

Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem
Katonai Logisztikai Tanszék

HADITECHIKAI ESZKÖZÖK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

(ÚTMUTATÓ)

Dr. Gyarmati József okl. mk. alezredes

ELŐSZÓ

Melyik haditechnikai eszköz a legalkalmasabb egy meghatározott feladatkör betöltésére? Két haditechnikai eszköz közül melyik a jobb számunkra? Melyiket érdemes megvásárolni és rendszeresíteni? Egy katonai szervezet meghatározott helyére, meghatározott feladatkör betöltésére melyik lehet a legalkalmasabb?

Az útmutatóban leírtak ezeknek a kérdéseknek a megválaszolását tűzi ki célul, felhasználva a haditechnika és a döntéelmélet meghatározott területeit. Az útmutató elsősorban oktatási céllal készült, de a leírtak hasznosak lehetnek a problémakörrel foglalkozó gyakorlati szaktisztek számára is.

Két vagy több eszköz közül azt tartjuk jobbnak, amelyik több tulajdonság vizsgálata szerint összességében jobb. Tehát egy haditechnikai eszköz minősítése, vagy rangsorolása nem egy *szempont*, hanem több alapján történik. Ennek megfelelően a haditechnikai eszközök közötti választás egy un. *többszempontú döntési probléma*. Az útmutató ezen döntési modell alapján ismerteti a haditechnikai eszközök értékelésének és összehasonlításának folyamatát.

A többszempontú döntési modell, a vizsgálati szempontok szerint rangsorol. Ilyen klasszikusnak is mondható vizsgálati szempont egy harckocsi esetében a tüzérő, a mozgékonyosság és a védettség.

A szempontok fontossága eltérő lehet, például egy katonai terepjáró tehergépkocsi esetén a szállítóképesség rovására némiképpen előtérbe helyezük a terepjáró-képességet, míg egy közúti katonai tehergépkocsi esetében ez pont fordítva van. A szempontok egymástól eltérő fontosságát un. súlyszámok segítségével fejezzük ki. A súlyszámok nagysága a szempontok fontosságát fejezi ki.

A döntési modellünk szerint, tehát:

Az a legjobb haditechnikai eszköz, amelyik a súlyozott vizsgálati szempontok alapján összességében a legjobb.

A többszempontú döntési modell szerint az összehasonlítása általános menete:

- I. Vizsgálati szempontok meghatározása.
- II. Vizsgálati szempontok súlyozása.
- III. Haditechnikai eszközök szempontonkénti értékelése.
- IV. Szempontonkénti értékelés eredményeinek összegzése.
- V. Eszközönként kapott végeredmények összevetése.

A szempontonkénti értékelést, és az itt kapott értékek összesítését, több módon is el lehet végezni. A többszempontú döntéelmélet a feladat megoldására több módszert is javasol, ezek közül az útmutató az AHP, a PROMETHEE és a SMART eljárásokat mutatja be.

A haditechnikai eszközök összehasonlításának és a legjobb kiválasztásának egy speciális esete a közbeszerzési eljárás¹. Az ide vonatkozó jogszabályok a döntési modellt pontosan leírják. Az útmutató ennek megfelelően a haditechnikai eszközök összehasonlítását két helyzetben írja le:

1. fejezet Azon esetek, amelyeket a közbeszerzési törvény nem szabályoz.
2. fejezet Azon esetek, amelyeket a közbeszerzési törvény szabályoz.

Az útmutató fejezetenként pontról pontra végrehajtási utasítás jelleggel írja le az összehasonlítás menetét. Mivel a döntési modellek definiálása többségében szubjektív ezért sok gyakorlati példa és javaslat segítségével vezeti végig a felhasználót a teljes folyamaton.

A útmutató a matematikai modelleket nem a szövegtörzsben, hanem a mellékletekben közli.

Az útmutató elkészítése során célkitűzés volt a gyakorlati felhasználás elősegítése, ennek megfelelően a leírásokban már csak konkrét utasítások találhatóak, az utasítások alapját képző matematikai és döntéseméleti bizonyítások nem. Az útmutatóban ezért az ezekhez szükséges hivatkozások sincsenek rögzítve, csak a modellek ismertetésekor bemutatott, nagyrészt más irodalmakból átvett példák forrásai vannak megjelölve.

Azon olvasók számára, akik ezen területen részletesebb ismeretekhez szeretnének jutni, össze lett állítva egy ajánlott irodalomjegyzék, amelyben megtalálják a téma legfontosabb magyar nyelvű forrásait.

Budapest, 2011. július 7.

A szerző

¹ A közbeszerzéseket a 2003. évi CXXIX. törvény szabályozza. Az útmutató a továbbiakban Kbt. jelöléssel hivatkozik rá.

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	2
Tartalomjegyzék	4
1. Algoritmus a Kbt. által nem szabályozott esetekben	5
1.1. A döntéshozói célok azonosítása	5
1.2. Erőforrások	8
1.3. Az összehasonlítandó haditechnikai eszközök kiválasztása	10
1.4. Szempontok meghatározása	11
1.5. Szempontok mérhetőségének meghatározása	21
1.6. Szempontok súlyozása	23
1.7. A szempontrendszer ellenőrzése	24
1.8. Döntési modell kiválasztása	26
2. Algoritmus a kbt. által szabályozott esetekben	32
2.1. Algoritmus a Kbt. által szabályozott esetekben, szűrő típusú modell esetén	33
2.2. Algoritmus a Kbt. által szabályozott esetekben, többszempontú modell esetén	35
2.2.1. Adatgyűjtés	35
2.2.2. Kizáró feltételek megfogalmazása	36
2.2.3. Rész- és alszempontok meghatározása	37
2.2.4. Szempontrendszer ellenőrzése	38
2.2.5. Súlyszámok számítása	39
2.2.6. Pontozásos módszerek kiválasztása	40
2.2.7. Összegzés	44
1. melléklet: Az AHP eljárás módszertana	47
2. melléklet: A PROMETHEE eljárás módszertana	54
3. melléklet: A SMART eljárás módszertana	59
4. melléklet: Rangsorolás	66
5. melléklet: Churhman–Ackoff-féle eljárás	68
6. melléklet: Guilford-féle eljárás	69
7. melléklet: Statisztikai analízis alkalmazása a 12,7 mm űrméretű puska optimális típusváltozatának kiválasztására	72
8. melléklet: Műszaki berendezések vizsgálata faktoranalízis segítségével	83
Hivatkozott Irodalom	91
Ajánlott irodalom	91

1. ALGORITMUS A KBT. ÁLTAL NEM SZABÁLYOZOTT ESETEKBEN

A fejezet azon esetekkel foglalkozik, ahol a közbeszerzési törvény² előírásait nem kell figyelembe venni. Az összehasonlítás tehát nem közbeszerzési eljárás lebonyolítása érdekében folyik. A döntéselőkészítők jelen esetben sok szempontból könnyebb helyzetben vannak, hiszen itt nem kell figyelembe venni az ide vonatkozó jogszabályi előírásokat. A jogszabály előírásai a döntési modellt pontosan közlik evvel kizárják a döntésmélet korszerű eljárásait.

A fejezet 10 pontban foglalja össze az összehasonlítás menetét, a döntési helyzet létrejöttétől az eredmények értékeléséig. A fejezethez a jól érthetőség és a megfelelő strukturáltság érdekében nem tartalmazza a döntésmélet felhasználásra javasolt módszereinek a matematikai modelljét, ezen modellek a mellékletekben megtalálhatók.

A haditechnikai eszközök összehasonlításának a folyamata az alábbi lépésekből áll:

1. A döntéshozói célok azonosítása.
2. Erőforrások számbavétele.
3. Az összehasonlítandó haditechnikai eszközök kiválasztása.
4. Szempontok meghatározása.
5. Szempontok mérhetőségének meghatározása.
6. Szempontok súlyozása.
7. Szempontrendszer ellenőrzése.
8. Döntési modell kiválasztása.
9. Döntési modell alkalmazása.

1.1. A DÖNTÉSHOZÓI CÉLOK AZONOSÍTÁSA.

Az első és talán legfontosabb annak az eldöntése, hogy miért, milyen okokból kifolyólag szükséges haditechnikai eszközöket összehasonlítani. A célok azonosítása a folyamat kiinduló pontja, amelyet annak a figyelembevételével kell elvégezni, hogy az összes többi lépés ennek lesz a függvénye, egy homályos pontatlan célmegfogalmazás, már alapjaiban magába rejti a pontatlan vagy hamis eredményeket. Az összehasonlítás, közbeszerzési eljáráson kívül az alábbi három esetben válhat szükségessé:

² A közbeszerzésekre vonatkozó jogszabályok tisztázása érdekében szükséges megjegyezni, hogy a Kbt. értékhatárt szab meg, ezt az összeget a haditechnikai eszközök beszerzési költségei túlnyomó többségben meghaladják. Továbbá a Kbt. 29. § szerint, amely az Európai Közösséget létrehozó szerződés 296. cikke szerint fogalmazódott, haditechnikai eszközök beszerzését a Kbt. IV. Fejezet figyelmen kívül hagyásával lehet lefolytatni. Ezen részt a 228/2004. (VII. 30.) Korm. rendelet szabályozza. A rendelet összehasonlításokra vonatkozó paragrafusai (21. §; 46. §) viszont megegyeznek a Kbt. ide vonatkozó (57. §; 90. §) részeivel, ezért a továbbiakban a Kbt. tekinthető alapnak.

- fejlesztés;
- kiválasztás;
- összemérés.

A továbbiakban ismertetésre kerül a három lehetséges döntési környezet. Az egyes döntési környezetek ismertetése az alábbi tartalommal történik:

- a döntési környezet leírása és jellegzetességei;
- gyakorlati példák;
- javaslatok az alkalmazható döntési modellekre.

Fejlesztés

A K+F folyamat döntéselőkészítési fázisában vizsgálható, hogy a lehetséges alternatívák milyen hatást gyakorolhatnak egy eszköz vagy egy katonai szervezet harcképességére. Egy haditechnikai eszközzel kapcsolatban a K+F a következő alternatívákat determinálhatja:

- korszerűsítés;
- kivonás majd új eszköz beszerzése;
- rendszerbenntartás folytatása közép vagy nagyjavítás után.³

A döntéselmélet segítségével kimutatható, hogy az egyes haditechnikai eszközök milyen hatással vannak a harcképességre. A döntéselmélet ilyen formájú felhasználására jó példát mutat a TASCFORM⁴ (Technique for Assessing Comparative Force Modernisation, Összehasonlító Haderőmodernizáció Értékelő Eljárás). Az 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: a haditechnikai eszköz hatékonysági mutatója és ezek kumulálásával 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.

³ A felsorolt alternatívák közötti választás már önmagában egy többszemponútú döntési probléma. Jelen tanulmány csak a haditechnikai eszközök összehasonlításában mutatja be a tudomány alkalmazását. A felsorolt alternatívák közötti választás alapvetően gazdasági jellegű döntés, amit itt nem kerül tárgyalásra.

⁴ Forrás: Honvéd Vezérkar, Euró-Atlanti Integrációs Munkacsoport, TR-6863, A TASCFORM módszertan, Egy módszer a haderő modernizáció értékeléséhez, Budapest, 1997.

Valamennyi módszerre igaz, hogy :

- a haditechnikai eszközök hatékonysági mutatóját a képességeik súlyozott összegével határozza meg;
- a számításokhoz haditechnikai eszközcsoportonként ún. 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 változása követhető nyomon. Az eljárás az eszközökre jellemző olyan számot képez, amely segítségével a részképességeiből eredő harci képesség mérhető. Ez egy olyan érték számítását jelenti, amelynek 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. Például egy harckocsira megállapított 1,3-es érték azt jelenti, hogy az eszköz harci képessége 30%-al nagyobb az alapharckocsinál, vagyis az M-60 A1 harckocsinál.

A fejlesztés döntéselőkészítési fázisában szélesebb körben felhasználható a döntéselmélet, itt ugyanis nem kötnek jogszabályok. A döntéselmélet itt leírt eljárásai segítségével vizsgálható, hogy a fejlesztés melyik alternatívája lehet számunkra az optimális. A közbeszerzési eljárásokat célszerű, főleg költségesebb haditechnikai eszközök esetében, megelőző tanulmányok által mintegy előkészíteni. Az előkészítés során vizsgálhatjuk a;

- gyártók képességeit⁵;
- egy típus különböző típusváltozatának képességeit;
- különböző típusú haditechnikai eszközök képességeit⁶.

Fejlesztés esetében lényeges lehet olyan mutatószámok kidolgozása, amelyek a TASCFORM eljáráshoz hasonlóan visszatükrözik az eszközök egymáshoz viszonyított képességeit. Ilyen szintű mérésre az AHP eljárás alkalmas, módszertanát az 1. melléklet tartalmazza.

Kiválasztás

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

- a feladatkör ellátására egy eszköz több típusváltozata is alkalmas, de a típusváltozatok közötti választás nem egyértelmű;
- a feladatkör a harceljárások változásával együtt változik;

⁵ A gyártó vizsgálata meglehetősen összetett, de rendkívül fontos tényező. A haditechnikai eszközzel együtt ugyanis a gyártót is kiválasztjuk. Ezáltal meghatározunk egy partnert, amellyel a rendszeresítési időn belül kénytelenek vagyunk együttműködni. Az útmutató a terjedelmi korlátok miatt csak érintőlegesen foglalkozik ezzel a résszel. A témát hasonló méretű önálló tanulmány tudná feldolgozni.

⁶ Példa: az önjáró vs. vontatott löveg; egy feladatra különböző űrméretű fegyver; páncéltörő ágyú vs. rakéta, stb.

- az eszközök közel azonos funkciókkal rendelkeznek, de a működésük fizikai elve alapjaiban különbözik;
- kivonásra kerülő haditechnikai eszköz kiválasztása.

Az első francia bekezdésben megfogalmazott problémára példaképpen lehet említeni a 12,7 mm űrméretű puskákat. A fegyvercsalád jelentős számú típusváltozattal rendelkezik (mesterlövész-romboló; egylövetű, ismétlő vagy félautomata) és ezek közül kell kiválasztani, hogy egy adott feladatkör betöltésére melyik lesz a legalkalmasabb. A második francia bekezdés problémájára jó példával szolgál a jelenleg világszerte vitatémát okozó nehéz lánctalpas harcjármű vagy a könnyebb és mozgékonyabb kerekes harcjármű közötti választás kérdése. A harmadik bekezdésre példaképpen lehet említeni a páncéltörő rakétakomplexumok és a páncéltörő ágyúk közötti választást. A negyedik bekezdés az összehasonlítási célok megfordításával keletkezik. A döntésemélet segítségével nem csak a legjobb, hanem a legrosszabb is kiválasztható. Ennek megfelelően a döntésemélet felhasználható a kivonásra kerülő eszköz kiválasztására is.

Mind a négy esetben egy meghatározott feladatkör betöltésére nem teljes mértékben azonos funkciókkal rendelkező eszközökből kell kiválasztani a legalkalmasabbat (vagy a legalkalmatlanabbat). A legmegfelelőbb, vagyis a feladatkör szempontjából optimális alternatíva, a kisebb vagy nagyobb mértékben eltérő funkciókból származó előnyök és hátrányok elemzésével határozható meg. Itt a PROMETHEE eljárás használata javasolt. Ezen felül természetesen alkalmazható más, disztributív jellegű összegzési módszerrel rendelkező eljárás is, amely alkalmas az alternatívák preferenciasorrendjének megállapítására (AHP disztributív modell).

Kiválasztás esetén jól használhatók a statisztikai módszerek (7., 8. melléklet).

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 0,8 Leopard-II A2 harckocsinak. Az ilyen jellegű feladatok megoldására az AHP eljárás a legmegfelelőbb.

1.2. ERŐFORRÁSOK

A lépés lényegében a szükséges személyi és anyagi fedezet azonosítását jelenti. Milyen és mekkora szakértői bizottság állítható össze a későbbiekben vázolt feladatok elvégzéséhez? Milyen szintű döntési és statisztikai módszerek használhatók fel az összehasonlítások elvégzésére? Az eredmények hitelességét, pontosságát, szakszerűségét jelentős mértékben befolyásolják a ráfordítások nagysága. Szükséges, hogy a döntéshozói célok megvalósítása érdekében és azokkal egyensúlyba legyenek előteremtve ezek. Az igényeknek egyensúlyba kell lenniük az anyagi és személyes háttérrel. Amennyiben ez nem valósul meg, akkor nem várhatunk használható eredményeket és felmerülhet az a kérdés hogy kevésbé vagy egyáltalán nem használható eredményekért érdemes-e munkaerőt pazarolni?

Az erőforrásigény meghatározásakor abból célszerű kiindulni, hogy az eredményeknek milyen jelentősége lesz. Olyan típusú elemzések elvégzésére, amelyek eredményei a közép vagy hosszú távú tervezés részeit képzik, az összehasonlítás tárgyát képező haditechnikai

eszköz becsült árával arányosan kell az erőforrásokat igényelni. Az erőforrástervnek tartalmaznia kell:

- állandó saját szakértők számát;
- ideiglenes saját szakértők számát;
- külső szakértőkre fordítható összeg nagyságát;
- eszközigényt;
- adatgyűjtés igényeit.

Az állandó szakértők, akik az 1. pontban ismertetett folyamat valamennyi elemét végzik. A csoport minimális létszámára vonatkozólag nincsenek általános érvényű javaslatok, de figyelembe kell venni, hogy a haditechnikai eszközök összehasonlítása minden esetben ún. csoportos döntés, ugyanis minden egyes eszközzel a Magyar Honvédség több vetülete áll kapcsolatban és a döntéshozatalban minden csoport véleményének (igényének, értékrendjének) szerepelnie kell. Ennek megfelelően a csoport tagjainak összességében rendelkezni kell:

- a kérdéses haditechnikai eszközzel kapcsolatos alkalmazói ismeretekkel;
- a kérdéses haditechnikai eszközzel kapcsolatos műszaki ismeretekkel;
- a kérdéses haditechnikai eszközzel kapcsolatos logisztikai ismeretekkel;
- matematikai és informatikai ismeretekkel;
- csoportmunkára való képességekkel.

Az ideiglenes szakértők lesznek azok, akik a 1. pontban ismertetett folyamat bizonyos részeiben segítenek. Például a szempontok súlyszámainak meghatározásához szükséges kérdőíveket töltik ki.

A csoportmunka⁷ sikeressége alapfeltétele a munka sikerességének, ezért a csoport tagjaival kapcsolatban a következő fontos feltételeket kell szabni:

- hajlandók és képesek meghallgatni és megfontolni mások véleményét;
- hajlandók és képesek elmagyarázni a saját véleményüket;
- hajlandók a csoport belső működési szabályait elfogadni;
- ne legyenek kitéve se belső se pedig külső befolyásnak;
- a csoport tagjai ne álljanak alá-, fölérendeltségi viszonyba;

A csoport vezetője:

- rendelkezzen csoportmunka gyakorlattal;
- a kérdéses eszközt alkalmazói vagy műszaki oldalról jól ismerje;
- ismerje fel a csoport tagjainak képességeit, felkészültségét, tapasztalatait, legyen képes ezek felhasználására;
- a csoport tagjai fogadják el.

⁷ A csoportmunka szervezése egy önálló és összetett területe a döntéseméletnek. Itt csak érintőlegesen a legszükségesebb követelmények és javaslatok vannak felsorolva. A csoportmunka szervezését a szakirodalom széles körben tárgyalja [8].

A döntéseméletben statisztikai módszerek, vagy összetettebb matematikai módszerek is alkalmazhatók, amelyekhez speciálisan felkészült szakértőkre van szükség. Az ilyen speciális szakértők a külső szakértők. Külső szakértők kérhetők fel:

- összetettebb matematikai modellek alkalmazására;
- statisztikai módszerek alkalmazására;
- olyan esetekben, ahol a következmények költségben kifejezett értéke ezt indokolja.

Szakértők alkalmazásakor figyelembe kell venni, hogy a díjazás mértékének arányba kell állni a döntés következményeinek a nagyságával. Ha a döntés környezete például olyan kiválasztás, amely egy beszerzési folyamat döntés előkészítési lépése és nagy költségű haditechnikai eszközről van szó (harckocsi, löveg, lokátor, stb), amely rendszerben tartási ideje akár több évtized lehet, akkor általánosságban kijelenthető, a szakértők alkalmazása indokolt. Általánosan fogalmazva a szükségességüket a pont elején megfogalmazott elvet kell ismételni, miszerint: a ráfordításoknak arányba kell állni a következményekkel.

1.3. AZ ÖSSZEHAJONLÍTANDÓ HADITECHNIKAI ESZKÖZÖK KIVÁLASZTÁSA

Ha döntés környezet az 1.1. szerinti *fejlesztés*, akkor a haditechnikai eszközöket az alábbiak szerint kell kiválasztani:

- a fejleszteni kívánt eszköz;
- korszerűsített eszköz;
- lehetséges ellenséges eszköz;
- hasonló célokra használt korszerű eszköz.

A fejleszteni kíván eszközről azt kell eldönteni, hogy a fejlesztés milyen módon valósuljon meg, ehhez először össze kell hasonlítani a meglévőt, a lehetséges ellenséges eszközökkel, ami elsődlegesen igazolja vagy elveti a fejlesztés szükségességét. Másodsorban össze kell hasonlítani a meglévőt egy korszerűvel, valamint a meglévő korszerűsítése után létrejövő eszközzel, amely összehasonlítások eredményeképpen választ lehet kapni a fejlesztés módjára (korszerűsítés vagy új beszerzése).

Nem egyszerű dolog a lehetséges ellenséges eszköz meghatározása. A Magyar Honvédség fejlesztése során sok olyan körülmény van, amely csak a jövőben realizálódik, ilyen lesz az a harctevékenység, amelyre a Honvédség készül. Előzetesen nagyon keveset lehet tudni erről. A döntés-előkészítés során viszont tudomásul kell venni, hogy ez egy olyan végpont, amelynek a hiányzó paramétereket meg kell tudni határozni, függetlenül attól, hogy a különböző szintű stratégiai elképzelések tartalmazzák vagy sem. Ha stratégiai elképzelés nem határoz meg ellenséget és ezzel együtt ellenséges eszközt, akkor nincs mihez hasonlítani a sajátot. Egy haditechnikai eszköz használhatósága, korszerűsége vagy minősége mindig relatív. A relációk pedig alapvetően nem a szövetséges eszközökhöz értendők, amelyeket ismerünk, hanem az ellenséges eszközökhöz. A saját eszköznek alapvetően nem a szövetségesek eszközétől kell, hogy jobb legyen, hanem az ellenségestől. Ha nincs ellenséges eszköz, mert nem tudjuk meghatározni, akkor az összehasonlítás értelmetlenné válhat.

Ha döntés környezet az 1.1. szerinti *kiválasztás*, akkor az összehasonlítandó haditechnikai eszközök:

- a funkciók betöltésére alkalmasnak feltételezett eszközök, vagy;
- saját eszközök.

Az eszközök halmaza ezekben az esetekben mintegy önmagától jön létre. Például, ha a cél egy bizonyos kötelék tüzéségének a kiválasztása, a vizsgálati cél ilyenkor lehet a vonatott, vagy önjáró löveg közötti választás. Az összehasonlításra kijelölt eszközöknek megfelelően kell reprezentálni a két csoportot, tehát közel azonos mennyiségű minőségű és technikai fejlettségű eszközöket összevetni.

Ha döntés környezet az 1.1. szerinti *összemérés*, akkor az összehasonlítandó haditechnikai eszközök értelemszerűen a feladatokban alkalmazott haditechnikai eszközök.

1.4. SZEMPONTOK MEGHATÁROZÁSA

A haditechnikai eszközök képességeit ún. szempontokon keresztül vizsgáljuk. A vizsgálati szempontok meghatározásának elveit, valamint a haditechnikai eszközöknél alkalmazható szempontokat mutatja be ez a rész.

1.4.1. Lehetséges szempontok

Jelen pont tanácsokat, ötleteket ad a haditechnikai eszközöket mérő lehetséges szempontokra. A javaslatokat a

- harceszköz;
- biztosító- és kiszolgáló eszköz;

csoportosításban adja. A pont az ismétlések elkerülése végett az 1. fejezet három döntési környezetén kívül a 2. fejezetre is vonatkozik. A szempontok felsorolásának a célja az ötletadás, nem kell minden itt felsorolt szempontot használni (ez nem is lehetséges), ezek csak segítséget nyújtanak a szempontrendszer kialakításában.

Az 1. táblázat a harceszközöket leíró szempontokat mutatja be: A táblázat a teljesség elve alapján készült vagyis a megírás során az lett figyelembe véve, hogy minden lehetséges vizsgálati vetület rögzítve legyen. Nem szabad viszont a táblázatokban látható sok szempont alapján és ennek megfelelően ilyen sokat alkalmazni is. A szempontrendszer kialakításakor figyelembe kell venni a „legfeljebb tizenkettő” elvet.

