a_{i,\max})$  nagyságának és ebből adódóan a hasznossági függvény értékkészletének minden szempontnál azonosnak kell lenni. A lineáris hasznossági függvény meghatározásához szükséges négy adatból a törvény csak egyet szabályoz, a többi három szabadon felvehető.

Az  $a_{i,\min}$  az alternatívákban szereplő ajánlatok  $i$ -edik szempont szerinti legkedvezőtlenebb vagy egy előre meghatározott érték. Célszerűbb  $a_{i,\min}$  értékét előre meghatározni, így ugyanis a szakértői értékrend a hasznossági függvény legalább egy pontját meghatározza. Másrésztől egy olyan előszűrés válik lehetővé, amit a 1. fejezetben a Combinex eljárás leírásakor már ismertettem. Összeütközésben kerülhet viszont a Kbt.-vel  $a_{i,\min}$  meghatározása. Az előszűréshez megállapított érték segítségével olyan gyártmányok szűrhetők ki, melyek valamilyen katonai, műszaki vagy pénzügyi szempontból nem alkalmasak a beszerzés tárgyát képező haditechnikai eszköztől elvárt funkciók betöltésére. A modell szerint, mivel ezek nem érik el  $a_{i,\min}$  értékét, 0 pontot kell kapniuk a kérdéses szempontból. Nem zárható viszont ki az az eset, amikor az ajánlattevők mindegyike egy adott szempontból a minősítő  $a_{i,\min}$  alatt teljesít. Ekkor a döntési modell szerint a legkedvezőbbnek is 0 pont, viszont a Kbt. szerint  $f_i(a_{i,\max})$  adható, melyek ellentmondásban vannak egymással.

Problémát jelenthet, hogy a közbeszerzési eljárás lefolytatása során nem lehet előre ismerni sem az ajánlattevőket sem az ajánlataik paramétereit, így a döntési modell

kialakítása során nem ismerhetjük a hasznossági függvények meredekségét. A meredekség pedig befolyásolja a szempontok súlyát. Ez az  $a_{i,min}$  érték mindkét meghatározásánál fennáll. Az  $f_i(a_{i,min})$  és  $f_i(a_{i,max})$  előre meghatározott, szempontonként azonos értékek, melyek a legkisebb és a legnagyobb hasznosságot adják. Szélsőséges helyzetben előfordulhat, hogy  $a_{i,min}$  és  $a_{i,max}$  értékek olyan közel kerülnek egymáshoz, hogy közöttük hasznosság szempontjából jelentéktelen különbség van, a Kbt. által szabályozott döntési modell viszont maximális hasznosság-különbséget ad. A görbe  $tg_i$  értéke rendkívül magas lesz, ami megnöveli a kérdéses szempont befolyását az alternatívák rangsorára. A szempontok értékeihez, ennek megfelelően nem a hasznosságának megfelelő értéket rendeli. Tehát megállapítható, hogy a törvényes döntési modell nem feltétlenül támogatja a szakértői-döntéshozói értékrend szerinti rangsor felállítását.

#### **5.4. KÖVETKEZTETÉSEK**

1. A TENDER program haditechnikai eszközök összehasonlítására vonatkozó alkalmasságának a vizsgálata alapján a következőket állapítom meg:
  - a) A TENDER program alkalmas a haditechnikai eszközök összehasonlítására.
  - b) A TENDER program általános, tehát közel minden haditechnikai eszköz összehasonlításában való alkalmazásához az (5) egyenlet szerinti hasznossági függvény szükséges.
  - c) A TENDER program alapfilozófiája, hogy a haditechnikai eszközöket a jellemzésükre szolgáló szempontok teljesítésének hasznossági mértékük súlyozott számtani átlaga alapján értékeli.
  - d) A TENDER program kevésbé alkalmas, többségében szubjektív ítéletekkel mért haditechnikai eszközök közötti rangsor megállapítására.
  
