

Kovácsházy Miklós¹

A PÁNCÉLOZOTT HARCJÁRMŰVEK VIZSGÁLATA, ÖSSZEHASONLÍTÁSA ÉS ÉRTÉKELÉSE A MOZGÉKONYSÁG TÜKRÉBEN

című doktori (PhD) értekezés bemutatása

DOI: 10.30583/2018/1-2/108

Absztrakt:

A páncélozott harcjárművek mozgékonyságának elemzését különösen fontossá teszi, hogy a tapasztalatok szerint változtatása nehézkes, fejlődése elmarad a tűzerő és védetség növekedéséhez képest. Ezért a mozgékonyság kérdésköre a Magyar Honvédség harcjárműeszközparkjának fejlesztése során is kiemelt jelentőséggel bír. Az MH által napjainkban is alkalmazott GMP-95 mozgékonyssági modellt célszerű kiegészíteni a megalkotása óta eltelt időszak kutatási eredményeivel, valamint a mai ismeretek szerinti elvárások szorosan illeszkedő új vonatkozásaival. Továbbá célszerű felváltani az egyszerű pontozással történő rangsorolást a pontosabb eredményeket adó döntéselméleti összemérő eljárások alkalmazásával.

Kulcsszavak: páncélozott harcjármű, mozgékonyság, kerék, lánc-talp, többszemponú döntés-előkészítés, rangsorolás

Abstract:

The analysis of mobility and fighting capabilities of Armored Fighting Vehicles (AFV) shows that change is difficult and its development lags behind increase of firepower and protection. Therefore, the issue of mobility has a huge importance in the development of the Hungarian Armed Forces combat vehicle fleet. The Hungarian Army uses the GMP-95 mobility model which needs to be enhanced using research results collected from its creation in order to meet today's expectations. It is also advisable to replace simple score ranking with a more accurate Decision Theory.

Keywords: armored fighting vehicle, mobility, wheel, track, multi-criteria decision arrangement, ranking

¹ Dr. Kovácsházy Miklós okleveles gépészmérnök

Bevezetés:

A MOZGÉKONYSÁG KUTATÁSI TÉMA AKTUALITÁSA

A mozgékonyosság a fegyveres konfliktusok kezdete óta fennálló örök téma, amely különösen aktuális a modern korban, hiszen a szárazföldi haderő korszerű mozgékonyságának biztosítása és növelése alapvető feladat.

A páncélozott harcjárművek mozgékonyságának – mint harci tulajdonságnak – elemzését különösen fontossá teszi, hogy a tapasztalatok szerint változtatása nehézkes, fejlődése elmarad a tüzérő és védettségek növekedéséhez képest. Ezért a mozgékonyosság kérdésköre a Magyar Honvédség harcjárműeszközpark fejlesztése során is kiemelt jelentőséggel bír.

Elvárás, hogy az újonnan választott eszközök jól illeszkedjenek a kitűzött feladatokhoz. Ezért fontos, hogy adott területen milyen futómű megoldású eszközt választunk.

A téma fontosságát külön hangsúlyozza az értekezés lezárását követően meghirdetett Magyar Honvédség „Zrínyi 2026” elnevezésű haderőfejlesztési program, melynek a mobilitás az egyik fontos területe, mivel a páncélozott harcjárműállomány fejlesztésében a mozgékonyosság meghatározó szerepet játszik. A pontos kiválasztáshoz a mozgékonyosság háttérének vizsgálata, valamint korszerű minősítő és összemérő módszer alkalmazása szükséges.

Az MH által napjainkban is alkalmazott GMP-95 mozgékonyossági modellt célszerű kiegészíteni a megalkotása óta eltelt időszak kutatási eredményeivel, valamint a mai ismeretek szerinti elvárások szorosan illeszkedő új vonatkozásaival. Célszerű továbbá felváltani az egyszerű pontozással történő rangsorolást pontosabb eredményeket adó döntéseméleti összemérő eljárások alkalmazásával. Ez magában hordozza a mozgékonyosság fokozásának lehetőségeit is.

Ezen felismerések, megállapítások vetették fel a szakterület mélyebb vizsgálatának igényét, melyek elemzése megfelelő keretet kínált egy tudományos írásműnek.

A fentiekhez illeszkedő kutatásaim eredményeit a doktori értekezésemben foglaltam össze.

A tudományos munka fontosabb célkitűzései és kutatási hipotézisei

A kutatás során célom volt a mozgékonyág katonai, műszaki és konstrukciós vonatkozásainak elemzése, fokozási lehetőségeinek kutatása.

A Magyar Honvédség a harcjárművek mozgékonyág szerint történő minősítésére és összemérésére a GMP-95 elnevezésű mozgékonyági modellt dolgozta ki az 1982-95-ig tartó időszakban az akkori Haditechnikai Intézet (HTI), a Gödöllői Agrártudományi Egyetem (GATE) és a csapatok bevonásával. A GMP-95 mozgékonyági modell a megalkotása óta változatlan formában áll napjainkban is rendelkezésre. Ezért célom volt a GMP-95 mozgékonyági modell bővíthetőségének vizsgálata, és ahhoz korszerű összemérő módszer választása és alkalmazása.

A kutatás során végcélom a páncélozott harcjárművek mozgékonyág szerint történő kiválasztási módszertanának kidolgozása és alkalmazása volt.

A célkitűzések alapján az alábbi kutatási hipotéziseket fogalmaztam meg:

1. Az MH harcjárműeszközpark elemzésével, illetve a környező országokkal történő összevetésével megállapíthatók az MH páncélozott harcjárműállomány fejlesztésének célszerű irányai.
2. A haditechnikai eszközök harci tulajdonságainak mindegyike alapvető szerepet játszik a harcképességben.
3. A mozgékonyág elemzésével kidolgozható egy olyan vizsgálati módszer, amely gyakorlati segítséget nyújt az adott rendeltetésnek megfelelő futóművel rendelkező páncélozott harcjármű kiválasztási döntéseihez, és meggyorsítja azokat.
4. A mozgékonyágot meghatározó műszaki háttér vizsgálatával kimutathatók olyan szempontok, amelyekkel a használatban lévő mozgékonyági modell újabb minősítési részletekkel egészíthető ki.
5. A mozgékonyág területén eddig még nem használt összehasonlító eljárásokkal a páncélozott harcjárművek pontosabb összemérése és minősítése lehetséges.

Feltételeztem, hogy az így kialakítandó módszertan segítséget nyújthat a meglévő eszközök korszerűsítési, új hazai vagy külföldi gyártású eszközök beszerzési, hadrendbe állítási döntéseihez. Mi több, a meglévők újakkal, illetve a szövetséges, vagy akár más államok haderői által rendszerben tartott terepjáró eszközökkel történő összevetésére is lehetőséget ad.

Az értekezésemben a szakirodalmi kutatás módszerét alkalmazva – a kutatásomhoz szükséges mértékben – megvizsgáltam és értékeltem a mozgékonyssággal, illetve annak mérésével és összehasonlításával kapcsolatos tanulmányokat, könyveket és kutatási eredményeket. Vizsgáltam továbbá a páncélozott harcjárművek alkalmazási területeit, csoportosítását és harcászati tulajdonságait, valamint azoknak a korszerű harcban betöltött szerepét.

Az analízis-szintézis módszerét alkalmazva áttekintettem a kerekes és lánctalpas páncélozott harcjárművek műszaki megoldásait és működésük fizikai hátterét, feltárva a kerekes és lánctalpas jármű közti különbségeket és hasonlóságokat.

Matematikai módszereket és a mozgékonysság értékelésére kidolgozott műszaki szempontrendszert alkalmaztam az értékelendő csoportokon belüli összehasonlításokra.

Az összehasonlítás módszerei közül az AHP², valamint a KESSELRING³ eljárásokat alkalmazva megvizsgáltam és rangsoroltam a jelenleg rendszerben lévő és az új, a Magyar Honvédség számára potenciálisan elérhető harcjárműveket a mozgékonysság szempontjából.