1. táblázat

HARCESZKÖZ			
Harci tulajdonságok			
Tűzerő	Védettség	Mozgékonyosság	Rendszerezítés kockázata
<ul style="list-style-type: none"> — átütőképesség; — gyújtóképesség; — repeszhatás; — pontosság, — tűzgyorsaság; — felderítő-képesség; — különböző lövedék v. rakéta típusok alkalmazhatósága. 	<ul style="list-style-type: none"> — páncélvastagság; — geometriai méretek; — geometriai formák; — a páncél ellenállóképessége különböző lövedéktípusok ellen; — álcázhatóság; — tüzelőállás elhagyásának időszükséglete; — felderíthetőség; — jelkisugárzás mértéke; — sebezhetőség; — túlélőképesség; 	<ul style="list-style-type: none"> — sebesség; — gyorsulás; — makro- és mikro-akadályleküzdő képesség; — hordozhatóság (harctéri); — manőverező-képesség; — teljesítmény 	<ul style="list-style-type: none"> — harci tapasztalatok; — üzemeltetési tapasztalatok; — gyártó; — szövetségi hovatartozás.
Kiképzési tulajdonságok	Fenntartási tulajdonságok	Logisztikai tulajdonságok	Pénzügyi tulajdonságok
<ul style="list-style-type: none"> — kiképzés feltételeinek kialakítása; — kiképzés időtartama; — kiképzők száma; — kiképzési anyagszükséglet; — kiképzési biztonság; — kiképzési 	<ul style="list-style-type: none"> — megbízhatóság; — javíthatóság; — harctéri javíthatóság; — javíthatósági lehetőségek nem háborús műveletei területeken saját bázisoktól távol; — karbantartási 	<ul style="list-style-type: none"> — fejleszthetőség (gyártmányra és gyártóra vonatkozó jellemző); — szállíthatóság; — raktározhatóság; — saját és NATO szabványoknak való megfeleltetés; 	<ul style="list-style-type: none"> — beszerzési költségek; — fizetési feltételek; — fenntartási költségek; — az eszköz üzembe-helyezéséhez szükséges beruházások

költségek.	(technikai kiszolgálási) igény; — karbantartó-javító személyzet felkészítésének összetettsége; — karbantartó-javító berendezések valamint az infrastruktúra egyedisége nagysága.	— minőségbiztosítás; — élettartam.	költsége; — raktározási költségek; — tárolásba helyezés-tartás költségei; — amortizáció; — garancia.
------------	--	---------------------------------------	--

Harci tulajdonságok

Tűzerő: A harceszközök alapvető feladata az ellenséges haditechnikai eszközök és az élőerő pusztítása. A tűzerő tulajdonságának a vizsgálatok arra keressük a választ, hogy a pusztítást milyen minőségben képes elvégezni a vizsgált eszköz. Ennek megállapításához elsődlegesen ismerni kell, hogy milyen feladatok elvégzésére van tervezve, ebből pedig következhetnek a pusztítandó célok leírása. A tűzerő ennek megfelelően fogalmazva: Milyen minőségben képes a harceszköz a tervekben neki szánt célok megsemmisítésére? Mekkora valószínűséggel találja el az ismert célokat? Milyen valószínűséggel semmisíti meg az eltalált cél? Az eltalált célban várhatóan milyen mértékű károkat, pusztítást vagy roncsolást fog okozni? Mennyi idő szükséges a cél felderítésére, és milyen valószínűséggel történik meg a felderítés (amennyiben ez az eszköz feladata). A cél koordinátáit (amennyiben ez az eszköz feladata) a mennyi idő alatt képes meghatározni? Az ismert koordinátájú célra mennyi idő alatt képes tüzet kiváltani, és mennyi idő alatt képes ezt megismételni. A harceszköz pusztítóképessége ezeken felül függ az alkalmazott tölténytől, löszertől, rakétától, vagyis a használt hadianyagtól, továbbá a célzást vagy irányzás végző kiegészítő berendezésektől, így meg kell adni azon anyagokat és kiegészítőket, amelyekkel a rendszerítés tervezett, és ezen eszközök valamint anyagok alkalmazását feltételezve kell a tűzerő mérésére szolgáló paramétereket meghatározni. Ezek a paraméterek lehetnek: átütőképesség; gyújtóképesség; repeszhatás; pontosság; tűzgyorsaság; felderítőképesség; különböző lövedék vagy rakéta típusok alkalmazhatósága.

Védettség: A harceszköz várhatóan más harceszközök tűzének lesz kitéve, ezen szempontnál azt kell megvizsgálni, hogy ennek a hatásnak milyen mértékben képes ellenállni. A védettség szempontja meglehetősen összetett. A harceszközök esetében rendeltetésszerűen vannak olyan fődarabok, kiegészítők, amelyek a védelmet szolgálják ezek: páncélzat, védőmellény, betétek, stb. Ezek védőképessége közvetlenül vizsgálható. A vizsgálatot nehezíti, hogy a gyártók méréseire kell támaszkodni, amelyek készülhetnek különböző mérési eljárással is így az eredményeik nem feltétlenül összevethetők. Amennyiben létezik általánosan használható és lehetőleg valamilyen NATO szabványban rögzített mérési eljárás, akkor ezt kell használni a védőképesség megállapítására. A védőképességet a páncélzaton kívül több tényező is meghatározza ezek általában olyan tulajdonságok, amelyek az eszköz ellenség általi felderíthetőségét vagy eltalálhatóságát nehezítik, ilyenek lesznek a geometriai méretek, és formák, az eszköz által rendeltetésszerűen kisugárzott jelek (elektromágneses hullámok)

nagysága, a tüzelőállás elhagyásának időszükséglete, álcázhatóság a tüzelőállásban és azon kívül. A védőképességet napjainkban –és már nem csak légi eszközök esetében– egyre jobban meghatározzák azon aktív védelmi berendezések, amelyek kilövik az ellenséges rakétát vagy annak indítóállását, illetve olyan zavarásra képesek, ami nehezíti vagy lehetetlenné teszi az ellenséges rakéta célravezetését.

A védettség kérdésekkel fogalmazva: A különböző lövedékek a páncélzat vagy egyéb védelmi berendezések átütését követően milyen mértékű pusztítást végezhetnek az eszközben és annak kezelőszemélyzetében? Mennyire sérülékenyek a berendezések, mekkora a kezelőszemélyzet túlélési esélye közvetlen találat esetén, mekkora valószínűséggel tartja meg mozgási képességét, mekkora valószínűséggel zuhan le, vagy süllyed el?

Mozgékonyosság: Szorosan összefügg a védettséggel, hiszen a harcmezőn való mozgás sebessége valamint a manőverezőképesség nyilvánvalóan befolyásolja az eltalálás valószínűségét. A mozgékonyágon mindig a harctéren vagy annak szűk környezetében vett mozgási képességeket kell figyelembe venni. A harctérre történő továbbítás a szállíthatóság tulajdonsága, amit a logisztikai tulajdonságcsoportnál kell figyelembe venni. Olyan harceszközök esetében, amelyek nem önjáróak a mozgékonyágot a harctéren történő mozgathatóság szerint kell értelmezni, harci körülmények között, vagyis azt kell vizsgálni, hogy a kezelőszemélyzet hogyan képes mozgatni a kérdéses harceszközt. A mozgékonyág mérhető a sebesség a gyorsulás a makro- és mikro-akadályleküzdő képesség a harctéri hordozhatóság a manőverezőképesség vagy a teljesítmény segítségével.

A rendszerbeállítás kockázata: A beszerzésre kerülő harceszközzel járó kockázat. A kockázatokat már önmagában is nagyon nehéz pontosan számszerűsíteni, viszont tagadhatatlan, hogy a jelen jogi szabályozás a gyártó által megajánlott adatokra támaszkodva saját vizsgálat nélkül írja elő a beszerzési eljárás során az optimális harceszköz kiválasztását, ez rendkívül nagy kockázatot rejt magában, figyelembe véve a jelentős üzemeltetési időt, a műszaki-tudományos fejlődés előrejelzésének bizonytalanságát, valamint a lehetséges ellenség harceszközeinek az akár évtizedre előre történő becsléséből fakadó bizonytalanságokat. Ezért ha mást nem a beszerzéssel járó kockázati tényezőket ismerni kell.

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 fejlesztés környezetében ezért, különösképpen a harceszközöknél, szempontként kell figyelembe venni –amennyiben van– a harci alkalmazás tapasztalatait. Olyan eszközzel, amely ilyenek nem rendelkezik felesleges kockázatot vállal magára az üzemeltető.

Egy újonnan kifejlesztett eszköz, amely sok új technológiát tartalmaz, nem rendelkezik üzemeltetési tapasztalatokkal. Nincs pontos információ a megbízhatóságról és az alkalmazott új technológiák használhatóságáról. A rendszerbe állítása, bár sok eséllyel is kecsegtet, de alapvetően jelentős kockázatokat rejt magába. Ezért harceszközt elsőként csak rendkívül indokolt esetekben célszerű rendszerbe állítani, ebben az esetben tudni kell indokolni a kockázat felvállalását, vagyis az esélyeknek, előnyöknek jelentős mértékben kell meghaladni a kockázatok mértékét.

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.

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.

Kiképzési tulajdonságok

Infrastrukturális feltételek: Egy új harceszköz esetén figyelembe kell venni, hogy a kiképzést milyen mértékben tudjuk a meglévő kiképzési felszereléseink, illetve építményeink segítségével elvégezni, és milyen és mennyi új kiképzési felszerelést például trenázsört, szimulátort, lőtéri lövedéket, rakétát, berendezést kell beszerezni, illetve építményt létesíteni. A jellemzőt célszerűen lehet mérni az egyszeri, tehát az új eszköz beszerzésével együttes egyszeri költségek nagyságával valamint a folytonos kiképzési költségek nagyságával, ami lehet például az egy katona kiképzésének költsége beleértve a felhasznált anyagokat, illetve az eszközök amortizációját.

Kiképzés időtartama: Amennyiben szükséges és indokolt figyelembe vehető az időtartam, például, ha egy eszköz rendszerbe állítása valamilyen okból sürgőssé vált. Meg kell jegyezni, hogy az időtartamnak mindenképpen van költségösszetevője is, tehát figyelni kell, hogy ezen költségeket csak akkor vegyük figyelembe, ha ez más szempontnál figyelmen kívül marad.

Kiképzők száma: A létszám az esetek többségében maximált, tehát nem mindegy, hogy a felkészítésre milyen nagyságú személyzet kell. A kiképzők számának költségösszetevője is van, vagyis ügyelni kell arra, hogy csak egyszer legyen figyelembe véve.

Kiképzés anyagszükséglete: A kiképzés minőségének egyik fő meghatározója. Alapvetően költség típusú szempont, tehát célszerű a felhasznált anyagok ára szerint mérni. Mint költség típusú szempont ezért figyelni kell, hogy csak egyszer legyen mérve.

Kiképzés biztonsága: Az eszköz használatára történő felkészítés során balesetek, sérülések, károsodások előfordulásának valószínűsége. Figyelembe kell venni a kiképzendő katonára, valamint az eszközre vonatkozóan is. Mérhető a biztonsági berendezések meglétével, kialakításával, minőségével.

Kiképzési költségek: A felsorolásból látható, hogy a kiképzési tulajdonságok egy jelentős része pénzügyi jellegű tehát célszerű ezen költségeket egy fajlagos mutató szerint mérni, ahol számításba vehető az egy katona kiképzése során felhasznált anyagok költsége, a berendezések amortizációja, és a kiképzők munkadíja, valamint az esetleges biztosítások díja is. Ezt az összevont mutatót célszerű a kiképzési tulajdonságoknál figyelembe venni, amit nagyrészt avval lehet indokolni, hogy az ide vonatkozó költségeket nem beszerzési jellegűek.

Fenntartási tulajdonságok

*Megbízhatóság*⁸: Olyan jellemző, amely egy adott időpontban vagy időintervallumban történő használhatóság valószínűségét jellemzi. Nehezen mérhető, hiszen nem a jelenben, hanem a jövőben realizálódik. A műszaki gyakorlatban a megbízhatóságot általában a MTBF (Mean Time Between Failures) segítségével jellemzik. Az MTBF egy eszköz két meghibásodása közötti idő várható értéke. A meghibásodásokat jellemző másik mutató a ráta, ami megadja, hogy egy már tartósan üzemelő eszköz mekkora valószínűséggel hibásodik meg egy adott időintervallumban vagy üzemeltetési ciklusban. Bármely jellemző figyelembe vétele magas kockázatot rejt magába, hiszen ezen értékek valóságtartalma csak hosszú idő alatt ellenőrizhető. A megbízhatóságot ezért célszerű más módon ellenőrizni, például szabványoknak való megfelelés, az eszköz összetettsége, a megbízhatóságot befolyásoló technológiák alkalmazása, üzemeltetési tapasztalatok, hasonló kategóriájú eszközöknél saját tapasztalatok szerint leggyakrabban meghibásodó alkatrészek, fődarabok élettartama vagy ára. (például motor élettartam vagy ár). A meghibásodási ráta csak akkor vehető figyelembe, ha az saját vagy ellenőrizhető forrásból származó mérés eredménye.

Javíthatóság: Olyan jellemző, amely a hibakeresés a diagnosztizálhatóság és helyreállításhoz szükséges időt, felszereltséget és elvárt szakképzettséget mutatja. Célszerű olyan paraméterek segítségével mérni, amelyek könnyen ellenőrizhetők, például motorcsere ideje, meghatározott szintű technikai kiszolgálás idő- és anyagszükséglete, meghatározott szintű technikai kiszolgáláshoz szükséges karbantartó személyzet. Az eszköz javításához mennyi és milyen értékű speciális (másra nem használható) szerszámra, mérőeszközre van szükség) A javíthatóságnak ezek szerint költség vonzata is van ezért ügyelni kell arra, hogy csak egyszer legyen figyelembe véve.

Harctéri javíthatóság: A javíthatóságnak egy olyan speciális katonai vetülete, amely a javíthatóság képességét harci körülmények között vizsgálja. A javításhoz szükséges eszközök milyen mértékben mobilok? Hogyan lehet az eszközt rosszlátási körülmények között javítani, mennyire érzékeny az eszköz a fedelek bontását követően a harctéri körülményekből adódó fokozott szennyeződésekre. Hány fős javító személyzet szükséges meghatározott javítási műveletek elvégzéséhez? Mekkora az (villamos) energiaigény, amiből a szükséges áramforrás aggregátor méreteire lehet következtetni.

Javíthatósági lehetőségek nem háborús műveletei területeken saját bázisoktól távol: A javíthatóságnak olyan speciális katonai vetülete, amely azon jellemzőket veszi figyelembe, amelyek azt mutatják, hogy milyen minimális feltételek szükségesek meghatározott javítások elvégzéséhez. Hogyan lehet javítani, különösen alacsony infrastrukturális feltételek mellett. Figyelembe veendő, a gyártó távoli, alacsony közbiztonsággal rendelkező államok területén történő szervizállomások, rakatárak és egyéb javításhoz szükséges létesítmények telepítésére milyen hajlandósággal rendelkezik. Továbbá figyelembe kell venni, hogy a Magyar Honvédség általában nem számít nagy megrendelőnek, tehát az eszközökből kis darabszámmal rendelkezik. Ezt figyelembe véve, milyen hajlandósággal rendelkezik a távoli országokban történő javítás feltételeinek a megteremtésére.

⁸ A fogalmat különféle szabványok valamint az üzemeléssel foglalkozó szakirodalom egymástól eltérő módon definiálja. Itt nem definíciót ad meg a tanulmány, hanem csak a célok figyelembe vétele alapján ad egy magyarázatot.

Karbantartási (technikai kiszolgálási) igény: A megbízhatósággal szorosan összefüggő jellemző. Általában a nagy kiszolgálás-igényű eszközök (azonos műszaki színvonalat feltételezve) magasabb megbízhatósági szintet képviselnek. A kiszolgálási igény vizsgálatakor alapvetően a költségeket kell figyelembe venni. Milyen és mennyi speciális ellenőrző és diagnosztizáló berendezés szükséges a kiszolgálások elvégzéséhez. A kiszolgálást végző állomány mekkora létszámmal és felkészültséggel kell rendelkezzen a feladat elvégzéséhez. Mekkora az anyagszükséglet? A technikai kiszolgálásokat hogyan lehet elvégezni harci körülmények között vagy nem háborús katonai feladatok ellátása során. A gyártó milyen szintű technikai kiszolgálások elvégzését vállalja, milyen költségen, és milyen körülmények között?

Karbantartó-javító személyzet felkészítésének összetettsége: Milyen felkészítés szükséges a különböző szintű technikai kiszolgálást végző állomány felkészítésére? Milyen időtartamú és mekkora költséggel rendelkezik a felkészítés? A gyártó milyen hajlandóságot mutat a felkészítés megszervezésére? A személyzetnek milyen alapvégzettséggel kell rendelkeznie? A szempontot célszerű a költségoldalról megközelíteni, ebből következően mivel a költségek a pénzügyi szempontoknál szerepelnek, ügyelni kell, hogy csak egyszer legyen mérve.

Karbantartó- javító berendezések valamint az infrastruktúra egyedisége nagysága: A szempont segítségével alapvetően azt kell mérni, hogy az eszköz rendszerbeállításához, milyen és mennyi új javító, karbantartó és diagnosztizáló eszközt berendezést kell megvásárolni. Milyen mértékben lehet használni a már meglévő berendezéseinket? Mennyire specializált az eszköz a javító és karbantartó felszerelésre? A szempontot célszerű a költségoldalról megközelíteni, ebből következően mivel a költségek a pénzügyi szempontoknál szerepelnek, ügyelni kell, hogy csak egyszer legyen mérve.

Logisztikai tulajdonságok

Fejleszthetőség: A haditechnikai eszköz beszerzésekor, minden esetben figyelembe kell venni, hogy várhatóan meddig lesz az eszköz rendszeresítve. Az eszközre vonatkozó képességeket a várható üzemeltetés teljes időintervallumában kell értelmezni. A képességek teljesítésének minőségi mutatóit –hosszú rendszeresítési időt figyelembe véve– csak úgy lehetséges az elvárt szinten tartani, ha rendelkezésünkre áll a fejleszthetőség lehetősége. A fejleszthetőséget két vetületen keresztül kell megközelíteni: az eszköz; valamint a gyártó oldaláról. Mindkét vetület számszerűsítése meglehetősen nehéz feladat. Megállapítható viszont, hogy ebben az esetben meghatározó a gyártó. A legfontosabb kérdések, amelyeket vizsgálni kell: A várható rendszeresítési időn belül a gyártó cég fennmarad? Az említett időn belül a cég milyen mértékben tud lépést tartani a műszaki-tudományos fejlődéssel? Figyelembe véve, hogy a vizsgált időintervallum akár több évtized is lehet, kedvezőbbnek tűnnek a nagy multinacionális vállalatok, hiszen ezek várhatóan jobban megfelelnek az előbbiekben vázolt igényeknek, míg a hazai kis vállalatok nagyobb kockázatokat rejtenek. Ezen két véglet mérlegelésekor viszont mindenképpen szem előtt kell tartani, hogy a Magyar Honvédség elsődleges feladata az ország fegyveres védelme és nem a hazai ipar támogatása.

Szállíthatóság: Olyan jellemző, amely azt mutatja meg, hogy milyen lehetőségek állnak rendelkezésre az eszköz felhasználás helyszínére történő továbbításakor. Értelmezendő a mobil tehát önjáró harceszközök (például gyalogsági harcjármű) esetében valamint az önjáró jároszerkezet nélküli harceszközök (például vontatott löveg) esetében is. Itt figyelembe lehet venni az igénybe vehető szállítóeszközök fajtáját (vízi, légi, vasúti, közúti), típusát (AN-26, C-130), kiegészítő feltételek vagy berendezések szükségességét (rakminta, útvonalengedély,

szállításhoz szükséges műszaki előkészítés), valamint meghatározott eszközön vagy speciálisan kiképzett helyen vagy felületen történő szállítás lehetőségét. Mindezek vizsgálatakor előzetes ismertekkel kell rendelkezni a szállítás feltételezett távolságáról és körülményeiről (például vízi vagy légi szállítás szükségessége).

Raktározhatóság: Milyen eszköz és anyagi ráfordítás szükséges a rövid időtartamú illetve a tartós tárolásba való helyezéskor? Milyen tároló helyek vagy raktárak szükségesek? Milyen beruházások kellenek a különböző időtartamú tárolás feltételeinek a kialakítására? A szempontot alapvetően a ráfordítások pénzben kifejezett mértékével kell mérni és mint a többi pénzügyi jellegű szempontnál ügyelni kell rá, hogy ne legyen duplán vagyis a pénzügyi csoport szempontjainál figyelembe véve.

Saját és NATO szabványoknak való megfelelés: A harceszközökre, mint műszaki berendezésekre szabványi előírások vonatkozhatnak. Ezen előírások segítségével lehet biztosítani bizonyos rendszerekbe történő illeszthetőséget, biztonsági vagy egyéb szövetségi előírásoknak való megfelelést, vagy különböző technológiák alkalmazási lehetőségét. A szabványok előírásakor figyelembe kell venni, hogy nem minden szabvány kötelező jellegű, tehát a jövőbeni üzemeltetés és az üzembenntartás jellegének és körülményeinek a figyelembevételére szerint kell az eszközre általunk kötelezőnek tartott szabványokat megadni.

Minőségbiztosítás: A minőségbiztosítási követelményeket Magyarországon és a szövetségen belül szabványok segítségével írják elő (ISO 9000-, AQAP 110). A szabványosítás szempontjainál leírtak valamint az ide vonatkozó szabványok figyelembevételével kell az ide vonatkozó előírásokat megadni.

Élettartam: Egy általunk megadott üzemeltetési intenzitás alapján az eszköz várható üzembenntartási ideje. Megadható működési időben, naptári időben, üzemeltetési ciklusban és távolságban. Figyelembe kell venni, hogy a megbízhatósághoz hasonlóan ez is egy jövőben realizálódó érték, tehát a gyártó által megadott adat csak a valós várható üzemeltetési idő leteltével ellenőrizhető. Ez az idő az esetek többségében olyan nagyságú, hogy ekkor már jogkövetkezmények gyakorlatilag nincsenek, tehát a gyártónak elég nagy szabadsága van ezen értékek megadásakor. A szempontot a megbízhatóság szempontjához hasonlóan szorosan össze kell kapcsolni a fejleszthetőség szempontjával, ahol lényegében nem az eszközt hanem annak gyártóját kell vizsgálni. A kérdés amit itt fel kell tenni: Mennyire lehet hitelesnek tekinteni a gyártó által megadott olyan értéket, amely ellenőrzésére lényegében a jelenben nincs lehetőség? Szükséges itt megvizsgálni, hogy a gyártó milyen mértékben kíván(hat) a jövőben valamilyen hasonló Honvédségi tenderre pályázni. Milyen mértékben éri meg neki hiteles adatokat szolgáltatni? Milyen garanciákat nyújt? Milyen mértékben kíván az eszköz technikai kiszolgálásában és javításában részesülni?

Pénzügyi tulajdonságok

Beszerezési költségek: A beszerzésre tervezett eszközök ára. A teljes ajánlat ellenszolgáltatása. A beszerzési költségeknél pontosan meg kell határozni, hogy milyen kiegészítőkkel, opciókkal értendő.

Fizetési feltételek: Határidők, opciók, kötbérek.

Fenntartási költségek: Lényegében a beszerzési költségeknél fontosabb is lehet, hiszen egy eszközre fordított összeg a teljes üzemeltetési idő alatt a beszerzési költség többszörösét is kiteheti, a különbség csak az hogy ez nem egyszerre jelentkezik. A fenntartási költségeket fajlagos formában célszerű kifejezni például egy lövés költsége vagy egy kilométer

megtételének költsége, stb. A problémát a gyártó oldaláról a megbízhatóság és az élettartam szempontjainál felvetett jellegzetességek adják. A fajlagos üzemeltetési költségek egy jelentős összetevője a váratlan meghibásodások javításának költségei. Ezeket, pedig a megbízhatósági mutatók alapján lehet számítani, amelyet a gyártó ad meg a saját tehát általunk nem ellenőrizhető mérések és számítások alapján. Egy nem ellenőrizhető tehát nagy szórású adat az összehasonlítást nem pontosítja, hanem inkább rontja, ezért a fenntartási költségeket célszerű a kenő és hajtóanyag fogyasztás, valamint a gyártó által előírt technikai kiszolgálások költségei alapján számítani. A váratlan meghibásodásokból eredő javítási költségek lényegében a megbízhatósági mutatók függvénye ezt, pedig a megbízhatóság szempontjánál már ellenőrizve van így az összehasonlítást nem torzítja.

Az eszköz üzembe helyezéséhez szükséges beruházások költsége: A beszerzési költségeken kívül felmerülő az üzembe helyezéshez, telepítéshez szükséges létesítmények beruházási költsége. Ide tartoznak a karbantartás és a javítás feltételeinek kialakításával összefüggő költségek. A speciális műhelyek szerszámok diagnosztikai berendezések, javító készletek, tartalék alkatrészecskék ára. A kezelőszemélyzet esetleges elhelyezésére szánt létesítmények beruházási költségei. A csatlakozó elemek illesztésének kialakítási költségei, az előírt szabványosítási (compatibility, interoperability, interchangeability, commonability) szint kialakításának költségei. A itt említett költségek egy része a fenntartási szempontoknál már említve voltak, ezért ügyelni kell az átfedések elkerülésére. A költség nagyságát célszerű az ajánlattevő jól ellenőrizhető adatai alapján saját számítások segítségével becsülni.

Raktározási költségek: Az eszköz üzemeltetéséhez szükséges tartozékok, alkatrészecskék készletezési költségei.

Tárolásba helyezés-tartás költségei: A saját technológiai előírások illetve a tervek szerinti időtartamú tárolásba helyezés és tartás költségei, figyelembe véve a meglévő és használható eszközöket és létesítményeket valamint az újonnan létesítésre kerülő tárolók és raktárak beruházási költségei. Elfogadható, a gyártó által megadott költség, ha a dokumentációban ennek az elvégzésére ezen a költségen kötelezettséget is vállal, ebben az esetben az adat megbízhatónak tekinthető.

BIZTOSÍTÓ- ÉS KISZOLGÁLÓ ESZKÖZ

A biztosító és a kiszolgáló eszközök esetében az esetek többségében nem értelmezhető a tűzerő szempontja. A harceszközöknél vizsgált többi szempont értelmezhető.

Ezen eszközcsoportnál egy új tulajdonságcsoportot kell bevezetni a tervezett funkciókör betöltésének képességét, vagyis az eszköz milyen minőséggel tudja betölteni a számára meghatározott funkciókat. Ennek a meghatározására ismerni kell:

- a tervezett funkciókat;
- a csatlakozó eszközöket;

az illesztéshez szükséges feltételeket.

1.4.2. A szempontok meghatározásának szabályai

Főszempontok megállapítása

A szempontrendszer 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 kérdéses haditechnikai

eszköz meghatározott jellemzői vagy paraméterei segítségével mérhetővé tehető. 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 (mikro- és makroökonómiai szempontok).

Egy szemponthoz rendelt alszempontok tulajdonságai

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. Más megfogalmazásban: valamennyi lényeges vetületet vizsgálni kell.

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.

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 szűrhetőek szakmai elemzéssel vagy statisztikai módszerek segítségével. A függetlenség elvének betartásával a döntési modellben szereplő levélszempontok számát csekély információvesztéssel lehet csökkenteni.

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.

Szempontok száma: Nehéz erre pontos értékeket javasolni. A teljesség elve általában növeli a szempontok számát, viszont figyelembe kell venni, hogy minden egyes új szempont csökkenteni fogja a meglévők fontosságát, tehát, a sok szempont inkább rontja, mint javítja a reális összehasonlítás esélyeit. Mindezekért 12-nél több szempont csak rendkívül ritka és indokolt esetekben javasolt.

