

## HARCÁSZATI REPÜLŐGÉPEK ÖSSZEHASONLÍTÁSÁRA HASZNÁLHATÓ MATEMATIKAI MÓDSZEREK

A Magyar Honvédség légierejének lehetséges korszerűsítési módja napjainkban is nyitott kérdés. Az új repülő eszközök végleges kiválasztása, beszerzése, rendszerbeállítása rendkívül bonyolult, összetett, alapos megfontolást igényel. E nagy horderejű kérdést csak akkor lehet megnyugtató módon megválaszolni, ha a leendő repülőgéptípus objektív módon történő megmérését, elemzését elvégezzük. Védelmi stratégiánk és az ország gazdasági teherbíró képessége kevés számú, több célra is alkalmazható, korszerű repülőgép, helikopter, beszerzését indokolja. A megbízható, eredményes harcászati alkalmazhatóság mellett számunkra ugyanannyira fontos a gazdaságos üzemeltetés és hosszú élettartam, valamint a korszerűsíthetőségre való alkalmasság is.

A döntéselmélet az ilyen döntési helyzeteket a többszemponos döntéselmélet tárgykörébe sorolja. Gyakran találkozhatunk olyan szituációval, amikor haditechnikai eszközök meghatározott halmazából kell kiválasztani a legalkalmasabbat. A legjellemzőbb ilyen eset a beszerzés. A beszerzési eljárás során, amelyet az 1995. évi XL. törvény (közbeszerzési törvény) szabályoz, az eljárásra ajánlati dokumentációt benyújtó cégek ajánlataiban leírt haditechnikai eszközök közül, kell kiválasztani a Magyar Honvédség számára legmegfelelőbbet.

A jó döntés egyfajta középútkeresés a nagyon hatékony, de rendkívül drága és az olcsó, de számunkra a védelmi célok megvalósítását nem biztosító típusok között. A repülőgépgyártók, értékesítők reklám- és propaganda adatain nem alapulhat a kiválasztás, ez könnyen belátható. Magyarország haderejének olyan eszközre van szüksége, amely ebben a személyi és tárgyi környezetben, az általunk megvalósítható üzemeltetési körülmények között képes hatékonyan működni.

### 1. DÖNTÉSELMÉLETI ALAPOK, FOGALMAK

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

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

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

- biztos döntések osztálya;
- bizonytalan döntések osztálya;
- kockázatos döntések osztálya;
- konfliktusos döntések osztálya.

Biztos döntésről beszélünk, ha a kiválasztott alternatívához csak egy tényállapot tartozik, vagyis a kiválasztott alternatívával jár előnyök és hátrányok a modell feltételezése szerint  $P(A)=1$  valószínűséggel realizálódnak. Bizonytalan döntésről beszélünk, ha az alternatívákhoz több tényállapot tartozik de ezek bekövetkezésének a valószínűsége ismeretlen. A döntés kockázatos, ha a döntést követően több tényállapot realizálódhat és ezek bekövetkezésének a valószínűsége ismert.

Konfliktusos a döntési helyzet, ha a tényállapotok bekövetkezése függ a kiválasztott alternatívától, vagyis a tényállapot a kiválasztott cselekvési változat szerint realizálódik.

A döntéselmélet célja, hogy a döntési helyzetnek megfelelő kritériumokat nyújtson a döntéshozó számára. A döntéselmélettel foglalkozó szakirodalom a döntési kritériumok meghatározásával részletesen foglalkozik.