2. A jogszabályi megfelelés vizsgálatára alapján a következőket állapítom meg:
  - a) A TENDER program lehetővé teszi a Kbt. által előírt valamennyi eljárási forma szerinti rangsor felállítását és az összességében legjobb ajánlathoz tartozó alternatíva kiválasztását.
  - b) A lineáris függvények megfelelnek a Kbt. nyílt eljárásokra vonatkozó rendelkezéseinek.
  - c) A módosítók egyértelműen nem felelnek meg a Kbt. nyílt eljárásokra vonatkozó rendelkezéseinek.
  
3. A hasznossági függvények rangsorra gyakorolt hatásának a vizsgálata alapján a következőket állapítom meg:
  - a) A hasznossági függvények befolyásolják az (1) egyenlet szerinti rangsort.
  - b) A (6) egyenlet szerinti lineáris függvények iránytangense befolyásolja az (1) egyenlet szerinti rangsort.
  - c) A Kbt. 34. és 55. §-ai szerinti hasznossági függvények közvetve módosítják a szempontok súlyát.



## 6. ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

Értekezésemben olyan matematikai modelleket vizsgáltam meg, melyeket hipotézisem szerint alkalmasnak ítéltam, speciális döntési környezetekben a döntéshozatal támogatására. A megvizsgált döntési szituáció a haditechnikai eszközök értékelése, valamint ezen keresztül az eszközök összehasonlítása volt. Kutatásaimnak különös aktualitást adott a Magyar Honvédség 2006-tól kezdődő technikai fejlesztése.

Az értekezésemben foglalt elmélet gyakorlati felhasználását is tanulmányoztam. 2000-től folyamatosan, műszaki- és döntéseméleti szakértőként dolgoztam a Magyar Honvédség Gépjármű Fejlesztési és 2002-től a Gépjármű Beszerzési Programjában. A program során részt vettem egy speciális döntéstámogató szoftverrendszer kifejlesztésében. Ezen felül tanulmányoztam a Közlekedéstudományi Intézet 1992-től készített, katonai rendeltetésű gépjárművek összehasonlító felmérésének kutatási jelentéseit. Továbbá tanulmányoztam a Hungarocamion 1989-es beszerzési eljárásában alkalmazott módszereket. Konzultációt folytattam a Számítástudományi és Automatizálási Kutatóintézetben, ahol hasonló közbeszerzési eljárások lebonyolítására dolgoztak ki matematikai modelleket, valamint döntéstámogató szoftverrendszert.

Az irodalomfeldolgozás során a többszemponos döntésemélet, valamint a többváltozós analízis eljárásait vizsgáltam. A lehetséges módszerek közül összegyűjtöttem azon korszerű eljárásokat, melyek összetettségük alapján speciális felkészültségű alkalmazót vagyis szakértőt követelnek, ezen kívül bemutattam olyan eljárásokat is, melyek matematikai modelljük egyszerűsége révén, könnyen elsajátíthatók és meghatározott döntési helyzetekben bármely szinten alkalmazhatók.

Vizsgálatom kiterjedt az összehasonlítás, illetve a képességvizsgálat tárgyát képező haditechnikai eszközökre is. Munkám során ezen eszközökre jellemző olyan általános érvényű törvényszerűségeket kerestem és állapítottam meg, melyek egyrészt generálják a döntési helyzetet, másrészt befolyással bírnak rá.

A feldolgozott és bemutatott módszerek alkalmazhatóságát valós példákon keresztül igazoltam. A módszerek alkalmazása során tűzérési tűzvezető rendszereket, kézifegyvereket, nehézpuskát, és gépjárműveket vizsgáltam. A tűzvezető rendszerek összehasonlító elemzésekor egy már meglévő kutatást folytattam, ezért ebben az esetben a módszerek vizsgálata mellett, valós eredményeim is születtek. A többi esetben, a

kézfegyverek kivételével saját adatgyűjtésre támaszkodtam. Összesen mintegy 1200 adatot dolgoztam fel, ennek egy jelenős részét, egymást követően több módszer segítségével is.

Tudományos eredményeimet az adathalmazok több módszerrel történő kombinált feldolgozásából született eredmények alapján fogalmaztam meg. Megállapításaim vonatkoznak a vizsgált módszerek felhasználási területeire, a módszerek alkalmazhatóságára és az alkalmazás feltételeire.