A továbbiakban az értekezésem fontosabb részeit mutatom be röviden, nem követve annak arányait.

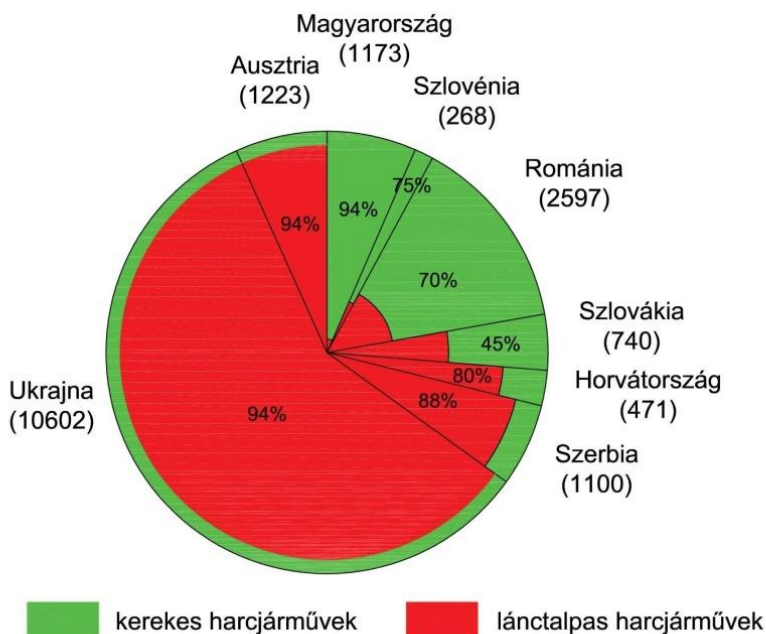
Az értekezés bemutatása fejezetenként

Az **első fejezet**ben áttekintő helyzetelemzést végeztem a Magyar Honvédség páncélozott harcjárműeszközparkja mozgékonyssági szempontból történő korszerűsítésének szükségességéről, irányairól a NATO-irányelvek, valamint az MH célkitűzéseinek figyelembevétel-

² AHP: Analytic Hierarchy Process = analitikus hierarchikus eljárás

³ Fritz Kesselring nevéhez fűződő klasszikus elemzési eljárás

lével. [1] [2] Megállapítottam, hogy a korábbi beszerzések nem érintették az MH nehéz páncélozott harcjárműállományát, az MH új harcjárművekkel történő felszerelés előtt áll. Azonban e nagy horderejű döntést megelőzően választ kell adni arra a kérdésre, hogy milyen eszközök beszerzésére kerüljön sor. A jelenlegi harckocsik váltótípusait meg kell nevezni. A páncélozott lövészharcjármű területén választani kell a lánctalpas vagy a kerekes kínálat között. Bemutattam, hogy a jelenlegi páncélozott terepjáró harcjárműállomány (az 1. ábrán jól érzékelhetően) aránytalan képet mutat a lánctalpas eszközök kárára.



Az adott állam páncélozott harcjárműveinek darabszáma zárójelben van feltüntetve.

1. számú ábra. Magyarország és a szomszédos államok kerekes és lánctalpas harcjárműveinek haderőn belüli eloszlása [3], [4], [5] (készítette: a szerző)

Felmerültek további lényeges kérdések: vajon csupán kerekes, vagy csak lánctalpas eszközök beszerzésére kerüljön sor, vagy mindkettőre. Milyen arányban szükséges kerekes, illetve lánctalpas harcjárművek üzemeltetése, azaz milyen feladatkör betöltéséhez kell kerekes, illetve milyenhez lánctalpas páncélozott harcjármű?

A jelenlegi MRAP⁴ járművek színes állománya és az új magyar fejlesztésű eszközök, mint a Rába VZF és a Komondor járműcsalád

⁴ MRAP: Mine-Resistant Ambush Protected

megjelenése egységesebb állomány megteremtésének lehetőségét hordozza magában. [6] [7] Megvizsgálandó volt továbbá, hogy a páncélozott harcjárművek milyen módszerekkel és miként, továbbá milyen várható eredménnyel mérhetők össze rangsorolás és kiválasztás céljából.

A **második fejezetben** áttekintettem a lánctalpas és kerekes páncélozott harcjárművek alkalmazását, csoportosítását és harcászati tulajdonságát a modern hadviselésben. [8] Arra a következtetésre jutottam, hogy a közelmúlt háborúi igazolták a magas mozgékonyági mutatókkal rendelkező nehéz (alap) harckocsik létjogosultságát. Igaz, tömegükből adódóan a nagy távolságra történő szállításuk nehézkes műszaki és gazdasági okok miatt. Ezért mellettük előtérbe kerül a könnyebb, ezáltal nagyobb légi mozgékonyaggal rendelkező, jól deszantolható kerekes, illetve lánctalpas páncélozott harcjárművekből felépülő gyors reagálású egységek alkalmazása.

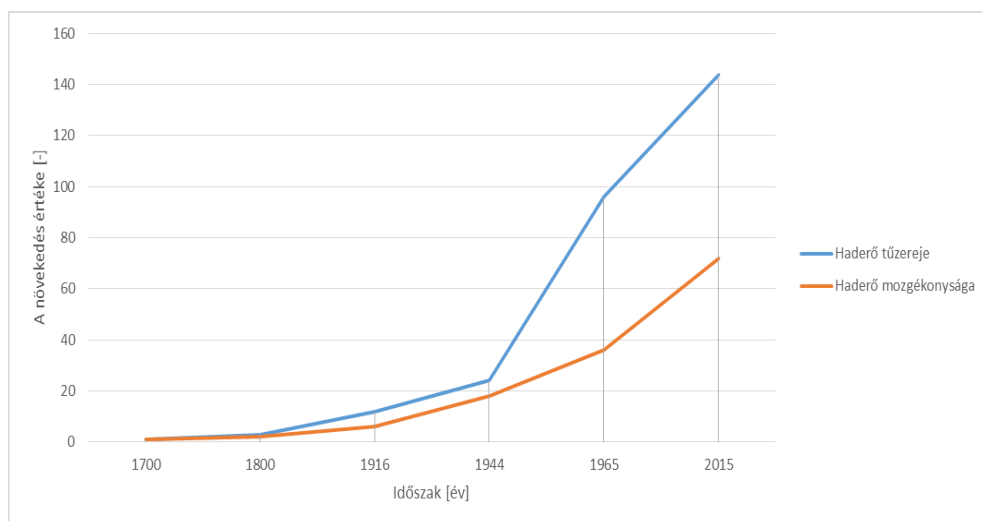
A haderő tüzere – mozgékonyág olló alakulását vizsgálva megállapítottam, hogy a tüzere és mozgékonyág közötti „olló” nyílása az eszközökre vonatkozóan – mint például a páncélozott harcjárművek – is felfedezhető. [9]

A hadtudományban közismert, hogy a páncélozott harcjárművek három alapvető harcászati tulajdonsággal jellemezhetőek: a tüzere, a védettség és a mozgékonyág. A mozgékonyágot vizsgálva én lényegesnek tartottam a tüzere – mozgékonyág viszonyának alakulását, amely lehetőséget kínált a mozgékonyág fontosságának bemutatására.

A 2. ábrán láthatóan a késsel jelölt tüzere és a pirossal jelölt mozgékonyág fejlődési üteme eltérő. Célszerűen a tüzere – mozgékonyág közötti egyensúly megteremtése, az olló zárása a mozgékonyág fejlesztésével érhető el. Azonban kijelenthető, hogy a tüzere és - ahhoz hasonlóan - a védettség töretlen fejlődése mellett a földhöz kötött mozgékonyág növelése korlátokba ütközik, jelentősen nem fokozható. Azaz, a mozgékonyág a legnehezebben változtatható terület, amelynek mélyebb vizsgálata indokolt.