A *többszemponos döntés* egy olyan biztos döntés, ahol a döntéshozónak un. *komplex rendszerek* közül kell választani, ahol: „Komplex rendszernek tekintünk minden rendszert, amelyet egyidejűleg több tulajdonság alapján minősítünk”. Ennek megfelelően a több szemponos döntéselméletben a következő elemeket azonosíthatjuk:

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

Az elmélet elemeit az alábbiak szerint azonosítjuk. Az *alternatíva* az összehasonlított haditechnikai eszközöket jelenti. Az alternatívák közül a *döntéshozó* választ. A honvédségi gyakorlatban ezt a szót arra a személyre használják, aki a végső döntést hozza meg. Ez a személy egy haditechnikai eszköz beszerzése esetében általában a Honvédelmi Minisztérium meghatározott szintű vezetője Jelentősebb beszerzések esetében pedig a Miniszter. A döntés-előkészítés folyamatában viszont ezek a személyek nem vesznek részt, a kutatásaink, pedig pontosan ennek a folyamatnak a részleteit vizsgálják. A félreértések elkerülése végett, bár a szakirodalom következetesen a döntéshozó szót használja mi a *szakértő* szót használjuk ugyanezen funkcióra.

*Szempontoknak* a haditechnikai eszközök minősítésére szolgáló jellemzőket nevezzük. Az egyes szempontok fontosságát jelző számokat *súlyszámoknak* hívjuk. Az eszközt jellemző különböző szempontok és a melléjük rendelt súlyszám alapvetően meghatározza a szakértői ítéletet ezért ezt a kettőt a továbbiakban a definiált *értékrendnek* nevezzük. Az összehasonlítás a következő lépésekből áll:

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

Az értékrend a valóságban már az eljárás megkezdése előtt létezik, de ahhoz, hogy az összehasonlításokat elvégezzük ezt egzakt formában kell leírni. Ez a forma a szempontok és a hozzájuk rendelt súlyszámok rendszere. A többszemponos döntéselmélet nagyon sok eljárást ismer. A különböző eljárásokat különböző döntési helyzetekre fejlesztették ki. Ezek az eljárások saját maguk is különböző tulajdonságokkal rendelkeznek, melyek közelítőleg jellemzik az alkalmazhatósági területüket. Tehát a módszer kiválasztása önmagában egy többszemponos döntési feladat.

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

## 2. STATISZTIKAI ELJÁRÁSOK ÖSSZEFOGLALÁSA

Az összehasonlítások elvégzésekor és ezen belül is az értékrend meghatározásakor felhasználjuk a matematikai statisztika néhány eljárását (mérési skálák, preferenciák, faktoranalízis), amelyek felhasználhatók a repülőeszközök összehasonlításakor a döntés előkészítésében és támogatásában. A következőkben ezen eljárások lényegét ismertetjük.

### 2.1 Mérési skálák

Az összehasonlítást a legtöbb módszer az alternatívák mellé rendelt számok segítségével végzi el. Objektumokhoz számok rendelése egy mérési feladat. Az eredmény információtartalmának a

megismeréséhez ismerni kell a mérési skála típusát. Négy alapvető mérési skálát különböztet meg a szakirodalom ezek:

- névleges skála (a számok objektumokhoz való kötetlen hozzárendelését jelenti);
- sorrendi skála (az egyenlőség axiómái mellett értelmezhetőek a sorrendiség axiómái is. A mérések eredményeiből medián és rangkorrelációs együtthatók számolhatók);
- intervallumskála (csak az egyenlőség és a sorrendiség axiómái teljesülnek, de az intervallumokra érvényesek az additivitási axiómák is);
- arányskála (rendelkezik az additivitási tulajdonságokkal is).

A mérési skálák meghatározása szempontjából a relációk és a műveletek közül az egyenlőség a sorrendiség és az additivitás minősül lényegesnek.

## 2.2 Preferenciák tulajdonságai

Haditechnikai eszközök összehasonlításakor objektumokat hasonlítunk össze meghatározott tulajdonságok szerint. A meghatározott összehasonlítási cél szempontjából a jobbat nevezzük a preferáltabbnak, vagyis a döntéshozói (szakértői) környezetben az előnyösebbnek. A preferencia tehát objektumok meghatározott környezetben egymáshoz viszonyított helyzetét mutatja meg.

A preferencia relációkra a következő jelöléseket alkalmazzuk:

- $A \rightarrow B$       A előnyösebb B-nél;  
 $A \rightrightarrows B$       A legalább olyan előnyös mint B;  
 $A \leftrightarrow B$       A és B indifferens.