Végezetül javaslatokat tettem, a jelenlegi és a középtávú felhasználás lehetőségeire, valamint a szükséges további kutatásokra.

## 7. SUMMARY

In my thesis I have analysed mathematical models which I - in accordance with my hypothesis - considered suitable for the support of the decision making in special decision environment. The analysed situation of decision making was the examination of capability of military equipment and through this the comparison of the equipment. The technical development of the Hungarian Defence Forces beginning in 2006 endowed my research with special topicality.

In the course of literature elaboration I have analysed the procedures of the multiattributes decision systems and the multivariable analysis. I have collected those modern procedures among the possible methods which on the basis of their complexity require a specially trained user that is an expert. In addition I have also presented procedures that by the simplicity of their mathematical model are easy to acquire and are applicable on any levels in given situations requiring decision making.

My analysis has also covered military equipment that was the subject of the comparison and the examination of capability. During my effort I have been searching for and have discovered normalities of universal validity that on the one hand generate, on the other affect the procedure of decision making.

I have justified the adaptability of elaborated and discussed methods through real examples. In course of the application of the methods I was examining field artillery fire control systems, hand arms, heavy gun and vehicles. With the comparative analysis of fire control systems I have continued an already existing research, thus in this case besides having examined the methods, I have also acquired concrete results. In the remaining cases with the exception of hand arms I have relied on my own data collection. Altogether I have processed 1200 data, a significant amount of which by means of subsequent methods too.

I have presented my scientific results based on results received from combined processing of masses of data using a number of methods. My inferences relate to the application areas of the examined methods, the applicability of the methods and the conditions of application.

At last I have presented proposals for the possibilities of present and middle-range application as well as necessary future research.

## 8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDÉNYEK

1. TUDOMÁNYOS EREDMÉNY. Értekezésemben megvizsgáltam a *többszemponos döntéselmélet* alkalmazhatóságát a haditechnikai eszközök összehasonlításában. Összegyűjtöttem és elemeztem ezen elmélet eljárásait. Az alkalmasnak ítélt eljárások segítségével tüzérségi tűzvezető rendszereket és katonai rendeltetésű gépjárműveket hasonlítottam össze. Az eszközökön elvégzett összehasonlító elemző értékelések alapján megállapítottam, hogy:

- a többszemponos döntéselmélet módszereinek megfelelő alkalmazásával meghatározható a haditechnikai eszközök rangsora, illetve a vizsgálati célnak megfelelően a vizsgált eszközök egymáshoz viszonyított képességaránya;
- a többszemponos döntéselmélet módszereinek a kombinált alkalmazásával információt nyerhetünk az eredmények pontosságáról, és a döntési modell helyességéről.

2. TUDOMÁNYOS EREDMÉNY. Tanulmányoztam a döntés folyamatát és megállapítottam azon lehetséges okokat, amelyek a haditechnikai eszközök összehasonlítását generálhatják, ezen okok együttesét a *döntés környezetének* neveztem el. Kiindulva abból, hogy a környezet minden esetben rendelkezni fog olyan jellemzőkkel, amelyek befolyásolják az összehasonlítás folyamatát, azonosítottam ezeket. A lehetséges változatokat megvizsgálva megállapítottam, hogy a többszemponos döntéselméletet négy alapvető környezetben lehet a honvédségi gyakorlatban alkalmazni, ezek:

- *Beszerezés*: Közbeszerzési vagy egyéb eljárás során a lehetséges, illetve a pályázott eszközök közül a legmegfelelőbb meghatározása.
- *Fejlesztés*: A fejlesztés során az eszköz összevont képességeinek növekedését mutató szám vagy hányados meghatározása.
- *Kiválasztás*: Adott feladatkör betöltésére a legalkalmasabb haditechnikai eszköz kiválasztása.
- *Összemérés*: Harcászati feladatokhoz, az eszközök képességarányait mutató számok meghatározása.