Ugyanis a belsőégésű motorok fejlődésük eredményeként a fajlagos teljesítménynövelés mindinkább költségesebbé és bonyolultabbá vált. A mind „nagyobb” motorok alkalmazása fizikailag és gazdaságilag is korlátozott, ahogy a vonóerő terepszinten képzése és a kezelőkre ható káros gyorsulások is, mellyel az emberi tűrőképesség hatá-

rához érkeztünk. A „földhöz kötött” mozgékony-ság növelése jelentősen nem fokozható. A harckocsiágyúk tűzereje napjainkra jelentősen növekedett. Megjelentek a töltőgép és a számítógép vezérelte tűzvezető rendszer mellett a sima falú lövegekből indítható rakéták, valamint a leváló köpenyes nyíllövedékek.



2. számú ábra. A haderő tűzerő – mozgékony-ság közötti ollójának alakulása a XVIII. századtól napjainkig (készítette: a szerző)

Az „olló” zárása, a mozgékony-ság növelése a terepi mozgást (aktív cselekvés) meghaladó passzív cselekvéssel, csakis a földtől elszakadva, „térugrással”, azaz a légi mozgékony-ság (szállíthatóság) növelésével idézhető elő hadműveleti és hadászati szinten. A szárazföldi csapatok mozgékony-ságának hatásos növelése egyedül – ezzel a „tűzerő és mozgékony-ság közötti olló” zárása – a páncélozott harcjárművek tömegének csökkentésével, így a légi szállíthatóságuk fel-tételeinek megteremtésével, illetve növelésével lehetséges.

A páncélozott harcjárművek tanulmányozása során megállapítottam továbbá azt is, hogy a harcászati tulajdonságait meghatározó képességhármas közül legnehezebben a mozgékony-ság változtatható. Ezért annak mélyebb vizsgálata önállóan, „környezetéből” kiragadva indokolt.

A **harmadik fejezetben** tanulmányoztam a harcászati, hadműveleti és hadászati mozgékony-ság fogalmát, mint a haditevékenységek mozgékony-sági szintjeit. Vizsgáltam továbbá az egyes mozgékony-

sági szintek jellemzőit. [10] [11] Így a mozgékonyág komplex vizsgálatával a katonai felhasználás szintjei és fő műszaki jellemzői közötti összefüggéseket kerestem. A mozgékonyág harcászati, hadműveleti és hadászati szintjeihez külön-külön párosítható műszaki jellemzőket mátrixban összegezve teremtettem kapcsolatot a mozgékonyág hadtudományi és műszaki értelmezése között.

A MOZGÉKONYSÁGOT MEGHATÁROZÓ FŐ TÉNYEZŐK

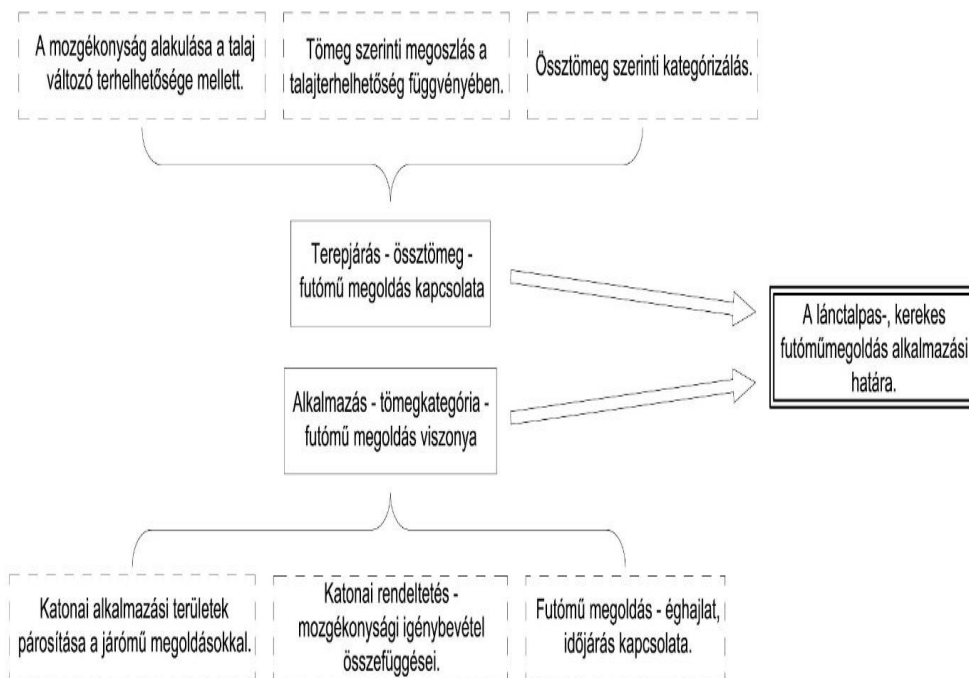
1. számú táblázat

Páncélozott harcjárművek mozgékonyága			
Mozgékonyág szintjei	Fő jellemzők		A domináns lehetőségek
Harcászati mozgékonyág	talaj teherbírás	fajlagos talajnyomás	jármű (futófelület) kialakítás fejlesztése
		vonóerő átadás	
	átlagsebesség	mikroakadályleküzdés, lengések	hordmű finomítása
		makroakadályleküzdés, OMN	megfelelő futómű - páncéltest kialakítás
vízakadály leküzdés		vízi stabilitás és úszási sebesség növelése	
	hordozott tüzérről célba juttatása		szállított katonák és/vagy a harcjármű által hordozott fegyverzet célban kifejtett hatásának növelése
Hadműveleti mozgékonyág	hatótávolság	üzemanyag	"Single Fuel Concept" bevezetése
		üzemanyag fogyasztás	gépezeti- és egyéb veszteségek csökkentése
	üzemanyag ellátás		motorhatásfok növelése üzemanyag légi szállítása
Hadászati mozgékonyág	nagy távolságra történő szállíthatóság, közúton, vasúton, vizen és levegőben		a haderő légiszállító képességéhez illeszkedő, gazdaságosan légiszállítható járművek arányának növelése

(készítette: a szerző)

További elemzéssel jutottam el a mozgékonyág növelésének kérdéseihez. Eredményeként rámutattam az egyes fő jellemzők javításának domináns lehetőségeire. Ezzel meghatároztam a mozgékonyág növelését célzó lehetséges beavatkozások konstrukciós és más területeket érintő fejlesztési, szervezési vonatkozásait. (1. táblázat)

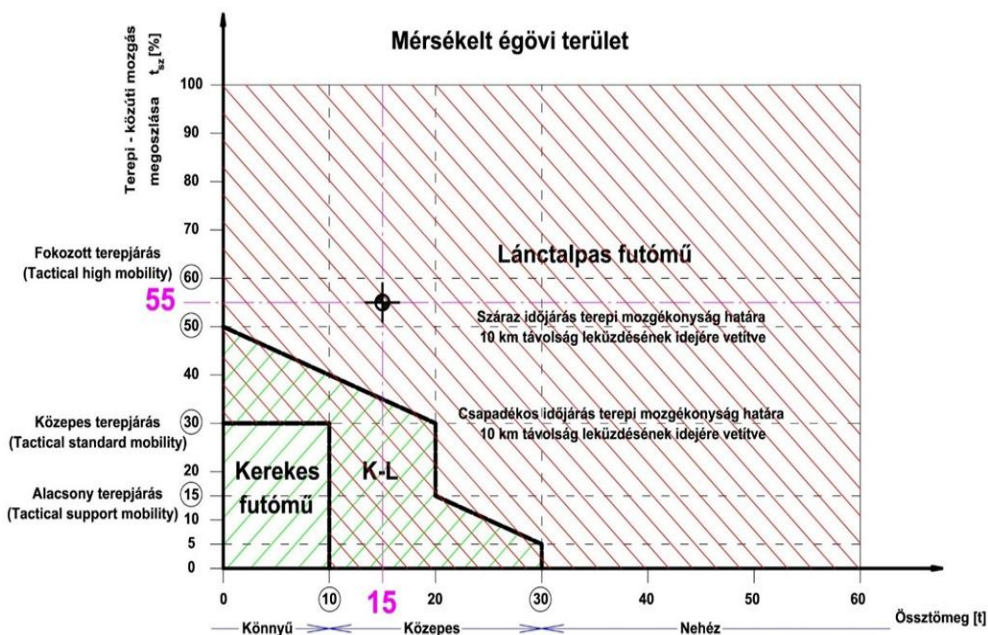
A hazai és a külföldi szakirodalmak, kutatási eredmények és például az Amerikai Egyesült Államok Szárazföldi Haderejének mozgékonyági vizsgálataival felhasználásával a kerek és a lánctalpas páncélozott harcjárművek katonai alkalmazási szempontjai és a konstrukciós kialakításuk viszonyát kerestem. [12] [13] [14]