Ne konstrukciós, hanem felhasználói oldalról fogalmazzuk meg a szempontokat:

Az egyes felhasználói követelmények műszaki megvalósítását célszerű a gyártóra bízni. Az egyes felhasználói követelmények teljesítésének műszaki megvalósítási módját (pl. önzáró differenciálmű kialakítása) használhatjuk, mint értékelési szempontot, de csak abban az esetben, ha:

- ismerjük valamennyi lehetséges módozatot;
- rendelkezünk annyi műszaki ismerettel, hogy mérnöki szempontok szerint tudjuk értékelni.

A konstrukció oldaláról történő megközelítés esetén, még az előbb leírt követelmények teljesítése mellett is anomáliák léphetnek fel. Amennyiben egy felhasználói igényt, követelményt vagy valamilyen funkciót több műszaki megoldás révén lehet teljesíteni, akkor ezek a megoldások várhatóan más minőségben-, más költségen- illetve más fejlettségi szinten teljesítik a kérdéses funkciót. Viszont ekkor az összehasonlítást a minőség; költség; fejlettség viszonylataiban pontosabban el lehet végezni, vagyis a műszaki megoldás, mint ok helyett annak okozatának vizsgálatakor. Tehát az előző példát folytatva nem feltétlenül azt kell értékelni, hogy milyen az önzárú differenciálmű kialakítása, hanem a következményeit, vagyis milyen élettartammal milyen csúszással, stb. rendelkezik. Eltérről itt abban az esetben kell, ha a következmények nem vagy nem egyértelműen összehasonlíthatók. Például egy síkképernyős televízió esetében a képminőségben, közel azonos műszaki színvonal esetében nem mindig látható különbség, itt az összehasonlítás pontosabban elvégezhető a műszaki paramétereik segítségével pl. felbontás, kontraszttartomány, fényerő.

A szempontokat élesen kell definiálni

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

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.

1.5. SZEMPONTOK MÉRHETŐSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA

Jelen pont arról ad tájékoztatást, hogy az előző pontban megfogalmazott vizsgálati szempontok segítségével, hogyan mérhetők a haditechnikai eszközök. A szempontonkénti mérés fogja meghatározni, hogy a különféle eszközök milyen szinten vagy minőségben képesek betölteni vagy elvégezni a meghatározott funkciókat.

Azokat a szempontokat, amelyek szerint az eszközöket már közvetlenül mérjük levélszempontoknak nevezzük. A levélszempontok általánosan kétféleképpen mérhetők:

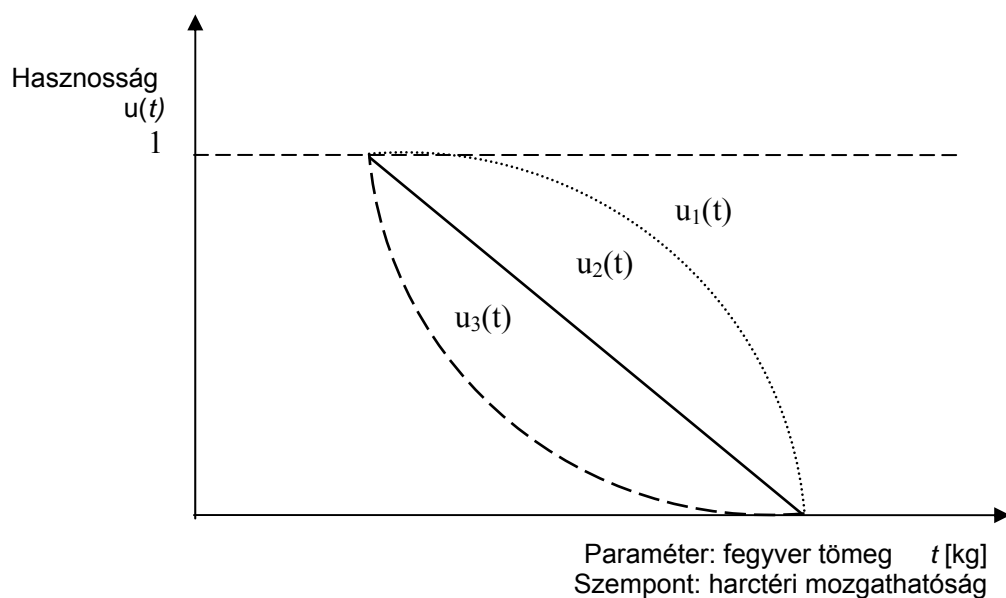
- szubjektív ítéletekkel;
- paraméterek és hasznosság függvények segítségével.

Szubjektív ítéletek segítségével akkor mérhető egy szempont, ha egy haditechnikai eszköz képességét az adott szempont szerint, szakértők által közvetlenül meghatározható. A mérés történhet egy meghatározott skála segítségével, például 1-től 10-ig lehet pontozni az eszközöket a kérdéses szempont szerint. Másik lehetséges változat, ha nem pontozással történik a megítélés, hanem az adott eszköz, kérdéses szempont szerinti képességét egy másik haditechnikai eszközhöz képest ítéljük meg. Például egy harckocsi tűzereje mekkora egy másik harckocsihoz képest.

Egy szempont paraméterek segítségével is mérhető lehet, például: ha a vizsgálati szempont egy kézfegyver harctéri mozgathatósága, az egyes eszközök e szempont szerinti képességei pedig mérhetőek lehetnek a geometriai méretek, vagy a tömeg által.

A paraméterek alapján történő mérésnek előnye a szubjektív ítéletekhez képest, hogy objektív és pontosabb lehet. Hátrányos tulajdonsága, hogy a szempontok általában összetett tulajdonságokat reprezentáló jellemzők, amelyhez nehéz keresi olyan függvényt, amely a képességeket pontosan visszatükrözi. Egy harckocsi védettségét például a következők határozzák meg: páncélvastagság, dőlésszög, aktív és reaktív védelem, geometriai méretek, mozgékonyaság. A felsorolt tulajdonságok már egy paraméter segítségével mérhetők viszont melyik függvény az, amely a fenti értékeket felhasználva a védettséget, mint szempontot mérni képes. Ezek a függvények megalkothatók, erre jó példát mutat TASCFORM, de figyelembe kell venni, hogy e módszer hasznossági függvényei egy kutatás eredményeképpen jöttek létre. A kutatás szükségességének az eldöntése ismét az erőforrások meghatározására világít rá. Ennek megfelelően újra azt kell kijelenteni, hogy ez akkor indokolt, ha a kutatás elvégzésére reális lehetőség van, valamint az összehasonlítások eredményeinek a következményértéke ezt indokolja.

Ha a paraméterek segítségével lehet mérni a szempontot, akkor a paraméter mellett meg kell határozni az ide tartozó un. hasznossági függvényt is. A szempont paraméter hasznosság összefüggéseit az 1. ábra mutatja



1. ábra

Az 1. ábra szerint a mért szempont a harcéri mozgathatóság, szempontot a fegyver tömege segítségével mérjük a hasznossága pedig az ábra szerint egy olyan függvény, amely az egyes tömegértékekhez egy 1 és 0 közötti hasznossági értéket rendel, ahol a legnagyobb hasznosság az 1 és a legkisebb a 0. Az ábrán szemléltetés kedvéért három hasznossági függvény van bemutatva, egy lineáris, egy progresszív és egy degresszív. Azt hogy a bemutatott háromból melyik kerül alkalmazásra, a kérdéses szempont, valamint a szakértői értékrend kell, hogy meghatározza. Hogyan növekedik a hasznosság a vizsgált intervallumban? Ha növekedés lineáris vagyis az intervallum bármely részében egységnyi változás a hasznosságban ugyanakkora változást eredményez, akkor a hasznossági függvény lineáris, a hozzárendelési szabály egy egyenes egyenlet segítségével képezhető:

$$u(t) = m \cdot t + c.$$

Ha a szakértők, úgy értékelik, hogy a legnagyobb utilitás környezetében tételezhető fel az utilitás legnagyobb változása ($u_3(t)$), a hasznosság tömeg minimálistól történő növekedésével jelentős mértékben csökken, akkor egy progresszív függvényt kell keresni:

$$u(t) = (a + t)^2 + b.$$

Ha a szakértők úgy értékelik, hogy hasznosság legnagyobb mértékben a legkedvezőtlenebb értékek környezetében változnak ($u_1(t)$), akkor egy degresszív hasznossági függvényt kell keresni, amely az előzőhöz képest, az 1-nél kisebb hatványkitevővel különbözik:

$$u(t) = (a + t)^{1/2} + b.$$

Összességében azt kell mondani, ahol lehetőség van mindenképpen olyan szempontokat kell használni, amelyek közvetlenül paraméterek segítségével mérhetők, ahol erre nincs lehetőség a paraméterek és az eszköz ismeretében, csapatpróba, saját üzemletetési tapasztalatok, más hadseregek üzemeltetési vagy harci tapasztalatai alapján szakértők segítségével szubjektív ítéletek szerint kell a mérés megvalósítani.

Hasznossági függvényt a táblázatok szakértői kitöltésével is definiálhatjuk (2. táblázat). A táblázatban az alsó sorba írjuk be a nekünk megfelelő osztásban a vizsgált paraméterek megfelelő intervallumát, majd a szakértőkkel kitöltetjük a felső sort, ahová a szakértők azt írják be, hogy az alul szereplő paramétereket egy 0-10-ig terjedő skálán hogyan pontoznak.

2. táblázat

hasznosság (0-10)						
paraméter 20-34 [kg]	20	23	26	29	31	34

A szempontok mérhetőségének meghatározása a döntési modell összeállításának és leírásának egy nagyon fontos része. Meg kell jegyezni, hogy az egyes módszerek saját hasznossági függvényekkel is rendelkeznek. Tehát a hasznossági függvények definiálása előtt célszerű a 1.8.-ban a módszert kiválasztani, és amennyiben szükséges, mert a kiválasztott módszer ezt indokolja csak akkor elvégezni a definíciókat.

A szempontok mérhetőségének a meghatározása (objektív paraméteres vagy szubjektív) a döntési modell kiválasztásához mindenképpen szükséges.

1.6. SZEMPONTOK SÚLYOZÁSA.

A vizsgálati szempontok egymáshoz viszonyított fontossága eltérő lehet, jelen pont arról ad tájékoztatást, hogy az eltérő fontosságokat kifejező ún. súlyszám hogyan számítható.

A súlyozásra szolgáló módszereket két csoportba lehet osztani:

- közvetlen becslések;
- páros összehasonlítások.

A módszer kiválasztását befolyásolják:

- alkalmazható szakértők;

- informatikai háttér;
- döntés környezete.

Közvetlen becslésekkel a kapott eredmények információtartalma valamint pontossága elmarad a páros összehasonlítások eredményeitől. Nem javasolt olyan döntési környezetben az alkalmazásuk, ahol a cél az eszközök eredő képességeinek az egymáshoz viszonyított arányainak megállapítása, vagyis az olyan helyzetekben, ahol a kérdés az, hogy mennyivel jobb az egyik eszköz egy másikhoz képest.

Javasolt eljárások:

- rangsorolás (4. melléklet);
- Churhcman–Ackoff-féle eljárás (5. melléklet).

A páros összehasonlító eljárások alapja, hogy a szempontokból képezni kell az összes lehetséges párt, a párok számát a szempontok számának a függvényében a 3. táblázat mutatja.

3. táblázat

Szempontok száma	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Párok száma	10	15	21	28	36	45	55	66	78	91

A táblázatból látható hogy az összehasonlítandó párok száma a szempontok számának a függvényében nő, a növekedés intenzitása nem állandó. 10 szempont esetében a szakértőnek már 45 darab összehasonlítást kell elvégezni, ami meglehetősen nehéz feladat. A szempontok számát ezen összefüggés alapján is maximálni kell.

A páros összehasonlításnak két módszere van:

- Guilford féle páros összehasonlítás (6. melléklet);
- AHP eljárás (1. melléklet).

A két eljárás közül egyértelműen korszerűbb és pontosabb az AHP az egyszerre összehasonlítható szempontok száma viszont legfeljebb 6. Kevésbé pontos, de jól kiforrott eljárás a Guilford, az összehasonlítható szempontok száma 10-12.

AHP eljárás használata javasolt azokban az esetekben, amikor ez lehetséges. Az alkalmazás feltételei a 1.8. fejezetben megtalálhatók. AHP eljárást kell használni a súlyozásra, amikor a döntési modell is AHP (1.8. fejezet).

A Guilford eljárás akkor javasolt, ha az AHP használatára nincs lehetőség, például túl sok szempont van.

1.7. A SZEMPONTRENDSZER ELLENŐRZÉSE

A szempontrendszer kialakítására csak az 1.4. pontban ismertetett, nagyrészt általános jellegű feltételek és elvek vannak. Ezen általános elvek teljesítésének a minősége a konkrét esetekben a sajátosságok miatt nem lesz állandó. A szempontrendszer meghatározója az összehasonlításnak, nincsenek viszont olyan tudományos útmutatások, amelyek segítségével

egyértelműsíteni lehetne a meghatározásukat⁹. Problémát talán avval lehetne a legjobban megfogalmazni, hogy ha azonos eszközre két különböző szakértői csoport határozná meg a szempontrendszer, akkor az eredmények között várhatóan lennének eltérések. Mindezekért valamennyi lehetséges eszközt fel kell használni azért, hogy a lehető legkisebb hibát kövessük el itt. Az ellenőrzés egy lehetséges módszere a statisztikai analízis (7. melléklet). A másik itt leírt módszere a kérdéseken keresztül történő ellenőrzés, amelyet célszerű csoportmunka keretében elvégezni.

Az ellenőrzés során először egyenként, majd a teljes kérdéssoron összességében kell végighaladni. A szempontrendszer célszerű olyan csoporttal ellenőrizni, amely tagjai a szempontrendszer kialakításban nem vettek részt. (A saját hibáinkat ritkán vesszük észre.)

A szempont meghatározhat valamilyen képességbeli különbséget?

Ha a válasz „NEM” abban az esetben újra meg kell vizsgálni azokat az okokat, amelyek alapján a szempont meg lett fogalmazva.

A kérdéses szempontot jelentős mértékű eltéréssel teljesítik a vizsgált eszközök?

Amennyibe a válasz „NEM”, abban az esetben a szempont nem fog mérni hasznossági különbséget. Meg kell vizsgálni azokat az okokat, amelyek alapján a szempont meg lett fogalmazva.

A szempont hasznossági függvénye valóban visszatükrözi a teljesítés minőségét?

Ha a válasz „NEM” akkor a hasznossági függvényt újra kell definiálni.

A szempont mérésére használt paraméterek a megfelelő pontossággal álnak a rendelkezésünkre?

Amennyiben a válasz „NEM” abban az esetben célszerű a szempontot úgy átfogalmazni valamilyen más, de a szempont által mért tulajdonság reprezentálására szintén alkalmas paraméterre, amely már hiteles. Ha ez nem lehetséges, akkor az kell eldönteni, hogy melyik esetben vétünk nagyobb hibát? Akkor, ha hitelesíthetőség hiánya miatt várhatóan pontatlan és nagy szórású paraméterekkel valótlan hasznosságokat mérünk, vagy akkor, ha az szempontot kihagyjuk a szempontrendszerből. A két lehetőség várható hibáját alaposan mérlegelni kell, és ennek megfelelően kell dönteni!

A szempont mérésében használt paraméter jelentős mértékben befolyásolja a az eszköz képességét?

Amennyibe a válasz „NEM” át kell gondolni, hogy miért szerepeltetjük a szempontrendszerben! Mit akarunk vele mérni? Lehet-e egyáltalán evvel valamilyen képességbeli különbséget meghatározni?

⁹ A szempontrendszer kialakításának egy lehetséges statisztikai módszerét mutatja be a 8. melléklet. A módszer alkalmazásának viszont szigorú feltételei vannak.

Az szempont mérésében használt paraméter korrelál-e valamely más szempont mérésében használt paraméterrel?

Amennyiben a válasz „IGEN”, akkor vélhetően ugyanazon tulajdonság duplán van mérve, ez később torzítani fogja a súlyszámokat. A korreláló paraméterek közül csak az egyiket szabad meghagyni!

Az szempont teljesítésének a szintjéből következik-e más szempont teljesítésének a színje?

Ha a válasz „IGEN” akkor a két kérdéses szempont korrelál, így torzítani fogja a súlyszámokat és az eredményeket is. A kettőből az egyiket törölni kell!

Az eszköz valamennyi tulajdonságát vizsgáljuk az szempontok által?

Ha a válasz „NEM” abban az esetben meg kell vizsgálni, hogy a figyelmen kívül hagyott tulajdonság milyen mértékben befolyásolja az eszköz képességeit. Amennyiben ezt a befolyást jelentősnek értékeljük, akkor szerepeltetni kell, ha nem figyelmen kívül hagyható.

A levélszempontok száma eléri a 12-t?

Ha a válasz „igen” akkor meg kell vizsgálni a csökkentés lehetőségeit.

1.8. DÖNTÉSI MODELL KIVÁLASZTÁSA.

A döntési modell kiválasztása a döntéshozói célok és a rendelkezésre álló erőforrások szerint történik. A döntéselmélet rendkívül sok modellt ismer. Jelen tanulmány a szerző által a három legkorszerűbbnek és a haditechnikai eszközök összehasonlítására a legalkalmasabbnak tartott eljárást ismerteti ebben a fejezetben. Ha egy negyedik modell alkalmazása válik indokolttá, akkor erre a közbeszerzési törvény által leírt modell a javasolt, amely a 2. fejezetben van ismertetve.

Az eljárások itt csak olyan szinten van bemutatva, hogy az adott esetre legalkalmasabb kiválasztható legyen. Matematikai modelljeik a 1. a 2. és a 3. mellékletben megtalálhatók. A modellek jellemzése un SWOT elemzésen keresztül történik, ahol a módszerek erősségei, gyengeségei, lehetőségei és veszélyei kerülnek bemutatásra.

Az ismertetett három módszer:

- AHP (1. melléklet);
- PROMETHEE (2. melléklet);
- SMART (3. melléklet).

A módszerek SWOT elemzésén felül egy-egy alkalmazás eredménye is be van mutatva.¹⁰

¹⁰ Az adatok forrása: Kende, Gy.: A magyar tábori tüzérség automatizált tűzvezetési rendszer kifejlesztése, eredményei és tapasztalatai, MTA doktori értekezés, Budapest, 2001.

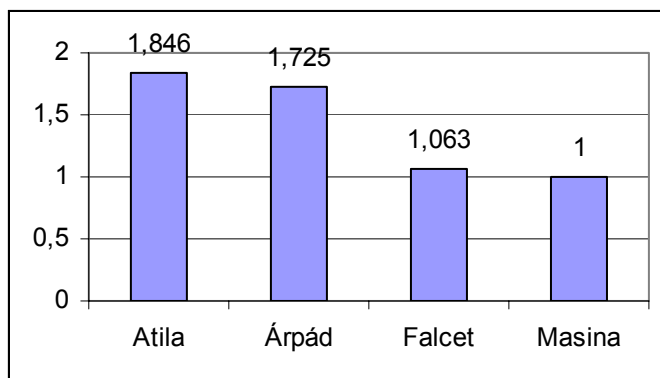
AHP

Alkalmas haditechnikai eszközök összehasonlítására és az egymáshoz viszonyított eredő képességek számítására. A SWOT elemzését a 4. táblázat mutatja.

4. táblázat	
AHP eljárás SWOT elemzése	
<p style="text-align: center;">Erősségek</p> <ul style="list-style-type: none"> — Arányskála szintű eredmények. — Információt ad a különbségek nagyságáról, vagyis számítható, hogy az egyik eszköz mennyivel jobb, mint a másik. — Jól értelmezhető eredmények. — Érzékenységvizsgálat lehetősége, ami megmutatja az eredmények pontosságát. — További statisztikai eljárások alkalmazásának a lehetősége. 	<p style="text-align: center;">Gyengeségek</p> <ul style="list-style-type: none"> — A többi módszerhez képest jelentős matematikai apparátus. — Az eredmények lényegében páros összehasonlításokból származnak. A páros összehasonlítások elvégzéséhez szakmailag felkészült és ezen felül rendkívül következetes szakértőkre van szükség.
<p style="text-align: center;">Lehetőségek</p> <ul style="list-style-type: none"> — Szubjektíven mérhető szempontok alkalmazása. — A szakértőnek lehetősége van közvetlenül meghatározni, hogy az egyik eszköz valamilyen tulajdonsága például a tűzereje mennyivel nagyobb egy másikhoz képest. Nem kell feltétlenül hasznossági függvényeket definiálni. 	<p style="text-align: center;">Veszélyek</p> <ul style="list-style-type: none"> — Szubjektív eredmények. Ennek elkerülése érdekében, ha sok a szubjektíven értékelhető szempont akkor célszerű több szakértőt alkalmazni. — A páros összehasonlítások következetességi igénye magas. fennáll a kockázata, főleg sok szempont esetében, hogy a kérdőívek eredménytelenek lesznek.

Az eredmény az eszközökhöz rendelt olyan pontszám, amelyek kifejezik az egymáshoz vagy egy kiválasztott eszközhöz viszonyított képességek nagyságát.

A 2. ábra¹¹ egy AHP elemzés eredményét mutatja négy tűzvezető rendszerre ahol a viszonyítási alap a Masina rendszer volt. A táblázatban látható eredmények arányskála szintűek, ami jelen esetben azt jelenti, hogy az Atila 85%-al jobb, mint a Masina. Az eredmények tehát az eszközök eredő (harc)képességét mutatják.



2. ábra

¹¹ Gyarmati, J. : Többszemponos döntéselmélet alkalmazása a haditechnikai eszközök összehasonlításában, PhD értekezés, ZMNE 2003. 86 p.

PPOMETHEE

Alkalmas haditechnikai eszközök közötti rangsor meghatározására. Eredmény a haditechnikai eszközök rangsora, SWOT elemzését az 5. táblázat mutatja.

5. táblázat	
PROMETHEE eljárás SWOT elemzése	
<p style="text-align: center;">Erősségek</p> <ul style="list-style-type: none"> — Egyszerűen kezelhető matematikai apparátus. — A számításokhoz MS Office programcsomag elegendő. 	<p style="text-align: center;">Gyengeségek</p> <ul style="list-style-type: none"> — Sorrendi skála szintű eredmények, vagyis csak sorrendben helyezi az eszközöket, nincs információ a különbségek nagyságáról. — További elemzések lehetősége kicsi. — Az eredményeknek kevés az információtartalmuk. — Csak olyan levélszemponatok használhatók, amelyek közvetlenül objektíven paraméterek segítségével mérhetők. — A szubjektív értékelésre nincs lehetőség
<p style="text-align: center;">Lehetőségek</p> <ul style="list-style-type: none"> — Gyors és egyszerű a többség számára könnyen elvégezhető számítások. 	<p style="text-align: center;">Veszélyek</p> <ul style="list-style-type: none"> — Nehézkes a hasznossági függvényeinek a definiálása, ezért az eredmények nagymértékben függenek az alkalmazás minőségétől. — Nincs lehetőség olyan statisztikai módszer alkalmazására, amely az eredmények helyességére vagy pontosságára vonatkozik.

Összevetve az AHP eljárással a [2] irodalom elemzése szerint, ugyanazon eszközökre a PROMETHEE eredménye:

Atila > Árpád > Falcet > Masina

A rangsort összevetve a 2. ábra eredményeivel jól látható, hogy a PROMETHEE eredményei az AHP eljáráshoz képest lényegesen kevesebb információval rendelkeznek. Nem derül ki belőle például, hogy az első kettő és a utolsó kettő közel azonos képességeket takar és a jelentős különbség a két csoport között van. A PROMETHEE tehát csak akkor alkalmazható, ha ez az információtartalmú eredmény elegendő.

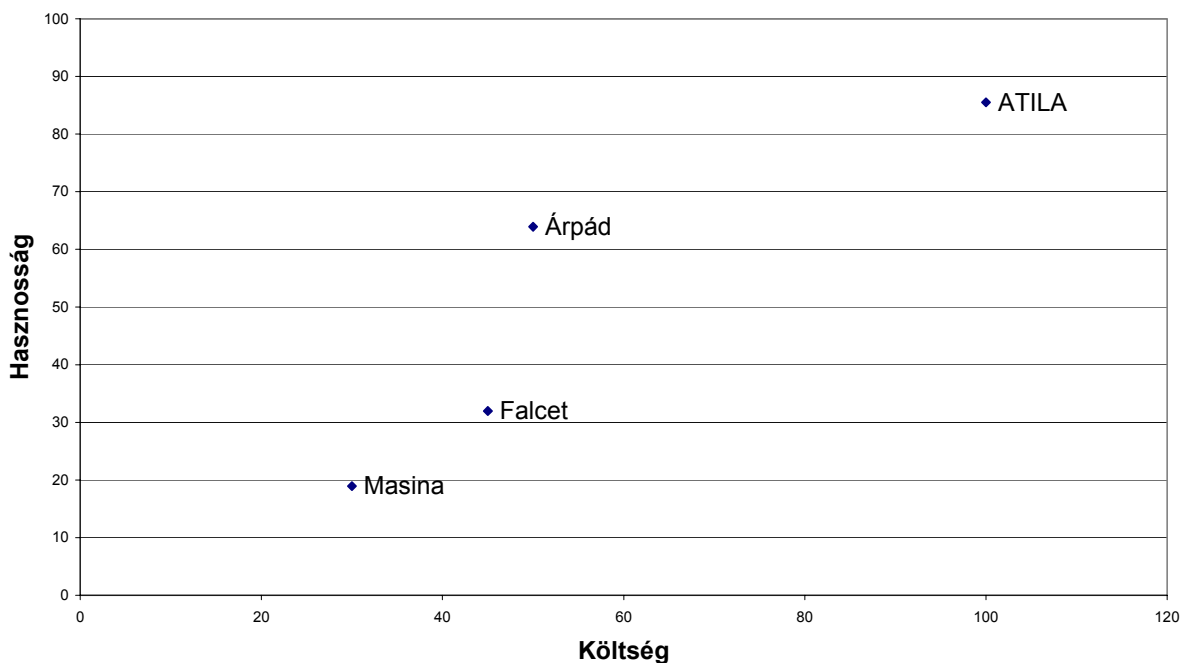
SMART

Alkalmas a haditechnika eszközök közötti rangsor és korlátozottan a képességarány meghatározására. Az eredmény a haditechnikai eszközhöz rendelt számpár, amely a hasznosság költségarányát mutatja.

