

A múlt, a jelen és a jövő fegyverei

HADITECHNIKA

2023/6

LVII. évfolyam 6. szám

Ára 520 Ft

Posztermelléklettel!



**A Magyar Honvédség
Elbit Skylark I-LEX
pilóta nélküli
felderítő repülőgépe**



**A MAGYAR HONVÉDSÉG
MŰSZAKI-TUDOMÁNYOS
FOLYÓIRATA**
Az MTA IX. osztály Hadtudományi
Bizottsága által „A” kategóriába sorolt,
lektorált folyóirat

2023/6. szám.
LVII. évfolyam

A szerkesztőbizottság elnöke:
Dr. Porkoláb Imre dandártábornok
(a HM védelmi innovációért felelős miniszteri
biztosa)

A szerkesztőbizottság alelnöke:
Bárány Zoltán Gábor ezredes (MH TTP)

Főszerkesztő:
Prof. dr. Padányi József vezérőrnagy DSc.
(NKE HHK KMDI iskolavezető)

A szerkesztőbizottság tagjai:
Dr. Both Előd
(Magyar Asztronautikai Társaság)
Dr. habil. Gyarmati József ezredes (NKE HHK)
Prof. dr. Haig Zsolt ezredes (NKE HHK KMDI)
Dr. Hajdú Ferenc
Prof. dr. Kiss Péter
(Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem)
Prof. dr. Kovács László dandártábornok
Dr. Koller József dandártábornok
(MH LEP)
Könczöl Ferenc ezredes (MH LEP)
dr. Lippai Péter dandártábornok
(NKE HHK dékán)
Magyar Ferenc (ZalaZone)
Dr. Németh András alezredes (NKE HHK)
Prof. dr. Rohács József CSc. (BME)
Solymosi Ferenc ezredes (MH TTP)
Szakácsi István alezredes
(MH SZFP)
Dr. Trembeczki László András
(HM EI Zrt., HM ARMCOM Zrt.)

Lektorai bizottság elnöke:
Dr. Keszthelyi Gyula
ny. dandártábornok (MKLE)

Felelős szerkesztő:
Végyvári Zsolt alezredes
(NKE HHK, MHTT, TÚK, MEE)

Szerkesztő:
Rojkó Annamária főtanácsos
(MÚOSZ, TÚK)

Katonai szerkesztő:
Druzsán József őrnagy
(MHTT, TÚK, MKLE)

Szerkesztőasszisztens:
Drahos Gabriella (TÚK)

Kiadja
a Honvédelmi Minisztérium Zrínyi Geoinformációs
és Toborzástámogató Közhazsnú Nonprofit Kft.
1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7-9.
Postacím: 1276 Budapest 22, Pf. 85
Telefon: 336-2030, Fax: 336-2035

FÓKUSZBAN

Földi Ferenc: A Gepárd nagy
űrméretű puská fejlesztésének
története V. rész 10



Koch Máté: Mesterséges
intelligencia és szimuláció
II. rész 13



Porkoláb Imre – Hannel Sándor
– Hegedűs Ernő: A Védelmi
Innovációs Kutatóintézet,
a NATO DIANA és a hazai
védelmi célú innováció új
rendszere II. rész 52



Hegedűs Ernő: ADAM-
technológiájú 3D-s
fémnyomatás 61



TANULMÁNYOK

Szabolcsi Róbert: Humán
operátorok tevékenységének
matematikai modellezése 2
Farkas Zoltán: A világ
legütőképesebb
harckocsijai III. rész 16
Vasáros Gábor László: Orosz
zászlóaljharccsoportok
szerepe az elmúlt 8 év
tápasztalainak tükrében
II. rész 20
Benke Bálint Péter:
A megtévesztés új korszaka 26

NEMZETKÖZI HADITECHNIKAI SZEMLE

Lesták Tamás: Az orosz légierő
alkalmazása az orosz–ukrán
háborúban III. rész 34
Gulyás Attila: Hálózati
szolgáltatások biztosítása 39
Ocskay István: A vezető nélküli
szárazföldi járművek tesztelése
Észtországban 43

ŰRTECHNIKA

Frey Sándor: A kínai
űrprogramokról Budapesten –
első kézből 47

HAZAI TÜKÖR

Ozsváth Sándor: Elbit Skylark
I-LEX pilóta nélküli
felderítő repülőgép
rendszeresítése
a Magyar Honvédségben 57

HADITECHNIKA-TÖRTÉNET

Sarus Ferenc: A Mészáros
hadigőzös II. rész 67
Somkutas Róbert: A német
alárendeltségbe léptetett
magyar királyi I. gyorsadtest
tevékenysége VI. rész 71
Haditechnika folyóirat összesített
tartalomjegyzék, 57. évfolyam,
2023. 74

Olvasószerkesztő: Kádár M. György ■ **Nyomdai előkészítés:** HEXACO GNH Kft.

Nyomtatás: HM Zrínyi Nonprofit Kft. ■ **Felelős vezető:** Kulcsár Gábor ügyvezető

A **Haditechnika** kéthavonként nyomtatásban megjelenő folyóirat.

A szerkesztőség elérhetőségei:

1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7-9. ■ Telefon: +3630-773-7494 ■ haditechnika@hmzrinyi.hu
kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT; <https://www.facebook.com/HTfolyoirat/>

INDEX: 25381 ■ ISSN 0230-6891 (Nyomtatott) ■ ISSN 1786-996X (Online)

Szabolcsi Róbert*

Humán operátorok tevékenységének matematikai modellezése

BEVEZETÉS, PROBLÉMAFELVETÉS

Az első gépek megjelenésével egyidejűleg felmerült annak szükségessége is, hogy az azokat kezelő, az egyes irányítási folyamatokban részt vevő embert, kezelőt, operátort írjuk le olyan matematikai modell segítségével, amely jól használható úgy a nyílt-, mint a zárt hatásláncú irányítási rendszerek tervezésénél, illetve vizsgálatánál. A tudományos kutatások e téren az 1950-es években gyorsultak fel, amikor már rendelkezésre álltak olyan érzékelők és adatgyűjtők, amelyek segítségével a regisztrált jeleket jól lehetett használni identifikációs célra.

E területen kiemelkedő helyet foglalt el a repülés, ahol a pilóták képzésében már 1929-ben elkezdődött a szimulátorok széles körű alkalmazása. Az első, meglehetősen kezdetleges szimulátorok még csak a pilótaképzés egyes fázisaiban segítettek a repülőoktatók munkáját, és a növendékek tanulási folyamatát.

Az 1950-es évektől már analóg, hibrid, majd digitális számítógépes rendszerekre épültek a szimulátorok, amelyek álló, vagy mozgó kabinjuk segítségével, egyre szofisztikáltabb látó rendszereket alkalmazva, nagyon élethű módon modellezték a repülőgép és a repülés egyes jellemzőit. E szimulátorok már nagy számban képesek a pilóták viselkedését jellemző mennyiségeket érzékelni, mérni, és identifikációs céllal archiválni.

A humán kezelők, operátorok tevékenységének matematikai leírása lehetővé teszi, hogy az „ember-gép” rendszerben ne csak a hardver elemekre támaszkodjunk, és erre korlátozzuk a rendszerek tervezését, hanem az „ember” részt is leírjuk, és adott esetben vegyük figyelembe az operátorok fizikai-mentális állapotát. Az irányítási rendszerekben tevékenykedő kezelők, operátorok alapvetően vizuális információt érzékelnek, és ezen információk alapján a korábban elsajátított és memorizált szabályrendszer alapján avatkoznak be a folyamatokba.

A folyamatosan fejlődő, modernizálódó haditechnikai eszközök és komplex haditechnikai rendszerek egyik sajátossága, hogy kezelőik egyre bonyolultabb irányítási feladatokat hajtanak végre, és ez – bármely fegyvernemről

legyen is szó – egyre magasabb szintű tudást és felkészültséget követel meg a kezelőktől.

A szerző célja, hogy bemutassa az operátorok, kezelők tevékenységének leírására szolgáló matematikai modelleket, valamint eme modellek segítségével igazolja az egyes operátorok fizikai-mentális állapotának megfelelő paraméterek hatását az általuk végzett tevékenységre. A matematikai modellek segítségével a szerző igazolja, hogy az egyes irányítási folyamatok vizsgálata során az operátorok modellezése lehetséges, és elengedhetetlenül szükséges.

TUDOMÁNYOS ELŐZMÉNYEK

A katonai repülés számos kihívása (pl. a földi célokra történő rácsapás, a levegő-levegő, illetve a levegő-föld osztályú rakéták célba juttatása, a légi lövészet, a zárt kötelékes repülés, a harci alakzatok tartása, a repülés bonyolult időjárás körülmények között stb.) arra inspirálta az [1] mű szerzőit, hogy a korábbi, már az 1940-es években elkezdett kísérletekre támaszkodva egzakt matematikai modellekkel írják le az operátorok tevékenységét, és viselkedését.

Ward [2] munkájában analóg számítógépeket használt az operátorok matematikai modellezésére. Áttörésként, és teljesen új megközelítésként foghatjuk fel a [3] munkát, ahol is a szerzők az operátort már a követő rendszer részeként vizsgálják, amelynek csak a modellje fontos, és elvonatkoztat a modell mögött álló személytől. E személet alapozta meg a jóval később bevezetett modellalapú rendszervizsgálatot és rendszertervezést.