3. számú ábra. A páncélozott harcjárművek esetén a kerék – lánctalp alkalmazási határa megállapításának kiinduló elemei és folyamata (készítette: a szerző)

Ezek érdekében a 3. ábrán látható lépésekben vizsgáltam a páncélozott harcjárművekre vonatkoztatva a terepjárás - össztömeg kapcsolatában a mozgékonyág alakulását a talaj változó terhelhetősége mellett, a páncélozott harcjárművek tömeg szerinti megoszlását a talajterhelhetőség függvényében, illetve az össztömeg szerinti csoportosíthatóságukat. Továbbá elemeztem az alkalmazás - tömeghatár tekintetében a katonai alkalmazási területek párosítását a járműmegoldással, a katonai rendeltetés mozgékonyági igénybevétel összefüggéseit, és a futómű megoldás éghajlat, időjárás kapcsolatát. [15]

Ezek összefüggéseiben alkottam meg a 4. ábrát, mellyel a katonai alkalmazás szempontjait összekapcsolva a műszaki tartalommal, választ találtam a kerék – lánctalp elméleti alkalmazási határának kérdésére. A „Zrínyi 2026” haderőfejlesztési program páncélozott harcjármű beszerzésének problémaköre döntően a kerekes – lánctalpas eszközök arányának meghatározása körül mozog. Az ábra ahhoz jól illeszkedően ad választ arra, hogy a választás érdekében milyen paramétereket tanácsos vizsgálni.



4. számú ábra. A páncélozott harcjárművek esetén alkalmazott futómű-megoldások elméleti határai az össztömeg és a terepi mozgás függvényében (készítette: a szerző)

A vízszintes tengelyen az eszköz össztömegét ábrázoltam, mely három tartományra: könnyű, közepes és nehéz tömegkategóriára oszlik. A függőleges tengelyen a rendeltetéssel szorosan összefüggő mozgékonyági igénybevétel található, mint a terepi - közúti mozgás %-os megoszlása.

Annak három, a katonai alkalmazásra jellemző 15%-os, 30%-os és 60%-os mozgékonyági igénybevételi szintjét tüntettem fel, az alacsony, a közepes és a fokozott terepjárást. Utóbbi értelmezésével a rendeltetéshez illeszkedően az eszköz üzemidejének 60%-át terepi, 40%-át közúti mozgással kell töltenie. A kijelölt tartományok elméleti határait a már korábban említett futóműmegoldás – talajterhelhetőség – terepi mozgás – időjárás kölcsönösségében határoztam meg. Azok alapján a kitűzött rendeltetésnek megfelelő futómű-megoldás egyszerűen választható meg a következők szerint.

Szükséges a kitűzött rendeltetésnek megfelelő fegyverzet és védetség figyelembe vételével a harcjármű becsült össztömege, mely a példán 15 tonnára adódott. Szükséges továbbá a rendeltetés által megkövetelt mozgékonyági igénybevétel mértéke, mely a példán 55%. A két érték metszéspontja által kijelölt területnek megfelelő fu-

tómű-kialakítás javasolt. A példán a metszéspont a lánctalpas futómű területére esik.

A köztes, kereket és lánctalpat egyaránt javasoló területen, a rendeltetés ismeretében részletesebb szempontokat is figyelembe vevő, egyéni döntés szükséges. Ehhez nyújt segítséget a 2. táblázat, mely szerint a kitűzött rendeltetésnek megfelelően több előnyös tulajdonsággal rendelkező futóművű eszköz választása a tanácsos.

10 ÉS 30 T ÖSSZTÖMEG KÖZÖTTI PÁNCÉLOZOTT HARCJÁRMŰVEK
ÖSSZEHASONLÍTÁSA [12]

2. számú táblázat

	Előnyök	Lánctalpas jármű	Kerekes jármű
Harcászati mozgékonyosság	Fajlagos talajnyomás	x	
	Vonóerő-átadás	x	
	Elakadási, beásódási hajlam	x	
	Változatos terepen történő mozgás (makro- és mikroakadály-leküzdő képesség)	x	
	Kormányozhatóság, fordulási sugár	x	
	Terepi mozgékonyosság (különböző talajtípusokon)	x	
	Közúti mozgékonyosság		x
	Vízi mozgékonyosság	x	
	Átlagsebesség		x
Hadműveleti mozgékonyosság	Üzemanyag-fogyasztás		x
	Nagy távolságú menetek		x
	Magas utazósebesség		x
	Menet közbeni kényelem		x
Hadászati mozgékonyosság	Szállíthatóság		x
Védettség	Túlélés	x	
	Védelem	x	
	Zaj		x
	Nyom		x
Tűzerő	Fő fegyverzet űrmérete	x	
Járműszerkezet	Jármű felépítéséből adódó hasznos/összes térfogat aránya	x	
	Többlettömeggel történő terhelhetőség (páncélzat, fegyver)	x	
	Futómű sérülésére vonatkozó érzékenység (mozgásképtelenség)		x
Üzemeltetés, fenntartás	Előállítási, karbantartási és üzemeltetési költségek		x
	Élettartam		x

(kiegészítette: a szerző)

A mozgékonytságot tanulmányozva rendszereztem a páncélozott harcjárművek önjárását meghatározó katonai és műszaki jellemzőket oly célból, hogy a használatban lévő GMP–95-ös mozgékonytsági modell vizsgálati szempontjai kiegészíthetők-e további, a mozgékonytságra nagy befolyással bíró jellemzőkkel. [16] [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23] [24] [25] Ennek eredményeként a fejezetben tárgyalt páncélozott harcjárművekre vonatkozó önjárást, valamint a mozgékonytságot meghatározó tényezőket és az azokat befolyásoló jellemzőket egy összefoglaló táblázatban mutattam be. A páncélozott harcjárművek mozgékonytságvizsgálati módszerét illetően arra a következtetésre jutottam, hogy a jármű mozgékonytságát alapvetően műszaki és katonai szempontok szerint kell megítélni. Azokon belül a műszaki vonatkozások a mozgékonytságot megvalósító szerkezeti megoldásokra, a katonai vonatkozások a haditevékenységek mozgékonytságának szintjeire bonthatók. Mindkét szempontrendszer esetén felsoroltam a mozgékonytságvizsgálatánál figyelembe veendő viselkedéseket és az azokat befolyásoló jellemzőket.

A lánctalpas és kerekes harcjárművek felépítése jelentősen eltér egymástól, mégsem különíthetők el élesen az eltérő futóműfajtákra jellemző, meghajtástól függő, mozgékonytságot befolyásoló tényezők. A futómű mozgékonytságot befolyásoló elemeinek viselkedése a futómű és a kormányzás tekintetében kettéválk a kerék, illetve a lánctalp mentén.

