

TÖBBSZEMPONTÚ DÖNTÉSI MODELL ALKALMAZÁSA A HADITECHNIKAI ESZKÖZÖK FEJLESZTÉSÉNEK ÉS KORSZERŰSÍTÉSÉNEK FOLYAMATÁBAN

APPLICATION OF MULTI-CRITERIA DECISION MAKING IN THE MILITARY RESEARCH AND DEVELOPMENT PROCESSES

GYARMATI József; SZALAI Judit

(ORCID: 0000-0001-7594-2383); (ORCID: 0000-0003-0344-3774)

gyarmati.jozsef@uni-nke.hu; szalaijudit2018@gmail.com

Absztrakt

Napjainkban intenzív kutatási területté vált a katonai-műszaki tudományokban a többszempontos döntési módszerek (Multi-Criteria Decision Making, MCDM) haditechnikai K+F folyamatokban való felhasználása. [1-4]

A cikk egy olyan fejlesztési és korszerűsítési igényekre kialakított többszempontos döntési módszert mutat be, amely segítségével lehet a korszerűsítési és fejlesztési feladatok kidolgozásában résztvevő döntéshozók számára.

Elsőként Opricovic [5] vizsgálta az 1998-ban publikált VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje), módszert, amely az alternatívák rangsorolásra és azok kompromisszumos kiválasztásra összpontosít, konfliktusos kritériumok esetén. A VIKOR módszer döntéstámogatási alkalmazásának előnyeit és korlátait haditechnikai esettanulmány felhasználásával mutatjuk be. Az eredmények bemutatása után, következtetéseket vonunk le és javaslatokat vetünk fel a módszertan további alkalmazási lehetőségeire.

Kulcsszavak: Döntéselmélet, haditechnika

Abstract

Nowadays, the use of Multi-Criteria Decision Making (MCDM) in military technology R & D processes has become an intensive research field in military-technical sciences. [1-4]

The article presents a multi-criteria decision-making approach to development and modernization needs that can help decision-makers involved in developing and upgrading tasks.

The first one who examined VIKOR (Vise Criterion Optimization I Compromise Resenje) was Opricovic [5] in 1998, which focuses on ranking alternatives and compromise selection in case of conflicting criteria.

The advantages and limitations of applying the VIKOR method of decision support are presented using a military case study.

After the results are presented, conclusions are drawn and suggestions are made for further application of the methodology.

Keywords: Multi-Criteria Decision Making (MCDM), military technology

A kézirat benyújtásának dátuma (Date of the submission): 2018.07.28.
A kézirat elfogadásának dátuma (Date of the acceptance): 2018.09.03.

BEVEZETÉS

A haditechnikai eszközökre vonatkozó modernizációs feladatok sajátosságainak figyelembevételével, a korszerűsítési és fejlesztési feladatok kidolgozásában résztvevő döntéshozók számára, a haditechnikai eszközök különböző feladatokra való alkalmasságának felmérésének hatékonysága, meghatározó jelentőségű.

A legmegfelelőbb alternatíva kiválasztása az adott, sokszor speciális feladatra, nehéz, időigényes és költséges feladat, mivel összetett kapcsolatokat és többféle választási paramétert kell egyszerre vizsgálni. A fejlesztési és korszerűsítési folyamatok kritikus pontja a döntéshozatal. A hozzáférhető adatok alapján, az eszközre vonatkozó igények és az eszköz képességei közötti összhang megteremtésére fókuszálva kell megközelíteni a döntési folyamatot. Az MCDM eljárások alkalmazásával lehetőség nyílik, a meglévő haditechnikai eszközök korszerűsítési alternatíváinak, komplex szempontrendszerek alapján történő összehasonlítására. A cikk a K+F során a különböző alternatív megoldások közötti rangsorolást és a legmegfelelőbb alternatíva kiválasztásának folyamatát mutatja be.

A DÖNTÉSI MODELL ELEMEINEK MEGFOGALMAZÁSA

A döntéshozónak, döntéshozatalkor, több jellemző alapján kell értékelniük a rendelkezésre álló alternatívákat. A haditechnikai eszközök összehasonlításának – több szempontú döntési eljárásokat alkalmazó – általános folyamatát mutatja be a 1. ábra.