McRuer et al. a [4] összegző munkájukban egy laboratóriumi kísérleti projektet írtak le, amelynek során a korábbi, a humán pilóta tevékenységének leírására használt matematikai modelleket, valamint azok vizsgálatának eredményeit validálták és verifikálták. Megerősítették a gyakorlatban használatos matematikai modellek helyességét, és alkalmazhatóságát.

Az [5] műben a szerző már egy konkrét szabályozási rendszerben vizsgálja az operátorok tevékenységét. E mű

ÖSSZEFOGLALÁS: Az „ember-gép” kapcsolat – az ember aktív részvétele úgy a nyílt, mint a zárt hatásláncú irányítási folyamatokban egyaránt – megköveteli, hogy ismerjük az ember, az operátor tevékenységének matematikai leírását. A tanulmány a humán operátorok tevékenységének matematikai leírásával, valamint e tevékenységet leíró dinamikus modellek vizsgálatával, és számítógépes analízisével foglalkozik.

KULCSSZAVAK: ember-gép kapcsolat, humán operátor, matematikai modellezés, számítógépes modellezés, minőségvizsgálat

ABSTRACT: The 'man-machine' relationship, the active participation of the human both in open or in closed loop control systems requires knowledge of the human activity, the knowledge of the mathematical models of the human operator. The article deals both with mathematical modelling of the human operators' activity and with their computer-aided simulation.

KEY WORDS: 'man-machine' relationship, human operator, mathematical modelling, computer simulation, performance analysis

* Prof. dr. habil. Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, tart. mk. ezredes, egyetemi tanár.
ORCID: 0000-0002-2494-3746

eredményei nagyban segítették az Apollo-űrprogramban részt vevő űrhajósok kiválasztását, és földi felkészítését. A szerző részletesen vizsgálta a zárt szabályozási rendszerekben tevékenykedő operátorok jellemzőit, és azok esetleges változásának hatását az egyes irányítási feladatok végrehajtásának hatékonyságára.

Az operátorok tevékenységének egy-, illetve többváltozós követő rendszerekben történő vizsgálata is nagyon fontos, hiszen a humán pilóták tevékenységére ez tipikusan jellemző. A [6] irodalom összefoglaló műként bemutatja a pilóták korábban identifikált matematikai modelljeit, és megadja azok részletes irányítástechnikai vizsgálatát.

A pilóták viselkedését az automatikus repülésszabályozó rendszerekben a [7], a [8], a [9] és a [10] irodalmak mutatják be részletesen. E művek vizsgálják többek között, hogy a légi járművek irányítási rendszerében tevékenykedő pilóta hogyan változtatja meg a teljes irányítástechnikai rendszer viselkedését, a stabilitását, és az egyéb irányítástechnikai dinamikai jellemzőit.

A szerző [11] munkájában részletesen foglalkozott az egyik leginkább bonyolult jelenség, a pilóták tevékenységének holtidejével, és a holtidő lineáris approximációjával. A légi járművek műszerei és navigációs műszerrendszereit a [12] könyv taglalja részletesen.

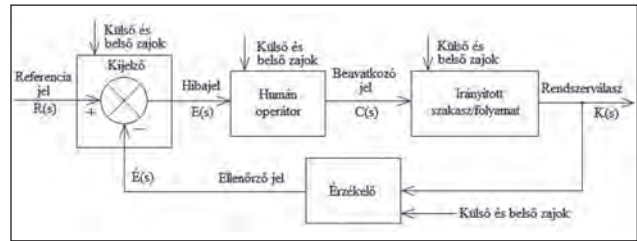
AZ „EMBER-GÉP” KAPCSOLAT

Az „ember-gép” kapcsolat két alapvető formáját különböztetjük meg. Az egyik esetben a műszaki rendszer vagy az irányítási folyamat teljesen automatizált, és az ember, mint egy felsőbb szintű döntéshozó *off-line* tevékenykedik, vagyis kívül helyezkedik el a rendszeren. Az ember az általa gyűjtött információ, és a megtanult szabályrendszer törvényei alapján, szükség esetén leállítja az irányítási folyamatot.

A másik esetben az ember *in-line* az irányítási folyamat része. Az „ember-gép” kapcsolat elvi ábrája ebben az esetben az 1. ábrán látható.

Az 1. ábra alapján elmondható, hogy az „ember-gép” kapcsolat, és így maga az irányítási folyamat is valós fizikai környezetben valósul meg. Az irányítási folyamat ez eltérés elve alapján működik: a rendszerbe bevitt referenciajelet különbségképző szerv hasonlítja össze az irányított folyamat megfelelő állapotváltozóival. A kijelzőn megjelenített hibajelet az ember (operátor) a látórendszerével érzékeli, majd a megtanult szabályrendszer alapján úgy avatkozik be az irányítási folyamatba, hogy a hibajelet zérus értéket

1. ábra. Az „ember-gép” rendszer elvi vázlata (A szerző szerkesztése)



2. ábra. Nullindikátor elvi vázlata (A szerző szerkesztése)

vegyen fel. Az irányítási folyamat nagyon fontos jellemzője, hogy a folyamat valós fizikai környezetben zajlik, így módon, úgy az „ember”, mint a „gép” alrendszer külső és belső zajjal terhelt, amelyek rendszerint sztochasztikus (véletlen) additív zavarjelek.

Maga az irányítási folyamat lehet egy-, vagy többváltozós is. Az egyváltozós szabályozási rendszerben (pl. a jármű sebességének stabilizálása) az operátor (pl. járművezető) rendszerint egy bemeneti jelet hoz létre. Ilyen és hasonló esetekben az operátor nem kell, hogy megossza a figyelmét, és csak az egyetlen hibajel értékét megszüntetésére koncentrálhat. (2. ábra)

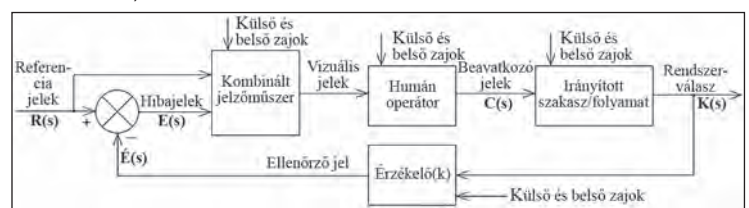
Többváltozós irányítási rendszerekben kettő, vagy több állapotváltozó változását is követnie és korigálnia kell az operátornak. Ilyen irányítási rendszer például a légi járművek félautomatikus leszállítása, amikor a repülőgép-vezető (hajózó) az ILS/MLS rendszer (Instrument Landing System/ Microwave Landing System – műszeres és mikrohullámú leszállítórendszer) két jelét (síklópálya egyenlő jelű zónájától mért szögeltérés, és az iránypálya egyenlő jelű zónájától mért eltérés), valamint a repülési sebességet, és a függőleges sebességet, valamint a repülési magasságot is irányítani kell.

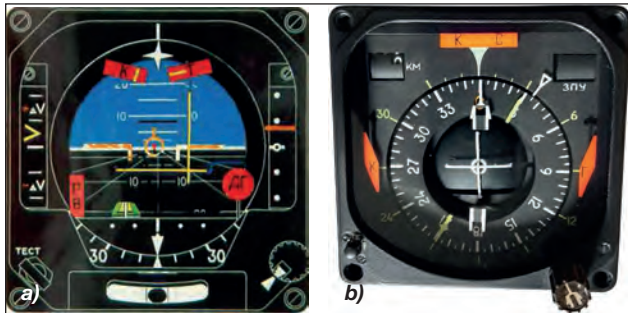
Könnyű belátni, hogy a többváltozós félautomatikus, vagy kézi irányítások esetén a 2. ábrán látható rendszer (nullindikátor) kijelzője által használt jelzőelemek (pl. száleresztek) új funkcióval is bírhatnak: utasítást adnak az operátornak, hogy a hibajel kiküszöbölése érdekében az egyes beavatkozó szerveket (a repülésben ezek a botkormány, a hajtóművezérlő kar, és a pedálok) hogyan működtessék. Félautomatikus irányítások esetén a repülésben ezek az utasítások az alábbiak lehetnek: 'botkormány hasra', 'botkormány hastól', 'botkormány jobbra', és 'botkormány balra'. E műveleteket mindaddig végzi az operátor, amíg a hibajelet meg nem szünteti (3. ábra).

A 3. ábrán jól látható, hogy az operátor (pl. gyártósori dolgozó, járművezető, hajózó, UAV-kezelő stb.) a kijelzőn láthatja úgy a jel kívánt referenciaértékét, mint a hibajel kiküszöböléséhez szükséges beavatkozás irányát és nagyságát.

A 4. ábrán néhány repülésben használt műszert mutatunk be. A 4.b ábrán egy vízszintes helyzetjelző (irányszögjelzőműszer) látható, amely egyben az ILS-rendszer jelzőműszere is. Az irány- és a síklópálya egyenlő jelű zónájának befogása után a jelzőműszeren a légi jármű pillanatnyi helyzetét a síklópályához képest szálereszt jelzi a hajózó

3. ábra. A félautomatikus irányítás elvi vázlata (A szerző szerkesztése)





4. ábra. Műhorizont a) és irányszög jelzőműszerek b) [13]

számára. A szátkereszt függőleges mutatója a sikló pályától jobbra, illetve balra elhelyezkedést jelzi, míg a szátkereszt vízszintes mutatója a sikló pályá alatti, vagy feletti elhelyezkedést jelzi.