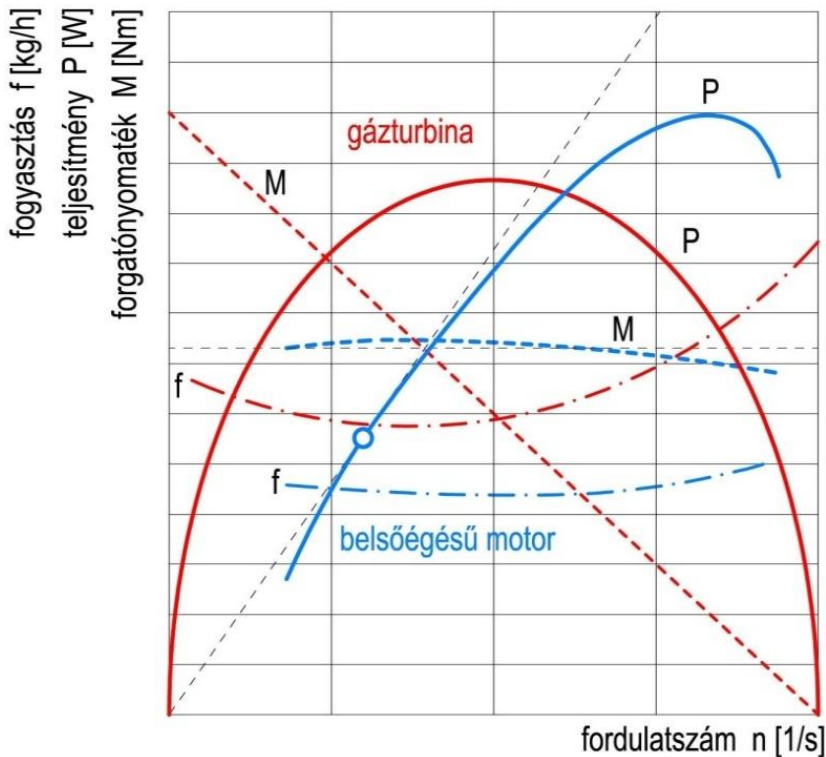
Az eszköz harcászati mozgékonytságával szemben támasztott igényeket a járműnek szánt rendeltetés, azaz a feladatának ellátásához szükséges terepi mozgás mértéke befolyásolja. Ezért nagy hangsúlyt kap a talaj nyomó-, illetve nyíróerővel szembeni teherbírása, a legnagyobb vonóerő-átadás és lebegtetés megvalósulása, valamint a rendeltetésnek megfelelő terepprofil (mikro-, makroakadályok) meghatározása. Fontos tényező az eszköz által hordozott tűzerő nagysága, illetve a katonák száma. A hadműveleti mozgékonytságnál figyelembe kell venni az eszköz egy feltöltéssel megtehető útját, valamint annak idejét. A hadászati mozgékonytságvizsgálatánál nagy hangsúly tevődik a páncélozott harcjármű nagy távolságokra történő szállíthatóságára.

Ezzel a páncélozott harcjárművek mozgékonytságvizsgálati szempontú kiválasztási, értékelési módszerének – a GMP-95 vizsgálati szempontjait meghaladó – első lépése célszerűen a rendeltetésnek megfelelő terepi mozgás mértékének kijelölése, a terep és a harcjárműtömeg együttes meghatározójaként a lánctalp vagy kerék választása. Az

értékelés második lépése a GMP-95 mozgékonyági modell vizsgálati szempontjait kibővítve, a mozgékonyagot megvalósító szerkezetek viselkedését befolyásoló jellemzők szerint történhet. Így az értekezésben szereplő 7. táblázat tényezői alapján az alkalmazók a felsorolt tulajdonságok szerint értékelhetik, a döntéshozók összehasonlíthatják eszközeiket a mozgékonyag mentén.

Egyes mozgékonyági jellemzők vizsgálatának egyszerűsítésére és gyorsítására dolgoztam ki a belsőégésű motorok és a gázturbinák üzemi jellegének grafikus összehasonlítását megkönnyítő ábrát, illetve egy egyszerűsített számítási formulát a katonai üzemeltetési gyakorlatban kiemelkedő szerepet játszó vontatás teljesítményszükségletének meghatározására.

A belsőégésű motor és a gázturbina üzemi jellegeit összehasonlíthatón, együtt ábrázolva jól érzékelhető a gázturbina kedvezőbb – a vontatási igényekhez jobban illeszkedő – nyomatéklefutása, nyomaték, illetve fordulatszám szerinti rugalmassága. Jelleggörbéi nagy tömegű jármű vontatására való alkalmasságát mutatják. (5. ábra)



5. számú ábra. A belsőégésű motor és a gázturbina üzemi jellege (készítette: a szerző)

Azonban a rendkívül előnyös tulajdonságai ellenére a kialakítása, valamint üzem módja okán a változatos menetsebességet (gyakori üresjárat, lassú menet, roham) megkövetelő harci körülményeket ki-elégítő harcjárművek erőforrásaként (sem) nem terjedt el. Ennek fő okai a nehéz szabályozhatósága, magas üzemi fordulatszáma, a nagy hőmérsékletű levegő kibocsátása, valamint az ábrán is megfigyelhető bőséges üzemanyag-fogyasztása. [26]

A harcjárművek szokásos terepjárásánál a sebességek viszonylag alacsonyak. Így a légellenállásra fordított teljesítmény elhanyagolása jól becsülhető módon a forgórészek gyorsítására szánt 10%-os tömegnövelés kiterjesztésével ellensúlyozható:

Így a szükséges vonóerő jó közelítéssel becsülhető mértéke (a disszertáció 18. sz. ábrájának jelöléseinek megfelelően):

$$P_{\text{motor(becsülhető)}} = \frac{1,1}{0,9 \cdot \eta_{\text{gép}}} \cdot G \cdot \cos \alpha \cdot (f_{\text{gördülés}} + \mu_{\text{tap}}) \cdot v \quad [\text{kW}] \quad (1)$$

ahol:

$\eta_{\text{gép}}$ – a hajtáslánc belső gépezeti hatásfoka [1]

G – a harcjármű súlyereje [N]

α – a pálya lejtőszöge [°]

$f_{\text{gördülési}}$ – a harcjármű gördülési ellenállása [N]

μ_{tap} – a harcjármű pályaérintkezésének tapadási súrlódása [1]

v – a harcjármű haladási sebessége [m/s].

A képlet a harcjárművek önjárásához szükséges tolóerő és teljesítmény meghatározásán túl a katonai alkalmazás szempontjából fontos kérdésre, a vontathatóságra ad gyors, megfelelően pontos választ. Azaz, hogy rendelkezésre áll-e elegendő vontató motorteljesítmény az elakadt harcjármű mentéséhez. [16]

A **negyedik fejezet**ben abból indultam ki, hogy a páncélozott harcjárművek – mint komplex rendszerek – tulajdonságait meghatározó jellemzők komplex alrendszerekként önállóan is vizsgálhatók többszempontú döntési környezetben. Megállapítottam, hogy a mozgékony, olyan sajátosságokkal rendelkező, összetett harcászati tulajdonság, amelyre alkalmazhatók a komplex rendszerek többszempontos összemérő eljárásai. [27] [28]

Áttekintést nyújtottam a terepjáró harcjárművek összehasonlításának, rangsorolásának lehetséges korszerű döntéseméleti módszereiről. Kiválasztottam a páncélozott harcjárművek mozgékonyág mentén történő összemérését megalapozó eljárásokat. [29] [30] [31]

Három, széleskörűen elterjedt összemérő módszert vizsgálva megállapítottam, hogy a legpontosabb eredményeket az AHP eljárás szolgáltatja. Amennyiben a matematikai szakértő nem áll rendelkezésre, úgy a PROMETHEE eljárás is használható, viszont ezen eljárás csak preferencia-sorrendet szolgáltat. Ha sem a matematikai, sem a megfelelő számú felkészült szakértő nem áll rendelkezésre, akkor az objektív műszaki adatok összemérésén alapuló KESSELRING eljárás javasolt a harcjárművek mozgékonyág mentén történő összemérésére.