## 2.3 Faktoranalízis

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

A változók számának csökkentésekor azon változókat kereshetjük meg, melyek egymással és ebből adódóan egy faktorral magasabb korrelációs viszonyban állnak, hogy eredményként a rendszert olyan tulajdonságcsoportok segítségével lehessen leírni, melyek egymással alacsony korrelációs viszonyban vannak.

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

# 3. MÓDSZEREK HADITECHNIKAI ESZKÖZÖK ÖSSZEHASONLÍTÁSÁRA

## 3.1. Harris és Marting módszer

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

A két eljárás lényegében csak az összehasonlítás eredményének a megjelenítési formájában különbözik. Az alap gondolat, hogy az alternatívákat az őket jellemző szempontok mindegyikén egy négy fokozatú verbális skálán kell lemérni. A két eljárás legnagyobb előnye az egyszerűségük, nem igényelnek matematikai és számítástechnikai apparátust

## 3.2. Kesselring eljárás

Alapvetően termékek összehasonlításához készített eljárás. A kialakításának az alapgondolata, hogy a műszaki eszközöket jellemző tulajdonságok többsége intervallum vagy arányskálán mérhető.

Az eljárás az alternatívákat minden egyes szempont szerint egy ötfokozatú verbális skálán helyezi el, ahol a legmagasabb fokozat egy ideális berendezés adott tulajdonságát jellemzi ( $p_{ij}$ ). A szempontokhoz 2-10 közötti, fontosságukat jellemző súlyszámot rendel ( $\omega_j$ ). Az egyes rendszerek összpontszámának számítása táblázatos formában történik, ahol alternatívákat ( $A_1, \dots, A_n$ ) vizsgálunk értékelési szempontok ( $C_1, \dots, C_n$ ) szerint. A módszer lényeges eleme, hogy az elért pontszámoknak önmagukban is van jelentésük:

$$\begin{aligned} 0,8 < P < 1 & \quad \text{Nagyon jó} \\ 0,6 < P < 0,8 & \quad \text{Jó} \\ P < 0,6 & \quad \text{Nem kielégítő.} \end{aligned}$$

Előnyös tulajdonsága az egyszerűsége és ebből adódóan az eredmények könnyen megérthető magyarázata. Az eljárás már alkalmas preferencia sorrend felállítására és a legjobb alternatíva kiválasztására. Figyelembe vehető az egyes szempontok fontossága. Hátránya, hogy az alkalmazásához intervallum- illetve arányskálán mért szempontokra van szükség.

### 3.3. Combinex eljárás

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

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

ahol:  $x_j$  - az  $A_j$  alternatíva pontértéke;  
 $\omega_i$  - a  $C_i$  szempont súlyszáma;  
 $a_{ij}$  - az  $A_j$  alternatíva  $C_i$  szempont szerinti skálaértéke.

Az eljárás lényeges része, hogy a még elfogadható szint megállapításával mintegy előzetes szelekciót végez. Feltéve, hogy a szempontokat meghatározó tulajdonságok legalább intervallumszintű skálán lettek mérve az eredmény is lehetővé teszi az intervallumszintű összehasonlítást. Tehát az egyes alternatívák pontérték különbségeit értelmezni lehet. Hátrányként említhető, hogy műszaki berendezések esetén, hogy a mérésekre szolgáló tulajdonságaik többsége arányskála szintű, a Combinex eljárás hasznossági függvénye pedig intervallumskálára transzformálja, ami információvesztést jelent. Előnyként említhető az egyszerű kezelhetősége valamint, hogy az egyes szempontokhoz a természetüknek megfelelő hasznossági függvényeket lehet rendelni.