A 4.a ábrán egy kombinált műhorizont jelzőműszer látható. Az ILS-alapú leszállások során kijelzik a repülőgép valós, pillanatnyi helyzetét a sikló pályához képest. A jelzőműszer jobb oldali, és alsó részén látható egy-egy skála jelzi, hogy a repülőgép hol helyezkedik el a sikló pályához képest (alatta, fölötté, tőle jobbra, tőle balra). A 4.a ábrán látható állapotban a légi jármű a megadott irány pályán közelíti meg a futópályát, azonban a sikló pályá egyenlő jelű zónája fölött helyezkedik el.

Félautomatikus, a „hajózó-ILS” rendszer által végrehajtott kézi vezérlésű leszállások során a szátkereszt mutatói jelzik a hajózó számára, hogy a légi jármű sikló pályán történő leszállításához a hajózónak milyen kormánybemene- teket kell létrehoznia.

A 4.a ábrán látható, és a sikló pályá felett elhelyezkedő légi jármű sikló pályára történő visszatérítése érdekében a szátkereszt vízszintes mutatója a „botkormány hastól” parancs végrehajtására utasítja a hajózót (3. ábra). Az iránypálya tekintetében, a leszállás során a légi jármű balra helyezkedik el az iránypálya egyenlő jelű zónájától, így a szátkereszt függőleges mutatója a „botkormány jobbra” utasítást jelzi a hajózó számára.

Könnyű belátni, hogy a humán operátor viselkedése a „hajózó-ILS” rendszerben alapvető fontosságú, és az irányítási folyamat leírásához a humán operátor, a hajózó matematikai modellezése elengedhetetlenül szükséges.

A HUMÁN OPERÁTOR ÁLTALÁNOS MATEMATIKAI MODELLJE

Az irányítási rendszerekben tevékenykedő humán operátorok, kezelők tevékenységét az alábbi fontosabb jellemzők írják le [4] [5] [6]:

1. Reakcióidő (holtidő): a humán operátor izomrendszere segítségével történő beavatkozása holtidős. A holtidő egy része az információ idegrendszeren történő végig haladására, egy része a retinán érzékelt információ feldolgozására, valamint az információ agykéregben történő feldolgozására vezethető vissza. A holtidő főként az átmeneti függvényeken figyelhető meg.
2. Kisfrekvenciás tulajdonság: kísérletekkel igazolták, hogy az operátorok a kisfrekvenciás parancsjelek követése során a nagyfrekvenciás jeleket igyekeznek csillapítani.
3. Az operátor változó paraméterű: az operátor matematikai modelljének paraméterei idővel változnak. Ennek egyik oka, hogy az operátor paraméterei a folyamatos tanulás, és a tapasztalatok szerzése miatt rendre előnyűkre változnak, és folyamatosan javulnak. A másik

ok, hogy az operátor képes úgy a külső környezet, mint az irányítási folyamat jellemzőit és feltételeit érzékelni, és a saját paramétereit a megváltozott feltételekhez igazítani.

4. Predikciós képesség: a humán operátor a múltbéli tudására és tapasztalataira támaszkodva képes előre megbecsülni a cél várható viselkedését és mozgását. Ily módon a várható bemeneti jel extrapolációja a követési feladat megoldása során az operátor számára előre becsült bemenet követésének feladatává alakul. Ilyen predikciós kisfrekvenciás, becsült bemeneti jel lehet az állandó frekvenciájú harmonikus jel, vagy éppen az állandó frekvenciájú négyszögjel.
5. Nemlinearitás: egyes esetekben előfordulhat az operátor nemlineáris viselkedése. Más szóval, az operátor tevékenységében akár statikus (érzéketlenségi sáv, korlátozás), vagy dinamikus nemlineáris hatások (nemlineáris függvényekkel leírható tevékenységek) jelennek meg.
6. Determinisztikusság: bár a humán operátor viselkedése inkább véletlen, mint determinisztikus, tekintettel arra, hogy az általa valós környezetben végrehajtott ugyanazon követési feladat megoldásakor más és más módon hajtja végre a feladatát. Mindazonáltal, ezek a paraméterváltozások kis értékűek, ha az egyébként nem bonyolult követési feladat megoldására kellő idejű képzést kapott az operátor. Az operátor tevékenységének leírására használt determinisztikus modell alkalmazható a statisztikus (véletlen) értelemben vett minőség biztosítására is.
7. Szakaszos-szagotott tevékenység: kísérletekkel igazolt, hogy egyes követő irányítási rendszerekben az operátor tevékenysége szagotott, nem tekinthető folyamatosnak, hiszen adott követési feladatban csak akkor avatkozik be az egyes folyamatokba, ha a rendszerválasz nem egyezik meg a bemeneti referencia-jellel, egyébként várakozik a megjelenő hibajelre, és azt a legjobb tudása szerint szünteti meg.

A fenti megfontolások alapján, valamint számos és sokrétű laboratóriumi és orvosi kísérlet eredményeként a humán operátor (dolgozó, kezelő, gépjárművezető, UAV-kezelő, hajózó stb.) alábbi átviteli függvényét szokás használni az irányítási rendszerek vizsgálata során [1] [3] [4] [5; 29. o.] [6] [7]:

$$Y(s) = \frac{X_{ki}(s)}{X_{be}(s)} = K \frac{1 + \sigma s T_L}{(1 + s T_i)(1 + s T_N)(s^2 + 2\xi\omega s + \omega^2)} e^{-s\tau} \quad (1)$$

ahol:

- $X_{be}(s)$ az operátor kisfrekvenciás bemeneti vizsgálójele;
- $X_{ki}(s)$ az operátor kimeneti (válasz) jele;
- K az operátor jelátvitelének állítható erősítése;
- τ a holtidő;

$\frac{1}{(1 + s T_N)(s^2 + 2\xi\omega s + \omega^2)}$ a neuromuszkuláris rendszer dinamikája;

$(1 + \sigma s T_L)$ az operátor predikciós képességét leíró modell;

$\frac{1}{(1 + s T_i)}$ a bemeneti jelkövetésének időkésése,

$\frac{1 + \sigma s T_L}{(1 + s T_i)}$ a jelkiegyenlítés (hibajel nullázása) szolgáló tag,

míg a teljes dinamikus modell a σ skalár segítségével hangozható.

1. táblázat. A humán operátor paraméterei (A szerző szerkesztése)

Bemeneti vizsgálójel	T_p [s]	T_L [s]	T_N [s]	σ	K
Lassan változó	0,103	13,5	0,05	0,0076	52,5
Közepes sebességű	0,37	5,0	0,143	0,074	11,0
Gyorsan változó	0,62	3,7	0,143	0,167	2,0

A gyakorlatban a neuromuszkuláris rendszer modelljében a másodrendű dinamikát egységnyi erősítéssel közelítik, így az (1) egyenlet most az alábbi alakot veszi fel:

$$Y(s) = \frac{X_{ki}(s)}{X_{be}(s)} = K \frac{1 + \sigma s T_L}{(1 + s T_I)(1 + s T_N)} e^{-s\tau} \quad (2)$$

A humán operátor (légijármű-vezetők) (2) egyenlettel adott modelljének együtthatóit az 1. táblázat foglalja össze [1; 83. o.] [4; 37. o.]:

Az 1. táblázatban közölt adatokat több hajózó személyes részvételével, repülő-szimulátoros kísérletek során állapították meg. Könnyen belátható, hogy az irányítási rendszerekben a kiváló pszicho-fizikai állapottal rendelkező hajózők matematikai modellje közvetlenül nem használható, csak a (2) matematikai modell paramétereinek megfelelő megváltoztatása után.

Ha a (2) matematikai modellt egy kezdő UAV-operátor viselkedésének leírására használjuk, akkor az UAV irányításának tanulása kezdeti fázisában, tudás és tapasztalat hiányában, az operátor predikációs képességével nem számolhatunk, vagyis $1 + \sigma s T_L \cong 1$. Másodszer, a neuromuszkuláris rendszer viselkedését jellemző T_N időállandó is lényeges mértékben megnövekedhet, ha a követendő jel sebessége gyorsul. (1. táblázat)

Hasonlóképpen, egy átlagos mentális és fizikai képességgel rendelkező, hobbicélú UAV operátorának beavatkozási holtideje akár a $\tau = (0,3 \div 0,7)$ s tartományon is felvehet t értéket. A zárt irányítási rendszerekben a holtidő lényegesen befolyásolja a stabilitási viszonyokat, és kritikus értéke mellett a stabilitás határára juttathatja a zárt szabályozási rendszert, sőt, akár destabilizálhatja is azt.

A katonai célú UAV-k D3 (Dirty-Dull-Dangerous – koszos, unalmas, veszélyes) alkalmazásai esetén előfordulhat, hogy a kezelők kiválasztása és képzése során nem a minőségi, és nem a szakmai elvárások, hanem mennyiségi követelmények uralkodnak annak érdekében, hogy a katonai egységek és alegységek megfelelő számú UAV-flottát legyenek képesek üzemeltetni.

Ebben az esetben sokszor EC (Extra Cheap), a kereskedelmi forgalomban is kapható, nem kifejezetten katonai célja kifejlesztett UAV-eket alkalmaznak, így azok esetleges meghibásodása vagy elvesztése esetén, elfogadható anyagi veszteségek mellett, gyorsan pótolhatók.

A UAV-operátorok nem kellően alapos kiválasztása miatt olyan kezelők is az UAV-k közelébe kerülhetnek, akik korlátozott, nem megfelelő mentális és fizikai alkalmassággal rendelkeznek.