AZ AHP ELJÁRÁS SWOT ELEMZÉSE [29]

3. számú táblázat

AHP eljárás SWOT elemzése			
Erősségek	Gyengeségek	Lehetőségek	Veszélyek
Arányskálázott eredmények.	A többi módszerhez képest jelentős matematikai apparátus szükséges.	Subjektíven mérhető szempontok alkalmazása.	Subjektív eredmények. Ennek elkerülése érdekében, ha sok a subjektíven értékelhető szempont, akkor célszerű több szakértőt alkalmazni.
Információt ad a különbségek nagyságáról, vagyis számítható, hogy az egyik eszköz mennyivel jobb a másiknál.	Az eredmények lényegében páros összehasonlításokból származnak. A páros összehasonlítások elvégzéséhez szakmailag felkészült, ezen felül rendkívül következetes szakértőkre van szükség.	A szakértőnek lehetősége van közvetlenül meghatározni, hogy az egyik eszköz valamely tulajdonsága mennyivel nagyobb egy másikhoz képest. Nem kell hasznossági függvényeket definiálni.	A páros összehasonlítások következetességi igénye magas. Fennáll a kockázat, főleg sok szempont esetében, hogy a kérdőívek eredménytelenek lesznek.
Jól értelmezhető eredmények.			
Érzékenységvizsgálat lehetősége, ami megmutatja az eredmények pontosságát.			

A 3. táblázatban bemutatott AHP eljárás SWOT elemzéséből kitűnik, hogy a módszer erősségei abban az esetben mutatkoznak meg, amikor a döntési célok megkövetelik a rangsor felállításán túl az

egyres helyezések egymáshoz képesti távolságát. Az érzékenységvizsgálat lehetősége tovább fokozza az összemérés pontosságát. A gyengeségek kiegyenlítésére megoldást nyújt a módszer jelentős szoftvertámogatottsága, amely elvégzi a szükséges számításokat, és elősegíti a szakértők következetességének betartását. Az erősségek és a lehetőségek egyidejű jelenléte a jól értelmezhető eredményekben rejlik, amelyek hasznosíthatóságát a műszaki eszközök – mint esetünkben a páncélozott harcjárművek – objektíven mérhető tulajdonságai adják. Az erősségek mellett a szubjektív eredményekből adódó veszélyek súlya a páncélozott harcjárművek összemérése során csekély, hiszen a szempontok objektíven mérhetők. Szubjektív értékek bekerülése csupán a páros összehasonlítás, illetve a súlyszámok meghatározása során történik. Előbbit a konzisztenciavizsgálat, utóbbit a jól felkészült szakértői csoport összeállítása méréselkelheti. A legfőbb veszélyt a túlzottan sok szempont okozhatja, azonban a körültekintően felépített szempontrendszer és a szoftvertámogatás annak hatását megfelelően képes csökkenteni.

A fentiek alapján olyan következtetésre jutottam, hogy az egyszerű pontozási tábla alapján történő rangsoroláshoz képest a többszempontú, csoportos döntéseken alapuló összemérési eljárások jelentik az összehasonlítás további és egyúttal komplex lehetőségét. Megállapítottam, hogy célszerű több módszert alkalmazni az adott döntési probléma megoldására a meggyőző eredmények kinyerésének érdekében.

Az **ötödik fejezetben** a mozgékonytágot tanulmányozva rendszeriztem a páncélozott harcjárművek önjárását meghatározó katonai és műszaki jellemzőket. Az új, feltárt jellemzőkkel kiegészítve felállítottam az összehasonlítás alapját képező adatbázist. Ezt a kiválasztott kerekes és lánctalpas páncélozott szállító harcjárművek, páncélozott lövészharcjárművek, valamint harckocsik – szakirodalmi válogatás alapján összegyűjtött – adataival feltöltve vizsgálhatósági bázist teremtettem.

Erre támaszkodva, és a haderő üzemfenntartással és fejlesztéssel foglalkozó szakközegével, a Haditechnikai Intézettel, valamint jogutódjával, illetve hadiipari gyártó, fejlesztő vállalattal, így a terület vezető szakembereivel konzultálva és véleményét figyelembe véve új, al és fő szempontokat tartalmazó, értékelő vizsgálati szempontrendszereket állítottam fel a páncélozott harcjármű kategóriák szerint, bővítve a GMP-95 mozgékonytágoti modell vizsgálati szempontjait. (4. táblázat)

Így az általában megszokott jellemzőkön túl – mint például az átlagsebesség, átlagfogyasztás, makroakadály leküzdőképesség, fajlagos talajnyomás – fontosnak találtam az olyan tulajdonságokat is, mint például a kanyarodási képesség, a hordozott tüzere vagy a hordozott katonákra vonatkoztatott fajlagos értékek, továbbá a szállíthatóságra, légi mozgékonyaságra vonatkozó térfoglalási mutatók.

A vizsgálati szempontrendszer elkészítése során figyelembe vettem a döntésméleti módszerek szükséges és elégséges követelményeit a teljesség és a kezelhetőség tekintetében.

Ezek felhasználásával az AHP [32] és a KESSELRING [33] – a páncélozott harcjárművek mozgékonyaság mentén történő összehasonlítására eddig még nem alkalmazott – módszerekkel elvégeztem napjaink korszerű páncélozott harcjárműveinek minősítését, összemérését és rangsorolását.

HARCKOCSIK ESETÉN AZ ÖSSZEHASONLÍTÁS FŐ, ILLETVE AL SZEMPONTJAI

4. számú táblázat

Fő szempontok	Alszezpontok
Átlagsebesség [km/h]	
Hatótáv [km]	épített úton terepen
Kanyarodási képesség [1]	(láncfelfekvés –nyomtáv arány, L/C)
Terepjárás	emelkedőmászó képesség [%] legnagyobb oldaldőlés [%] lépcsőmászó képesség [m] árokáthidaló képesség [m] víziakadály-leküzdő képesség [m] keresztirányú makroakadály-leküzdő képesség [1]
Átlagfogyasztás [dm ³ /h]	
Fajlagosított értékek	felfekvőfelületre fajlagosított talajnyomás [kPa] (mint a jármű különböző talaj terepen történő alkalmazhatóságának mutatószáma) össztömegre fajlagosított motorteljesítmény [kW/t] (mint a jármű fűrgességére vonatkozó mutatószám) tüzere fájlagosított tömeg [t/mm] (mint a jármű tüzerejét képviselő fő fegyverzet célba juttatását szolgáló kocsitömegére vonatkozó mutatószám) fajlagos tömeg [t/m ³] (mint a jármű önjárására vonatkozó mutatószám) fajlagos térfoglalás [m ³ /t] (mint a jármű szállíthatóságára vonatkozó mutatószám) tüzere fájlagosított térfoglalás [m ³ /mm] (mint a jármű tüzerejét képviselő fő fegyverzet célba juttatását szolgáló kocsitérfogatára vonatkozó mutatószám)

(készítette: a szerző)

Az összevetések közel azonos eredményei igazolták e kettő alkalmazott eljárás használhatóságát. A beszédesebb rangsor miatt az AHP eredményei kezelhetőbbek, igaz, lehetséges olyan döntéshozói cél is, amelynél elegendő csupán a KESSERLING eljárás információmélysége.

Ezzel bizonyítottam, hogy a harcjárművek mozgékonyága az általam kidolgozott szempontrendszer szerint számszerűsíthető és értékelhető, továbbá igazoltam az újszerűen kidolgozott eljárás használhatóságát.

A páncélozott harcjárművek mozgékonyág szerint történő értékelését a 6. ábrán látható módon, a GMP-95 mozgékonyági modellre alapuló lépésekben javaslom. [23] [24] [25]

A 6. ábrán az általam javasolt lépésekkel kiegészített GMP-95 számítási folyamat látható. A javasolt kiegészítő lépések piros, a kiváltó lépések kék színűek.

A GMP-95 mozgékonyági modell első lépését megelőző 0-dik lépésként fontosnak tartom az alkalmazói elvárások tisztázását a rendeltetés vonatkozásában. Ez alapján a 4. ábrán bemutatott segédlet által meghatározható a szükséges futóműfajta, és összeállítható a megfelelő páncélozott harcjármű-kategóriában a harcjárműkínálat, amelyen a kiválasztási algoritmus lefolytatható.

Az egyes járművekre vonatkozó terep - járószerkezet kapcsolatában ébredő tolóerő számítását az 1. egyenlettel (egyszerűsített képlettel) javaslom kiváltani.