6. táblázat	
SMART eljárás SWOT elemzése	
<p style="text-align: center;">Erősségek</p> <ul style="list-style-type: none"> — Egyszerűen kezelhető matematikai apparátus. — A számításokhoz MS Office programcsomag elegendő. — A szubjektív értékelésre van lehetőség — További elemzések lehetősége. — Kombinálható az AHP eljárással. — Költséghatékonyság elemzési lehetőség 	<p style="text-align: center;">Gyengeségek</p> <ul style="list-style-type: none"> — Az eredményeknek pontatlanabbak mint az AHP eljárásé. — Intervallumskála szintű eredmények.
<p style="text-align: center;">Lehetőségek</p> <ul style="list-style-type: none"> — Gyors és egyszerű a többség számára könnyen elvégezhető számítások. 	<p style="text-align: center;">Veszélyek</p> <ul style="list-style-type: none"> — Nehézkes a hasznossági függvényeinek a definiálása, ezért az eredmények nagymértékben függenek az alkalmazás minőségétől. — A szempontok különböző szintű skálán is mérhetőek, ami miatt az eredmény információtartalma nem egyértelmű.

A SMART eljárás, ahogy azt a neve is jelzi egyszerűen használható, könnyen kezelhető algoritmusú módszer. A hasznossági függvényei engedik a paramétereken keresztül történő értékelést, ebben az esetben az 1.6. szerint definiálni kell a hasznossági függvényeit. Az eljárás engedi a szubjektív ítéleteken keresztül történő pontozást is. Ebben az esetben a szakértők elképzelnek egy ideális eszközt és ahhoz képest értékelik például egy 100-as skálán a szempontonként az eszközöket.

A SMART eljárás lényeges különbsége a többihez képest az eredmények ábrázolási módja (3. ábra). Az alternatívákhoz ugyanis nem egy pontértéket rendel, hanem két értéket, amelyből az egyik az alternatíva hasznosságát, a másik pedig a költségét jelöli. Az ilyen jellegű ábrázolás lehetővé teszi a hasznosság költség-hatékonyságának a megjelenítését.



3. ábra

Javaslat a döntési modell kiválasztására

A legpontosabb eredményeket az AHP eljárás szolgáltatja, az alkalmazásának viszont nagyon komoly feltételei vannak: megfelelően felkészült szakértők, és az AHP matematikai modelljét alkalmazni tudó szakértő. Amennyiben a feltételek adottak minden esetben javasolt az AHP alkalmazása. Ha a matematikai szakértő nem áll rendelkezésre akkor más hasonló eljárás is alkalmazható (például a Kbt. által leírt döntési modell, PROMETHEE, SMART) viszont ezen eljárásokhoz képest – bár csak preferenciasorrendet szolgáltat– tanácsos a korszerűbbnek tekinthető PROMETHEE használata. Összességében tehát elsődlegesen AHP eljárást kell alkalmazni, ha erre nincs lehetőség, akkor ezt követően elsődlegesen javasolt a PROMETHEE, másodlagosan a SMART illetve a Kbt. által leírt modell.

2. ALGORITMUS A KBT. ÁLTAL SZABÁLYOZOTT ESETEKBEN

A fejezet azon esetekkel foglalkozik, ahol a közbeszerzési törvény¹² előírásait figyelembe kell venni. Az összehasonlítás tehát közbeszerzési eljárás keretében folyik. A döntéselőkészítők jelen esetben sok szempontból nehezebb helyzetben vannak, hiszen itt a jogszabályi előírások korlátai között kell a döntésmélet eljárásait alkalmazni, amely korlátok egyértelműen szűkítik a mozgásterületet. A jogszabály előírásai a döntési modellt pontosan közlik ezzel kizárják a döntésmélet korszerű eljárásait.

A közbeszerzési törvény a bírálati szempontokat tekintve két értékelési módot engedélyez (Kbt. 57.§ (2) bek.):

- a) a legalacsonyabb összegű ellenszolgáltatással rendelkező, vagy;
- b) az összességében a legelőnyösebb ajánlat kiválasztását.

A legalacsonyabb ellenszolgáltatású lényegében a legkisebb beszerzési árral rendelkező ajánlattevő kiválasztást jelenti. Ebben az esetben, az ajánlatok összehasonlítása és a legjobb kiválasztása során csak egy szempont kerül figyelembe vételre az ellenszolgáltatás, vagyis az ár. Ezen értékek alapján kerülnek összevetésre az ajánlattevők ajánlatai és csak ezen értékek szerint lesz meghatározva a nyertes. Az eljárásnak ez a formája elsöre úgy tűnhet, hogy így csak az ajánlatokhoz tartozó költségeket vizsgáljuk meg és a műszaki, valamint egyéb fontos és mérvadó szempontok a kiválasztás során, figyelmen kívül maradhatnak. A törvény viszont ebben az esetben is kötelező jelleggel írja elő az ajánlatkérő részére a közbeszerzés tárgya alapján a közbeszerzés műszaki leírásának az elkészítését. A műszaki leírásban és a közbeszerzés tárgyában szerepeltethető szabványokra vonatkozó megfeleléségi feltételek, elírhatók tulajdonságok, paraméterek, valamint az eszköztől elvárt funkciók betöltésére vonatkozó képességek. A közbeszerzés tárgya valamint az erre vonatkozó műszaki leírás tehát megfogalmazható úgy, hogy ezeknek már csak azon ajánlattevők által kínált haditechnikai eszközök feleljenek meg, amelyek rendelkeznek azon képességekkel, amelyek alkalmassá teszik a tervezett feladatkör betöltésére.

A műszaki leírást tehát meg lehet úgy fogalmazni, hogy tartalmazza mindazon szűrőfeltételeket, amelyek a nem megfelelő haditechnikai eszközöket kiejtik. Ezeket is figyelembe véve lehetséges a közbeszerzési eljárás során az optimális ajánlattevő kiválasztása csak az ellenszolgáltatás nagyságának a figyelembevételével úgy, hogy a nem pénzügyi szempontok kevésbé vagy egyáltalán nem sérülnek. Az eljárás menete ebben az esetben úgy zajlik, hogy első lépésként a műszaki dokumentáció segítségével leszűkítjük azon

¹² A közbeszerzésekre vonatkozó jogszabályok tisztázása érdekében szükségesnek megjegyezni, hogy a Kbt. értékhatárt szab meg, ezt az összeget a haditechnikai eszközöknek a beszerzési költségei túlnyomó többségben meghaladják. Továbbá a Kbt. 29. § szerint, amely a Európai Közösséget létrehozó szerződés 296. cikke szerint fogalmazódott, haditechnikai eszközök beszerzését a Kbt. IV. Fejezet figyelmen kívül hagyásával lehet lefolytatni. Ezen részt a 228/2004. (VII. 30.) Korm. rendelet szabályozza. A rendelet összehasonlításokra vonatkozó paragrafusai (21. §; 46. §) viszont megegyeznek a Kbt. ide vonatkozó (57. §; 90. §) részeivel, ezért a továbbiakban a Kbt. tekinthető alapnak.

ajánlattevők körét, amelyek ajánlatai a feltételeinket kielégíti, a második lépcsőben, pedig a számunkra már megfelelő eszközök közül kiválasztjuk a legkedvezőbb ellenszolgáltatásút.

Az Kbt. 57.§ (2) a) pont szerinti összehasonlítást az útmutató a továbbiakban *szűrő modellnek*, a Kbt. 57.§ (2) b) pont szerinti modellt, pedig *többszemponútú modellnek* nevezi.

A szűrő típusú modell alkalmazásának feltételei.

1. A szabványok, tulajdonságok és paraméterek segítségével a követelményszint egyértelműen meghatározható legyen, ennek a feltétele a beszerzésre váró haditechnikai eszköz tervezett feladatkörének pontos ismerete, amiből a szükséges paraméterek számíthatókká válnak.

PÉLDA: Az alkalmast az alkalmatlannal elválasztó vonal egyértelműen legyen meghúzható, a vonal fölött minden eszköz valóban legyen alkalmas a tervezett feladatkör betöltésére, a vonal alattiak, pedig egyértelműen legyenek alkalmatlanok.

2. Az elvárt követelményszint feletti különbségek legyenek indifferensek, vagyis az elvárt követelményszint feletti túlteljesítés ne okozzon többlethasznot.

PÉLDA: Az alkalmasnak talált eszközök egyforma szinten legyenek képesek betölteni a tervezett feladatkört.

3. Kellő mennyiségű információ álljon rendelkezésre a beszerzés pillanatában piacon lévő eszközökről. Ebben az esetben kerülhető el ugyanis olyan paraméter vagy szabvány előírása, amely indokolatlanul ejt ki ajánlattevőket. Az alulinformáltság szélsőséges helyzetben akár valamennyi ajánlattevő kiesését is okozhatja.

PÉLDA: Ne írjunk elő olyan paramétert, amelynek a teljesítési szintjéről nincsenek információk, ez ugyanis elfogadható alternatívákat ejthet ki.

A kérdés már csak az, hogy mikor melyik eljárást válasszuk. A szűrő típusú modell a felsorolt feltételek teljesítése esetén lehetővé teszi az optimális ajánlattevő kiválasztását, úgy hogy magát az eljárást leegyszerűsíti, és jól áttekinthetővé teszi, ezért, ha a felsorolt feltételek fennállnak a szűrő típusú modell alkalmazása javasolt!

A 2.1. pont ismerteti az összehasonlítás menetét szűrő típusú modell alkalmazásakor, a 2.2 pont pedig többszemponútú modell alkalmazásakor.

2.1. ALGORITMUS A KBT. ÁLTAL SZABÁLYOZOTT ESETEKBEN, SZÜRŐ TÍPUSÚ MODELL ESETÉN.

Az összehasonlítás alapfilozófiája, hogy olyan szűrőfeltételeket kell megfogalmazni, hogy a feltételeket teljesítő haditechnikai eszközök között a saját értékítéletünk szerint csak pénzügyi szempontok szerint legyenek különbségek. A szűrő típusú modellek megítélésével kapcsolatban jelentős különbségek vannak. Az ilyen típusú modellek alkalmazásától egyes szakemberek eredendően elzárkóznak. Jelen esetben ugyanis csak a pénzügyi szempontok kerülnek közvetlen értékelésre, ez viszont nem jelenti feltétlenül azt, hogy a többi szempont figyelembe vételétől teljes mértékben eltekintünk. Ezen szempontok is figyelembe vételre kerülnek, csak más módon. Minimális követelményszinteket írunk elő és ezeknek a minimumoknak a teljesítését várjuk el az ajánlattevőktől. A kérdés az, hogy ezen minimumok segítségével körvonalazható-e a kérdéses haditechnikai eszköz olyan szinten, hogy a tervezett funkciók betöltésére alkalmas legyen. A szűrő modellekkel kapcsolatos kérdést tehát inkább úgy lehetne megfogalmazni, hogy: Milyen esetekben használható szűrő típusú modell?

Szűrő típusú modellek alkalmazása esetén az összehasonlítás menete:

1. Adatgyűjtés
2. Kizáró feltételek¹³ megfogalmazása
3. Értékelés

Az összehasonlítás menetének első két pontja (Adatgyűjtés, Kizáró feltételek megfogalmazása) megegyezik a 2.2.1. és a 2.2.2. pontokban leírtakkal. A kizáró feltételek kialakításához kell némi kitételeket tenni, hiszen ebben az esetben a nem pénzügyi szempontok csak ezen keresztül kerülnek figyelembevételre. A *kizáró feltételek* olyan előírások, amelyek segítségével azt biztosítjuk, hogy a haditechnikai eszköz képes legyen betölteni a számára meghatározott funkciókat. Vagyis ha egy gépjármű feladata 18 katona szállítása, a 16 fő befogadóképességű gépjármű alkalmatlan a feladatkör betöltésére. A kizáró feltétel jelen esetben legalább 18 fő szállításának a képessége. A kizáró feltételek segítségével fogalmazzuk meg, hogy milyen képességekkel rendelkező eszközre van szükségünk.

A kizáró feltételekre vonatkozó követelmények szűrő típusú modell esetén:

- Valamennyi tervezett funkció betöltésére vonatkozó képesség minimális szintjét lehessen kizáró feltételként megfogalmazni.
- A kizáró feltételt lehessen szakmailag indokolni, vagyis lehessen igazolni azt, hogy a feltételt nem teljesítő haditechnikai eszköz miért lesz alkalmatlan a tervezett feladatkör betöltésére.
- Rendelkezzünk információval a lehetséges haditechnikai eszközök képességeiről, ugyanis információ hiányában, csak a saját igények ismeretében, előírhatók olyan feltételek, amelyeket egyetlen ajánlattevő sem tud teljesíteni ez, pedig az eljárás érvénytelenségét vonhatja maga után.
- A képességek szintjének költségoldala is van, tehát az indokolatlan szintű feltételek fölöslegesen emelik az ellenszolgáltatás összegét. A műszaki és az alkalmazói oldal gyakran hagyja figyelmen kívül a pénzügyi szempontokat.
- A túlteljesítés legyen indifferens. A követelményeket teljesítő haditechnikai eszközök között, a saját értékrendünk szerint ne legyen minőségi különbség.
- Az ajánlattevők feltételek teljesítésére vonatkozó vállalásai, a közbeszerzési eljárás keretében legyenek hitelesen ellenőrizhetőek. Az ajánlattevő ugyanis gyakran „bevállal” mindent, ha azt érzi, hogy a vállalása nehezen vagy egyáltalán nem ellenőrizhető. Itt nagyon érezhető a csapatpróba hiánya, ahol saját magunk tudtuk ellenőrizni az eszközöket, jelen esetben a jogi szabályozás alapján lényegében kénytelenek vagyunk elfogadni az ajánlattevők által benyújtott dokumentációt, annak minden adatával együtt.

¹³ A kizáró feltétel a közbeszerzési eljárás során olyan kötelező jellegű előírás, amelynek a nem teljesítése az ajánlat érvénytelenségét vonja maga után. A Kbt. 60 §.-a külön foglalkozik a „kizáró okkal”, ami az ajánlattevőre vonatkozik. Az útmutató az ajánlattevő alkalmasságának a vizsgálatával nem foglalkozik. Az itt használt „kizáró feltétel” az ajánlattevő, ajánlatára értendő.

2.2. ALGORITMUS A KBT. ÁLTAL SZABÁLYOZOTT ESETEK BEN, TÖBBSZEMPONTÚ MODELL ESETÉN

A fejezet hét pontban foglalja össze az összehasonlítás menetét, a döntési helyzet létrejöttétől az eredmények értékeléséig. A fejezethez jelen esetben tartalmazza a matematikai módszereket is.

A haditechnikai eszközök összehasonlításának a folyamata az alábbi lépésekből áll:

1. Adatgyűjtés.
2. Kizáró feltételek megfogalmazása.
3. Rész- és alszemponatok meghatározása.
4. Szempontrendszer ellenőrzése.
5. Súlyszámok számítása.
6. Pontozásos módszerek kiválasztása
7. Összegzés

2.2.1. Adatgyűjtés

Egy haditechnikai eszköz esetében meghatározó a használat, vagyis az alkalmazás. Ezért a döntési modell elkészítéséhez pontosan tudni kell, hogy mire lesz használva az eszköz, ezen kívül információval kell rendelkezni az alkalmazás várható körülményeiről is. Egy haditechnikai eszköz minden esetben egy rendszernek az eleme, vagyis ismeretekkel kell rendelkezni azon eszközökről, amelyekhez a beszerzendő kapcsolódni fog.

Egy haditechnikai eszköz a jellegéből következően más ellenséges eszközökkel szemben lesz alkalmazva ebből következően ismertekkel kell rendelkezni a várható ellenséges eszközökkel is.

Az eszközök összehasonlítása ún. szempontokon keresztül történik. Az összehasonlítás szempontjaihoz eljuthatunk a betöltésre váró funkciók keresztül is, ugyanis egy eszközt valamely funkció vagy funkciócsoport betöltésére keresünk. Az összehasonlítás egy elvét pedig megfogalmazhatjuk úgy is, hogy:

Azt az eszköz keressük, amelyik az elvárt funkciókat a legmagasabb színvonalon, elfogadható költséggel tölti be.

Első lépésként el kell készíteni (amennyiben ez már rendelkezésre áll akkor itt csak pontosításról beszélhetünk) azon funkciók listáját, amelyek betöltésére haditechnikai eszközt keresünk. A következő lépésben meg kell határozni, hogy az egyes funkciók betöltésének minőségét milyen egyértelműen megadható paraméterek segítségével mérhetjük, valamint a paraméterekhez rendelhető és a funkciók elégséges szintű betöltéséhez szükséges szélső értékeket. A modell elemeinek a meghatározásához információval kell rendelkezni a lehetséges ajánlattevők eszközeiről, valamint ezen eszközök általunk vizsgált paramétereiről.

Egy haditechnikai eszköz esetén a korszerűség minden esetben meghatározó, amelyet célszerű összehasonlítási szempontként is megfogalmazni, ezen felül még fontos a korszerűség prognosztizáltsága illetve prognosztizálhatósága. Kevés, ha csak annyit tudunk egy eszközről, hogy jelenleg korszerű, ismeretekkel kell rendelkezni arról is, hogy várhatóan

meddig marad az. Ezt legjobban a műszaki és a haditechnikai K+F folyamatok nyomon követése révén érhetjük el.

Az adatgyűjtés ennek megfelelően a következő feladatokra osztható:

- funkciólista elkészítése (pontosítása);
- a funkciók betöltésének színvonalát mérő paraméterek, vagy technológiák meghatározása;
- lehetséges ajánlattevők eszközeire vonatkozó adatok gyűjtése;
- ellenséges haditechnikai eszközök adatainak a gyűjtése;
- az alkalmazás körülményeire vonatkozó adatok gyűjtése;
- hazai és főleg külföldi haditechnikai K+F adatok gyűjtése;

2.2.2. Kizáró feltételek megfogalmazása

A kizáró feltételek olyan előírások, amelyek segítségével azt vizsgáljuk, hogy az ajánlatokban szereplő eszközök teljesítik-e a közbeszerzés tárgyát, vagyis alkalmasak-e a funkciólistán szereplő funkciók betöltésére. A kizáró feltételek az adatgyűjtésre támaszkodva megfogalmazhatók:

- berendezések, kiegészítők, opciók előírásával, amelyek nélkül az eszköz vagy nem illeszthető a hozzá tartozó rendszerhez, vagy pedig a saját feladat betöltésére alkalmatlanná válik;
- szabványok segítségével;
- paraméterek segítségével, amelyet minimálisan el kell érni, vagy túl nem léphetők.

Minden kizáró feltételt ellenőrizni kell, az ellenőrzést célszerű, ha olyan szakérők végzik akik a megfogalmazásukban nem vettek részt. Az ellenőrzést az alábbi kérdések segítségével kell elvégezni.

A kizáró feltétel nem teljesítése pontosan miért teszi számunkra alkalmatlanná az eszközt?

Amennyibe a kérdésre nem tudunk egyértelmű választ adni, akkor a kizáró feltételt törölni kell.

A kizáró feltétel nem teljesítése melyik funkció betöltésére teszi alkalmatlanná az eszközt?

Amennyiben a kérdésre nincs egyértelmű válasz, akkor két lehetőség van: vagy a kizáró feltételt kell törölni, vagy pedig előfordulhat, hogy a funkciólistánk nem teljes.

A kizáró feltételek teljessége ellenőrizhető olyan eszközökkel, amelyek nyilvánvalóan alkalmatlanok. Ilyen próbaeszköz lehet például az amelyik kiváltására szándékozunk újat vásárolni. Ennek az eszköznek nyilvánvalóan alkalmatlannak kell lenni, másként nem kellene lecserélni.

Ellenőrizzük a próbaeszközök alkalmasságát a kizáró feltételeinkkel, ha valamelyik nem esik ki, akkor evvel azonosítható az a vetület, amelyre nem fogalmaztunk meg kizáró feltételt.

2.2.3. Rész- és alszempontok meghatározása

A Kbt. 57.§ (3) a) szerint: „Ha az ajánlatkérő az összességében legelőnyösebb ajánlatot kívánja kiválasztani, köteles meghatározni az összességében legelőnyösebb ajánlat megítélésére szolgáló részszerzőpontokat.”

Haditechnikai eszközöket leíró szempontok kialakításának általános törvényszerűségeit ismerteti az 1.4. pont. Általánosan használható szempontokat sorol fel az 1.5. pont. Az ott leírtakat itt is alkalmazni kell!

A eljárások többségében alkalmazott részszerzőpontok:

- harcászati (műszaki);
- minőségügyi;
- pénzügyi;
- ellentételezési és beruházási.

A részszerzőpontokon belül a 57.§ (4) e) szerint alszempontok is megfogalmazhatók. A jogszabály így egy hierarchikus döntési struktúrát enged, ahol a levélszerzőpontokat a döntéshozói értékrend szerint a részszerzőpontok foglalják csoportokba.

Az ellentételezési és beruházási részszerzőpont¹⁴ alszempontjainak meghatározásáért a GKM a felelős ezért ennek a területnek a vizsgálatától eltekintünk.

A minőségügyi részszerzőpontok alszempontjainak körében a minőségügyi követelmények a vonatkozó szabványok szerint jól meghatározhatók. A gyakorlatban előfordult a minőségügyi rész- és alszempontok megfogalmazása¹⁵ és ezen keresztül az ajánlattevők minőségügyi szabványoknak és előírások való megfelelési szint szerinti rangsorolása, viszont az alkalmazott mérés-technika nem tette lehetővé, hogy valós különbségeket lehessen meghatározni ezen a területen. Az ide vonatkozó szabványok jellege alapvetően csak megfelelt – nem megfelelt minősítések meghatározására adnak lehetőséget. Nem lehet értékelhető és igazolható különbséget tenni a szabványoknak való megfelelés színvonalában. Külön minőségügyi részszerzőpont meghatározása csak akkor javasolt, ha azok alszempontjai a 2.5. pont követelményeinek megfelelnek. A minőségügyi feltételek teljesítését az ide vonatkozó szabványoknak való megfeleléssel kell biztosítani. A feltételek nem teljesítése pedig az ajánlattevőre vonatkozó kizáró ok.

A pénzügyi részszerzőpont alszempontjai a különböző eljárások során nagyméretű hasonlóságot mutatnak. Ezért itt általánosan meghatározhatók a tényleges alszempontok. Pénzügyi területen belül három vizsgált terület jól megkülönböztethető és általánosságban is előírható:

- egyszeri (beszerzési) költség;
- fajlagos (fenntartási) költség;
- fizetési feltételek.

A beszerzési költség az eljárás legfontosabb alszempontja¹⁶. Jól mérhető és lényegében 1 valószínűséggel realizálódik. Az egyszeri költségek vizsgálatokor feltétlenül megjegyzendő,

¹⁴ A vonatkozó jogszabály által meghatározott összeg feletti beszerzések esetén. A kézirat lezárásakor ez egymilliárd forint volt.

¹⁵ Például az ISO 9000 szabványsorozat 20 pontja szerint.

¹⁶ Ennek ténynek a súlyszámokból is egyértelműen látszani kell.

hogy ide bele kell számítani azon esetleges beruházási költségeket, amelyek az eszköz üzembe helyezéséhez szükségesek.

A vizsgált alszempontok közül a legnagyobb problémát a fajlagos vagy fenntartási költségek számítási módjának meghatározása okozza. Itt a következő költségösszetevőket kell figyelembe venni:

- villamos energia, hajtó- és kenőanyag felhasználás;
- megelőző jellegű javítások költsége;
- elhárító jellegű javítások költsége;
- kezelőszemélyzet létszáma.

A harcászati (műszaki)részszempont alszempontjainak meghatározása a döntési modell legösszetettebb része. Nem lehet általánosságban értelmezhető alszempontokat megfogalmazni csak a megfogalmazás megközelítési módját. A szempontrendszer kialakításakor az adatgyűjtés során összeállított funkciólistából kell kiindulni. Azon funkciók betöltésének a minőségét kell mérni, amelyek a kizáró feltételeknél nem szerepelnek.

A javasolt eljárás egy előzetes lista összeállítása, majd a következő fejezetben található kérdéssor segítségével történő ellenőrzése. Az alszempontokhoz így egy itterációs eljárás révén juthatunk. Az 1.5. pont általánosságban használható szempontokat sorol fel, ezek jó kiindulási alapot szolgáltathatnak itt.

A szempontrendszer összeállítása csoportmunka. A szakértői csoportok általában az adott eljárásra szerveződött részszempontok alapján vannak kialakítva. A kialakított szempontrendszer minőségét elsődlegesen a csoportmunka minősége határozza meg. Csoportmunka szervezésével jelen tanulmány nem foglalkozik, csak a legfontosabb követelmények vannak leírva az 1.2. pontban.

2.2.4. Szempontrendszer ellenőrzése

Az alszempontok ellenőrzését a kizáró feltételhez hasonlóan a kidolgozásukban részt nem vevő szakértőknek kell végezni. Az ellenőrzés az alábbiakban megfogalmazott kérdések segítségével történik. Első lépésben egyenként kell megvizsgálni az alszempontokat, majd összességében.

Az alszempont segítségével lehet-e képességbeli különbségeket mérni?

Ha a válasz „NEM” abban az esetben elképzelhető, hogy a kérdéses alszempont segítségével csak egy minimális képességszintet lehet előírni és a túlteljesítés már nem okoz képességkülönbséget, ha ez igaz akkor az alszempontot át kell sorolni a kizáró feltételekhez, amennyiben nem akkor törölni kell.

Az alszempontra a várható ajánlattevők számunkra jelentős mértékű különbséggel rendelkező tartalmi elemeket fognak megajánlani?

Amennyibe a válasz „NEM”, abban az esetben az ajánlattevők az alszempontra hasznosságukat tekintve közel azonos tartalmi elemeket fognak megajánlani, tehát nem mérnek hasznossági különbséget. Csak abban az esetben szabad az alszempontot meghagyni, ha az ide megajánlott tartalmi elemnek a későbbiekben, például a szerződéskötés során jelentősége lehet és a dokumentációba való megjelenítésére más mód nincs. A súlyszámok meghatározásánál viszont ezt figyelembe kell venni.

Az alszempontra egyértelműen meg lehet ajánlani tartalmi elemet?

Ha a válasz „NEM” akkor az alszempontra vélhetően rosszul van megfogalmazva, pontosítani kell!

Az alszempontra ellenőrizhető és hiteles tartalmi elemeket lehet megajánlani?

Amennyiben a válasz „NEM” abban az esetben célszerű az alszempontra úgy átfogalmazni valamilyen más, de az alszempontra által mért tulajdonság reprezentálására szintén alkalmas paraméterre, amely már ellenőrizhető. Ha ez nem lehetséges, akkor az kell eldönteni, hogy melyik esetben vétünk nagyobb hibát? Akkor, ha hitelesíthetőség hiánya miatt várhatóan pontatlan és nagy szórású tartalmi elemekkel valótlanságokat mérünk, vagy akkor, ha az alszempontra kihagyjuk a szempontra rendszerből. A két lehetőség várható hibáját alaposan mérlegelni kell, és ennek megfelelően kell dönteni!