Ehhez társulhat még a képzésük elégtelen volta mind szakmai, mind technikai értelemben, amelyet a harctéri háborús események során sokszor a szükségletek irányítanak, és a minőségi és egyéb szempontok jórészt nem dominálnak.

A HUMÁN OPERÁTOR SZÁMÍTÓGÉPES VIZSGÁLATA

A humán operátor (UAV-kezelő, hajóző) modelljének analízise előtt vizsgáljuk meg, hogyan kezelhető a nemlineáris

holtidő matematikai modellje, más szóval, hogyan tudjuk linearizálni a holtidő matematikai modelljét.

Írányításméletből jól ismert, hogy a holtidő linearizálható a széles körben használt Padé-approximációs módszer segítségével [11; 410. o.]:

$$e^{-s\tau} \cong P_\sigma(s) = \frac{N_\sigma(s)}{D_\sigma(s)} = \frac{\sum_{k=0}^n (-1)^k c_k \tau^k s^k}{\sum_{k=0}^n c_k \tau^k s^k}, \quad (3)$$

ahol a (3) egyenlet c_k együtthatóit az alábbi összefüggés segítségével számíthatjuk:

$$c_k = \frac{(2n - k)! \cdot n!}{2n! \cdot k! \cdot (n - k)!}, \quad n = 1, 2, 3, \dots; k = 0, 1, 2, 3, \dots, n. \quad (4)$$

A gyakorlatban felmerül a kérdés, hogy mi az az approximációs rendszám, amely esetén még megfelelő a közelítés pontossága, és a közelítő matematikai modell még kezelhető. A szerző a [11] munkájában a kislekencés harmonikus jelek követésére használt operátormodell 2%-os pontosságának elérését tűzte ki célul, amit ötödrendű Padé-approximáció mellett ért el.

Mindezek alapján, a humán operátor (2) átviteli függvényében szereplő $\tau = 0,3$ s holtidőt annak ötödrendű Padé-approximációs lineáris alakjával közelíthetjük, vagyis [11; 410. o.]:

$$e^{-s\tau} = e^{-0,3s} \cong 1 - \frac{0,3}{2}s + \frac{0,3^2}{12}s^2 - \frac{0,3^3}{120s}s^3 + \frac{0,3^4}{1680s^4} - \frac{0,3^5}{30240}s^5 \quad (5)$$

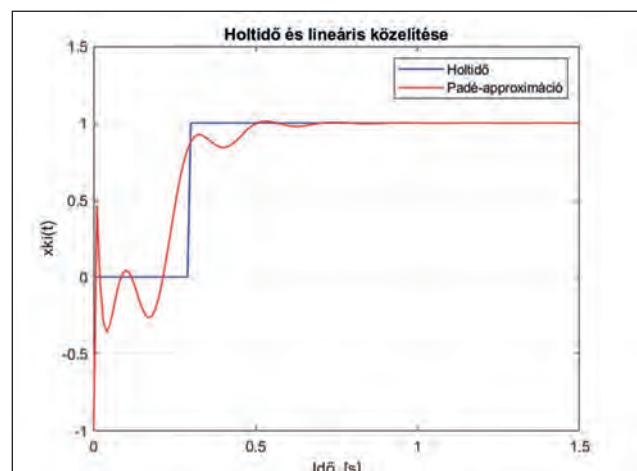
$$\cong \frac{1 + \frac{0,3}{2}s + \frac{0,3^2}{12}s^2 + \frac{0,3^3}{120s}s^3 + \frac{0,3^4}{1680s^4} + \frac{0,3^5}{30240}s^5}{1 + \frac{0,3}{2}s + \frac{0,3^2}{12}s^2 + \frac{0,3^3}{120s}s^3 + \frac{0,3^4}{1680s^4} + \frac{0,3^5}{30240}s^5}$$

A holtidő, és annak approximált alakjának az $x_{be} = 1(t)$ egységugrás függvény bemeneti jelre adott válasza az 5. ábrán látható.

Az 5. ábrán jól látható, hogy az időtartományban – a holtidő zónában – a közelítő modell „leng” a zérus értékű ideális holtidő függvénye körül. A két dinamikus viselkedés magasabb rendszámú approximáció segítségével pontosabb

5. ábra. Holtidő vizsgálata időtartományban

(A MATLAB-scriptet a szerző készítette)



sabban is egymásra illeszthető, ennek velejárója azonban a bonyolultabb modell, aminek vizsgálata jóval nagyobb számítási kapacitást igényel.

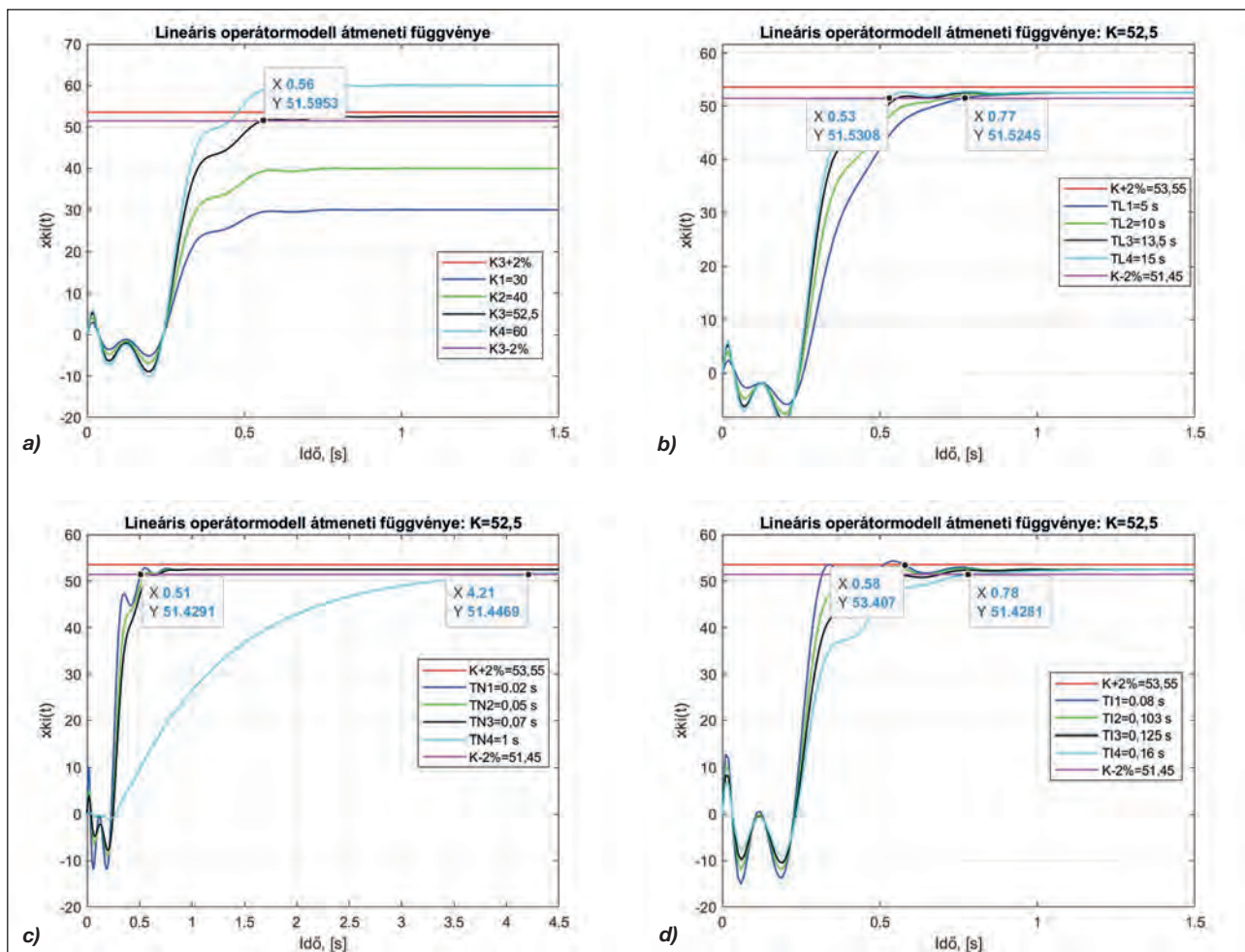
A humán operátor viselkedésének (2) átviteli függvénye az (5) egyenlet figyelembevételével most az alábbi alakban írható fel:

$$Y(s) = \frac{x_{ki}(s)}{x_{be}(s)} = K \frac{1 + \sigma s T_L}{(1 + s T_I)(1 + s T_N)} \frac{1 - \frac{0,3}{2}s + \frac{0,3^2}{12}s^2 - \frac{0,3^3}{120s}s^3 + \frac{0,3^4}{1680s^4} - \frac{0,3^5}{30240}s^5}{1 + \frac{0,3}{2}s + \frac{0,3^2}{12}s^2 + \frac{0,3^3}{120s}s^3 + \frac{0,3^4}{1680s^4} + \frac{0,3^5}{30240}s^5} \quad (6)$$

A humán operátor (6) egyenlettel adott dinamikáját az alábbi paraméterek mellett vizsgáljuk:

$$K = 52,5; \quad \sigma = 0,0076; \quad T_L = 13,5s; \quad T_I = 0,103s; \quad T_N = 0,05s, \quad (7)$$

és az $x_{be} = 1(t)$ egységugrás függvény bemeneti jelre adott humán operátor válaszfüggvény a 6. ábrán látható.