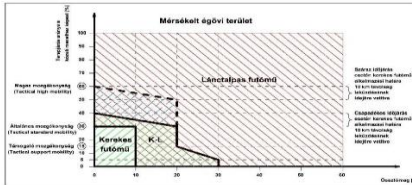
A GMP-95 mozgékonyági modell összehasonlítás alapját képező szempontrendszere a 4. táblázatban bemutatott, általam javasolt harcjármű-kategóriánként kidolgozott új értékelő vizsgálati szempontokkal egészíthető ki.

Az egyes harcjárművek minősítésére és rangsorolására használt, csak csekély számú szempontot kezelő egyszerű pontozásos eljárást a megfelelő, ezen a szakterületen eddig még nem használt, többszempontos döntés-előkészítő módszerrel javaslom kiváltani.

Így az általam javasolt kiegészítésekkel a páncélozott harcjárművek mozgékonyág szerinti komplex értékelése, összehasonlítása és kiválasztása nagy pontossággal végezhető el.

GMP-95 mozgékonyági modell javasolt kiegészítő lépései

- A, **Döntéshozói elvárások, célok tisztázása az új eszköz rendeltetése tekintetében (feladatvégrehajtási gyakorisága, bevetési terület minősége, éghajlata, eszköz szállíthatósága. Ezek alapján a futóműtípus és harcjárműfajta meghatározása a 13. ábra szerint. A harcjárműtípus-kínálat összeállítása.**



- B, **Az összemérendő harcjárművek vonatkozó paramétereinek összegyűjtése (teljesítményadatok, tömegadatok, méretek, felépítés, hatótáv, fordulókör átmérő, emelkedő képesség, oldaldőlés, lépcsómászó képesség, árokáthidaló képesség, vízi akadály leküzdő képesség,).**
- C, **Referencia terepszakaszok kijelölése, útprofilok, valamint a talajok teherbíró képességének meghatározása mérésekkel;**
- D, **Az egyes járművekre vonatkoztatva a terep-járó szerkezet kapcsolatában ébredő vonóerő számítása a menetellenállások figyelembevételével a 24. képlet segítségével.**

$$P_{\text{motor (becsülhető)}} = \frac{1,1}{0,9 \cdot n_{\text{gép}}} \cdot G \cdot \cos \alpha \cdot (f_{\text{gördülés}} + \mu_{\text{tap}}) \cdot v$$

- E, **A "D" pont eredményei szerint megszerkesztett menetdiagram alapján, a referencia terepszakaszokon elérhető legnagyobb haladási sebesség meghatározása.**
- F, **Makro akadály leküzdő képesség (OMN) meghatározása, az egyes referencia terepszakaszok leküzdési képességének meghatározása.**
- G, **Terepszakaszonként a vonatkozó mikroakadályok okozta lengésgyorsulások sebességsökkentő hatásának vizsgálata, átlagsebesség és átlagfogyasztás meghatározása.**
- H, **Fajlagosított értékek képezése.**

Értékcsoportok	Aktív csoportok
Átlagsebesség [km/h]	Átlagsebesség
Hatótáv [km]	Hatótáv
Kapcsolódási időtartam [s]	Kapcsolódási időtartam
Terepszakasz	Terepszakasz
Átlagfogyasztás [l/h]	Átlagfogyasztás
Fajlagosított értékek	Fajlagosított értékek

- I, **Az egyes járművekre vonatkozó mozgékonyágat minősítő adatok rendezése a 15., 16. és 17. táblázatokban bemutatott szempontrendszerek szerint.**
- J, **A járművek minősítése és rangsorolása a kiválasztott többszemponos döntéselőkészítő módszer segítségével.**

6. számú ábra. A GMP-95 mozgékonyági modell [23] [24] [25] javasolt kiegészítő lépései (kiegészítette: a szerző)

Tehát a páncélozott harcjárművek mozgékonyság szerint történő minősítésére, majd összevetésére kidolgozott – a GMP-95 mozgékonyossági modellre alapuló – új eljárás lépései a következők (a 6. ábra bal oldali jelöléseinek megfelelően):

- A. A döntéshozói elvárások, célok tisztázása az új eszköz rendeltetése tekintetében, a jároműtípus és harcjárműfajta meghatározása, harcjármű-típuskínálat összeállítása;
- B. Az összemérendő harcjárművek vonatkozó paramétereinek összegyűjtése.
- C. Referencia terepszakaszok kijelölése, útprofilok, valamint a talajok teherbíró képességének meghatározása mérésekkel;
- D. Az egyes járművekre vonatkoztatva a terep-járószerkezet kapcsolatában ébredő vonóerő számítása a menetellenállások figyelembe vételével;
- E. A „D” pont eredményei szerint megszerkesztett menetdiagram alapján a referencia terepszakaszokon elérhető legnagyobb haladási sebesség meghatározása;
- F. Makroakadály leküzdőképesség (OMN) meghatározása, referencia terepszakaszok megnövekedő leküzdési idejének – így sebességének – meghatározása;
- G. Terepszakaszonként a vonatkozó mikroakadályok okozta lengésgyorsulások sebességcsökkentő hatásának vizsgálata, átlagsebesség és átlagfogyasztás meghatározása;
- H. Fajlagosított értékek képezése;
- I. Az egyes járművekre vonatkozó mozgékonytságot minősítő adatok rendezése a bemutatott szempontrendszerek szerint;
- J. A járművek minősítése és rangsorolása a kiválasztott többszemponatos döntés-előkészítő módszer segítségével.

Az összevethető adatokkal ily módon feltöltött szempontrendszer alapján a megfelelő több szempontú összehasonlító módszer (esetben AHP és a KESSELRING) alkalmazható. A harcjárművek komplex értékelése, és a harcjármű kínálat döntéshozói igényekhez illeszkedő sorrendbe állítása napjaink elvárásainak megfelelően végezhető el, részletesebb elemzést és szemléletes összehasonlíthatóságot eredményezve.

Ajánlások

A kutatás eredményei felhasználhatók a „Zrínyi 2026” haderőfejlesztési program fejlesztés – beszerzés támogatására a páncélozott harcjármű szakterületen.

Az eredmények felhasználhatók továbbá a Komondor, Rába és egyéb jövőbeli védett/páncélozott harcjárműcsalád fejlesztéséhez.

Az értekezés részei felhasználhatók hadtudományi kutatások céljára, mint például a védettség és a tüzérő hasonló metodikával vizsgálható módszertanának kidolgozása, vagy a légi mozgékonyság további kutatásához.

Az értekezés részben vagy egészben felhasználható a kerekes- és lánctalpas terepjáró (harc)járműveket üzemmentartó civil és katonai szakemberek, illetve a felsőoktatásban részt vevő hallgatók képzésére, továbbképzésére, illetve munkájának elősegítésére.

Összegzés

A kutatásaim során megállapítottam, hogy az MH korábbi haderőfejlesztési intézkedései (GBP, Rába beszerzés) nem érintették az MH páncélozott harcjármű állományát, az MH még mindig új harcjárművekkel történő felszerelése előtt áll. E nagy horderejű döntést megelőzően választ kell adni azokra a kérdésekre, hogy milyen eszközök beszerzésére kerüljön sor, milyen arányban szükséges kerekes, illetve lánctalpas harcjárművek üzemmentartása, azaz milyen feladatkör betöltéséhez kell kerekes, illetve lánctalpas páncélozott harcjármű.

A páncélozott harcjárművek harctevékenységekben betöltött szerepét vizsgálva arra következtettem, hogy a magas mozgékonyági mutatókkal rendelkező nehéz (alap) harckocsik mellett előtérbe kerülnek a könnyebb, ezáltal nagyobb légi szállíthatósággal rendelkező, jól deszantolható kerekes, illetve lánctalpas páncélozott harcjárművek. Megállapítottam, hogy a napjainkban ismét nyíló „tüzérő – mozgékonyság olló” jelentős mértékű zárása egyedül a légi szállíthatóság növelésével, azaz a légi szállítható páncélozott harcjárművek fejlesztésével lehetséges.