A Magyar Honvédségben rendszeresített Ural-4320-as tehergépkocsi több fejlesztési területét vizsgálja a [6-8] cikksorozat. Az tehergépjármű korszerűsítési lehetőségeinek vizsgálata során, az új előírásoknak megfelelő, páncélozott felépítménnyel való ellátottság igénye is felmerült. Az alváz megerősítését a felépítmény utólagos páncélozása miatti tömegnövekedés indokolja, ahol a megnövekedett terhelésének megfelelő megerősítési konstrukciós megoldások alternatíváinak kidolgozása válik szükségessé.

A döntési probléma, az alvázmege erősítési alternatívák összehasonlítása és optimális kiválasztása. A döntéshozói cél, az alváz megerősítése, ahol a döntéshozó által meghatározott szempontok alapján kell kiválasztani a legmegfelelőbb alternatívát, illetve felállítani egy rangsort azok között, attól függően, melyik mennyire felel meg a döntéshozói célnak. [9]



1. ábra Haditechnikai eszközök összehasonlítási folyamata döntéstámogató módszertannal [10]

A cikk bemutatja a kidolgozott új alternatívák specifikus döntéstámogató módszertannal való összehasonlításának folyamatát.

ÉRTÉKELŐ MÓDSZER KIVÁLASZTÁSA HADITECHNIKAI ESZKÖZÖK KORSZERŰSÍTÉSÉHEZ

A feladat megoldása az ún. többszemponos döntési modellek (Multi-Criteria Decision making, MCDM) segítségével lehetséges, modelljét az (1) és (2) egyenlet adja meg:

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & A_1 & \dots & A_n & & \\
 C_1 & w_1 & u_1(a_{11}) & \dots & u_1(a_{1n}) & & \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & & \\
 C_m & w_m & u_m(a_{m1}) & \dots & u_m(a_{mn}) & & (1) \\
 & & x_1 & \dots & x_n & &
 \end{array}$$

és,

(2)

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

ahol,

A_j : j -edik alternatíva;

C_i : i -edik szempont;

w_i : i -edik szempont súlyszáma;

a_{ij} : a j -edik alternatívai- i -edik szempont szerinti értéke;

u_i : az i -edik szemponthoz tartozó értékelő (hasznossági) függvény;

x_j : a j -edik alternatíva pontszáma (rangsorban elfoglalt helye). [9]

A döntési feladatokra jellemző, hogy mindegyik alternatívának lehet pozitív és negatív oldala, valamint a szempontok között lehet mennyiségi és nem számszerűsíthető egyaránt.

A VIKOR döntéstámogató módszer ellentmondásos és nem összemérhető, (pl. attribútumok különböző mértékegységekkel) kritériumokkal rendelkező alternatívák halmazából az ideális megoldáshoz legközelebb álló, még megvalósítható megoldást keresi.

Alapkonceptiója a megoldási térben lévő ideális pontok pozitív és a negatív meghatározása, az "ideális" megoldástól való relatív "közelség" mértékére épül. Az így származtatott megoldás, annak az alternatívának a kiválasztása, amelyik a legközelebb áll a pozitív ideális megoldáshoz és legtávolabb van a negatív ideális megoldástól.

A példánkban meghatározni kívánt optimális korszerűsítési alternatíva kiválasztásához a feladat jellegéből adódóan, az intervallum alapú célértékes VIKOR módszer modellje lehet alkalmas, mivel külön számolható, hogy egy-egy alternatíva pontértéke szignifikánsan magasabb-e, vagyis valójában jobbnak tekinthető-e, a döntéshozó szempontjából. További előnye, hogy nehezen összeegyeztethető kritériumok esetén az alternatívák rangsorolására és a kiválasztásra összpontosítva, viszonylag kisszámú adat, elégséges mértékű összehasonlítást tesz lehetővé az alternatívák között.

Az alábbiakban bemutatjuk az algoritmus matematikai alapjait [10], valamint egy konkrét példát szemléltetjük a módszer alkalmazását.

A $m \times n$ döntési mátrix x_{ij} elemei, az i -edik alternatívához és j -edik szemponthoz rendelhető pontszámot határozzák meg. A döntési mátrix (2):

$$X = (\bar{x}_{ij})_{m,n} \quad (2)$$

1. lépés: A szempontok előnyösségi értékeinek meghatározása (3).

(3)

ahol, \bar{x}_j^+ a j szempont legjobb, és \bar{x}_j^- a legrosszabb értéke j szempontnak.