### 3.4. A KIPA módszer

Az eljárás lényege, hogy a változatokat összehasonlítjuk páronként, körmérkőzéses rendszerben. A bázisváltozat sorban egymás után összehasonlításra kerül a többivel ( $i$ ). A vele összehasonlított változat:  $j$ . A közöttük fennálló relációk:  $i > j$ ,  $i < j$ ,  $i = j$ ,  $i$  nem  $= j$

A változatok közötti preferencia-sorrendet az egyes értékelési tényezők szerint meghatározzuk. Elkészítjük a szintetizált információkat tartalmazó mátrixot. (Páros összehasonlításról van szó). A mátrix sorai  $T_i$  rendszerek, oszlopai  $T_j$  rendszerek,  $i$  nem egyenlő  $j$ -vel. A mátrix minden mezőjében – a főátló kivételével – két elemet tüntetünk fel. Bal felső sarok: **preferencia mutató**, más néven előnymutató ( $C_{ij}$ ), megmutatja, hogy a  $T_i$  rendszer az értékelési tényezők hány %-ában preferált vagy indifferens a  $T_j$  rendszerhez viszonyítva. Kiszámításuk kétféleképp történik. Jobb alsó sarok: **diszkvalifikancia-mutató**: hátránymutató  $dq\%$ , Kiszámításánál csak a legnagyobb hátrányt vesszük figyelembe, ahhoz viszonyítjuk a tényleges intenzitást (hátrányt).

Ha minden döntési alternatívát az összes többivel összehasonlítottunk, meg kell adni az előnyök megkívánt mértékére ( $q < 100$ ) és a még elfogadható max. hátrányokra ( $50 < p < 100$ ) vonatkozó kritikus értékeket.

Annál biztosabb  $j$  változat fölénye egy másik,  $i$  változattal szemben, minél magasabb a preferencia, és minél alacsonyabb a diszkvalifikancia mutató értéke

### 3.5. A PROMETHEE módszer

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

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

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

ahol  $A$  az alternatívák halmazát jelenti. A szempontonkénti preferenciákat összegezve megkaphatók az alternatíva párok aggregált preferenciái:

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

Az  $\omega_i$  jelenti a szempontok súlyszámait, ahol  $\sum_{i=1}^m \omega_i = 1$ .

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

### 3.6. Az AHP (Analytic Hierarchy Process) eljárás

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

### 3.7. A TASCFORM eljárás

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

- haditechnikai eszköz hatékonysági mutatója;
- alakulat képessége.

A kiinduló pont a katonai szervezethez rendszeresített haditechnikai eszközök halmaza. Az alakulat összesített képességét az eszközeire számított hatékonysági mutatók az eljárás módszertana szerinti összegzése révén nyeri.

Az egyes eszközök mérésére külön-külön eljárást fejlesztettek ki, ennek megfelelően a repülőeszközökre a TASCFORM-AIR. eljárást alkalmazza.

Valamennyi módszerre igaz:

- a haditechnikai eszközök hatékonysági mutatóját a képességeik súlyozott összegével határozza meg;
- a számításokhoz haditechnikai eszközcsoportonként un. alapeszközökhöz viszonyít;
- a hatékonysági mutatók nem konstansok, hanem időbeni függvények.

A módszertan fő vonásai alapján megállapítható, hogy a fegyvercsaládokat vizsgáló TASCFORM módszerek olyan speciális többszemponos döntési módszerek, amely segítségével egy haditechnikai eszköz harci képességének az időbeni változását követhetjük nyomon.

#### **FELHASZNÁLT IRODALOM**

- [1] RAPCSÁK, T., Többszemponú döntési problémák AHP modellek, Egyetemi oktatáshoz segédanyag, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézetében kihelyezett Gazdasági Döntések Tanszék.
- [2] RAPCSÁK, T., Többszemponú döntési problémák Csoportos döntési modellek, Egyetemi oktatáshoz segédanyag, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézetében kihelyezett Gazdasági Döntések Tanszék.
- [3] Dr. TURCSÁNYI K.- Dr. KENDE Gy.- GYARMATI J.: Haditechnikai eszközök összehasonlításának korszerű módszerei és ezek alkalmazása, Tanulmány, ZMNE, Budapest, 2002