6. ábra. A humán operátor átmeneti függvénye (A MATLAB-scriptet a szerző készítette)

A 6.a ábrán jól látható, hogy $\Delta = \pm 2\%$ dinamikus pontossággal számolva a humán operátor transziens ideje $t_{ss} = 0,55$ s, ami gyors beavatkozási sebességet jelent a gyakorlatban. Szintén megállapítható, hogy a K erősítés növekedésével a transziens idő folyamatosan csökken. A 6.b ábra azt szemlélteti, hogy a T_L predikciós időállandó növekedése csökkenti a transziens időt. A 6.c ábra azt mutatja be, hogy a T_N neuromuszkuláris időállandó növekedése lényeges mértékben növeli a transziens időt. Végezetül, a 6.d ábra azt igazolja, hogy a T_I időállandó növekedése szintén növeli a transziens időt, ami hátrányosan befolyásolhatja egy-egy követési feladat sikeres végrehajtását. A 6.b, a 6.c, és a 6.d ábrák alapján megállapíthatjuk, hogy a transziens időre

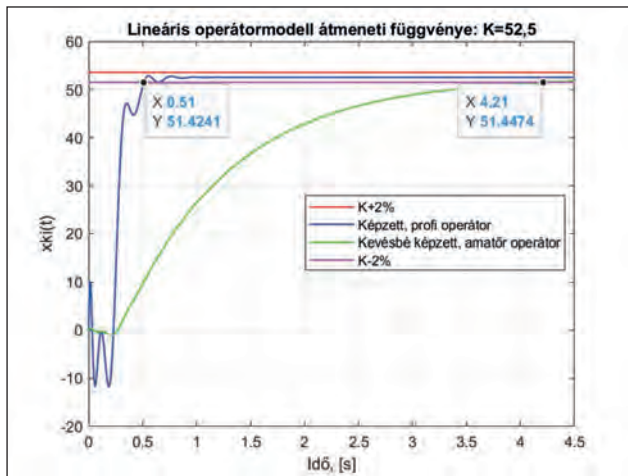
döntően a T_N neuromuszkuláris időállandó változása hat, leginkább erre a paraméterre érzékeny a modell.

A korábban ismertetettek szerint tehát felírhatjuk a humán operátor két, egymástól drasztikusan eltérő dinamikus modelljét. Az első esetben a matematikai modell egy jól felkészült, okos, higgadt operátort (pl. profi, képzett operátorok) ír le, míg a másik esetben a modell egy szerény képességekkel, alacsony képzettséggel rendelkező, stresszes operátor (pl. amatőr, modelloperátorok) tevékenységét írja le. A két matematikai modell adatait a 2. táblázat foglalja össze.

A „profi” és az „amatőr” humán operátorok átmeneti függvényei a 7. ábrán láthatók.

2. táblázat. Humán operátor paraméterei (A szerző szerkesztése)

Humán operátor	T_p [s]	T_L [s]	T_N [s]	σ	K
Alkalmas, képzett, higgadt, profi operátor	0,08	15	0,02	0,0053	52,5
Kevésbé alkalmas, kevésbé képzett, stresszes, amatőr operátor	0,16	5,0	1	0,032	52,5



7. ábra. A profi és az amatőr humán operátor átmeneti függvényei (A MATLAB-scriptet a szerző készítette)

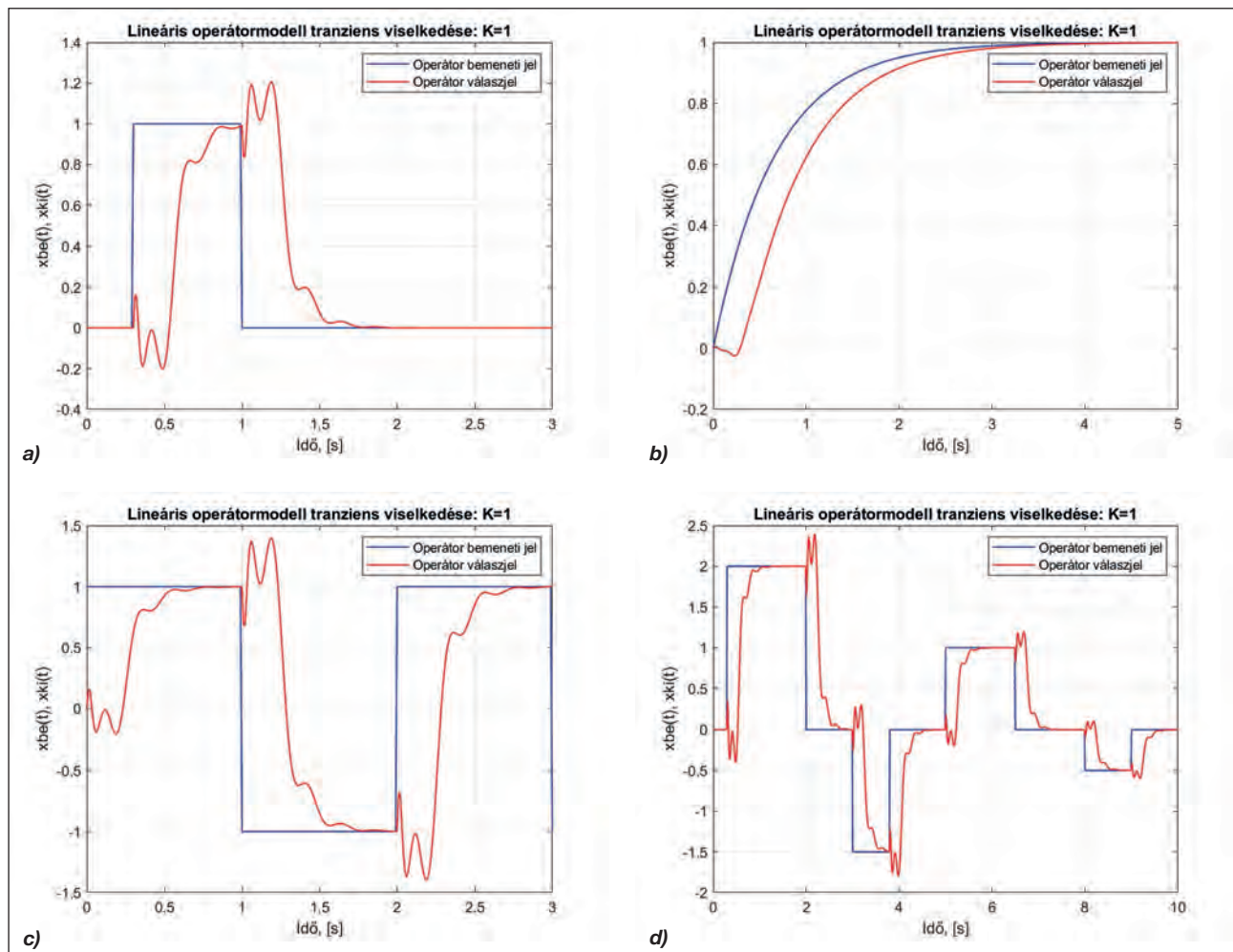
A 7. ábrán is jól látható, hogy ugyanazon egységugrás-alapjel követési feladat ellátásához a profi operátornak $\approx 0,51$ s időre, míg az amatőr operátornak $\approx 4,21$ s időre van szüksége. Könnyen belátható, hogy a tranziens idő ilyen mértékű megváltozása a gyakorlatban akár a követési feladat megoldásának sikertelenségét is jelentheti.

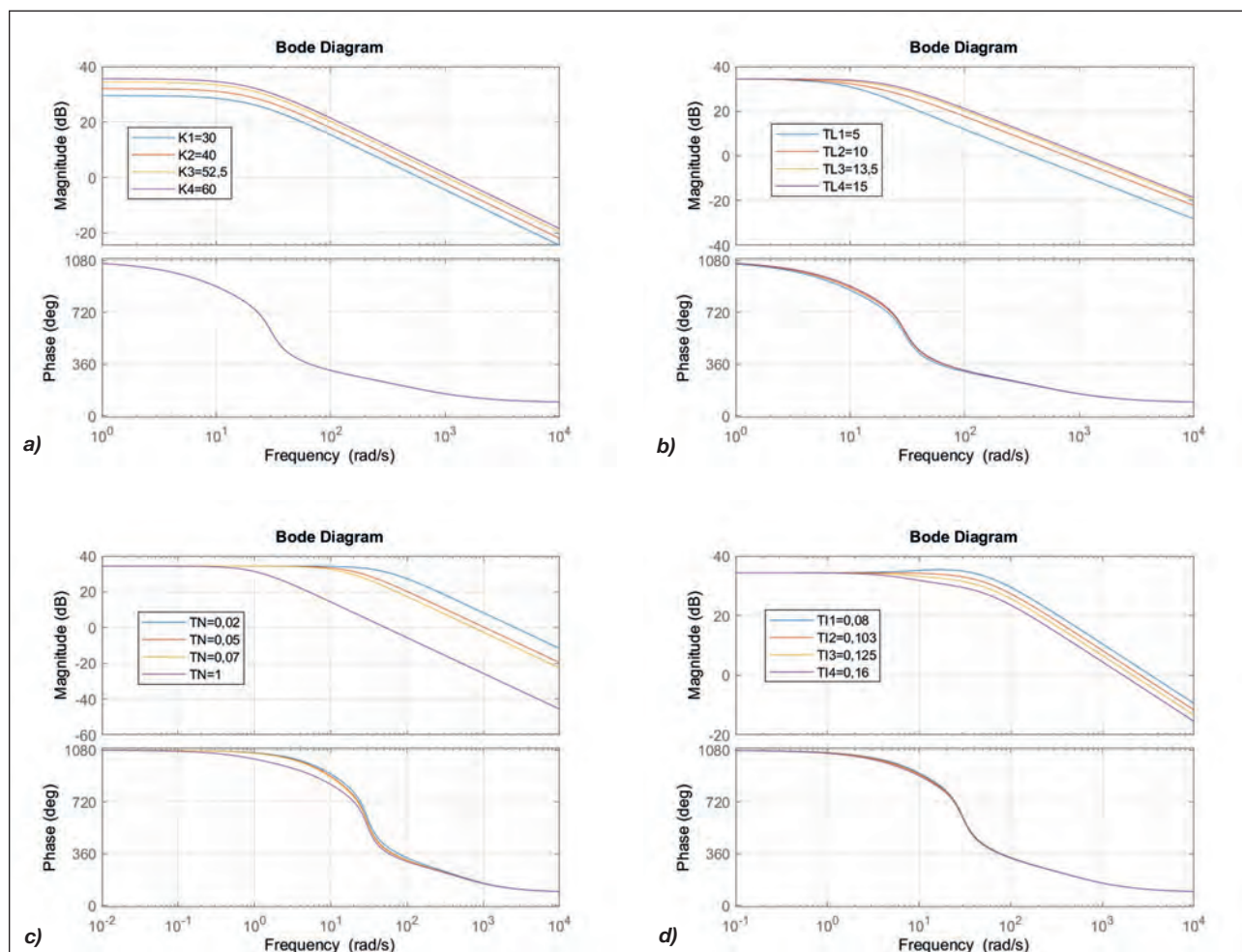
A továbbiakban vizsgáljuk meg a humán operátor viselkedését különféle tipikus, determinisztikus bemeneti vizsgálójelre, amelyek legyenek az alábbiak (8. ábra):