2. lépés: A hasznosság mértékének és az egyéni elégedetlenség mértékének számítása a (4) és (5) egyenlet alapján:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \frac{(\bar{x}_j^+ - \bar{x}_{ij})}{(\bar{x}_j^+ - \bar{x}_j^-)} \quad (4)$$

$$R_i = \max_j \left[w_j \frac{(\bar{x}_j^+ - \bar{x}_{ij})}{(\bar{x}_j^+ - \bar{x}_j^-)} \right] \quad (5)$$

ahol, w_j a szempontok súlyozása, S_i a hasznosság mértéke és R_i az egyéni elégedetlenség mértéke.

3. lépés: Q_i értékének meghatározása az (6) egyenlet alapján:

$$Q_i = v \left(\frac{S_i - S^+}{S^- - S^+} \right) + (1 - v) \left(\frac{R_i - R^+}{R^- - R^+} \right) \quad (6)$$

amikor,

$$S^+ = \max_i [(S_i), \quad i = 1, 2, \dots, m]$$

$$S^- = \min_i [(S_i), \quad i = 1, 2, \dots, m]$$

$$R^+ = \max_i [(R_i), \quad i = 1, 2, \dots, m]$$

$$R^- = \min_i [(R_i), \quad i = 1, 2, \dots, m]$$

ahol, v a döntéshozatali stratégia súlyozását adja meg, amelynek értéke 0-1 között változik, és a döntéshozó határozza meg az értékét. A döntéshozó alkalmazhatja a kritériumok hasznosságának maximalizálását ($v=1$) és a minimális egyéni elégedetlenségi stratégiát is, azaz az alacsonyabb fontosságúnak ítélt szempontok, egyéni elégedetlenségi értékeinek maximalizálását ($v=0$).

(További kompromisszumos megoldásként megadható a v "többségi szavazással" ($v > 0,5$), a "konszenzus" ($v = 0,5$) vagy "vétó" ($v < 0,5$) értékekkel. Általában a v érték 0,5-szerese az előnyben részesített. Jelen cikkben a v értéke 0,5 (ez az érték megfelelő pontosságú eredményt ad, mivel a legtöbb döntéshozási folyamat, mindkét döntési stratégiát tartalmazza.)

4. lépés: Az alternatívák rangsorolása a Q_i , VIKOR indexérték alapján történik, miszerint minél kisebb az értéke, annál jobb az adott alternatíva rangsorolása.

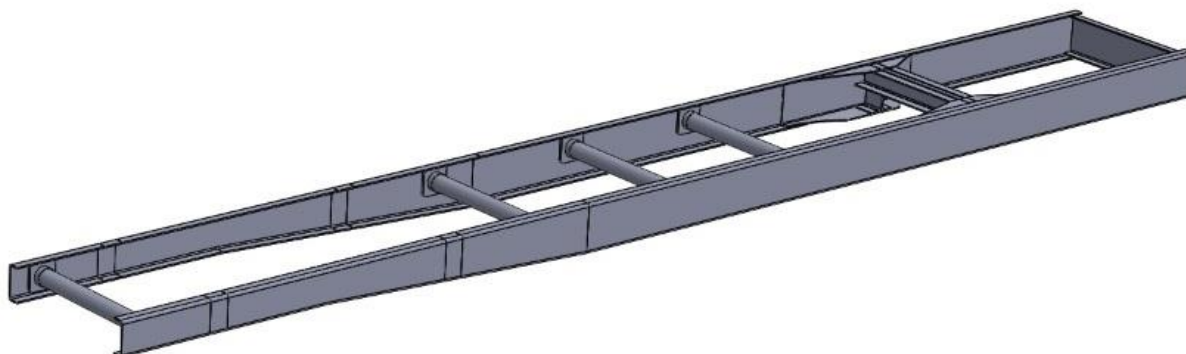
AZ URAL-4320 ALVÁZ FEJLESZTÉSI ÉS KORSZERŰSÍTÉSI FOLYAMATÁT TÁMOGATÓ OPTIMALIZÁLÁS EREDMÉNYEI

A páncélozott felépítmény többlet terhelésének kompenzációja az alvázszerkezet (2. ábra) megerősítésével biztosítható, melyre három megerősítési alternatívát mutatunk be:

(A₁): Az első erősítési alternatíva, az alváz hossztartó szelvényeinek teljes hossza mentén annak oldalához erősített formára vágott fémlappal van megvalósítva. Ez egy igen egyszerű konstrukció mégis hátránya, hogy az alváz külső oldalára csatlakozó összes elem elhelyezkedése megváltozhat így az elemek felszereléséhez további beigazító munkálatokra lesz szükség, ami pedig végső soron a kivitelezés bonyolultságát nagyban megnöveli.