3. TUDOMÁNYOS EREDMÉNY. Összegyűjtöttem és elemeztem azon lehetséges eljárásokat, amelyek segítségével számítható a haditechnikai eszközöket leíró szempontok fontosságát jellemző szám az ún. súlyszám. Munkám során tüzérségi tűzvezető rendszerek és nehézpuskák szempontrendszerét súlyoztam a Guilford és az AHP eljárások segítségével. Az eredmények elemzését követően megállapítottam, hogy:

- a haditechnikai eszközök szempontrendszere a döntéshozói-szakértői szubjektivitás jelentős mértékű csökkentésével súlyozható;
- az arányskála szintű eredményeket szolgáltató AHP eljárás során az egyszerre összehasonlított szempontok száma maximálisan kilenc lehet, az intervallumskála eredményeket szolgáltató Guilford eljárás esetében ugyanez tizenkettő is lehet.

4. TUDOMÁNYOS EREDMÉNY. Megvizsgálva a haditechnikai eszközöket leíró tulajdonságokat megállapítottam, hogy ezen eszközöket –az esetek többségében– több száz tulajdonság segítségével lehet leírni, mely tulajdonságok között esetenként korrelációs viszony tapasztalható. Megállapítottam továbbá, hogy a tulajdonságok közötti korrelációt kiváltó okok az eszközre jellemzőek és azonosíthatók. Értekezésemben faktor- és főkomponensanalízis segítségével gépkarabélyok és gépjárművek tulajdonságait csoportosítottam. Az eredmények elemzését követően megállapítottam, hogy:

- a haditechnikai eszközöket leíró tulajdonságok korrelációs viszony szerint csoportokat képeznek;
- ezen csoportok faktor- illetve főkomponensanalízis segítségével meghatározhatók;
- a csoportokon belül, a korrelációt kiváltó okok azonosíthatók és ezen okok alapján képezhetik a haditechnikai eszközöket leíró szempontrendszer kialakításának.

5. TUDOMÁNYOS EREDMÉNY. Részvettem a TENDER program kifejlesztésében, ami a Magyar Honvédség Gépjármű Fejlesztési és Gépjármű Beszerzési Program döntéstámogatására, speciálisan a katonai közúti és a terepjáró gépjárművek összehasonlítására készült. Értekezésemben meghatároztam azon területeket, melyeket szükségesnek ítéltem a program olyan továbbfejlesztéséhez, amely eredményeként alkalmassá válik, általánosan minden haditechnikai eszköz összehasonlításának döntéstámogatására. A döntési modell vonatkozásában definiáltam egy általános hasznossági függvényt, ami lehetővé teszi a TENDER széleskörű felhasználhatóságát. Az általános hasznossági függvény:

$$g(a) = \begin{cases} g_1(a), & \text{ha } a_0 \leq a < a_1 \\ \dots \\ g_n(a), & \text{ha } a_{n-1} \leq a \leq a_n \end{cases},$$

$$a_i < a_{i+1}, \quad g_i(a) = m_i a + c_i, \quad i = 1, \dots, n, \quad m_i \in R, \quad c_i \in R,$$

$$\text{ha } m_i \geq 0 \text{ akkor } g_{i+1}(a_i) \geq g_i(a_i) \quad i = 1, \dots, n-1,$$

$$\text{ha } m_i \leq 0 \text{ akkor } g_{i+1}(a_i) \leq g_i(a_i) \quad i = 1, \dots, n-1.$$

## 9. AJÁNLÁSOK

1. A többszemponos döntéelmélet gyakorlati alkalmazását, a következő problémák megoldásában, közbenső kutatás nélkül javaslom:
  - a) a harcászati feladatokban használt haditechnikai eszközöket jellemző mutatószámok nagyságának AHP eljárással való számítása;
  - b) katonai szervezetekhez a megfelelő haditechnikai eszköz kiválasztásának döntéstámogatásában PROMETHEE és GAIA eljárásokkal;
  - c) közbeszerzési eljárások előkészítési szakaszában TENDER programmal és/vagy AHP eljárással.
  