1. aperiodikus, hirtelen megjelenő, hirtelen eltűnő négyszögjel (8.a ábra);
2. aperiodikus, exponenciális jel (8.b ábra);
3. periodikus, előjelváltó, szimmetrikus négyszögjelsorozat (8.c ábra);
4. aperiodikus, előjelváltó, aszimmetrikus négyszögjelsorozat (8.d ábra).

A 8.a alapján elmondhatjuk, hogy a humán operátor holtidővel és időkésséssel ugyan, de leköveti a vizsgálójel. A holtidő közelítése (5. ábra) több lengést is jelent a zérus érték körül. Ez a közelítő lengés lényeges mértékben csök-

8. ábra. A humán operátor válaszjelei időtartományban (A MATLAB-scriptet a szerző készítette)





9. ábra. A humán operátor válaszelei frekvenciatartományban (A MATLAB-scriptet a szerző készítette)

kenthető magasabb rendszámú Padé approximáció alkalmazásával, ebben az esetben azonban számottevő mértékben megnőhet a számítási igény.

A 8.b ábrán jól látható, hogy a lassan változó, folytonos, exponenciálisan változó jelet jól követi az operátor, a transziens folyamat kezdetén is csak kismértékű lengés figyelhető meg, és a transziens folyamat végére az operátor teljesen kiküszöböli a kezdeti holtidőt.

A 8.c ábrán olyan bemeneti jelet adunk a vizsgált operátormodell bemenetére, ami a gyakorlatban is sokszor előfordul. Az operátor viselkedése – hasonlóan a 8.a ábrán látható eredményekhez – a transziens folyamatok kezdetén mindig lengő, míg a teljes folyamat egytárolós, időkésséssé jelleget, de elmondható, hogy az operátor képes lekövetni a bemeneti jelet.

Végezetül, a 8.d ábrán látható eredmények alapján kijelenthető, hogy az operátor képes lekövetni a bemeneti jelet, de a transziens folyamatok a holtidő közelítése miatt mindig intenzív lengésekkel indulnak.

Különös figyelmet érdemel az operátorok viselkedése frekvenciatartományban (9. ábra). Tekintettel a humán operátor matematikai modelljének változó és változtatható hangoló paramétereire, a 9. ábra összefoglalja az összes lehetséges paraméterváltozást, és azoknak az irányítási folyamatra gyakorolt hatását.

A 9.a ábrán látható, hogy a K erősítésváltozás nem változtatja meg a fázisviszonyokat, hanem az erősítés-jellegzőgörbék helyzete változik a függőleges tengely mentén.

A 9.b ábrán a T_L predikciós időállandó változásának hatása, hogy közel azonos fázisviszonyok mellett, az időállandó növekedése növeli az erősítési tényezőt.

Korábbi ismeretes, hogy a T_N neuromuszkuláris időállandó változása lényeges mértékben befolyásolja, lassítja az operátor viselkedését időtartományban (6.c ábra). A időállandó változása a fázisszöveget a közepes frekvenciatartományban változtatja, míg az erősítést úgy közepes, mint nagyfrekvenciás tartományban csökkenti, amely hátrányos az alapjelkövetés sikerességének szempontjából.

Végezetül, a T_I időállandó érdemben csak a jelátvitel erősségét változtatja: az időállandó növekedése közepes és kisfrekvenciás tartományban a jelátvitel csökkenéséhez vezet, amely szintén hátrányos a bemeneti jelek követése során.

ÖSSZEGLÉS

Az „ember-gép” kapcsolat fontossága ma már vitathatatlan. Ebben a kétségtelenül bonyolult viszonyrendszerben az irányítási folyamatok összetettsége és kifinomultsága megköveteli, hogy az ember, a kezelő, az operátor megfelelően képzett legyen, és kellő tapasztalatot halmozzon fel az egyes irányítási folyamatokban.

A tanulmányban vizsgált operátormodell két fontos paraméterrel bír. Az egyik az operátor predikciós, „előre látó képességét” leíró T_L időállandója. E paraméter alapvetően

függ az operátor/kezelő tudásától és tapasztalataitól. Az T_L időállandó és a T_I időállandó viszonya dönti el, hogy a teljes operátor viselkedés előre látó (prediktív), fázissiettető lesz-e, vagy fáziskésleltető (integráló), követő lesz a teljes rendszer jellemzője.

Könnyű belátni, hogy a felkészült, profi operátor, aki kellő tudással, és a múltban felhalmozott, megfelelő mennyiségű tapasztalattal rendelkezik, az előre látó képessége miatt nem fog túlkormányozni, beavatkozásai nem lesznek agresszívok, tevékenysége során a stressz-szintje nem lépi túl az elfogadott szintet, az általa irányított folyamat az energiafelhasználás szempontjából is elfogadható lesz. A beavatkozásában kisebb lesz a holtidő, képes lesz gyorsabban reagálni, és szükség esetén pontos, kimért módon beavatkozni.

A kevésbé felkészült, és a múltban kevesebb tapasztalatot felhalmozó operátor stresszes, kapkodó, túlzott beavatkozásra, túlkormányzásra hajlamos lesz, így az irányítási rendszert szükségtelen terheléseknek teszi ki. Az irányítási folyamat agresszív lesz, és ugyanazon irányítási cél elérése érdekében nagyon sok energiát kell az irányításba befektetni.

Főként olyan rendszerekben, ahol nagyon korlátos az irányításhoz rendelkezésre álló energia (pl. kis méretű, villamos hajtású UAV-k) válik kulcsfontosságúvá az operátor viselkedése. Az agresszív kormányzásokkal irányított kis méretű UAV-k repülési ideje akár 30-40%-kal is csökkenhet, amely veszélyeztetheti egy-egy repülési feladat végrehajtásának hatékonyságát, vagy lehetetlenné teszi akár magát a repülési feladat végrehajtását is. Megemlítjük, hogy a másik fontos jellemzője az operátor tevékenységének a T_N neuromuszkuláris időállandó értéke. A vizsgált operátormodell e paraméterre a leginkább érzékeny. A kevésbé képzett, stresszes, kapkodó operátor csak nagyon lassan képes követni a referenciajelet, a tranziens ideje sokszorosa a profi operátor hasonló paraméterének (7. ábra).

Végezetül, a fenti megállapítások egyértelműen igazolják, hogy az irányításokban aktívan résztvevő operátorok képzése, majd az irányítások végrehajtása során a tapasztalatok gyűjtése, egyaránt elengedhetetlen feltétele a biztonságos működésnek. Főként igaz ez a kis méretű UAV-k kezelőire: nem elég sokadszor sem hangsúlyozni, hogy a repülő eszközök méreteinek trendszerű csökkenésével nem csökken, sőt, növekszik az elvárt tudás és tapasztalat, ami a biztonságos repüléshez elengedhetetlen.