(A₂): A második alternatíva, hasonlóan az előzőnél itt is az alváz hossztartó szelvényének megerősítését valósítja meg, az alváz külső felületére hegesztett L-szelvényvel. Előnye előző alternatívával szemben, hogy a felhelyezés időigénye kisebb, mivel kevesebb az alvázra csatlakozó alkatrész igazítása szükséges ebben az esetben.

(A₃): A harmadik alternatíva is a hossztartók megerősítését valósítja meg. Az alváz nyitott szelvényeinek belső felére felerősített hidegen hajlított L-acél elemekkel, amelyek a keresztartóktól keresztartókig érnek. Előnye, hogy alig van szükség csatlakozó alkatrész áthelyezésére, vagyis ebben az esetben a legkisebb a szerelési időigény, viszont hátránya, hogy a megerősítések szegmentáltsága révén a szerkezet fajlagosan kevésbé erősít, mint az előbbi két alternatíva. (3. ábra)

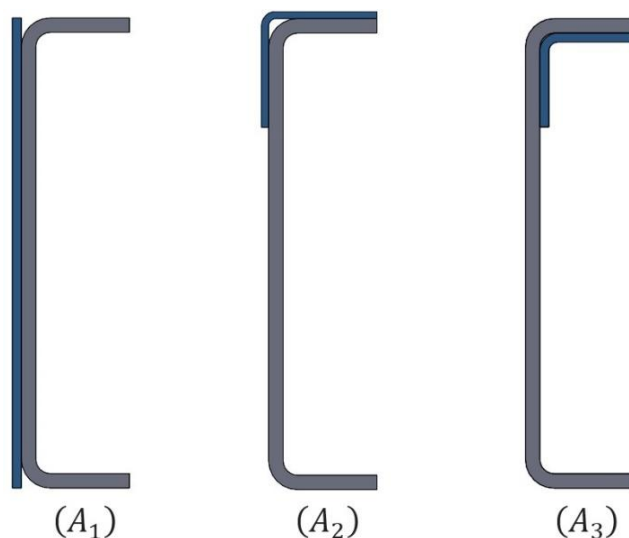


2. ábra Az eredeti URAL-4320 alváz 3D-s modellje (saját szerkesztés)

AZ ÉRTÉKELÉSI SZEMPONTOK

A példánkban vizsgált döntési szituációban a döntéshozó véges számú szempont alapján értékelt, véges számú alternatívát. Az alternatívákat A_1, \dots, A_n , a szempontokat pedig $C_1, C_2, C_3, \dots, C_m$ -el jelöljük.

Az alternatívák kiértékelésénél a legalapvetőbb figyelembe veendő szempont a költség- és időigény. Ugyancsak fontos szempont a megvalósítás kivitelezhetősége, azaz a



3. ábra Az alternatívák metszeti ábrái (saját szerkesztés)

szükséges technológia és szakértelem rendelkezésre állása és biztosíthatósága is. További elengedhetetlen szempont az alternatívák, minél nagyobb használati megbízhatósága és ezzel együtt, azok biztosított élettartama is.

A megerősítési alternatívák optimális terhelés felvétele a szerkezeti kihasználtsággal mérhető, azaz az egyes kialakításából fakadó túl vagy alul méretezések, ebben a pontban adhatóak meg. A felmerülő karbantartás és javíthatóság problémája sem elhanyagolható szempont az értékelés során. (1. táblázat)

A létrehozott alternatívák modelljeinek és az azokon elvégzett végelelemes terhelési szimulációk eredményeinek feldolgozásával, az alternatívákat Excel implementációban rangsoroltuk a VIKOR módszer matematikai modelljét felhasználva. Az értékelési folyamat eredményeit mutatja be az 2. táblázat.