2. Azon haditechnika eszközök vonatkozásában, ahol az elkövetkező mintegy öt évben beszerzés tervezett, javaslom:
  - a) adatbázisok létrehozását, melyek lehetővé teszik a döntéselőkészítéshez tartozó felmérések és egyéb feladatok elvégzését;
  - b) olyan kutatások indítását, amelyek a kérdéses haditechnikai eszközt leíró szempontrendszer kialakítását célozzák;
  - c) olyan kutatások indítását, melyek a közbeszerzési eljárás döntéelméleti előkészítését célozzák meg, ez tartalmazza a szempontok mérési módszereinek a kidolgozását, valamint előzetes rangsorok felállítását.
  
3. A TENDER programmal kapcsolatban javaslom:
  - a) a program általános, valamennyi haditechnikai eszköz beszerzésére irányuló közbeszerzési eljárásban való felhasználását;
  - b) az 5. fejezetben leírtak alapján a program továbbfejlesztését.
  
4. A TASCFORM eljárással kapcsolatban javaslom:
  - a) olyan kutatások indítását, melyek eredményeként a TASCFORM-hoz hasonlóan, általános rendeltetésű katonai szervezet (ez a MH vonatkozásában zászlóalj szintű lehetne) képességét mérő mutatószámok meghatározási módszere lenne kidolgozva (ez jelenti a TASCFORM felhasználhatóságának a vizsgálatát is).
  
5. Az oktatással és a továbbképzéssel kapcsolatosan javaslom;
  - a) a többszemponos döntéelmélet differenciált oktatását a katonai felsőoktatás különböző szakain és a vezetélmélettel foglalkozó tanfolyamokon.

## 10. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Bencsi, A.: Ember-gép-környezet rendszer-modell megbízhatósági vizsgálata, Vezetéstudomány, 1993. 10. szám, 7-18. p.

- [2] Bolla, M.: Többváltozós matematikai statisztika, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Sztochasztika tanszék, egyetemi jegyzet, Budapest.
- [3] Besenyi, L., Gidai, E., Nováky, E.: Előrejelzés Megbízhatóság Valóság, Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest, 1982.
- [4] Bognár, K.: A Magyar Honvédséggel szembeni követelmények a 21. század elején, Tanulmánygyűjtemény, Honvédelmi Minisztérium, Oktatási és Tudományszervező Főosztály, Budapest, 1998., 7-27. p.
- [5] Csernyák, L.: Operációkutatás II., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.
- [6] Csernyi, L.: Döntési rendszerek szervezése, Vezetéstudomány, XXX. Évf. 1999. 9. szám, 29-38. p.
- [7] Csontos, I.: Fegyverek rendszertana, Zalka Máté Katonai Műszaki Főiskola, főiskolai jegyzet, Budapest, 1984.
- [8] Egerszegi, J.: Perspektív kézfegyverek, Kézirat, Honvédelmi Minisztérium, Haditechnikai Intézet, Budapest, 1999.
- [9] Éltető, Ö., Meszéna, Gy., Ziermann, M.: Sztochasztikus módszerek és modellek, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1982.
- [10] Farkas, A.: Cardinal Measurement of Decision Preferences, On the problem of the ratio Scale Approach, Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Economics and Social Sciences, Ph.D. dissertation, Budapest, 2001.
- [11] Füstös, L., Meszéna, Gy., Simonné Mosolygós, N.: A sokváltozós adatelemzés statisztikai módszerei, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1986.
- [12] Gaál, Z.: A döntéshozatal alapjai, Veszprémi Vegyipari Egyetem Vállalatgazdasági és Szervezési Intézet, egyetemi jegyzet, Veszprém, 1989.
- [13] Gaál, Z., Kovács, Z.: Megbízhatóság, karbantartás, Veszprémi Egyetemi Kiadó, 1998.
- [14] Gegesi, K. P., –at all: Operációkutatási módszerek, KSH Nemzetközi Számítástechnikai Oktató és Tájékoztató Központ, Budapest, 1977.
- [15] Gyarmati, J., Kende, Gy., Rózsás, T., Turcsányi, K.: The Hungarian field artillery fire control system ARPAD and its comparison with other system, Miklós Zrínyi National Defence University, Academic and Applied Research in Military Science, Volume 1 Issue 1 2002. 9-38. p.
- [16] Hamburg, M.: Statistical analysis for decision making, The Wharton School, University of Pennsylvania, 1977.
- [17] Hangya, G.: Szakértői vélemények vizsgálata matematikai módszer alkalmazásával, Kard és Toll, HM Oktatási és Tudományszervező Főosztály, 2002/1, 130-138. p.
- [18] Hiller, F. S., Lieberman, G. J.: Bevezetés az operációkutatásba, LSI Oktatóközpont, Budapest, 1994.
- [19] Honvéd Vezérkar, Euró-Atlanti Integrációs Munkacsoport, TR-6863, A TASCFORM módszertan, Egy módszer a haderő modernizáció értékeléséhez,, Budapest, 1997.
- [20] Honvédelmi Minisztérium, Haditechnikai Intézet, A gépjármű fejlesztési programhoz kapcsolódó járművizsgálatok feltételeinek a megteremtése (haditechnikai ellenőrző vizsgálatok