KITEKINTÉS

Az operátorok, kezelők, irányítók gyakran zárt irányítási rendszerekben hajtják végre a küldetésüket, ezért a tevékenységük vizsgálata kiemelten fontos feladat. Ily módon lehetőség nyílik a PiL- (Pilot-in-the-Loop) jelenségek irányítástechnikai vizsgálatára, többek között az operátorok egyes paraméterei kritikus értékeinek meghatározására. Más szóval, az irányításmélet jól szolgálja az operátorok

egy feladatokra történő kiválasztásának folyamatát is. A repülésben egy másik fontos és kiemelt kutatási terület lehet a PIO- (Pilot Induced Oscillations – pilóta által kiváltott oszcillációk) jelenség kialakulásának vizsgálata, amikor maga az operátor hoz létre olyan divergáló tranziens folyamatokat, amelyek a légi jármű elvesztését is eredményezhetik. E jelenségek vizsgálata különösen fontos extrém alacsony, valós repülési magasságokon feladatot végrehajtó UAV-k esetében, amikor a divergáló tranziens folyamatok nagyon rövid idő alatt katasztrófához vezethetnek.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] McRuer, D. T., Krendel, E. S. Dynamic Response of Human Operators, WADC Technical Report, 1957. pp. 56–524. <https://doi.org/10.21236/AD0110693>;
- [2] Ward, J. R. The Dynamics of a Human Operator in a Control System – A Study Based on the Hypothesis of Intermittency. PhD Dissertation, University of Sydney, Australia, 1958.;
- [3] McRuer, D. T., Krendel, E. S. The Human Operator as a Servo System Element. Journal of the Franklin Institute, Vol. 267, Issue5, 1959. pp. 381–403. [https://doi.org/10.1016/0016-0032\(59\)90091-2](https://doi.org/10.1016/0016-0032(59)90091-2);
- [4] McRuer, D. T., Graham, G., Krendel, E., Reisener, W. Human Pilot Dynamics in Compensatory Systems. US Government Report, AFFDL-TR-65-15, 1965. <https://doi.org/10.1109/THFE.1965.6591261>;
- [5] Bekey, G. A. The Human Operator in Control Systems. University of Southern California, USCEE Report, 1969. p. 359;
- [6] McRuer, D. T., Krendel, E. S. Mathematical Models of Human Pilot Behavior. NATO AGARD-AG-188, 1974.;
- [7] Aslanyan, A. E. Aircraft Automatic Flight Control Systems, Part I. Kiev Military Aviation Technical Academy, Kiev, Ukraine, 1984.;
- [8] Krasovsky, A. A., Vavilov, Y. A., Sutchkov, A. I. Automatic Flight Control Systems. Air Force Academy of Joukowsky, Moscow, Russia, 1986.;
- [9] McRuer, D. T., Clement, W. F., Thompson, P. M., Magdaleno, R. E. Minimum Flying Qualities, Volume II, Pilot Modeling for Flying Qualities Applications. Technical Report WRDC-TR-89-3125, 1990.;
- [10] McLean, D. Automatic Flight Control Systems. Prentice Hall International (UK) Ltd., 1990.;
- [11] Szabolcsi, R. Modeling of the Human Pilot Time Delay Using Padé Series. Academic and Applied Research in Military Sciences, Volume 6, Issue 3, 2007. pp. 405–428;
- [12] Pallett, E. J. H., Coombs, L. F. E. Aircraft Instruments & Integrated Systems. Dorling Kindersley India Pvt. Ltd., Pearson Education in South Asia, 2011.;
- [13] Forrás: <https://avia.academic.ru/1336/> (Letöltve: 2023.2.8.).

2024-ben megújul a HADITECHNIKA

Tisztelt Olvasóink!

2024-ben – másfél évtized után – megújul folyóiratunk. Évi hat lapszámunk új köntösben, frissített tipográfiaiával jelenik meg. A Haditechnika ára 990 Ft-ra emelkedik, az éves előfizetés díja 5940 Ft.

a Szerkesztőség



32. ábra. A Gepárd M1 lövés közben talajmentü „mini orkánt” kelt a lőállásban
(Fotó: Zrínyi Nkft. / hmzrinyi.hu / Snoj Péter)

Földi Ferenc*

A Gepárd nagy űrméretű puska fejlesztésének története **V. rész**

35 év a honvédség szolgálatában

A Haditechnikai Intézet fejlesztő szakemberei 1988-ra elkészítették az 12,7 mm-es Gepárd mesterlövészpuska kísérleti mintapéldányát. A fegyver – Gepárd M1 néven –, több mint három évtizede szolgálja a Magyar Honvédséget. A tanulmány első része a fejlesztés előzményeit és a tervezés során felmerült problémákat, valamint azok megoldását ismertette. A második részében a szerző a speciális számításokra alapozott fegyvertechnikai megoldásokat mutatta be, míg a harmadik részben a kísérleti mintapéldány elkészítéséről és a fejlesztés folytatásáról írt. A döntéshozók számára rendezett bemutató lövészetet követően jóváhagyták a fejlesztés harcászati műszaki követelményeit, amely alapján elindult a kiviteli tervek átdolgozása és gyártásba adása. A negyedik részben a szerző megkezdte ennek az izgalmas folyamatnak a bemutatását, amely az ötödik részben folytatódik.

A Gepárd M1 legfontosabb többcélú alkatrész-kialakításának ismertetése előtt tisztázni kell, hogy a már bemutatott környezetben mit jelent a funkcióanalízis, pontosabban az egység/részegység/alkatrész funkcióanalízis fogalma. A kifejezés tartalma nem más, mint annak elemzése, hogy mi a vizsgált rész/elem részfeladata az egészben, és ennek a vizsgálatnak a lehető legnagyobb mélységig kell eljutnia.

Magát a Gepárd M1 fegyvert az analízishez az alkotóteam a következő fő szerelt egységekre bontotta:

- zárfej-markolat szerelvény*, a szerelt zárfejjel és az elsütő berendezéssel;
- szerelt cső* a zártokkal, a mellső amortizációs szerkezettel és a csőszájfékkel;
- szerelt válltámasz* a pofadékkal, a váll-lap és hátsó amortizációs szerelvényekkel;

d) szerelt tok a villalábbal és a hátsó lábbal, valamint az irányzékszerelékkel.

Tehát a fejlesztés során a funkcióanalízis feladatát az a)–d) szerelt egységek olyan vizsgálata jelentette, amely során meg kellett állapítani, hogy azok milyen szerepet töltenek be, milyen feladatot, vagy feladatokat látnak el a fegyverszerkezet működésében. Ezt követően a csoportnak azt is vizsgálnia kellett, hogy az elkészült *kísérleti minta* kivitelben a szerelt egységek milyen szinten képesek ellátni a feladatokat, illetve találhatók-e azokban, illetve szükségesek-e azokhoz további feladatvégzési képességeket (mellékfunkciókat) rendelni, vagy sem. További vizsgálatokat igényelt, hogy az adott szerelvény/alkatrész egy másik-
kal kölcsönhatásban ellát-e olyan funkció(k)at, amellyel/ amelyekkel befolyásolják a teljes szerkezet működését. Az alkotóteam megállapításai alapján a következő, már konszenzusban elfogadott észrevételek születtek:

A) A ZÁRFEJ-MARKOLAT SZERELVÉNY ELEMZÉS EREDMÉNYEINEK ISMERTETÉSE (33. ábra).

A *zárfej-markolat szerelvény* fő funkciója a töltőürbe betöltött töltény gázmentes lezárása, a lövésfolyamat kiváltása a markolatba beépített elsütő berendezésen keresztül, valamint a kilőtt töltényhüvely (az esetleg elcsettent töltény) kiürítése a töltőürből. Ez a szerelvény szokatlan módon nemcsak abban különbözik egy hagyományos pisztoly-markolatba beépített elsütő szerkezettől, hogy rászertelték a kétkörmös *1. zárfejet* (ami tartalmazza az ütőszegyet és a hüvelyvonót), hanem hogy bele kellett építeni egy

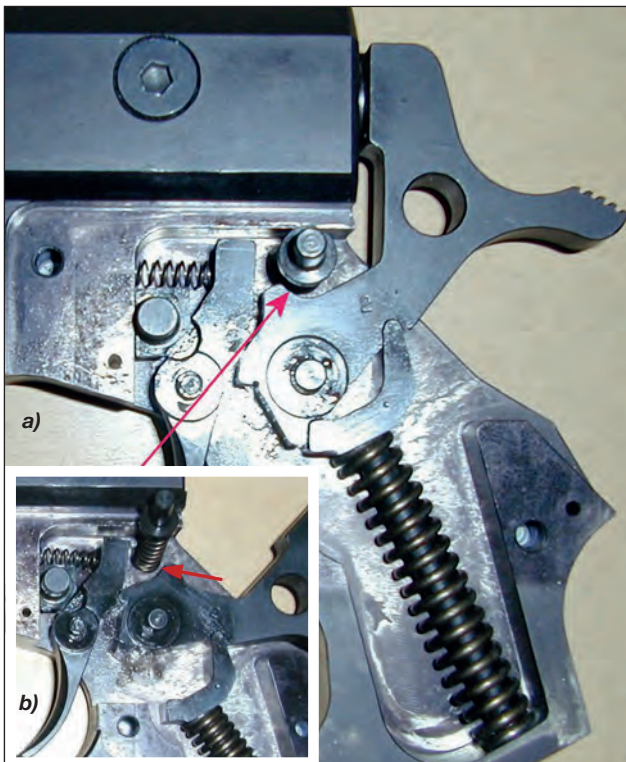
* Nyugállományú mérnök ezredes (PhD); Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola; óraadó tanár. ORCID 0000-0002-0513-8493



33. ábra. A zárfej-markolat szerelvény (1. zárfej, 2. tűzbiztosító, 3. kakas, 4. elsütésbiztosító csap)

4. elsütésbiztosító csapot is, kimondottan a csapatvizsgálatok (még nem csapatpróbák) tapasztalata, és az azt felügyelő előljáró katonai szerv képviselőjének hajthatatlan követelése alapján. Az egyszerű, de ijesztő magyarázat az volt, hogy mivel a zárfej-markolat szerelvény ránézésre nem nagyon különbözött egy külső kakasos pisztolytól, rémülten kellett tapasztalnunk a csapatvizsgálat során, hogy volt olyan sorkatona, aki az élestöltényt a zártkörnek támasztva (amit a hüvelyvonó karma, rendeltetése szerint ott meg is tartott) akarta felhúzni a kakast. Elmondása szerint arra volt kíváncsi, hogy így elsüthető-e a töltény, ami – sajnos – valóban elsüthető is lett volna. Ez a helyzet azonnal rávilágított arra is, hogy a töltőürben lévő tölténnyel, de nem

34. ábra. Az elsütésbiztosító csap működése: fesztelenített a) és megfeszített kakassal b). (A piros nyilak a kakas orrának alakos kötést biztosító két oldalára mutatnak)



teljesen lezárt zárfejjel (akár töltőfogás közben is) lehet lövést leadni. Így építették be a 4. elsütésbiztosító csapot, ami alakos kötéssel akadályozta meg a 3. kakas felhúzását, vagy elsütését nem, vagy részlegesen lezárt zárpozícióban.