A páncélozott harcjárművek tanulmányozása során megállapítottam továbbá azt is, hogy a harcászati tulajdonságait meghatározó

képességhármas közül legnehezebben a mozgékonyság változtatható. Ezért annak mélyebb vizsgálata önállóan, „környezetéből” kiragadva indokolt.

Az értekezésemben mozgékonyági szintenként meghatároztam azokat a jellemzőket, amelyek domináns szerepet játszanak a páncélozott harcjárművek mozgékonyságának növelésében.

Megállapítottam, hogy meghúzható a kerekes-lánctalpas futóművel szerelt páncélozott harcjárművek elméleti alkalmazási határa a terepi mozgás-össztömeg összefüggéseit vizsgálva a rendeltetés, valamint az éghajlati és égövi viszonyok figyelembevételével.

A páncélozott harcjárművek mozgékonyság vizsgálati módszerét illetően arra a következtetésre jutottam, hogy a GMP-95 modell kiegészíthető további műszaki és katonai szempontokkal, melyek az egyes szerkezeti megoldásokat, továbbá azok viselkedését jellemzik. Megállapítottam, hogy a mozgékonyság olyan sajátosságokkal rendelkező, összetett harcászati tulajdonság, amelyre alkalmazhatók a komplex rendszerek több szempontos összemérő eljárásai.

A páncélozott harcjárművek minta-összehasonlítását elvégezve arra a következtetésre jutottam, hogy az egyszerű pontozási tábla alapján történő rangsoroláshoz képest a több szempontú, csoportos döntéseken alapuló összemérési eljárások jelentik az összehasonlítás további és egyúttal komplex lehetőségét. Megállapítottam, hogy célszerű több módszert alkalmazni az adott döntési probléma megoldására a meggyőző eredmények kinyerésének érdekében.

Forrásművek:

- [1] Turcsányi Károly – Hegedűs Ernő: A légideszant II., Ejtőernyős-, helikopteres- és repülőgépes deszantok a modernkori hadviselésben (1945–2010), Püldo Kiadó, Bp., 2011.
- [2] Kunos Bálint: A haderőreform haditechnikai aspektusai, Hadtudomány, X. évfolyam 3. szám, 2000. szeptember, http://www.zmne.hu/kulso/mhht/hadtudomany/2000/3_3.html (Letöltés időpontja: 2014. február 03.)
- [3] Foss, Christopher F.: Jane's Armour and Artillery 2009–2010, Jane's Information Group, 2009.

- [4] Stefancsik Ferenc: Haderőkörkép Európából, Új Honvédségi Szemle, LIX. évfolyam, Bp., 2005/11., 76–82. o.
- [5] The International Institute for Strategic Studies: The Military Balance 2016, Routledge Taylor & Francis Group, London 2015.
- [6] Szabados Péter: Az új páncélozott RÁBA védett zárt felépítményű csapatszállító gépjármű missziós feladatokra I. rész, Haditechnika, XLVIII. évfolyam 2. szám, 2014/2., 50–54. o.
- [7] Gammatech: Komondor <http://respirator.hu/komondor/> (Letöltés időpontja: 2014. január 21.)
- [8] Szabó József (főszerk.): Hadtudományi Lexikon, Magyar Hadtudományi Társaság, Bp., 1995.
- [9] Brabenec, Miloš: Csapás a harmadik dimenzióból, Zrínyi Katonai Kiadó, Bp., 1972.
- [10] Dr. Laib Lajos (szerk.): Terepen mozgó járművek, Szaktudás Kiadó Ház Rt., Bp., 2002.
- [11] Turcsányi Károly – Vartman György: Járművek akadályleküzdő képességének összehasonlítása a VSE módszer alkalmazásával, Haditechnika, XXXVII. évfolyam 3. szám 2003/3., 14–19. o.
- [12] Hornback, Paul: The Wheel Versus Track Dilemma, ARMOR–March–April 1998, ,pp. 33–34.
- [13] Wheeled Versus Tracked Vehicles Study, Final Report, Studies and Analysis Activity Headquarters, US Army Training and Doctrine Command Fort Monroe, Virginia 23651–5000, March 1985.
- [14] Mastinu, Giampiero-Ploechl, Manfred (szerk.) Road and off-road vehicle system dynamics HANDBOOK, CRC Press 2014. Boca Raton, Florida
- [15] Unterseher, Lutz: Wheels or Tracks? Project on Defense Alternatives, Briefing Memo #16, July 2000 (revised December 2001.) www.comw.org/pda/0007wheels.html (Letöltés időpontja: 2012. március 05.)
- [16] Kovácsházy Ernő: A gépjárműtervezés és méretezés elvei, Tankönyvkiadó, Bp., 1952.
- [17] Közúti járműrendszerek, BME Gépjárművek Tanszék, Bp., 2010, www.gjt.bme.hu/sites/default/files/kozutijarmurendszerekbschallgatoi_0.pdf (Letöltés időpontja: 2013. szeptember 16.)

- [18] Wüst, H.: Krafftfahrzeugtechnik des Kampfpanzers, Soldat und Technik, 1976/12., pp. 650–656.
- [19] Kovácsházy Ernő: Lánctalpas járművek hajtóműve, Járműfejlesztési Intézet, Bp., 1951.
- [20] Tytler, I. F. B. – Thomson, N. H. – Jones, B. E. – Wormell, P. J. H. – Ryley, C. E. S.: Vehicles and Bridging, Brassey's Defence Publishers, London, 2000.
- [21] Turcsányi Károly – Hegedűs Ernő: A légi gépesítés megvalósítása a második Öböl-háborúban, Repüléstudományi Konferencia, Szolnok, 2009,
www.repulestudomany.hu/kulonszam/2009.cikkek/hegedus_ern_o_turcsanyi_karoly.pdf (Letöltés időpontja: 2013. december 03.)
- [22] Turcsányi Károly: Nehéz harckocsik, Összehasonlító értékelések, műveleti alkalmazások és a magyar TAS tervezése, Püldo Kiadó, Debrecen, 2008.
- [23] Katonai Gépjárművek Terepjárása, Zárójelentés az 1982 évi munkáról, Agrártudományi Mezőgazdasági Gépészmérnöki Kar, Traktorok-autók Tanszék, Gödöllő 1982.
- [24] Katonai Gépjárművek Terepjárása II., IV., VI. kötet, Agrártudományi Egyetem, Jármű- és hőtechnikai Tanszék, Gödöllő 1986.
- [25] Terepjáró járművek mozgékonyági vizsgálata, vizsgálatok időtartama 1982-1993 év, Agrártudományi Egyetem, Jármű- és hőtechnikai Tanszék, Gödöllő 1993.
- [26] Kovácsházy Ernő: Gépkocsi-hajtóművek, Tankönyvkiadó, Budapest, 1969.
- [27] Gyarmati József: Több szempontos döntésmélet alkalmazása haditechnikai eszközök összehasonlításában, PhD értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Haditechnikai és Minőségügyi Tanszék, Bp., 2003.
- [28] Temesi József: A döntésmélet alapjai, AULA Kiadó, Budapest, 2002.
- [29] Dr. Gyarmati József okl. mk. alezredes: Haditechnikai eszközök összehasonlítása (útmutató), Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Katonai Logisztikai Tanszék, Bp., 2008, 14–15. o.
- [30] Zoltayné Paprika Zita: Döntésmélet, Alinea Kiadó, Bp., 2005.
- [31] Rapcsák Tamás: Több szempontú döntési problémák, Egyetemi oktatáshoz segédanyag, MTA SZTAKI, 2007.

- [32] MakeItRational: Analytical Hierarchy Process Software
<http://makeitrational.com/analytic-hierarchy-process/ahp-software> (Letöltés időpontja: 2015. március 14.)
- [33] Dr. Kindler József – Dr. Papp Ottó: Komplex rendszerek vizsgálata, Összemérési módszerek, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1977.