- a gépjárművek beszerzéséhez és rendszerbe állításához), Megvalósíthatósági elemző tanulmány, Budapest, 2000.
- [21] Honvédelmi Minisztérium, Haditechnikai Intézet, Melléklet a haditechnikai ellenőrző vizsgálatokhoz (Gépjárművek katonai alkalmazásának értékelése és rendszerbe állítása), Elemző Tanulmány, Budapest, 2000.
- [22] Honvédelmi Minisztérium, Haditechnikai Intézet, A gépjármű fejlesztési program végrehajtásához szükséges járművizsgálatok feltételeinek megteremtése, Műszaki Tanulmány, Budapest, 1999.
- [23] Honvédelmi Minisztérium, Technológiai Hivatal, Gépjármű Programiroda, A gépjármű fejlesztési program beszerzési eljárásában alkalmazott komplex értékelési rendszer, Budapest, 2001.
- [24] Ilosvai, L.: Járműdinamika II. Gépjárművek dinamikája, Kézirat, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990.
- [25] Jahn, W., Vahle, H.: A faktoranalízis és alkalmazása, Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest, 1974.
- [26] Juran, J. M., Gryna, F. M.: A minőség tervezése és elemzése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
- [27] Kemény, S., Deák, A.: Kísérletek tervezése és értékelése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2000.
- [28] Kendall, M., G.: Rank Correlation Methods, London Griffin, 1970.
- [29] Kende, Gy.: A magyar tábori tüzérség automatizált tűzvezetési rendszer kifejlesztése, eredményei és tapasztalatai, benyújtott MTA doktori értekezés, Budapest, 2001.
- [30] Kerékgyártó, Gy., Mundryócó, Gy.: Statisztikai módszerek a gazdasági elemzésben, Aula Kiadó, Budapest, 1998.
- [31] Kindler, J., Papp, O.: Komplex rendszerek egyes összemérési módszerei. A KIPA-eljárás alkalmazástechnikája, Kézirat, Budapesti Műszaki Egyetem Továbbképző Intézete, Budapest, 1977.
- [32] Kindler, J., Papp, O.: Komplex rendszerek vizsgálata, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [33] Klincsik, M., Maróti, Gy.: Maple 8 tételben, NOVADAT, Budapest, 1995.
- [34] Köves, P., Párniczky, G.: Általános statisztika I., Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest, 1981.
- [35] Köves, P., Párniczky, G.: Általános statisztika II., Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest, 1981.
- [36] Laib, L.-at all, Terepen mozgó járművek elmélete, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 2002.
- [37] Levin, R. I., Rubin, D. S.: Statistic for management, Prentice hall, Englewood Cliffs Jersey, New Jersey 07632.
- [38] Lukács, O.: Matematikai statisztika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.
- [39] Mészáros, Cs., Rapcsák, T.: On sensitivity analysis for a class of decision systems, Decision Support Systems, 16 (1996) 231-240. p.
- [40] Mikula, L.: A beszerzés és a katonai minőségügy tevékenység kapcsolata, Katonai Logisztika, 8. évf. 4. szám, 2000., 118-126. p.