Az alszempontra megajánlható tartalmi elem jelentős mértékben befolyásolja a funkciólistán szereplő valamelyik funkció teljesítésének minőségét?

Amennyiben a válasz „NEM” át kell gondolni, hogy miért szerepeltetjük a szempontra rendszerben! Mit akarunk vele mérni? Lehet-e egyáltalán ezzel valamilyen képességbeli különbséget meghatározni?

Az alszempontra megajánlható tartalmi elem korrelál-e valamely más alszempontra megadható tartalmi elemmel?

Amennyiben a válasz „IGEN”, akkor vélhetően ugyanazon tulajdonság duplán van mérve, ez később torzítani fogja a súlyszámokat. A korreláló alszempontra közül csak az egyiket szabad meghagyni!

Az eszköz valamennyi tulajdonságát vizsgáljuk az alszempontra által?

Ha a válasz „NEM” abban az esetben meg kell vizsgálni, hogy a figyelmen kívül hagyott tulajdonság milyen mértékben befolyásolja a funkciólistán szereplő funkciók betöltésének a minőségét. Amennyiben ezt a befolyást jelentősnek értékeljük, akkor szerepeltetni kell, ha nem figyelmen kívül hagyható.

Az alszempontra száma eléri a 30-at?

Ha a válasz „IGEN” akkor meg kell vizsgálni a csökkentés lehetőségeit.

2.2.5. Súlyszámok számítása

A Kbt. 57.§ (3) b) szerint: „Ha az ajánlatkérő az összességében legelőnyösebb ajánlatot kívánja kiválasztani, köteles meghatározni részszerpontraonként az azok súlyát meghatározó – a részszerpontra tényleges jelentőségével arányban álló – szorzószámokat (a továbbiakban: súlyszám).”

A súlyszámok számításának módjára az alábbiakat kell figyelembe venni:

- alszempontra száma;
- rendelkezésre álló szakértelem.

A részszerpontra száma nem indokolja matematika módszer alkalmazását a súlyszámaik meghatározására. A közvetlen becslés itt elegendő.

Az egyes résszempontokhoz rendelt alszempontok száma, ha meghaladja a 3-at akkor már célszerű valamilyen súlyszám-számítási módszer alkalmazása.

Két súlyszám számítási eljárás javasolt: a Guilford, illetve az AHP. Pontosabb értékeket kapunk az AHP segítségével tehát, ha lehetséges mindenképpen ezen eljárás alkalmazása javasolt. Az AHP alkalmazásának feltételei:

- az összemérendő alszempontok száma legfeljebb 6;
- lineáris algebrához értő szakértő alkalmazásának a lehetősége.

Ha a feltételek nem teljesülnek akkor Guilford eljárás alkalmazása javasolt. Az AHP módszertant az 1. melléklet a Guilford módszertant pedig a 6. melléklet mutatja be.

A súlyszámokat úgy célszerű számolni, hogy összegük 100 legyen.

2.2.6. Pontozásos módszerek kiválasztása

A Kbt. 57§ (3) szerint: „Ha az ajánlatkérő az összességében legelőnyösebb ajánlatot kívánja kiválasztani, köteles meghatározni

- c) az ajánlatok résszempontok szerinti tartalmi elemeinek értékelése során adható pontszám alsó és felső határát, amely minden résszempont esetében azonos;
- d) azt a módszert (módszereket), amellyel megadja a ponthatárok [c] pont] közötti pontszámot.”

A hasznossági függvények vagy a vonatkozó jogszabályok szerint „módszer”, amelyek segítségével az alszempontokra az ajánlattevők által megajánlott adatokat (tartalmi elemeket) pontozzuk. Javasolt maximális pontérték¹⁷: 1, javasolt minimális pontérték¹⁸: 0. A hasznossági függvényben alkalmazott jelölések:

- t : az ajánlattevő tartalmi eleme;
- t_{max} : a lehető legkedvezőbb érték, az ajánlattevőktől függetlenül általunk kerül meghatározásra, hasznossága 1;
- t_{min} : a lehető legkedvezőtlenebb érték, az ajánlattevőktől függetlenül általunk kerül meghatározásra, hasznossága 0;
- t_j : A legkedvezőbb és a legkedvezőtlenebb érték közötti meghatározható hasznosságú érték;
- $u(t)$: a tartalmi elem pontértéke.

A módszer kiválasztás szerint négy alapesetre osztható. Első lépésben a következő négy alapeset közül kell kiválasztani a kérdéses módszerre jellemzőt, majd ezt követően az kell

¹⁷ Az 1 mint maximális pontszám, 100 összegűre transzformált súlyszámokkal 0 és 100 közötti pontértéket ad az ajánlatokra, ami szemléletes és jól magyarázható. Ha a szempontokként adható ponthatárok 0 és 100 közé esnek változatlan súlyszámokkal, akkor az ajánlatok 0 és 10000 között lesznek pontozva, ami nehezebben érthető és magyarázható. A szerző ezért javasolja ezt a bontást, hiszen a résszempontok súlyszámait általában az előjáró adja meg és ez 100 összegű, azért hogy az ajánlatokat 0 és 100 között tudjuk pontozni, ahhoz a szempontokat 0 és 1 között kell.

¹⁸ A 0 értéket, mint hasznosságot, vagy a jogszabály megfogalmazása szerint pontértéket a jogi szakértők gyakran elvetik, ebben az esetben célszerű minimális értéként a maximális 1%-át venni. A számítások során nincs jelentősége a transzformációnak a rangsorra nincs befolyása.

meghatározni, hogy az alszempontról növekvő vagy csökkenő utilitású tartalmi elemekkel rendelkezik. Ennek megfelelően nyolc módszert kiválasztását teszi lehetővé az algoritmus.

1. A pontozást csak az általunk meghatározott legkedvezőbb (t_{max}) adathoz képest akarjuk elvégezni. Minden tartalmi elem rendelkezni fog hasznossággal, nem írunk elő minimális teljesítési szintet, ebből adódóan az alszempontról nem fog kizárni egyetlenegy ajánlatot sem.
2. A legkedvezőbb teljesítési szint mellett legkedvezőtlenebb teljesítési szintet tudunk is elő tudunk írni. Azon ajánlat, ami ez alatt teljesít érvénytelen.
3. A legkedvezőbb és a legkedvezőtlenebb teljesítési szinten felül a két érték között több olyan értéket is elő tudunk írni, amelyeknek a hasznosságát meg tudjuk határozni.
4. Az alszempontra beérkező tartalmi elemek diszkrétnek, viszonylag kisszámúak, és a hasznosságuk általunk meghatározható.

A fenti négy pontban megfogalmazott módszerek mindegyikét két-két esetben lehet használni:

- a) a tartalmi elem hasznossága a tartalmi elem növekedésével nő, a nagyobb tartalmi elem hasznosabb, például a páncél-átütőképesség;
- b) a tartalmi elem hasznossága a tartalmi elem csökkenésével nő, a kisebb tartalmi elem hasznosabb, például az ár.

a) Ha a nagyobb tartalmi elem hasznosabb

1/a PONTOZÁSOS MÓDSZER

$$u(t) = \begin{cases} \frac{t}{t_{max}} & \text{ha } t < t_{max} \\ 1 & \text{ha } t \geq t_{max} \end{cases}$$

A módszer alkalmazhatóságának feltételei:

- a nagyobb tartalmi elem hasznosabb;
- a t_{max} olyan érték, amelyen felül történő teljesítés nem jelent többlethasznot, ennek ellenőrzése céljából célszerű előzetesen összevetni a várható tartalmi elemeket t_{max} értékével;
- a kétszer nagyobb tartalmi elem kétszer hasznosabb;
- minden tartalmi elem rendelkezik hasznossággal más megfogalmazásban nincs zérus hasznosságú tartalmi elem, és nem lehet előírni minimális teljesítési szintet.

2/a. PONTOZÁSOS MÓDSZER

$$u(t) = \begin{cases} 0 & \text{ha } t < t_{min} \\ \frac{t - t_{min}}{t_{max} - t_{min}} & \text{ha } t_{min} \leq t \leq t_{max} \\ 1 & \text{ha } t > t_{max} \end{cases}$$

A módszer alkalmazhatóságának a feltétele:

- a nagyobb tartalmi elem hasznosabb;

- a t_{max} általunk meghatározott, olyan érték, amelyen felül történő teljesítés nem jelent többlethasznot;
- a t_{min} általunk meghatározott, olyan érték, amelynél kisebb teljesítés zérus hasznosságú, vagyis kizáró feltétel;
- a kétszer nagyobb tartalmi elem nem kétszer hasznosabb, ez csak a különbségekre igaz.

3/a. PONTOZÁSOS MÓDSZER

$$u(t) = (t - t_j) \frac{u(t_{j+1}) - u(t_j)}{t_{j+1} - t_j} + u(t_j)$$

ahol $t_j \leq t < t_{j+1}$

$u(t) = 0$ ha $t \leq t_1$

$u(t) = 1$ ha $t \geq t_n$

$j = 1, 2, \dots, n-1$

A módszer alkalmazhatóságának a feltétele:

- a nagyobb tartalmi elem hasznosabb;
- a t_j olyan tartalmi elem, amelynek ismerjük az $u(t_j)$ hasznosságát;
- a t_n általunk meghatározott, olyan érték, amelyen felül történő teljesítés nem jelent többlethasznot;
- a t_1 általunk meghatározott, olyan érték, amelynél kisebb teljesítés zérus hasznosságú, vagyis kizáró feltétel.

4/a PONTOZÁSOS MÓDSZER

$$u(t): t_j \rightarrow u(t_j)$$

ahol: $j = 1, 2, \dots, n-1$

A módszer alkalmazhatóságának a feltétele:

- a nagyobb tartalmi elem hasznosabb;
- a t_j olyan diszkrét tartalmi elem, amelynek ismerjük az $u(t_j)$ hasznosságát;
- a t_n általunk meghatározott, olyan érték, amelyen felül történő teljesítés nem jelent többlethasznot;
- a t_1 általunk meghatározott, olyan érték, amelynél kisebb teljesítés zérus hasznosságú, vagyis kizáró feltétel.

b) Ha a kisebb tartalmi elem a hasznosabb

1/b PONTOZÁSOS MÓDSZER

$$u(t) = \begin{cases} \frac{t_{min}}{t} & \text{ha } t > t_{min} \\ 1 & \text{ha } t \leq t_{min} \end{cases}$$

A módszer alkalmazhatóságának feltételei:

- a kisebb tartalmi elem hasznosabb;

- a t_{min} olyan érték, amelynél jobb teljesítés nem jelent többlethasznot, ennek ellenőrzése céljából célszerű előzetesen összevetni a várható tartalmi elemeket t_{min} értékével;
- a kétszer kisebb tartalmi elem kétszer hasznosabb;
- minden tartalmi elem rendelkezik hasznossággal más megfogalmazásban nincs zérus hasznosságú tartalmi elem, és nem lehet előírni minimális teljesítési szintet.

2/b PONTOZÁSOS MÓDSZER

$$u(t) = \begin{cases} 1 & \text{ha } t < t_{min} \\ \frac{t_{max} - t}{t_{max} - t_{min}} & \text{ha } t_{min} \leq t \leq t_{max} \\ 0 & \text{ha } t > t_{max} \end{cases}$$

A módszer alkalmazhatóságának a feltétele:

- a kisebb tartalmi elem hasznosabb;
- a t_{min} általunk meghatározott, olyan érték, amelynél jobb teljesítés nem jelent többlethasznot;
- a t_{max} általunk meghatározott, olyan érték, amelynél nagyobb teljesítés zérus hasznosságú, vagyis kizáró feltétel;
- a kétszer kisebb tartalmi elem nem kétszer hasznosabb, ez csak a különbségekre igaz.

3/b PONTOZÁSOS MÓDSZER

$$u(t) = (t_j - t) \frac{u(t_{j-1}) - u(t_j)}{t_j - t_{j-1}} + u(t_j)$$

ahol:

$$t_{j-1} \leq t < t_j$$

$$u(t) = 0 \text{ ha } t \geq t_n$$

$$u(t) = 1 \text{ ha } t \leq t_1$$

$$j = 1, 2, \dots, n-1$$

A módszer alkalmazhatóságának a feltétele:

- a kisebb tartalmi elem hasznosabb;
- a t_j olyan tartalmi elem, amelynek ismerjük az $u(t_j)$ hasznosságát;
- a t_n általunk meghatározott, olyan érték, amelynél kedvezőtlenebb teljesítés zérus hasznosságú, vagyis kizáró feltétel;
- a t_1 általunk meghatározott, olyan érték, amelynél kisebb teljesítés nem jelent többlethasznot.

4/b PONTOZÁSOS MÓDSZER

$$u(t): t_j \rightarrow u(t_j)$$

$$\text{ahol: } j = 1, 2, \dots, n-1$$

A módszer alkalmazhatóságának a feltétele:

- a kisebb tartalmi elem hasznosabb;

- a t_j olyan diszkrét tartalmi elem, amelynek ismerjük az $u(t_j)$ hasznosságát;
- a t_n általunk meghatározott, olyan érték, amelynél kedvezőtlenebb teljesítés zérus hasznosságú, vagyis kizáró feltétel;
- a t_l általunk meghatározott, olyan érték, amelynél kisebb teljesítés nem jelent többlethasznót.

2.2.7. Összegzés

Az ajánlattevők pontértékeit az alszempontra számított és a súlyszámmal szorzott pontok összegéből kell számolni a következő képlet szerint:

$$x_j = \sum_{i=1}^n w_i \cdot u(t_{ij})$$

ahol:

x_j a j -edik ajánlattevő pontértéke;

w_i az i -edik alszempontról a súlyszám;

$u(t_{ij})$ a j -edik ajánlattevő i -edik alszempontra szerinti pontértéke.

MELLÉKLETEK

Az AHP eljárás módszertana

Ismertek:

- a vizsgálati szempontok;
- alternatívák.

A súlyszámokat az AHP saját módszertana szerint határozza meg.

Az eljárás lépései:

1. Szempontok súlyozása.
2. Alternatívák szempontok szerinti összevetése.
3. Összegzés.
4. Érzékenységvizsgálat.

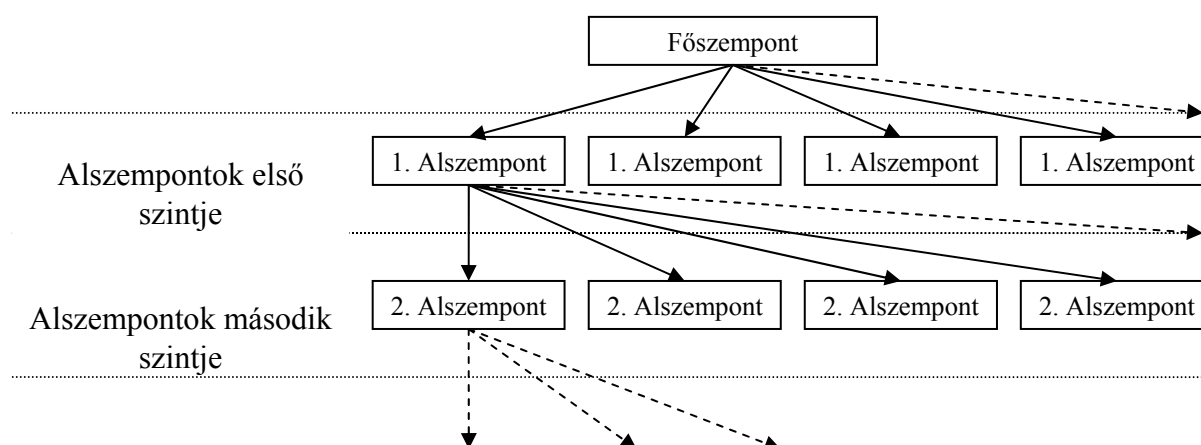
1. SZEMPONTOK SÚLYOZÁSA

A szempontok súlyszámának számításához a szempontokat páronként kell összehasonlítani. Az összehasonlítás egy 9 fokozatú skálán történik, ahol az 1 egyformán fontos értékelést jelent, a legmagasabb a 9, pedig rendkívüli mértékben fontosabb értékelést jelent. A páros összehasonlítást az alábbi táblázat kitöltésével kell elvégezni a felkért szakértőkkel. A 1. táblázat a [2] 20. táblázata szerinti 6 szempont páronkénti összehasonlítása szerepel.

1. táblázat																			
Gépjárműveket minősítő szempontok fontosságának meghatározása																			
1=egyformán fontos		3=mérsékelten fontosabb					5=sokkal fontosabb					7=nagyon sokkal fontosabb					9=rendkívüli mértékben fontosabb		
1	Mozgékonyosság	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Szállítóképesség
2	Mozgékonyosság	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ergonómia
3	Mozgékonyosság	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Védelem
4	Mozgékonyosság	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Korszerűség
5	Mozgékonyosság	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pénzügy
6	Szállítóképesség	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ergonómia
7	Szállítóképesség	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Védelem
8	Szállítóképesség	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Korszerűség
9	Szállítóképesség	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pénzügy
10	Ergonómia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Védelem
11	Ergonómia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Korszerűség
12	Ergonómia	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pénzügy
13	Védelem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Korszerűség
14	Védelem	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pénzügy
15	Korszerűség	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Pénzügy
Mozgékonyosság		A jármű terepjáró-képessége																	
Szállítóképesség		Teherbírás, rakfelület nagysága, platómagasság.																	
Ergonómia		A vezető vibrációs terhelése																	
Védelem		Befoglaló méretek, kiegészítő páncélzat elhelyezhetősége																	
Korszerűség		Alkalmazott technológiák																	
Pénzügy		Beszerzési és fenntartási költségek																	

Hat szempont esetében ez 15 darab összehasonlítás jelent. Ez elsőre nem tűnik túl soknak, mégis figyelembe véve az ún. következetesség vizsgálatokat az egyszerre összehasonlítható szempontok számát tekintve ez maximálisnak vehető. Amennyiben több szempont van, akkor ezeket az 1. ábra szerinti fastruktúrába kell szervezni, úgy, hogy egy szempontból legfeljebb hat szempont ágazzon.

Az összehasonlítást végző szakértő a 1. táblázat kérdőíve valamennyi sorába a fontosabb szempont felé megjelöli azt a számot, ami a felső sor szerint kifejezi a különbség nagyságát.



1. ábra Az AHP szempontrendszer hierarchiája

A páros összehasonlítás eredményeit az (1) egyenlet szerinti mátrixba kell rendezni.

$$\mathbf{P} = [p_{ij}] \quad (1)$$

Az (1) egyenletben \mathbf{P} $n \times n$ típusú mátrix, ahol n a szempontok száma, p_{ij} pedig a szakértő által a kérdőíven bejelölt szám, ami az i -edik szempont fontosságát fejezi ki a j -edikhez képest. Mivel egy szempontpár csak egyszer van összehasonlítva ezért a fennmaradó elemeket a

$$p_{ij} = \frac{1}{p_{ji}}$$

szerint kell képezni. Az \mathbf{P} fődiagonálisának valamennyi eleme értelemszerűen egységnyi. A szempontok súlyszámát az

$$\mathbf{P} \mathbf{w} = \lambda \mathbf{w}$$

sajátérték-sajátvektor probléma megoldása révén nyerhető. A súlyszámokat \mathbf{P} mátrix legnagyobb sajátértékéhez tartozó \mathbf{w} sajátvektora tartalmazza.

A sajátértékeket a

$$\det(\mathbf{P} - \lambda \mathbf{E}) = 0$$

karakterisztikus egyenlet megoldása adja, amelyből a legnagyobb valós λ kiválasztása után a

$$(\mathbf{P} - \lambda \mathbf{E}) \mathbf{w} = \mathbf{0}$$

homogén lineáris egyenletrendszer megoldása \mathbf{w} . A kapott sajátvektort a

$$w_i' = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

szerint célszerű egyre normálni. A páros összehasonlító mátrix ideális esetben konzisztens, vagyis

$$p_{ij} = p_{ik} p_{kj}$$

ami azt fejezi ki, hogy ha D kétszer fontosabb mint F és F kétszer fontosabb mint G akkor abból már következik, hogy D négyszer fontosabb mint G. A szakértők következetessége tehát a páros összehasonlító mátrixuk és az ideális vagyis konzisztens mátrixtól való eltérés révén vizsgálható. A konzisztencia az

$$CR = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \cdot \frac{1}{ACI}$$

egyenlet segítségével mérhető. A páros összehasonlító mátrix akkor fogadható el, ha $CR \leq 0,1$. Az *ACI* értékek véletlenszámgenerátorral képzett átlagértékek (konzisztenciák), nagyságuk n függvényében a 2. táblázatban láthatók.

2. táblázat

n	3	4	5	6
<i>ACI</i>	0,52	0,89	1,11	1,25

2. ALTERNATÍVÁK SZEMPONTONKÉNTI ÖSSZEVETÉSE

A következő lépés az előző pontban leírt páros összehasonlítás módszerével és sajátvektor számítással történik. A páros összehasonlító mátrixokat szempontonként kell képezni és a haditechnikai eszközöket szempontonként kell összehasonlítani. Ez négy (A_1, A_2, A_3, A_4) alternatíva esetén a 3. táblázat szerint történik.

Gépjárművek összehasonlítása <i>mozgékonyosság</i> szerint																		3. táblázat	
1=egyformán előnyös		3=mérsékelten előnyösebb				5=sokkal előnyösebb				7=nagyon sokkal előnyösebb				9=rendkívüli mértékben előnyösebb					
1	A_1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A_2
2	A_1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A_3
3	A_1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A_4
4	A_2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A_3
5	A_2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A_4
6	A_3	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A_4
	A_1	Konkrét gépjárműtípus.																	
	A_2	Konkrét gépjárműtípus.																	
	A_3	Konkrét gépjárműtípus.																	
	A_4	Konkrét gépjárműtípus.																	

A páros összehasonlítást valamennyi szempontra el kell végezni és a szempontok súlyozásánál bemutatottak szerint egyre kell normálni. A konzisztencia vizsgálata is az ott leírtak szerint történik.

3. ÖSSZEGRZÉS

A páros összehasonlító mátrixok sajátvektorainak a meghatározását követően A döntési probléma a (2) szerint fogalmazható meg:

$$\begin{array}{cccc} x_1 & x_2 & \cdots & x_n \\ A_1 & A_2 & \cdots & A_n \end{array} \quad (2)$$

$$\begin{array}{l} w_1 C_1 \\ w_2 C_2 \\ \vdots \\ w_m C_m \end{array} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

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 w_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. Az összegzés három modelljét ismerteti az útmutató: disztributív, ideális, minősítő.

Disztributív modell

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

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

Az eredményül kapott x_j^D értékeknek önmagukban nincs információ tartalmuk, értelmezhetőek viszont az x_i^D / x_j^D hányadosok, ezért ezt az összegzési módot akkor célszerű alkalmazni, ha az alternatívák preferenciasorrendje a kérdés illetve, ha egymáshoz képest kell összehasonlítani az eszközöket.

Ideális modell

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

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 legnagyobb teljesítőképességű és egyben a legolcsóbb alternatívát jelentené.

Minősítő modell

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

ahol az a_{i0} szempontonként meghatározott olyan érték, amely a döntéshozói értékrend szerint a legkedvezőbb. Ez a modell az 1 értékekhez rendeli a szempontonkénti 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.

Fejlesztés döntési környezetében a lecserélni vagy fejleszteni kívánt eszközt célszerű kiválasztani minősítő alternatívaként (30. oldal. 2. ábra).

4. ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLAT

Az érzékenységvizsgálat a

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

döntési modellre, 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:

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

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

A PROMETHEE eljárás módszertana

Ismertek:

- a vizsgálati szempontok;
- súlyszámok
- alternatívák.

Az eljárás lépései:

1. Szempontok hasznossági függvényeinek meghatározása.
2. Alternatívák páronként és szempontok szerinti összevetése.
3. PROMETHEE I, PROMETHEE II rangsorok felállítása.

1. SZEMPONTOK HASZNOSSÁGI FÜGGVÉNYEINEK MEGHATÁROZÁSA

A PROMETHEE eljárás hasznossági függvényei jelentős mértékben eltérnek a más módszerek hasznossági függvényeitől. Jelen esetben nem a paraméterek hasznossága van meghatározva, hanem a paraméterek közötti különbségeké. A hasznossági függvények azt fejezik ki, hogy egy paraméter adott mértékű változása mekkora előnyt jelent. Ennek megfelelően nem hasznosságokról hanem előnyökről és hátrányokról beszélünk. Például a lőtávolság esetében, a hagyományos hasznossági függvény a közvetlenül méterben kifejezett lőtávolságokat pontozza. A függvény azt fejezi ki, hogy egy adott lőtávolság mekkora hasznossággal rendelkezik. A PROMETHEE függvénye viszont a lőtávolság adott változását (növekedését, csökkenését) pontozza.

A független változó két haditechnikai eszköz azonos paramétereinek a különbsége. A példát tovább folytatva a hasznossági függvények definiálása során az kell keresni, hogy A_1 löveg lőtávolsága és A_2 löveg lőtávolsága közötti meghatározott mértékű különbség mekkora előnyt jelent A_1 számára.

A módszer hat alapvető hasznossági függvényt javasol. A függvények egy fiktív példán keresztül kerülnek bemutatásra. A példában A_1 és A_2 alternatíva egy C szempont szerint rendelkezik rendre a_1 és a_2 értékkel. A hasznossági függvényt $u(a_1, a_2)$ jelöli, ami azt fejezi ki, hogy a_1 mekkora előnnyel rendelkezik a_2 -vel szemben. Ha a_2 a nagyobb, akkor a_1 0 előnnyel rendelkezik vele szemben. A függvény 0 és 1 közötti értéket vehet fel. Az a_1 a_2 -vel szembeni előnyét az $u(a_1, a_2)$ az a_2 előnyét a_1 -el szemben pedig $u(a_2, a_1)$ fejezi ki. Mivel a_2 előnye a_1 -el szemben megegyezik a_1 hátrányával a_2 -vel szemben így mondható, hogy külön van kifejezve A_1 előnye és hátránya.