Értékelési szempontok	Fontosság
C_1 költségigény	8
C_2 időigény	9
C_3 megbízhatóság	10
C_4 technológia	7
C_5 élettartam	5
C_6 szerkezeti kihasználtság	8
C_7 karbantartás, javítás	4

1. táblázat Az alternatívákat összehasonlító eljárás során figyelembe vett szempontok és azok fontossági értékei (saját szerkesztés)

Alváz megerősítés	Szempontok							VIKOR		
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	S	R	Q
(A_1)	10	5	1	100	20000	10	30	0,666667	1	1
(A_2)	7	7	2	90	15000	8	50	0,590009	0,8	0,277868
(A_3)	8	4	4	80	12000	1	100	0,494118	1	0,5
Súlyozás	0,156863	0,1764706	0,1372549	0,1960784	0,0980392	0,1568627	0,078431			
Preferencia rangsor								$(A_1) > (A_3) > (A_2)$		

2. táblázat Az alternatívák rangsorának meghatározása (saját szerkesztés)

KÖVETKEZTETÉSEK

A VIKOR többszemponútú döntéstámogató módszer alkalmazása speciálisan katonai-műszaki tudományterületre vonatkozó felhasználási példával, a nemzetközi és hazai szakirodalomban is csak elvétve lelhető fel.

A felhasználhatóságához szükséges peremfeltételek megfogalmazása és alkalmazási gyakorlatának bemutatása során, az URAL-4320 terepjáró tehergépjármű alvázmegegerősítési alternatíváit vizsgáltuk. Az alternatívák vizsgálati szempontjainak meghatározása után, azok preferencia sorrendjét, döntéstámogató VIKOR módszerrel állapítottuk meg. A különböző konstrukciós alternatívákon végzett végeselemes szimulációk eredményei, valamint az alternatívák kiválasztását támogató, egyéni döntéshozói értékelési szempontrendszer alapján rangsort felállító módszer alkalmazásával, a kapott eredményeink alapján, kijelenthető, hogy VIKOR módszer hatékonyan alkalmazható a haditechnikai eszközök fejlesztési és korszerűsítési folyamatainak támogatásában.

A VIKOR módszer rangsor meghatározásának eredményeként, az alternatívák közül a második alternatíva (A_2) alternatívának lett a legjobb a rangsorolása, illetve az első alternatíva (A_1) volt az, ami a rangsor végére került.

Az értékelés során megállapítható, hogy módszer hátrányai közé tartozik, hogy az eredmény csak rangsort ad meg az alternatívák között, így nem áll rendelkezésre elég információ az alternatívák közötti különbség nagyságáról, tehát a döntéshozó biztos rangsort kap ugyan, de a különbségek arányairól nincs információja. Ezért célszerű lenne a továbbiakban a módszertan továbbfejlesztéséhez az AHP (Analytical Hierarchy Process) használata, amely ezt az információt is meghatározhatóvá teszi, növelve ezzel a döntéshozók hatékony támogatását.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] DR. GYARMATI J.: *A többszemponútú döntési modellek alkalmazásának lehetőségei és korlátai a haditechnikai K+F folyamatokban*; HADTUDOMÁNYI SZEMLE, 2016/IX:(2.), 377-387. old.
- [2] KAVAS L.: *Légijármű karbantartó szervezet egy tipikus, többszemponútú döntésméleti problémájának elvi megoldása*, Repülőműszaki üzembentartó szervezetek működésével, fejlesztésével kapcsolatban, 2016. 5-17. old, ISBN:978-963-12-5621-5
- [3] DR. GYARMATI J., GÁVAY GY.: *Presentation of off - road vehicles, selection and analysis*, HADMÉRNÖK, 2014/IX:(1.), 5-15. old.
- [4] SZAKÁCSI I.: *Optimális haditechnikai eszköz kiválasztása matematikai modell segítségével*, HADTUDOMÁNY: A MAGYAR HADTUDOMÁNYI TÁRSASÁG FOLYÓIRATA, 2013/23:(2.) 22-40. old.
- [5] OPRICOVIC, S.: *Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems*. PhD Thesis, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 1998.
- [6] GÁVAY GY.: *Páncélozott darus autómentő, Ural 4320-as alapokon I. rész*, HADITECHNIKA 2017/51:(3) 36-38. old.
- [7] GÁVAY GY.: *Páncélozott darus autómentő, Ural 4320-as alapokon II. rész*, HADITECHNIKA 2017/51:(4) 33-36. old.
- [8] GÁVAY GY.: *Páncélozott darus autómentő, Ural 4320-as alapokon III. rész*, HADITECHNIKA 2017/51:(5) 40-42. old.

- [9] GYARMATI, J.: *Többszemontós döntéselmélet alkalmazása a haditechnikai eszközök összehasonlításában*. ZMNE, PhD, 2003.
- [10] ALI J.: *Multi-criteria Decision Analysis for Supporting the Selection of Engineering Materials in Product Design*, Butterworth-Heinemann, 2013.