- [41] Moroney, M. J.: Számoktól a tényekig, Gondolat Kiadó, Budapest, 1970.
- [42] NATO Logisztikai Kézikönyv, Honvéd Vezérkar, Logisztikai Főcsoportfőnökség, Budapest, 1998.
- [43] Németh, S.Z., Rapcsák, T., Temesi, J.: Modeling efficiency of economic development tenders, Hungarian Academy of Sciences, Computer and Automation Institute, Laboratory of Operation Research and Decision Systems, WP 2001-4, May, 2001.
- [44] Papp, O.: Szemelvények a rendszerelemzés és az operációkutatás témaköréből, Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöktoábbképző Intézet, Budapest, 1985.
- [45] Papp, O., Műszaki döntések gazdasági megalapozása, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
- [46] Raffai, M.: Döntésselőkészítés (Esettanulmányok), NOVADAT, Budapest, 2002.
- [47] Raffai, M.: Döntésselőkészítés, Operációkutatási módszerek, Novadat Kiadó, Győr, 2000.
- [48] Rapcsák, T., Sági, Z., Tóth, T., Kétszeri, L.: Evaluation of tenders in information technology, Decision Support Systems, 30 (2000) 1-10.
- [49] Rapcsák, T.: Többszemponú döntési problémák A PROMETHEE és a GAIA módszeren, Egyetemi oktatáshoz segédanyag, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézetében kihelyezett Gazdasági Döntések Tanszék, Budapest, 2000.
- [50] Rapcsák, T.: Többszemponú döntési problémák AHP modellek, Egyetemi oktatáshoz segédanyag, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézetében kihelyezett Gazdasági Döntések Tanszék, Budapest, 2000.
- [51] Rapcsák, T.: Többszemponú döntési problémák Csoportos döntési modellek, Egyetemi oktatáshoz segédanyag, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézetében kihelyezett Gazdasági Döntések Tanszék, Budapest, 2000.
- [52] Rapcsák, T.: Többszemponú döntési problémák Esettanulmányok a WINGDSS szoftverrel, Egyetemi oktatáshoz segédanyag, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézetében kihelyezett Gazdasági Döntések Tanszék, Budapest, 2000.
- [53] Rózsa, P.: Lineáris algebra és alkalmazásai, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
- [54] Saaty, T. L.: The analytic hierarchy process, McGraw-Hill, New York, 1980.
- [55] Szentpéteri, Sz.: Gazdasági döntések bizonytalanság esetén, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1980.
- [56] Szücs, E.: Rendszer és modell I., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1996.
- [57] Tomcsányi, P.: Általános kutatómódszertan, Szent István Egyetem, Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet, Budapest, 2000.
- [58] Tóth, I.: Operációkutatás I., Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1987.
- [59] Turcsányi, K.: A haditechnikai eszközök megbízhatóságának elméleti alapkérdései, ZMNE jegyzet, Budapest, 1999.

- [60] Turcsányi, K., Kende, Gy., Gyarmati, J.: Haditechnikai eszközök összehasonlításának korszerű módszerei és ezek alkalmazása, Tanulmány, Honvédelmi Minisztérium, Oktatási és Tudományszervező Főosztály, 2002. évi kutatási terv, 6.1. számú program 1. alprogram, Budapest, 2002.
- [61] Turcsányi, K.: Rendszertechnika I, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, jegyzet, Budapest, 1998.
- [62] Turcsányi, K.: Üzemfenntartás elmélet és módszertan (ábrák, vázlatok és kompendiumok), ZMNE, Doktori Iskola, Budapest, 2000.
- [63] Vasvári, F.: Személygépkocsik üzemeltetési megbízhatóságának vizsgálata, Budapesti Műszaki Egyetem, Egyetemi Doktori értekezés, Budapest, 1975.