- a) Ha a_1 legalább akkora mint a_2 akkor 0 az előny, ha nem akkor 1.
Képletben:

$$u(a_1, a_2) = \begin{cases} 0 & \text{ha } a_1 \leq a_2 \\ 1 & \text{ha } a_1 > a_2 \end{cases}.$$

Tehát ha A_1 löveg lőtávolsága nem nagyobb, mint A_2 , akkor A_1 nincs előnyben A_2 -höz képest. Ha A_1 lőtávolsága nagyobb, mint A_2 akkor az előnye maximális, vagyis 1.

- b) Ha a_1 legalább egy l értékkel nagyobb mint a_2 akkor az előnye maximális.

Képletben:

$$u(a_1, a_2) = \begin{cases} 0 & \text{ha } a_1 - a_2 \leq l \\ 1 & \text{ha } a_1 - a_2 > l \end{cases}$$

Tehát A_1 csak akkor van előnyben A_2 -vel szemben, ha a lőtávolsága egy általunk megállapított l küszöbértékkel nagyobb, az előny mértéke ekkor maximális, vagyis 1.

- c) Az a_1 előnye a_2 -höz képest egy h értékig lineárisan nő.

Képletben:

$$u(a_1, a_2) = \begin{cases} \frac{a_1 - a_2}{h} & \text{ha } a_1 - a_2 \leq h \\ 1 & \text{ha } a_1 - a_2 > h \end{cases}$$

Tehát ha A_1 lőtávolsága nő A_2 -höz képest, akkor evvel arányosan nő A_1 előnye is, ha A_1 lőtávolsága egy h általunk megállapított küszöbértékkel nagyobb, mint A_2 , akkor a további növekedés már nincs preferálva.

- d) Két küszöbérték van q és p , ha a_1 legalább q -val nagyobb mint a_2 akkor ez 0,5 előnyt jelent ha legalább p -vel akkor 1 előnyt jelent.

Képletben:

$$u(a_1, a_2) = \begin{cases} 0 & \text{ha } a_1 - a_2 \leq q \\ 0,5 & \text{ha } q < a_1 - a_2 < p \\ 1 & \text{ha } a_1 - a_2 > p \end{cases}$$

Tehát ha A_1 lőtávolsága legalább egy adott q értékkel nagyobb, akkor ez $\frac{1}{2}$ előnyt jelent, ha pedig egy p értékkel akkor 1-et.

- e) Két küszöbérték van a kettő között lineárisan nő az előny.

Képletben:

$$u(a_1, a_2) = \begin{cases} 0 & \text{ha } a_1 - a_2 \leq s \\ \frac{(a_1 - a_2) - s}{r - s} & \text{ha } s < a_1 - a_2 < r \\ 1 & \text{ha } a_1 - a_2 > r \end{cases}$$

Ha a lőtávolság különbsége legalább s de legfeljebb r akkor a kettő között lineárisan növeli A_1 előnyét.

- f) Az a_1 növekedése a_2 -höz képest normál eloszlás szerint növeli a_1 előnyét.

Képletben:

$$u(a_1, a_2) = \begin{cases} 0 & \text{ha } a_1 - a_2 < 0 \\ 1 - e^{-\frac{(a_1 - a_2)^2}{2\sigma^2}} & \text{ha } a_1 - a_2 > 0 \end{cases}$$

Tehát A_1 lőtávolsága nő akkor az előnye normál eloszlás szerint nő A_2 -höz képest. A szórás értékét úgy kell megválasztani, hogy ennek a háromszorosánál éri el A_1 előnye az 1 (pontosan a 0,988) értéket.

2. ALTERNATÍVÁK PÁRONKÉNT ÉS SZEMPONTOK SZERINTI ÖSSZEVETÉSE.

A számítás menete egy példán keresztül kerül bemutatásra. Legyen három haditechnikai eszköz: A_1, A_2, A_3 , amely az egyszerűség kedvéért két szempont szerint van vizsgálva ezek: C_1, C_2 . Az alternatívák szempontonkénti értékeit az 1. táblázat mutatja. A C_1 szempont súlyszáma $w_1 = 0,6$ a hasznosság a pontértékek növekedésével nő, az előnyök és a hátrányok mértéke az e) hasznossági függvény szerint van számolva. A C_2 szempont súlyszáma $w_2 = 0,4$ a hasznosság a pontértékek növekedésével nő az előnyök és a hátrányok mértéke a b) hasznossági függvény szerint van számolva.

1 táblázat

	A_1	A_2	A_3	w_i
C_1	4	3	3	0,6
C_2	4	3	6	0,4

Az alternatívák első szempont szerinti összehasonlítását a 2. táblázat mutatja.

2. táblázat

C_1	A_1	A_2	A_3
A_1	0	1/3	1/3
A_2	0	0	0
A_3	0	0	0
$r = 2 ; s = 0,5$			

A számítások magyarázataképpen az A_1, A_2 viszonylat számítása:

$$u(a_{11}, a_{12}) = \frac{(a_{11} - a_{12}) - s}{r - s} = \frac{(4 - 3) - 0,5}{2 - 0,5} = \frac{1}{3}$$

Az A_3, A_1 viszonylat számítása:

$$u(a_{13}, a_{11}) = 0 \text{ mivel } a_{13} - a_{11} = 3 - 4 < 0,5$$

Az alternatívák második szempont szerinti összehasonlítását a 3. táblázat mutatja.

3. táblázat

C_2	A_1	A_2	A_3
A_1	0	1	0
A_2	0	0	0
A_3	1	1	0
$l = 0,9$			

Az A_1, A_2 viszonylat számítása:

$$u(a_{21} - a_{22}) = 1 \text{ mivel } a_{21} - a_{22} = 4 - 3 > 0,9$$

Az A_1, A_3 viszonylat számítása:

$$u(a_{21} - a_{23}) = 0 \text{ mivel } 4 - 6 < 0,9$$

3. PROMETHEE I, PROMETHEE II RANGSOROK FELÁLLÍTÁSA.

Vizsgáljuk meg a C_2 szempontnál (3. táblázat) az A_1 alternatívához tartozó sort (0,1,0). Az ide tartozó értékek azt mutatják, hogy az A_1 a többi alternatívához képest mekkora előnnyel rendelkezik, A_2 alternatívához képest maximális vagyis 1, míg az A_3 -hoz képest minimális vagyis 0 előnnyel. Ennek megfelelően, ha az A_1 sorában lévő értékeket összeadjuk egy olyan számmal, ami az mutatja, hogy C_2 szempont tekintetében A_1 összesen mekkora előnnyel rendelkezik a többi alternatívához képest. Ha ugyanezt az értéket C_1 szempontnál is kiszámoljuk és a két érték súlyszámok szerint súlyozott átlagát vesszük, akkor megkapjuk A_1 ún. előnymutatóját, ami azt fejezi ki, hogy A_1 az összes szempontot figyelembe véve mekkora előnnyel rendelkezik a többi alternatívához képest.

Ha megvizsgáljuk az A_1 alternatívához tartozó oszlopot a 3. táblázatban akkor ott azokat a számokat találjuk (0,0,1), amelyek azt mutatják, hogy a többi szempont mekkora előnnyel rendelkezik A_1 -hez képest, amit megfogalmazhatunk úgy is, hogy A_1 mekkora hátránnyal rendelkezik a többi alternatívával szemben. A hátránymutatók tehát a szempontonkénti oszlopösszeg súlyozott számtani átlaga szerint számítható. Mind az előny mind pedig a hátránymutatók számításánál 0 értékkel van figyelembe véve az egyes alternatívák saját magukkal szembeni előnye és hátránya.

A példánk előny és hátránymutatóit a 4. táblázat mutatja.

4. táblázat

	Előnyök	Hátrányok
	$E(A_i)$	$H(A_i)$
A_1	0,8	0,4
A_2	0	1
A_3	0,8	0,2

Az A_1 előnymutatójának a számítása:

$$E(A_1) = 0,6 \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right) + 0,4 \cdot (1 + 0) = 0,8$$

Az A_1 hátránymutatója:

$$H(A_1) = 0,6 \cdot (0 + 0) + 0,4 \cdot (0 + 1) = 0,4$$

A PROMETHEE I rangsor az előny és a hátránymutatók szerint határozható meg. Egy alternatíva abban az esetben van preferálva egy másikkal szemben, ha az előnymutatója nagyobb és a hátránymutatója kisebb, vagyis több előnnyel és kevesebb hátránnyal rendelkezik. A példánk szerint ez fennáll az A_1 A_2 és az A_3 A_2 viszonylatban, hiszen A_1 előnymutatója (0,8) nagyobb mint A_2 -é (0), és A_1 hátránymutatója (0,4) kisebb mint A_2 -é (1). Hasonlót tapasztalhatunk az A_3 A_2 viszonylatban. Nem dönthető el viszont A_1 és A_3 rangsora, hiszen az előnymutatóik megegyeznek. A PROMETHEE I elv szerint tehát csak annyit mondható, hogy A_1 jobb mint A_2 és A_3 is jobb mint A_2 , relációkkal kifejezve:

$$A_1 > A_2 \text{ és } A_3 > A_2 \text{ és } A_1 ? A_3 .$$

A rangsor nem teljes, ebben az esetben használandó az ún. PROMETHEE II rangsor, amit az előny és a hátránymutatók különbségéből kell számolni, vagyis az előnyökből kivonjuk a hátrányokat:

$$U(A_1) = E(A_1) - H(A_1) = 0,8 - 0,4 = 0,4$$

$$U(A_2) = E(A_1) - H(A_1) = 0 - 1 = -1$$

$$U(A_3) = E(A_1) - H(A_1) = 0,8 - 0,2 = 0,6$$

A végső rangsor az összesített mutatók szerint:

$$A_3 > A_1 > A_2.$$

A MEGOLDÁS EXCEL SZÁMOLÓTÁBLÁJA

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3		A1	A2	A3	wi				
4	C1	4	3	3	0,6				
5	C2	4	3	6	0,4				
6									
7									
8	C1	A1	A2	A3		s =	0,5		
9	A1	0	0,333333	0,333333	0,666667	r =	2		
10	A2	0	0	0	0	D9:= =HA(((\$B4-D4)-\$G\$8)/(\$G\$9-\$G\$8)<0;0;((\$B4-D4)-\$G\$8)/(\$G\$9-\$G\$8))			
11	A3	0	0	0	0				
12		0	0,333333	0,333333		E9:= =SZUM(B9:D9)			
13						B12:= =SZUM(B9:B11)			
14	C2	A1	A2	A3		l =	0,9		
15	A1	0	1	0	1	D15:= =HA((\$B5-D5)<G14;0;1)			
16	A2	0	0	0	0	E15:= =SZUM(B15:D15)			
17	A3	1	1	0	2	B18:= =SZUM(B15:B17)			
18		1	2	0					
19									
20		E	H	U					
21	A1	0,8	0,4	0,4		B21:= =E\$4*E9+E\$5*E15			
22	A2	0	1	-1		C21:= =E\$4*B12+E\$5*B18			
23	A3	0,8	0,2	0,6		D21:= =B21-C21			

A SMART eljárás módszertana

Ismertek:

- szempontok;
- súlyszámok;
- szempontok mérhetősége;
- alternatívák;

Az eljárás lépései;

1. A szempontok hasznossági függvényeinek definiálása.
2. Az alternatívák pontértékeinek számítása
3. Pontértékek ábrázolása
4. Érzékenységvizsgálat

1. A SZEMPONTOK HASZNOSSÁGI FÜGGVÉNYEINEK DEFINIÁLÁSA.

A SMART a hasznossági függvényeit a szakértői értékítéletek segítségével javasolja meghatározni. A megoldás menete:

- a) Határozzuk meg azt az értéket vagy eszközt, amely a maximális hasznosságot jelenti számunkra, ezt pontozzuk 100-ra;
- b) Határozzuk meg azt az értéket vagy eszközt amely a minimális vagyis 0 hasznosságot jelenti számunkra, ezt 0-val pontozzuk.
- c) A két szélső érték alapján határozzuk meg azt az értéket vagy eszközt, amely a maximálishoz képest fele hasznosságot jelenti számunkra, ezt pontozzuk 50-re.
- d) A középső és a maximális hasznosság alapján határozzuk meg azt az értéket, amely hasznosság szempontjából a kettő között helyezkedik el, ezt pontozzuk 75-re.
- e) A minimális és a közepes hasznosságok alapján keressük meg azt az értéket, amely hasznosság szempontjából a kettő között helyezkedik el és ezt pontozzuk 25-re.

A skálát tetszőlegesen finomíthatjuk, megfelelő matematikai apparátus segítségével a meghatározott pontokhoz függvényt lehet simítani. A módszer kitűnően alkalmas a hasznossági függvény linearitásának az ellenőrzésére.

2. AZ ALTERNATÍVÁK PONTÉRTÉKEINEK SZÁMÍTÁSA

A döntési modell két pontértékkal értékeli az alternatívákat. A döntési modell nem csupán egy pontszámokat rendel az egyes alternatívákhoz, hanem két pontszámot, amelyeket egy koordináta rendszerben ábrázolva, lehetőséget ad a döntéshozók számára a döntési probléma alaposabb elemzésére. Az eljárás döntési modelljét az (1) és a (2) egyenletek mutatják.

	A_1	A_2	\dots	A_n	
C_1	$u(a_{11})$	$u(a_{12})$	\dots	$u(a_{1n})$	w_1
C_2	$u(a_{21})$	$u(a_{22})$	\dots	$u(a_{2n})$	w_2
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	
C_m	$u(a_{m1})$	$u(a_{m2})$	\dots	$u(a_{mn})$	w_n
	y_1	y_2	\dots	y_n	

(1)

$$y_j = \sum_{i=1}^n w_i u_j(a_{ij})$$

ahol: C_i az i -edik szempont;
 A_j a j -edik alternatíva;
 a_{ij} a j -edik alternatíva i -edik szempont szerinti értéke;
 u_i az i -edik szempont hasznossági függvénye;
 w_i az i -edik szempont fontosságát kifejező súlyszám.

A döntési modell összegzése szerint az alternatívák szempontonkénti hasznosságának súlyszám szerint súlyozott átlaga az alternatíva y_j pontértéke az (1) egyenletben.

	A_1	A_2	\dots	A_m
F_1	a_{11}	a_{12}	\dots	a_{1m}
F_2	a_{21}	a_{22}	\dots	a_{2m}
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
F_m	a_{m1}	a_{m2}	\dots	a_{mm}
	x_1	x_2	\dots	x_m

(2)

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

ahol: F_i az i -edik költségösszetevő.

A költség szerinti pontszám gyakorlatilag megegyezik az összköltséggel, amit az x_j mutat a (2) egyenletben.

Az alternatívákhoz hozzárendelt $\{x_j; y_i\}$ pontszámokat egy koordináta rendszerben kell ábrázolni a (3) egyenlet szerint, ahol az abszcisszán vannak feltüntetve a költségösszetevők.

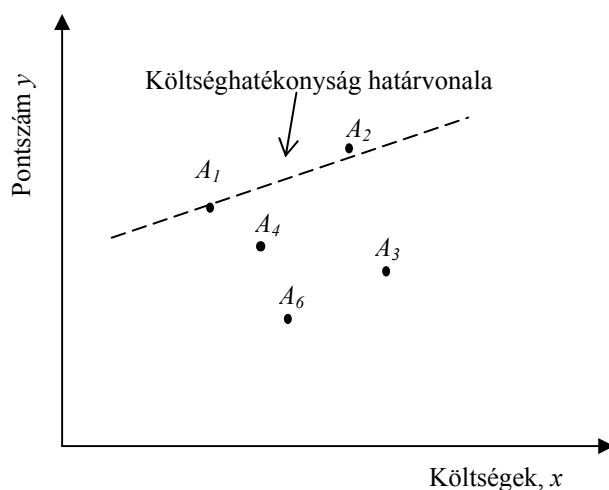
3. PONTÉRTÉKEK ÁBRÁZOLÁSA

Az ábrázolás a

$$A_i \rightarrow \{x_i; y_i\} \quad (3)$$

hozzárendelési szabályszerint az 1. ábra alapján történi. Az ábrázolás által lehetőség nyílik egy költség-haszon elemzésre. A két szempont egymáshoz viszonyított arányai alapján

megállapítható az 1. ábra „költséghatékonysági határvonala”, amely révén mérhetővé válik a képességnövekedés gazdaságossága.



1. ábra

4. ÉRZÉKENYSÉGVIZSGÁLAT

Ahogy az a bevezetésben említve lett a többszemponútú döntési modellek eredményeit ismeretlen szórással rendelkeznek, vagyis nincs ismeret a számított pontérték pontosságára vonatkozólag. A SMART ezért egy érzékenységvizsgálatot javasol. Az érzékenységvizsgálat lényegében egy szempont súlyszámát változtatja 0-tól a maximáli értékig és ezen érték mint független változó függvényében ágrázolja az alternatívák pontértékeinek a változását. Az eljárás érzékenységvizsgálata egyszerre egy szempont súlyszámának az y_i pontértékekre gyakorolt hatását mutatja. Az érzékenységvizsgálat az alternatívák y_i pontértékeit egy függvény segítségével fejezi ki, ahol a független változó a vizsgált szempont súlyszáma értelmezési tartománya pedig 0 – 100.

$$y_i(w_p^*) = \sum_{j=1}^n w_j^* u_j(a_{ij}), w_p^* \in [0,100], w_j^* = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^n w_j - w_p^*}, p \neq j \quad (4)$$

Ahol w_p a p-edik szempont vagyis az érzékenységvizsgálatra kiválasztott szempont súlyszáma, w_p^* pedig független változó.

A számítás matematikai modellje meglehetősen egyszerű, amely lehetővé teszi hogy irodai programcsomag segítségével is elvégezhető legyen a számítás. Hátránya viszont hogy egyszerre csak egy szempont súlyszámának változását veszi figyelembe. Az összes szempontra vonatkozó görbesereg vizsgálata már viszonylag kevés szempont esetében is kezelhetetlenül sok információt nyújt, ezért az érzékenységvizsgálatot célszerű az a [9] modellje szerint elvégezni.

Rangsorolás

Legyen n darab szempont: C_1, C_2, \dots, C_n . Feladat a szempontok preferenciasorrendjének a megállapítása, ehhez a felmérésben résztvevő szakértőkkel fontossági sorrendbe kell rakatni a szempontokat. Az indifferencia vagyis két szempont egyformán fontos megítélése megengedett. A felmérés eredménye a szempontok fontossági sorrendje:

$$C_\alpha \geq C_\beta \geq C_\gamma \geq C_\delta$$

Minden szemponthoz a sorrendben elfoglalt helyét mutató számot kell hozzárendelni, legyen ez R_i . Az utolsó helyezet kapja az 1-et, a következő 2-öt és így tovább. A C_i súlyszámát a következőképpen lehet meghatározni:

$$w_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^n R_i}$$

Csoportos döntés esetén, vagyis abban az esetben, ha a sorrendet nem egy hanem több szakértő is megítéli, az eredő súlyszámokat a szakértők súlyszámainak az átlagából kell képezni.

Átlag csak abban az esetben számolható, ha a szakértők közötti véleményeltérés mértéke egy bizonyos szintet nem halad túl. A véleményegyezés mértéke rangkorrelációs módszerekkel ellenőrizhető. A sok szakértő esetén (több tíz) a rangkorreláció segítségével ún. véleménycentrumok képezhetők, erre jó példát mutat a [4] irodalom. A vélemény centrumokkal ideális esetben kiszűrhető a központi vélemény, illetve a különböző szakterületek véleménye. Például külön-külön megítélhető, hogy a rangsort hogyan ítéli meg az alkalmazó, a logisztika, stb.

A két szakértő között a rangkorreláció mértékét a Spearmann-féle együtthatóval kell számolni a

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n D_i}{n^3 - n}$$

összefüggés alapján, ahol D két szakértő által egy azonos szempontra megállapított rangszámaik különbsége, n a szempontok száma. A ρ értéke 0 és 1 között lehet. Két szakértő rangsorából számított súlyszámok akkor átlagolhatók, ha a rangkorrelációjuk $\rho > 0,8$.

Amennyiben a döntés csoportos vagyis több szakértő rangsorával kell dolgozni, akkor a Spearmann-féle együttható segítségével célszerű megkeresni azokat az alcsoportokat, ahol a véleményegyezés mértéke legalább 0,8. Az alcsoportokból ki kell választani azt az azonosított csoportot, amely véleménye reprezentánsnak tekinthető és az eredő súlyszámokat csak ezen csoportba tartozó szakértők rangszámaiból kell számolni.

CHURHMAN–ACKOFF-féle eljárás

Legyen négy szempont, amelynek preferencia sorrendje:

$$C_1 \geq C_2 \geq C_3 \geq C_4.$$

A legpreferáltabb szemponthoz (C_1) rendeljük az 1 súlyszámot, amelyet w_1 jelöl, majd a C_1 -hez képest becsüljük meg a többi szempont w_2, w_3, w_4 súlyszámait. Hasonlítsuk össze C_1 -et az összes többi együttesével. A kérdés melyik a fontosabb C_1 vagy együttesen $\{C_2, C_3, C_4\}$? Ha úgy ítéljük meg, hogy C_1 a fontosabb akkor w_1 nagyságát úgy kell módosítani, hogy a

$$w_1 > (w_2 + w_3 + w_4)$$

egyenlőtlenség igaz legyen.

Amennyiben a szakértő azonosan preferálja a C_1 -et a többi szempont együttesével, akkor w_1 nagyságát úgy kell meghatározni, hogy a

$$w_1 = (w_2 + w_3 + w_4)$$

igaz legyen.

Amennyiben a szakértő azonosan C_1 -et a többi szemponthoz képest kevésbé tartja fontosnak, akkor w_1 nagyságát úgy kell meghatározni, hogy a

$$w_1 < (w_2 + w_3 + w_4)$$

A w_1 nagyságának a megállapítását követően w_2 -becslése következik, amelyet már w_1 figyelmen kívül hagyásával C_2 és $\{C_3, C_4\}$ összehasonlítása révén nyerünk. A becslés menete megegyezik a fent leírtakkal.

Ezt követően értelemszerűen C_3, C_4 következnek. Az utolsó szempont súlyszámának megállapítását követően célszerű a folyamatot az elejéről újra megismételni, mivel a relációk jobb oldala folyamatosan változik. A módszerrel legfeljebb hét szempont súlyozása lehetséges.

Hátrányos tulajdonsága, hogy kérdőíves felmérésre a lehetőségek korlátozottak, a fenti algoritmust érhetően kérdőívben megfogalmazni nehézkes. Csoportos döntésre csak úgy van lehetőség, ha a kitöltést végzőkkel közvetlen kapcsolat van és a becslés menetét példákon keresztül lehet elmagyarázni.

Az eljárás előnye az egyszerűség, továbbra sem igényel semmilyen számítástechnikai vagy matematikai apparátust. Több kombinációt vizsgál mint az rangsorolásnál ismertett eljárások, valamint az egyes szempontok súlyszámait alsó és felső becslésekkel közelíti, tehát nagy valószínűséggel pontosabb is. Az eredmény intervallumskála szintű. Továbbra sem határozható meg a szakértői következetesség, és nincs semmilyen ismeretünk az eredmények pontosságáról.

Guilford-féle eljárás

Az eljárás alapja az un. páros összehasonlítás. 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 kerül bemutatásra. 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											
\vdots											
C_j											
\vdots											
C_n											
Σ											

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 un. inkonzisztens körhármas is, ahol $A \leftarrow B \leftarrow C \leftarrow A$. A szakértői következetesség vizsgálata során az inkonzisztens körhármasok számát kell meghatározni, ami a következetlen preferencia megjelölések számával egyezik.

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 $n > 7$, χ^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 következetesség ellenőrizhető közvetlenül K értékével is, ha $K \geq 0,8$, akkor az adatlap elfogadható. Ha m számú döntéshozó van, akkor az m számú preferenciatáblázatot összegezni kell és a preferenciaarány a

$$p = \frac{a + \frac{m}{2}}{m \cdot n}$$

összefüggéssel határozható meg.

A következő oszlopban a preferenciaarányokat a standard normál eloszlás u értékeire transzformáljuk a $p = \Phi(u)$ egyenlet alapján. Ezek már intervallumszintű skálaértékeket adnak. 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 véleményegyezések meghatározására, ezeket a [4] irodalom mutat be példát.

A módszer előnyös tulajdonsága az eredményként kapott kvantitatív skála. Viszonylag egyszerű matematikai algoritmus lehetővé teszi, hogy általános jellegű szoftver segítségével is alkalmazni lehessen. 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 10-12 alatt tartani. A szempontok számának minimalizálása a döntési probléma megfelelő strukturálásával elérhető.

Statisztikai analízis alkalmazása a 12,7 mm űrméretű puska optimális típusváltozatának kiválasztására¹⁹

Kutatási célok, felmérés

A K+F valamint a beszerzés folyamatának egy fontos kiinduló lépése az alkalmazói igények felmérése és ebből kiindulva az optimális haditechnikai eszköz kiválasztása. A korábbi rendszeresítési eljárás során az alkalmazóknak csapatpróbák keretében lehetőségük volt az eszközök vizsgálatára és alkalmazhatóságuk megállapítására. A csapatpróbák eredményei alapján némely esetben –főleg hazai gyártású eszközök esetében– lehetőség volt a konstrukció módosítására, az eszköz megfelelő típusváltozatának meghatározására, illetve az esetleges opciók bevezetési szükségességének megállapítására.

A jelenlegi jogi szabályozás csak kiemelt esetekben teszi lehetővé a beszerzésre tervezett eszközök előzetes vizsgálatát. Az eszköz kiválasztása és beszerzése a 2003. évi CXXIX törvény és a 228/2004 sz. Korm. rendelet előírásai szerint zajlik. Egy versenytárgyalás eredményeképpen, előzetes vizsgálat nélkül haditechnikai eszközt beszerezni és rendszeresíteni jelentős kockázattal jár, ha figyelembe vesszük az esetek többségében hosszú (25-30 év) rendszerben tartási időt, a jövőbeni harctevékenység fajtájára, jellegére és intenzitására vonatkozó becslések bizonytalanságát, valamint a várható ellenség és annak felszereltségre vonatkozó információk képlékenységet.

A felsorolt kockázatok csökkentésének egy lehetséges eszköze a statisztikai analízis, amelyre a cikk a 12,7 mm űrméretű puska vizsgálatán keresztül mutat be példát. A vizsgálat célja volt megállapítani, hogy az alkalmazók a fegyver mely típusváltozatát²⁰ tartják a Magyar Honvédségben leginkább alkalmazható eszköznek. Az optimális típusváltozat kiválasztása a puskát jellemző szempontok egymáshoz viszonyított fontosságának megállapításán keresztül történt. A fegyver jellemzésére 11 szempont lett meghatározva, ezek: *pontosság; átütőképesség; tűzgyorsaság; harctéri mozgathatóság; ergonómia; megbízhatóság; kiképzési igény; szállíthatóság; élettartam; ár; egy lövés költsége*. A szempontokat 45 szakértő páros összehasonlítás módszerével minősítette. A szakértők a fegyvert alkalmazók köréből lettek kiválasztva. A páros összehasonlítás eredményeképpen szakértőnként egy preferenciagyakorisági sor lett meghatározva, amely megmutatja, hogy egy szempontot a szakértő hány szemponttal szemben ítélte meg fontosabbnak.

A felmérés céljai:

- megállapítani a 11 szempont modális preferencia-sorrendjét;
- az egyes szempontok –például tűzgyorsaság, mozgathatóság– számított fontossági mutatói alapján következtetni a fegyver optimálisnak tartott típusváltozatára;
- megállapítani a szakértői véleményegyeztetés nagyságát.

¹⁹ Forrás: Gyarmati J.: A nehézpuskát jellemző szempontok fontosságát kifejező súlyszámok számítása és statisztikai vizsgálata, Haditechnika, 2006/2, 11-16.

²⁰ A fegyvert több típusváltozatban gyártják, az egyes típusváltozatok között a cső hosszúságában, tömegben és az automatizáltság mértékében vannak jelentős eltérések.

A felmérés eredményei

A felmérés eredményeként 45 darab preferenciagyakorisági sort született, ami szempontonként 45 gyakorisági értéket jelent. Figyelembe véve a 11 darab szempontot, egy szempontot legfeljebb 10 szemponttal szemben lehetett előnybe részesíteni, tehát a preferenciagyakoriság maximálisan 10 és hasonló megfontolások szerint minimálisan 0 értéket vehetett fel. Így a preferenciagyakoriságok értelmezhetők 0 és 10 közötti pontértékként, amelyek a szempont fontosságát mutatják. A felmérés eredménye ezek szerint szempontonként 45 darab 0 és 10 közötti pontérték. A nagymennyiségű adathalmaz első lépésben un. box plot elemzés segítségével lett rendezve. A rendezés eredményei az 1. ábrán láthatók.

A box plot elemzés eredménye a terjedelem, az interkvartilis terjedelem (IQT) és a medián. A terjedelem a legkisebb és a legnagyobb adat által meghatározott szakasz. Az interkvartilis terjedelem az első és a harmadik kvartilis által meghatározott szakasz, így ez az adatok középső 50%-át mutatja. Az IQT-t az ábrán a doboz jelzi. A medián a középső adat, ami a vizsgált értékek egy középpértékét reprezentálja, az ábrán vastag vonal mutatja. Az *átütőképesség* szempontjánál például a terjedelem 2-10, az IQT 5-8, a medián pedig 7. A szakértők tehát az *átütőképességet* 2 és 10 között pontozták, 50%-uk 5 és 8 között, a középső érték 7.

A medián információt nyújt a szempont átlagos preferáltságáról, az IQT vagyis a doboz nagysága pedig a szórásról, amiből az adott szempont fontosságának megítélésére vonatkozó szakértői véleményegyezés nagyságára lehet következtetni. Minél nagyobb a doboz, annál jobban szóródnak az oda tartozó preferenciagyakorisági értékek, így annál kisebb a szakértők közötti egyetértés mértéke. A preferenciák jelen esetben tág határok között mozognak. Az *átütőképesség* esetében az átlagos preferencia 7, de a szakértői vélemények között jelentős a szórás, vagyis a véleményegyezés mértéke az átlagos 7-es értékre vonatkozólag kicsi, vagyis az *átütőképesség* fontosságának megítélésében a szakértői vélemények között jelentős eltérések vannak.

Az 1. ábra szerint a legjobban preferált szempont a *pontosság*, átlagos értéke 9, a szórása viszonylag kicsi, a doboz szélessége 2 vagyis a szakértők 50%-a a *pontosságot* 8 és 10 között értékelte. Magasan preferált a *megbízhatóság*. A szakértők 50%-a 8 és 9 között értékelte, doboza átfedésben van a *pontosság* dobozával, ezért a kettő közötti sorrendről csak annyi mondható, hogy több szakértő ítélte fontosabbnak a *pontosságot* mint a *megbízhatóságot*.

A legkevésbé preferált az *ár*, és az *egy lövés költsége*. A szakértők véleményegyezése ennél a két szempontonál a legnagyobb, mivel a terjedelem egyértelműen itt a legkisebb.

A többi szempont esetében jól látható, hogy a terjedelmek az előbb elemzett négy szemponthoz képest lényegesen nagyobbak. A szakértők véleményegyezésének a mértéke tehát kicsi. A szempontok rangsora nem dönthető el egyértelműen. A terjedelem a *tűzgyorsaság* szempontja esetében a legnagyobb, itt tapasztalható a legnagyobb véleményeltérés.

A szempontcsoportok rangsorával kapcsolatban megállapítható, hogy a szakértők a *pénzügyi* szempontokat egyértelműen és egyöntetűen az utolsó helyre sorolták. A *logisztikai* szempontokra megállapítható, hogy a szakértők többsége kevésbé preferálta, mint a *közvetlen-* és *közvetett* harci tulajdonságokat (a mediánt jelző vastag vonal a *kiképzés* szempontját leszámítva lejjebb van, mint a többi szempontoz tartozó medián.)

Összességében a szakértők az első- és a második helyre helyezték a *pontosságot* és a *megbízhatóságot*, a *pénzügyi* szempontokat, pedig az utolsóra. A *pontosság* és a *megbízhatóság* közötti sorrend nem egyértelmű. A többi szempont esetében a véleményegyezés mértéke olyan kicsi, hogy sorrendet közöttük nem lehet felállítani.

Alkalmazott módszerek

A felmérés elsődleges célja az optimális típusváltozat meghatározása volt. Ehhez a szempontok átlagos fontosságát kellett megállapítani, viszont ezek az átlagok olyan méretű szórásokkal rendelkeztek, hogy közvetlenül nem voltak alkalmasak a rendezésre. Olyan szakértői csoportokat kellett keresni, amelyekben a tagok közötti nagy a véleményegyezés. A szakértői csoportok, az ún. véleménycentrumok Sork- és Clusteranalízis módszerével lettek megállapítva. A két módszer azonos eredményeket szolgáltatott ezért itt csak a Clusteranalízis eredményei vannak bemutatva (2. ábra).

A klaszterelemzés eredményeit a 2. ábra mutatja. Az ábrán látható ún. dendrogramm fastruktúra szerűen csoportosítja az egyes szakértőket. A klaszter képzés során az eljárás a csoportok taglétszámát új tagok (szakértők) bevonásával, illetve más csoportokkal történő összevonással növeli. Az elemzés végeredményeként valamennyi szakértő egy csoportba kerül. Példaképpen, a 2. ábrán egy ágat kibontva első lépésben összevonásra került a 4., a 40. és a 11. szakértői vélemény, Ezen szakértők között a véleményegyezés mértéke jelentős. Ezt követően az ezek által alkotott csoport összevonásra került a 13., 14. és a 31., 42. csoportokkal. Az így képződött csoport összevonásra került a 6., 44., ..., 43., 22., csoporttal. A véleményegyezés mértéke az összevonást szimbolizáló ág legalsó szinttől való távolságának a növekedésével csökken.

A 2. ábrán szerint három főcsoport különíthető el, ezek: **A**, **B**, **C**. Az **A** főcsoport további három alcsoportra osztható fel ezek: A_1 , A_{21} , A_{22} . Így összesen öt egymástól jól elkülöníthető csoportba sorolhatók be az egyes szakértők. Az öt csoport a tizenegy vizsgált szempont öt egymástól különböző preferenciasorrendjét szolgáltatatta. Az egyes csoportok a 11 darab szempont preferenciasorrendjét különbözőképpen ítélték meg, például az A_{22} csoport tagjai a *tűzgyorsaságot* alacsonyan preferálták (4. ábra) amiből arra lehet következtetni, hogy ezen csoport tagjainak elegendő az egylövetű fegyver. A **B** csoport tagjai viszont ugyanezt a szempontot magasan preferálták, tehát ők a fegyver félautomata vagy ismétlő változatát tartják a megfelelőnek. Az öt csoport, saját értékrendjük alapján a fegyver öt különböző típusváltozatát határozták meg optimálisként, például egylövetű mesterlövész, félautomata (távcsöves) romboló. Felmerült viszont az a kérdés, hogy melyik csoport véleménye tekinthető központi, vagyis az alkalmazók többsége a fegyver mely típusváltozatát szeretné használni. Tehát:

Lehet-e beszélni központi véleményt reprezentáló csoportról?

Léteznek-e olyan faktorok, amelyek segítségével a csoportok egymáshoz képest rendezhetők?

A kognitív pszichológia szerint az egyén a döntéseit olyan belső értékrendek, dimenziók alapján hozza, amelyek sok esetben számára sem ismertek. Például fontosabbnak jelöli be a kérdőívben az átütőképességet, mint a harctéri mozgathatóságot, de nem feltétlenül azért mert az előzőtt önmagában tartja fontosabbnak mint a második szempontot, hanem azért mert egy nagyobb 12,7 mm űrméretű nagy tömegű robusztus puskát preferál, a hagyományos 7,62 mm űrméretűvel szemben. Az átütőképesség előnybe helyezése a mozgathatósággal szemben pedig ezek szerint már annak a következménye, hogy nagyobb űrméretű fegyvert preferál,

amelynek természetesen a nagyobb átütőképesség mellett kedvezőtlenebb a harctéri mozgathatósága.

A felmerült kérdések megválaszolásához a többdimenziós skálázást a továbbiakban MDS (Multi Dimensional Scaling) lett kiválasztva. Az eljárás matematikai modelljét a [2] irodalom tartalmazza. Az eljárás lényegében objektumokat helyez el egy inputadatként meghatározott dimenziószámú térben az objektumok közötti távolságok alapján. Esetünkben az objektumok a szakértők, a szakértők közötti távolságok pedig a szakértői preferenciagyakorosságokból az (1) egyenlet szerint vannak számítva, ahol s az x és az y szakértők véleményei közötti eltérés nagysága egy távolság segítségével kifejezve, az x_i pedig az x szakértő által az i -edik szempontra megállapított preferenciagyakorosság vagyis fontosság 1-től 10-ig terjedő skálán kifejezve.

$$s = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_{11} - y_{11})^2} \quad (1)$$

Az MDS elemzés elvégzésekor inputadat a dimenziók száma. Az eredmény a kiválasztott dimenziószámú térben pontként elhelyezett szakértők formájában adódik. Az egymáshoz közel elhelyezett szakértők véleménye egymáshoz közeli, míg az egymástól távol lévők véleménye távoli. A véleményazonosság mértéke tehát jó közelítéssel a távolsággal egyenesen arányosnak tekinthető.

A számítások egy- illetve két dimenzióra lettek elvégezve. Az egydimenziós elemzés eredményei a kétdimenzióshoz képest új információt nem tartalmaztak ezért itt csak a kétdimenziós MDS elemzés eredményei vannak bemutatva.

Elemzések eredménye

A 3. ábra mutatja az MDS elemzés eredményeit. Az ábrán a Clusterelemzés során elkülönített öt csoport jól azonosítható. A MDS eredmények tehát újra megerősítik a korábbi elemzés eredményeit. Nem sorolható be az A_{21} csoportba az S12 és az S29 szakértő de ezek a 2. ábrán is jól láthatóan elkülönülnek az A_{21} csoporton belül. Hasonló elvek alapján nem sorolható be az S2, S35, és S36 szakértők a C csoportba. A korábban megállapított C csoportnak az S8 és az S23 szakértőjét az MDS más csoportokba sorolta, az A_{22} csoportnál pedig az S22 és az S43 szakértők lettek másik alcsoportba sorolva, ezen kettő és főleg az S22 esetében viszont az 1. ábrán is jól látható az elkülönülés az alcsoporton belül. Összességében tehát mindössze két szakértő van, amelyeket az MDS a Clusterelemzéshez képest másik alcsoportba sorolt, ez a két szakértő a 45-höz képest elhanyagolható ezért megállapítható, hogy a két módszer eredményei azonosak, így egymást megerősítik.

A 3. ábra alapján megállapítható, hogy az A_{22} mellett, hogy a legnagyobb létszámú alcsoport az elhelyezkedése központi. Az A_{22} csoporttól balra és jobbra rendre a B illetve a C csoport helyezkedik el. A horizontális tengelyt balról jobbra a B, az A_{22} és a C csoportok, a vertikális pedig alulról felfelé az A_{21} , az A_{22} és az A_1 csoportok határozzák meg. A vizsgálat további célja volt, hogy a horizontális és a vertikális tengelyeknek azonosítva legyen a fizikai tartalma, amely fizikai tartalmak jelenhetnek azon személyes belső faktorokat, amelyek alapján a szakértők a döntéseiket meghozták. A faktorok kereséséhez az egyes alcsoportok átlagos preferenciagyakorosságai lettek összehasonlítva. Az összehasonlításhoz viszont csak azon szempontokat figyelembe vételére került sor, amelyek tekintetében a teljes mintán belül jelentős eltérések voltak tapasztalhatóak. Ahogy az korábban meg lett állapítva a *pontosság*, a *megbízhatóság*, a *kiképzés*, az *ár* és a *lövés költség* szempontok fontosságának megítélésében a szakértők nagymértékben egyetértettek, tehát e szempontok szerint a csoportok véleményeit nem szükséges összevetni. Az eltérések a fennmaradó hat szempont megítélésében lehetnek.

Az öt csoportot vélhetőleg e hat szempont különböző megítélése determinálta. Ennek megfelelően a csoportok csak az említett hat szempont megítélése alapján kerültek összehasonlításra. Az egyes csoportok átlagos preferenciagyakorisági sorát a szempontok preferenciagyakoriságának interkvartilis terjedelmei (IQT) alapján lettek meghatározva. Egy öttagú csoport esetében egy szemponthoz a csoport létszámának megfelelően öt preferenciagyakoriság (vagyis 0-tól 10-ig terjedő szám) tartozik. Ezek az értékek tekinthetők olyan pontértékeknek, amelyek egy tízes skálán fejezik ki a kérdéses szempont fontosságát. Tehát az öt szakértő öt pontértéke lett rendelve egy szemponthoz.

A 4. ábra mutatja az egyes csoportokhoz tartozó preferenciagyakoriságok interkvartilis terjedelmét a 3. ábra vagyis az MDS eredmények egymáshoz viszonyított elrendezése szerint.

A tengelyek tatalmi meghatározásához az egyes szempontok változásait kell megvizsgálni horizontális és vertikális irányban. Vertikálisan egymás felett helyezkednek el az **A** főcsoport alcsoportjai. Mivel ezek között a Sork- és a Clusteranalízis magasabb korrelációs viszonyt állapított meg, mint az **A** bármely alcsoportja és a **B** és **C** csoportok között, ezért a jelentős eltérések elsősorban horizontális irányban várhatók. Az eltérések kereséséhez balról jobbra a **B**, **A₂₂**, **C** csoportok közötti eltérések jellege vizsgálandó.

A **B** csoportnál egyértelműen legmagasabban preferált az *átütőképesség*, és a *tűzgyorsaság* (7-10). A többi szempont közepesen preferált. A csoport tagjai a közvetlen harci tulajdonságokat előtérbe helyezik a közvetettekhez képest.

Az **A₂₂** csoport esetében a közvetlen harci tulajdonságok preferenciájának csökkenése tapasztalható, ami itt már csak 3 és 8 közötti értéket vesz fel. Összevetve a közvetett harci tulajdonságok 6-8 értékével, akkor megállapítható, hogy az alcsoport tagjai az utóbbiakat némileg előtérbe helyezik az előbbiekhöz képest. A *szállíthatóság* és az *élettartam*, vagyis a logisztikai tulajdonságok esetében nincs jelentős változás.

A **C** csoport preferenciagyakoriságait megvizsgálva egyértelműen kitűnik a közvetlen és a közvetett harci tulajdonságok egymáshoz képest való megítélésében történt további változás. A csoport tagjai egyértelműen magasabban preferálják a közvetett harci tulajdonságokat, mint a közvetleneket. A logisztikai tulajdonságok az előzőekhez képest nem változnak.

A tengely mentén részletesen megvizsgálva a közvetett és a közvetlen harci tulajdonságokat alkotó szempontok változásait, akkor megállapítható, hogy a *harctéri mozgathatóság* növekedése balról jobbra egyértelmű. Az *ergonómia* szempontjában jelentős mértékű növekedést nem tapasztalható. A közvetlen harci tulajdonságok esetében mind az *átütőképesség* mind, pedig a *tűzgyorsaság* szempontjának csökkenése egyértelmű. Egymáshoz képest vizsgálva a két szempont változását, trendszerűség nem tapasztalható. A **B** csoport a *tűzgyorsaságot* tartja fontosabbnak az *átütőképességhez* képest, az **A₂₂** az *átütőképességet*, a **C** csoport pedig újra a **B**-hez képest hasonlóan a *tűzgyorsaságot*.

Összegezve a horizontális tengelyre vonatkozó elemzéseket megállapítható, hogy balról jobbra:

- csökken a közvetlen harci tulajdonságok megítélésének fontossága;
- nő a harctéri mozgathatóság megítélésének fontossága.

Amennyiben a *harctéri mozgathatóság* azonosítható a fegyver tömegével a tengely értelmezhető egy olyan faktorként, amely a fegyver tömege és ebből kifolyólag a mozgathatósága, valamint a közvetlen harci tulajdonságok között egyensúlyoz. Az egyiket

növeli a másik rovására és fordítva. A tengely a **B** csoportnál baloldalon magasan preferált közvetlen harci tulajdonságoknál és közepesen preferált *harctéri mozgathatóságnál* kezdődik, ami a jobb oldal felé a közvetett tulajdonságok preferenciáinak fokozatos csökkenése során a **C** csoportnál magasan preferált *harctéri mozgathatóság* és alacsonyan preferált közvetlen harci tulajdonságoknál, végződik.

A tengely tehát a döntéshozó olyan belső dimenzióját azonosítja, amely a fegyver tömege és a közvetlen harci tulajdonságai, vagyis a pusztítóképessége között mérlegel. A baloldalon nagy tűzgyorsaságú, nagy átütőképességű, de evvel együtt nagy tömegű fegyvert mutatnak a számok, míg a jobb oldalon kis tűzgyorsaságú kis átütőképességű, de könnyen mozgatható kisebb tömegű fegyver található.

Vertikális irányban hasonló eredmények, láthatók. Fentről lefelé csökken a közvetlen harci tulajdonságok fontossága és nő a *harctéri mozgathatóság* fontossága. A horizontális irányhoz képest itt eltérően a *szállíthatóság* fontossága némileg növekszik, e szempont viszont beláthatóan korrelál a harctéri mozgathatósággal így új elemzési eredménynek nem tekinthető. A horizontális irányhoz képest jelentős eltérés a közvetlen harci tulajdonságok egymáshoz viszonyított megítélése. Mind a három csoport (**A₁**, **A₂₂**, **A₂₁**) az *átütőképességet* fontosabbnak ítélte meg mint a *tűzgyorsaságot*. A két szempont egymáshoz viszonyított megítélésének azonossága hozta létre a vertikális irányt meghatározó **A** főcsoportot, ez a vizsgálati célt tekintve új eredményt nem ad ezért a keresett faktor a horizontális tengelyt meghatározó döntéshozói dimenzió.

Az elemzés alapján megállapítható, hogy a vízszintes és függőleges tengelyek mentén nem azonosíthatók egymástól jelentősen eltérő döntéshozói faktorok. Az összesen egy tengely létét az egydimenziós MDS analízis eredményei jól igazolják. A szakértők döntési mechanizmusának lényege egy tengely segítségével jellemezhető. Ez a tengely egy kettős skálának tekinthető. Az elsőn a fegyver pusztítóképessége van, ez balról jobbra csökken, a másodikon pedig a harctéri mozgathatóság helyezkedik el, ami balról jobbra nő. Az alkalmazók ezen fegyverkategóriára vonatkozó igényeik megfogalmazásakor a *tűzgyorsaság-átütőképesség* és a *harctéri mozgathatóság* között mérlegelnek. A központi vagy átlagos igényt kielégítő fegyver ezek szerint olyan, amelyben e két tulajdonságcsoporthoz között valamilyen optimális egyensúlyt hoznak létre a konstruktőrök. Ezt a központi véleményt a 2. ábrán látható elhelyezkedés szerint az **A₂₂** csoport tagjai reprezentálják.

Következtetések

A Sork, a Cluster és az MDS eredmények alapján a teljes csoportról (45 fő) a következők állapíthatók meg:

- egységesen magasan preferálták a *pontosságot* és a *megbízhatóságot*, ezek tehát igazolhatóan olyan szempontok amelyeknek elsődleges megítélésében a szakértői egyetértés teljes mértékű;

- egységesen alacsonyan preferálták az *árat* és az *egy lövés költségét*, a szakértői egyetértés ebben az esetben is teljes, de figyelembe kell venni azt a tényt, hogy a szakértők túlnyomó többségében a felhasználók köréből lettek kiválasztva, akiket a honvédség jelenlegi döntési mechanizmusa nem motiválja a gazdasági szempontok figyelembe vételére;

- a többi szempont megítélése nem egységes, az egyes szempontok megítélésének különbözősége alapján a szakértők csoportokba sorolhatók, a három különböző módszer egymástól eltérő matematikai modelljükön keresztül öt vélemény centrum különíthető el, a

vélemény centrumok a három különböző eljárás esetében lényegében azonosak, az azonosság megerősíti az eredmények helyességét;

- az egyes csoportokon belül a szakértők által rangsorba helyezett szempontok szerint megállapítható, hogy a 12,7 mm űrméretű puska mely típus változatát (egy lövetű mester lövő, ismétlődő-öntöltő mesterlövő romboló, romboló) tartják a Magyar Honvédségben leginkább alkalmazható haditechnikai eszköznek;

- a központi, vagyis átlagos véleményt képviselő csoport tagjai szerint a 12,7 mm űrméretű puskának nagy pontossággal, jelentős átütő képességgel, jó harctéri mozgathatósággal és elhanyagolható tűzgyorsasággal kell rendelkeznie, ennek legjobban egy egylövetű esetleg ismétlő puska felel meg, amely olyan tömeggel és befoglaló méretekkel készül, ami még lehetővé tesz egy elfogadható szintű harctéri mozgathatóságot;

- a véleménycentrumok kialakulásában nem játszanak szerepet a *szállíthatóság* az *élettartam* és a *kiképzési igény* szempontjai;

- a véleménycentrumok kialakulásában elsődlegesen az *átütő képesség* a *tűzgyorsaság* és a *harctéri mozgathatóság* szempontjai játszanak fő szerepet, vagyis a vélemények eltérését alapvetően az említett három szempont különböző megítélése jelenti;

- a szempontok fontosságának mérlegelésekor (vagyis a páros összehasonlítás elvégzésekor) alapvetően az *átütőképesség-tűzgyorsaság* együttese valamint a *harctéri mozgathatóság* között mérlegelnek a szakértők);

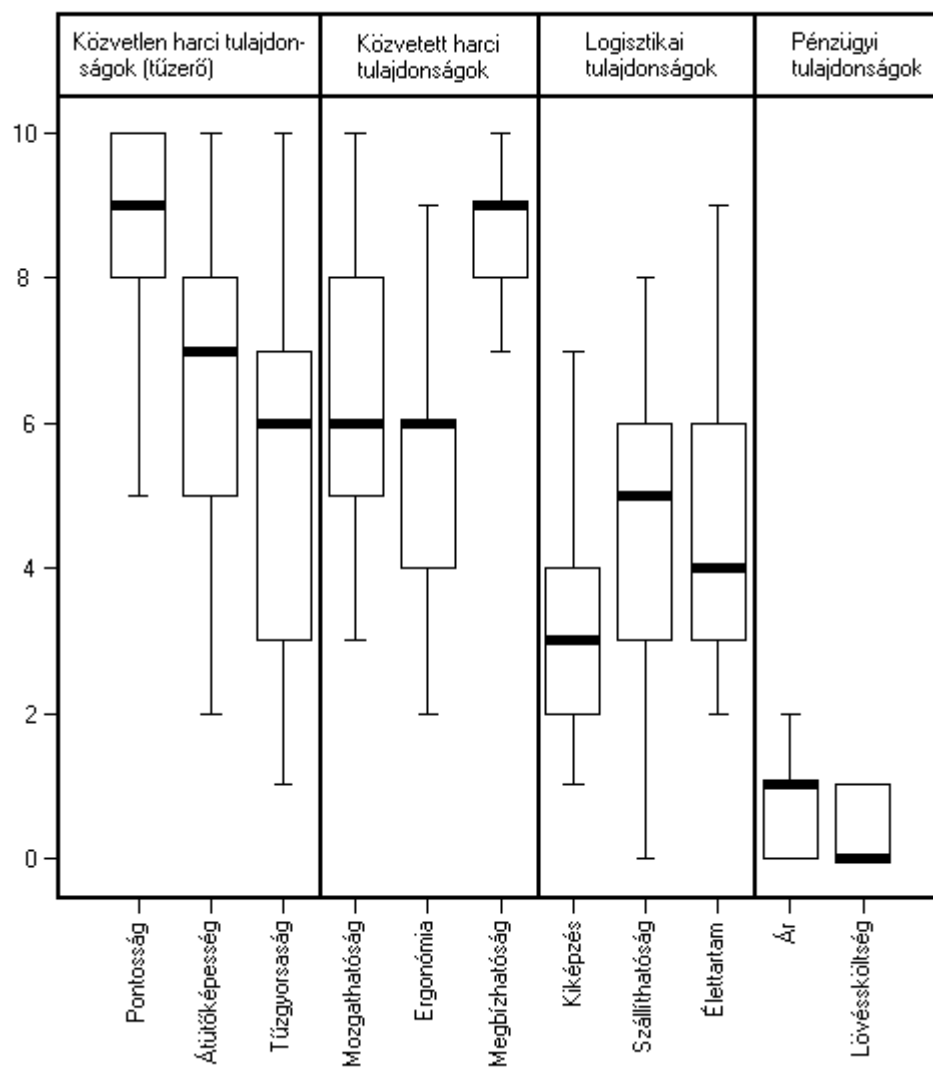
- a keresett belső döntéshozói dimenzió lényegében a fegyver pusztító képessége valamint a mozgathatósága között mérlegel, a szakértő tudat alatt arra keresi a választ, hogy könnyen mozgatható de kis pusztító képességű fegyvert akar, vagy pedig nehezen mozgatható nagy tömegű de evvel együtt nagy pusztító képességű fegyvert szeretne.

Összegzés

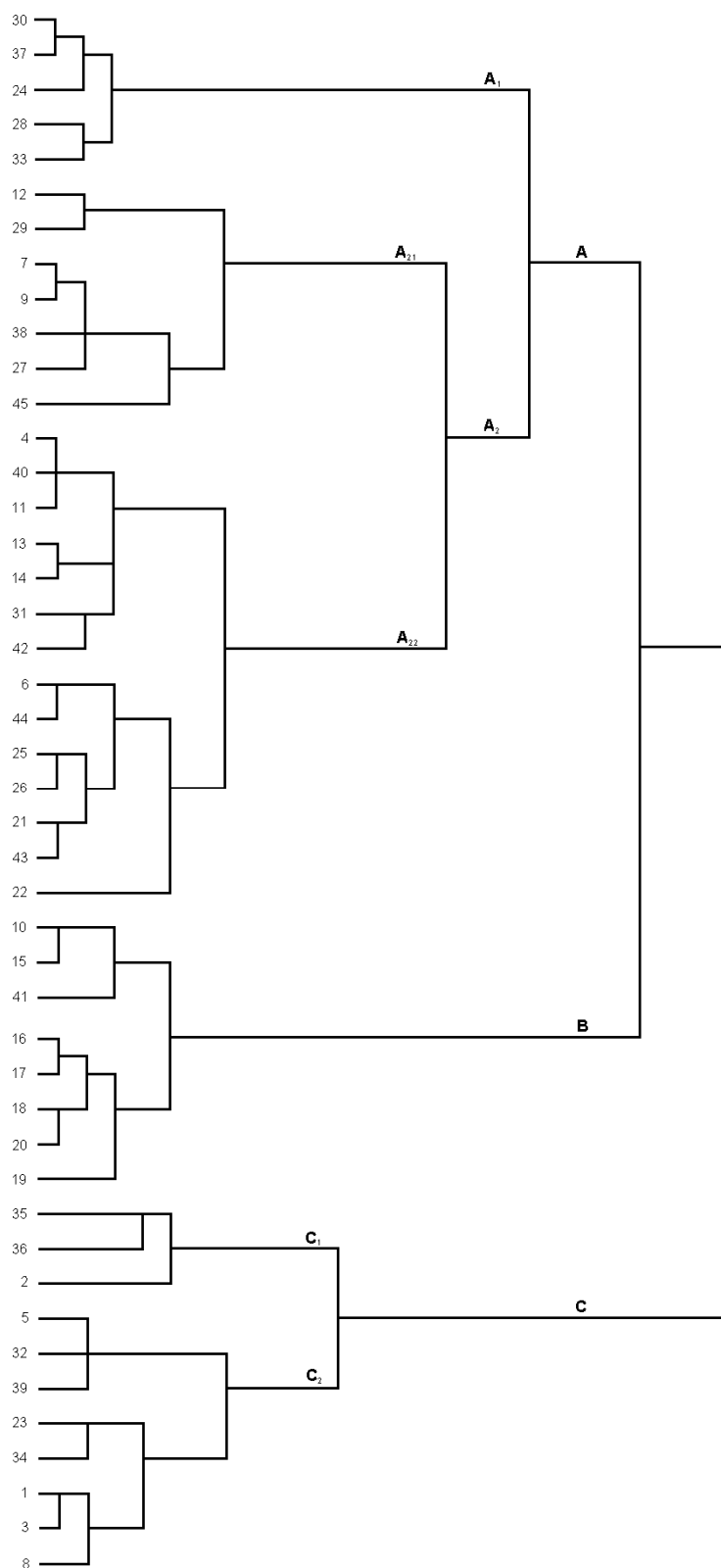
A vizsgálat eredményei közvetlenül is hasznosíthatók, de alapvetően ezen valamint az [1] cikkben bemutatott vizsgálatnál elsődlegesen módszerek és lehetőségek bemutatása volt a cél, amelyeket egy haditechnikai eszköz beszerzését megelőzően alkalmazni lehet.

Jelenleg a haditechnikai eszközöket a 228/2004 számú kormányrendelet alapján kell beszerezni. A nevezett jogszabály arra kényszerít, hogy saját vizsgálat nélkül az ajánlattevők által bevallott (néhány esetben nehezen vagy egyáltalán nem ellenőrizhető) adatok szerint válasszuk ki a rendszeresítésre kerülő haditechnikai eszközt. Az eljárás így rendkívül sok kockázatot rejt magában. Ezen kockázatokat a [3] elemzi.

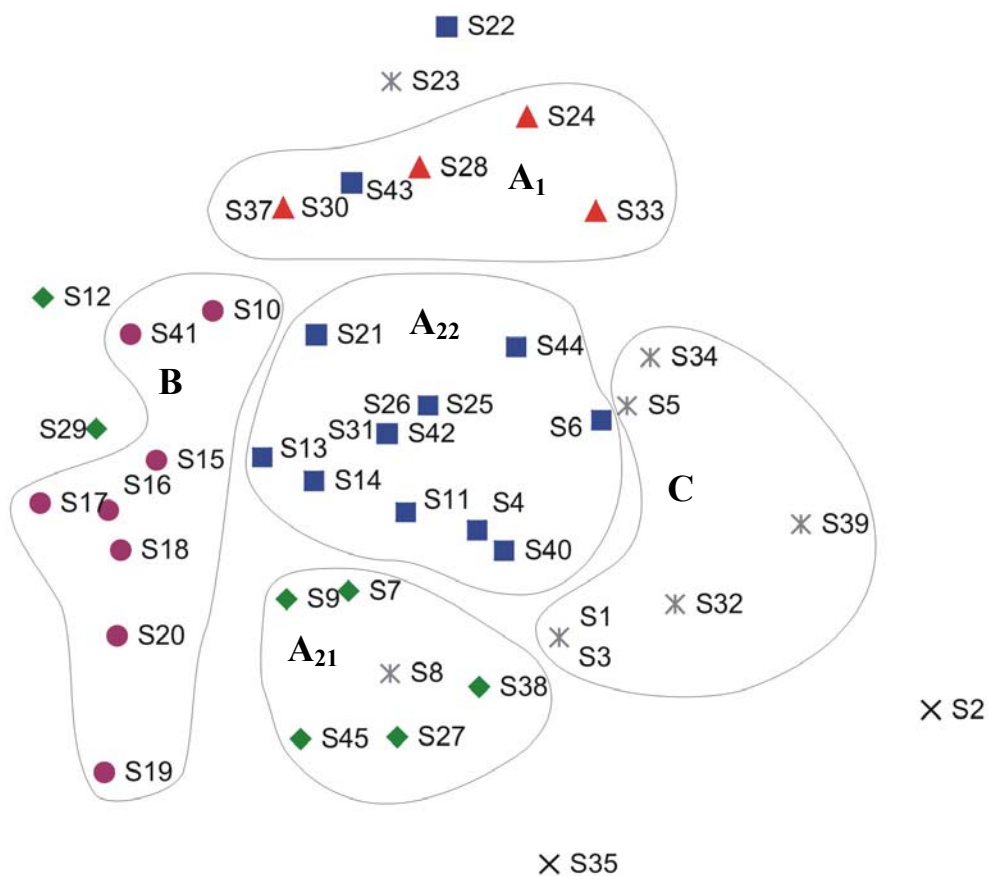
A haditechnikai eszközök beszerzésének jogi szabályozása az eszközök összehasonlítását valamint felhasználói alkalmazhatóságának elemzését csak közvetett úton, paraméterek vizsgálatán keresztül engedik. Ilyen körülmények között a döntésemélet és a statisztikai analízis az előzetes felmérésekben és az eljárások lebonyolításában nagy segítséget jelenthet. Evvel természetesen nem azt sugallja a cikk, hogy a statisztika helyettesíti a haditechnikai ellenőrző vizsgálatokat, de az utóbbi hiányában nagy segítséget jelenthet a döntéshozók számára.



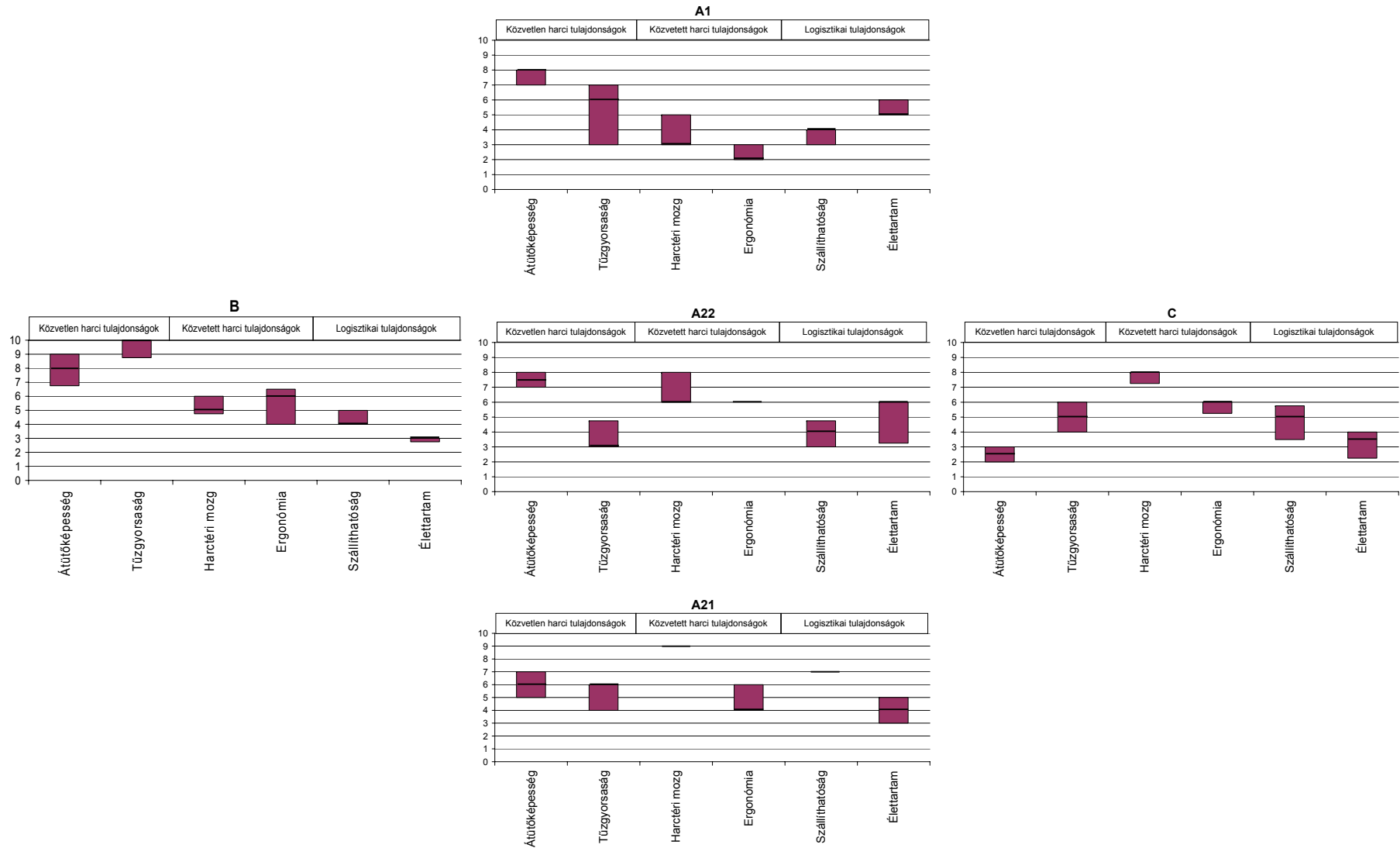
1. ábra



2. ábra



3. ábra



4. ábra

MŰSZAKI BERENDEZÉSEK VIZSGÁLATA FAKTORANALÍZIS SEGÍTSÉGÉVEL²¹

1. BEVEZETÉS

A katonai beszerzések gyakorlatában gyakran előforduló probléma két vagy több haditechnikai eszköz közül a legmegfelelőbb kiválasztása. A kérdéses eszközök több vetületük alapján jellemezhetők, a közülük történő választás tehát egy többszemponú döntési probléma, melynek általános modelljét az (1) mutatja:

$$(1) \quad \begin{array}{cccc} & A_1 & A_2 & \cdots & A_n \\ C_1, w_1 & \left[\begin{array}{cccc} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{array} \right. & & & \\ C_2, w_2 & & & & \\ \vdots & \vdots & & & \\ C_m, w_m & & & & \\ & x_1 & x_2 & \cdots & x_n \end{array},$$

ahol: A_j a j -edik haditechnikai eszköz (alternatíva), $j = 1, 2, \dots, n$;

C_i az i -edik vizsgálati szempont, $i = 1, 2, \dots, m$;

w_i az i -edik szempont fontosságát jelző súlyszám, $i = 1, 2, \dots, m$;

a_{ij} az j -edik haditechnikai eszköz i -edik szempont szerinti értéke (utilitása),
 $i = 1, 2, \dots, m$ és $j = 1, 2, \dots, n$;

x_j a j -edik haditechnikai eszköz pontszáma, $j = 1, 2, \dots, n$.

Az alternatívák pontszámai a vizsgálati szempontok és ezek súlyszámainak, valamint az alternatívák szempontonkénti értékeinek a függvénye. Ismertnek tekinthetők az alternatívák szempontonkénti értékei, a súlyszámok számítására több módszer áll rendelkezésre, a szempontrendszer kialakítására viszont csak általános jellegű ajánlások vannak, melyek teljesítési szintje szubjektív. Mivel a pontszám és ebből következően az alternatívák sorrendje függ a szempontoktól, ezért megállapítható, hogy a sorrendet a szempontrendszert felépítő szakértői csoport szubjektivitása jelentős mértékben befolyásolja. A dolgozat olyan módszert kínál, amely ezen szubjektivitást csökkentve, segítséget nyújt egy többszemponú döntési probléma esetén a szempontrendszer kialakításában.

A vizsgálat során a kiindulást az a megfigyelés adta, hogy műszaki berendezések egyes paraméterei között korrelációs viszony tapasztalható. A feltevés szerint a korrelációt kiváltó

²¹ Forrás: Gyarmati J.: Műszaki berendezések vizsgálta faktoranalízis segítségével, Alkalmazott Matematikai Lapok 23 (2006), 73-83.

ok az eszközre jellemző és az eszköz valamilyen funkcionális képességével van összefüggésben. A többszemponútú döntési eljárás során a vizsgálati vetületeknek vagyis a szempontoknak pontosan ezeket a funkcionális képességeket kell takarniuk. Tehát, ha megfelelő nagyságú minta alapján korrelációs viszony szerint csoportosítjuk a vizsgált eszközök paramétereit és az egyes csoportokon belül meghatározzuk a korrelációt kiváltó okokat, akkor egy olyan tulajdonságlistát kaphatunk, amely alapjául szolgálhat a szempontrendszer kialakításában.

2. A MATEMATIKAI MODELL

A problémát két módszer segítségével lett megoldva, ezek: faktoranalízis és a főkomponens elemzés. Jelen fejezetben a két eljárás lényegét tartalmazza.

A faktoranalízis modellje

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:

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

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 az eljárás segítségével a faktorok lineáris kombinációiként a (2) egyenletek szerint írhatjuk fel.

$$(2) \quad \begin{aligned} Z_1 &= a_{11} F_1 + a_{12} F_2 + \dots + a_{1m} F_m + b_1 S_1 + c_1 E_1, \\ Z_2 &= a_{21} F_1 + a_{22} F_2 + \dots + a_{2m} F_m + b_2 S_2 + c_2 E_2, \\ &\vdots \\ Z_n &= a_{n1} F_1 + a_{n2} F_2 + \dots + a_{nm} F_m + b_n S_n + c_n E_n, \end{aligned}$$

ahol: a_{jk} a Z_j k -edik faktorához tartozó faktorsúlya;
 b_j a Z_j specifikus faktorához tartozó faktorsúlya;
 c_j a Z_j hibafaktorához tartozó faktorsúlya.

A modell szerint a közös a specifikus és a hibafaktorok várható értékei nullák valamint páronként függetlenek, amennyiben X_j normál eloszlású, ha ez nem teljesül akkor csak korrelálatlanságról beszélhetünk.

Az a_{jk} faktorsúly a k -edik faktor hozzájárulását fejezi ki a Z_j változó s_j^2 szórásnégyzetében, vagyis

$$(3) \quad s_j^2 = a_{j1}^2 + a_{j2}^2 + \dots + a_{jm}^2 + b_j^2 + c_j^2, \quad (j = 1, 2, \dots, n).$$

Az eljárás eredményeként a közös faktorok együtthatómátrixát vagyis a faktorsúlyok mátrixát kapjuk:

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

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

$$(4) \quad h_j^2 = a_{j1}^2 + a_{j2}^2 + \dots + a_{jm}^2.$$

Mivel Z_j standardizált ezért szórásnégyzete 1, ezért:

$$(5) \quad h_j^2 + b_j^2 + c_j^2 = 1,$$

vagyis a kommunalítások segítségével kifejezhető, hogy a közös faktorok milyen mértékben magyarázzák az eredeti változók szórásnégyzeteit, vagyis információt ad az eljárás eredményének az információtartalmáról. A faktorsúlyok meghatározását az [1, 2, 3] irodalmak tartalmazzák.

Az eljárás eredményeként egymással korrelált valószínűségi változókat az eredeti változószámánál kevesebb, egymással páronként korrelálatlan, virtuális változó vagyis faktor segítségével írhatunk le. Az eredmények segítségével a rendszert leíró változók számát lehet csökkenteni, valamint lehetőség nyílik a rendszer belső struktúrájának analitikus vizsgálatára.

A főkomponensanalízis modellje

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:

$$(6) \quad \begin{aligned} Z_1 &= a_{11} C_1 + a_{12} C_2 + \dots + a_{1n} C_n, \\ Z_2 &= a_{21} C_1 + a_{22} C_2 + \dots + a_{2n} C_n, \\ &\vdots \\ Z_n &= a_{n1} C_1 + a_{n2} C_2 + \dots + a_{nn} C_n, \end{aligned}$$

ahol:

a_{ij} a Z_i j -edik főkomponenséhez 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 a modell feltétele szerint

$$(7) \quad D^2 C_j > D^2 C_{j+1} \quad (j = 1, \dots, n-1),$$

az utolsó néhány komponens elhagyásával Z_j szórásnégyzetei magas százalékban magyarázhatók a megmaradt főkomponensek segítségével. Az elhagyott főkomponensek számának a meghatározásához Bartlett teszt javasolt.

A kommunalítások jelen esetben az el nem hagyott főkomponensekhez tartozó együttthatók négyzetösszegét jelentik.

3. GÉPJÁRMŰVEK VIZSGÁLATA FŐKOMPONENS- ÉS FAKTORANALÍZIS SEGÍTSÉGÉVEL

A vizsgálatot 49 darab közúti és terepjáró gépjármű 17 paraméterére lett elvégezve. A járművek között –személygépkocsitól a nyerges vontatóig– minden teherbírasi kategória megtalálható. Az egyes típusok gyártásának kezdeti időpontja között nincs jelentős eltérés. Amennyiben ez nem állna fenn az analízis eredménye nem lenne feltétlenül megbízható, mivel a műszaki-tudományos fejlődés a vizsgált berendezések paramétereit folyamatosan módosítják, ami befolyásolhatja a korrelációk nagyságát. Az adathalmaz elemzését főkomponens- és faktoranalízis segítségével is el lett végezve.

A főkomponensanalízis elvégzésekor az egyes főkomponensek szórásnégyzetei alapján meg kell határozni, hogy az elemzés során hány főkomponenset válasszunk ki. Jelen esetben ez szá öt volt. Az eredményeket az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat					
Rotált együttthatómátrix					
	Főkomponens				
	1	2	3	4	5
fogyasztás	0,91	0,16	-0,08	0,16	0,01
motor teljesítmény	0,89	0,27	0,15	0,26	-0,04
vontatmány tömeg	0,87	0,08	0,06	-0,14	-0,14
összgördülőtömeg	0,79	0,37	0,28	0,3	0,1
max. vonóerő	0,78	0,18	0,29	0,2	0,05
öntömeg	0,77	0,49	0,15	0,24	0,08
teherbírás	0,71	0,36	0,24	0,36	0,13
max. sebesség	-0,12	-0,81	0,05	0,1	0,34
magasság	0,32	0,74	0,3	-0,14	-0,06
teljesítmény dotáció	-0,4	-0,64	-0,37	-0,25	-0,18
hosszúság	0,28	0,64	0,16	0,37	0,19
terepjárás	-0,16	0,08	0,82	0,1	-0,14
oldaldőlés	-0,31	-0,21	-0,82	0,14	-0,08
mászóképesség	-0,46	-0,12	-0,73	0,04	-0,12
fajlagos fogyasztás	-0,31	0,02	0,09	-0,86	0,03
nyomatéki rugalmasság	-0,15	-0,2	-0,09	-0,08	0,87
fordulókör átmérő	0,43	0,33	0,23	0,22	0,57

Az 1. 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 összgördülőtömeg esetében. Ezek a jellemzők beláthatóan műszaki megfontolások szerint is szoros összefüggésben állnak egymással. A korrelációt kiváltó ok a *teherbírási kategória* ezért ez a főkomponens ezt a szempontot 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 a motor egy meghatározott sebesség elérésekor automatikusan lezabályoz, és így műszakilag akadályozza meg a biztonságosnak ítélt sebesség, általában 100 km/h, túllépését. A főkomponens a *közúti mozgékonyág* szempontját reprezentálja.

A *harmadik főkomponens* legnagyobb korrelációban a terepjárással van, mellette korrelációt tapasztalhatunk az oldaldőlés és a mászóképeség 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 képeség* szempontja.

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

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

Az első két főkomponenshez tartozó paraméterek 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 minta nagysága lehetővé tette a faktoranalízis elvégzését is. Az együttthatómátrixot főfaktor módszerrel állítottam elő. A létrehozandó közös faktorok számát, hasonlóan mint azt a főkomponensanalízisnél láttuk, a program számára előre meg kell adni. Célszerű több faktormegoldást megvizsgálni, megkeresve azt, ahol a kumulált szórásnégyzetek maximálisak lesznek, ugyanis ez a faktormegoldás magyarázza legnagyobb mértékben az eredeti változók teljes szórásnégyzetét.

Esetünkben az optimális faktormegoldás a főkomponensanalízis eredményéhez hasonlóan öt közös faktort tartalmaz. Az analízis eredményei a 3. táblázatban láthatók.

2. táblázat					
Rotált együtthatómátrix					
	Faktor				
	1	2	3	4	5
vontatmány tömeg	0,85	0,09	0,15	0,11	-0,11
fogyasztás	0,81	0,43	0,19	-0,04	0,01
motor teljesítmény	0,76	0,53	0,25	0,19	-0,11
öntömeg	0,61	0,51	0,51	0,19	0
max. vonóerő	0,58	0,51	0,16	0,34	-0,04
összgördülőtömeg	0,57	0,64	0,34	0,33	-0,02
teherbírás	0,5	0,64	0,34	0,26	0,03
fajlagos fogyasztás	-0,17	-0,61	0	0,11	0,02
magasság	0,3	-0,01	0,73	0,33	-0,12
max. sebesség	-0,08	-0,07	-0,62	-0,04	0,41
teljesítmény dotáció	-0,23	-0,45	-0,62	-0,38	-0,07
hosszúság	0,19	0,43	0,53	0,18	0,06
oldaldőlés	-0,23	-0,03	-0,2	-0,89	-0,02
mászóképesség	-0,31	-0,22	-0,11	-0,76	-0,05
terepjárás	-0,1	-0,02	0,12	0,54	-0,06
nyomatéki rugalmasság	-0,12	-0,03	-0,14	-0,05	0,63
fordulókör átmérő	0,27	0,43	0,34	0,26	0,46

Az eredmények hasonlóságokat mutatnak a főkomponensanalízis 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*.

4. ÖSSZEGZÉS

A két adathalmaz elemzését követően megállapítható, hogy a többváltozós analízis segítségével a műszaki berendezések paraméterei csoportokba foglalhatók. A csoportokon belül a korrelációt kiváltó okok azonosíthatók, és ezen okok alapját képezhetik a vizsgált eszközt leíró szempontrendszer kialakításának. Továbbá az eredmények lehetővé teszik a paraméterek közötti korrelációk segítségével a rendszerben lévő összefüggések feltárását.

Meghatározó az eszközöket leíró paraméterek teljessége, mivel csak ezeknek az információtartalma kerül feldolgozásra, ezért ennek a feltételnek a be nem tartása egyrészt a faktorok által nem teljes paramétercsoportokat és ebből adódóan nem teljes szempontrendszert szolgáltathat.

Az eljárás alkalmazása, illetve az eredmények pontossága függ az egyedek számától. További feltétel, hogy a mintát képző eszközöknek közel azonos funkciókkal és

teljesítőképeséggel kell rendelkezniük, valamint hasonló műszaki-tudományos színvonalat kell képviselniük.

Az eljárások eredményeként született funkcionális képességeket leíró vetületek segítségével előállnak azok a vizsgálati szempontok, amelyek inputadatát képezhetik egy többszemponú döntési eljárásnak.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Honvéd Vezérkar, Euró-atlanti Integrációs Munkacsoport, TR-6863, A TASCFORM módszertan, Egy módszer a haderő modernizáció értékeléséhez,, Budapest, 1997.
- [2] Gyarmati J.: Többszemponos döntéelmélet alkalmazása a haditechnikai eszközök összehasonlításában, ZMNE, PhD értekezés, 2003.
- [3] Gyarmati J.: A nehézpuskát jellemző szempontok fontosságát kifejező súlyszámok számítása és statisztikai vizsgálata, Haditechnika, 2006/2, 11-16.
- [4] Gyarmati J.: Műszaki berendezések vizsgálta faktoranalízis segítségével, Alkalmazott Matematikai Lapok 23 (2006), 73-83.
- [5] Kende, Gy., A magyar tábori tüzérség automatizált tűzvezetési rendszer kifejlesztése, eredményei és tapasztalatai, MTA doktori értekezés, Budapest, 2001

AJÁNLOTT IRODALOM

- [6] Kindler, J.,Papp, O. Komplex rendszerek vizsgálata, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [7] Temesi, J. A döntéelmélet alapja, Aula, Budapest, 2002.
- [8] Zoltayné, P. Z., Döntéelmélet, Alinea Kiadó, Budapest, 2002