A 34. ábra a) és b) felvételén felismerhető, hogy a kakas orra ebbe a csapba vagy felülről a), vagy alulról b) beleakadva tudja blokkolni a kakas mozgását, ha ez a csap nincs benyomódva, akár részben zárt 1. zárfejnél, vagy ha a zárfej-markolat szerelvény nincs is a fegyverben. Tehát ez az alkatrész alapvető biztonsági funkciót lát el, nem engedi a zárolatlan töltényt elsütni. Ennek a pontos és megbízható vezérléséhez a váltámaszcsovet reteszelve kellett ellátni (35. ábra). Ki kellett alakítani az elsütésbiztosító csap működésére az 1. elsütésbiztosító vezérlőszemölcsöt; annak, és a zárfej-markolat szerelvény térbeli összehangolására a 2. zárfej-markolat szerelvény reteszeltő kúpot (35. ábra), a zártok és a szerelt váltámasz pozícionálására az 5. a váltámaszcso pozícionáló reteszét és annak fészket a zártok ütköző peremében (piros szaggatott nyíl mutat rá). Továbbá a szerzőnek meg kellett még terveznie a két fő szerkezeti elem – b) a szerelt cső és c) a szerelt váltámasz – szilárd és mégis könnyen, gyorsan kioldható összekapcsolására a 3. váltámaszcso-reteszeltő kart, a 4. speciális kialakítású, alakos kötésű reteszeltő rúddal, ami a zártok palástjába bemart hengersizelvényen keresztül (piros szaggatott nyíl mutat rá) biztosította a take-down szerelhetőség lehetőségét! További biztonsági megoldást jelentett, hogy a 3. váltámaszcso-reteszeltő kar nyitott állapotban a lövő felé néző végére egy vörös festékkel kitöltött üreget helyezett el a szerző, ami felhívja a lövő figyelmét a nem megfelelő összekapcsolás veszélyére. Látható tehát, hogy jó néhány mellékfunkciónak kellett megfelelnie az alapvetően ergonómiai célt szolgáló váltámaszcso-nek is (a részletek majd a c) pontban, amelyet a folytatásban közlünk).

Az egyszerű kezelés biztosításához a zárfej-markolat szerelvénynek is jó néhány lényeges mellékfunkció kielégítésére alkalmasnak kellett lennie. Elsősorban figyelembe kellett venni, azt az el nem hanyagolható ténytet, hogy a fegyver szolgálati tölténye – a Magyar Néphadsereg felhasználásában – kizárólag a [15] gyártási dokumentáció szerint sorozatgyártott és katonai átvételen átesett, 12,7 mm-es B-32 jelű haditöltény lesz, mert hazai relációban egyszerűen hozzáfér-

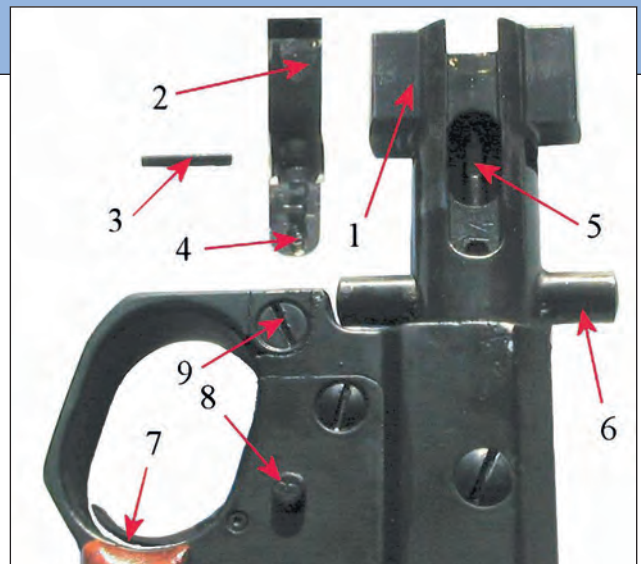
35. ábra. A váltámaszcso reteszeltői: 1. elsütésbiztosító vezérlőszemölcs, 2. zárfej-markolat szerelvény reteszeltő kúp, 3. váltámaszcso reteszeltő kar, 4. a váltámaszcso reteszeltő rúd alakos kötése, 5. a váltámaszcso pozícionáló retesz; a szaggatott nyilak az egyes reteszeltő elemek kapcsolódási helyére mutatnak a zártokon





36. ábra. A válltámaszcsőben lévő rögzítőkúp és a zárfej-markolat szerelvény kapcsolata

hetetlenek voltak a valóban *match*⁵¹ minőségű (orosz terminológia szerint: *etalon*, de azok – ahogy a szerző azt már korábban jelezte –, mesterlövész precízióra alkalmatlan) töltények. A fegyver zárszerkezetéből következően azonban a zárolási hézagot legfeljebb egy sztenderd értékre lehetett beállítani (a zár ne lötyögjön a betöltött hüvelyen, de ne is legyen a töltény lezáróhatatlanul szoros). Azaz, a zárolás műveletét a lövész a töltéskor jobbra, vízszintesen kiálló markolat felé fordításával, érezhető, de nem durva ellenállás mellett tudja elvégezni. Könnyen belátható, hogy a töltények gyártási, és a fegyvercső-töltőúr geometriai méreteinek túrésát kellett a zárolási hézag egy adott méretére összehangolni⁵². Ehhez kellett a szerzőnek – erre a méretre – zárolási idomszert terveznie. Ennek az egyetlen állandó méretetalonnak kellett kiszolgáltatnia a tömeggyártású haditöltények megbízható zárolását a Gepárd M1 puskacsőben. Ezt a problémát csak a gyakorlatban igazolt megoldással lehetett áthidalni: minden puskához külön-külön zárolási próbát kellett tartani (a töltőúrból lévő töltényt kellett kézzel lezárolni: a túl szoros, valamint a feltűnően laza zárolást produkáló töltények visszakerültek a szállító fémdobozba. Amelyek megfeleltek, azok bekerülhettek a puskához rendszeresíteni tervezett bőr tölténytartókba). A *túl laza* fogalmát sem lehetett félvállról kezelni, mert a puska célzásához mindenképp igénybe kellett venni az elsütő markolatot (a fegyvert megközelítően függőleges síkban célozni/lőni). A *túl laza* zárolás azonban oda is vezethetett, hogy kioldódott a tökéletes lezárás, és esetleg már kellemetlenül kis felületeken feküdtek volna fel egymáson a zártok és a zárfej zároló szemölcssei. Ugyanakkor az 1. *elsütőbiztosító vezérlőszemölcs* ilyen esetben már lehetetlenné tette a tűzkiváltást, de a kakas leszaladását a nyugaszáról már nem. Ha most mégis „berángatná” a lövész *zárfej-markolat szerelvényt* a teljes zárolási helyzetbe, akkor ez a csap elengedné a kakast, és az nagy valószínűséggel el is sütné a puskát. Tűzelési helyzetben ez nem jelent igazán veszélyt a környezetben, mert a puska a célterületre néz. Éles harchelyzetben azonban ilyen véletlen lövés felfedheti a lövész térbeli helyzetét, ami akár halálos eredménnyel járhatna. Tehát a lezárás kikényszerítése előtt a kakast újra fel kell húzni a nyugaszára, a lezárólast ismét el kell végezni a lövéshez, ami az idővesztésen túl a lövész idegeit is feleslegesen megterhelné. Ennek a problémának a megelőzésére a válltámaszcső mellső alsó nyúlványába beszerelt, rugóerővel megtámasztott kúpos, edzett hüvely (35. ábra, 2.) szolgált, amelyik csak a teljes lezárólast állapotába tudott beugrani a zárfej-markolat szerelvénynek a sátorvas előtti üreges fészkebe (36. ábra). Ekkor azonban, a szerelvényt ebben a helyzetben meg is tudta tartani. Ugyanakkor a lövés utáni kizárólast sem jelentett túlzott megerőltetést a lövésznék, mert nem adott teljes mértékű alakos kötést. A végső megoldást a hátsó állítható láb diófa markolattal történő ellátása jelentette, mert akkor a lövész azon keresztül tudta a cső térbeli helyzetét függőlegesen és oldal irányban beállítani. A műszaki megoldás részleteit a további fejezetek c) pontjában ismertetjük.



37. ábra. A zárfej-markolat szerelvény, valamint a kívülről látható alkatrészei: 1. zárhenger a zároló szemölcsökkel, 2. hüvelyvonó, 3. hüvelyvonó tengely, 4. hüvelyvonó rugó, 5. ütőszeg, 6. hüvelykiroppantó csap, 7. elsütőbillentyű, 8. tűzbiztosító, 9. kúpos furatot tartalmazó hüvely

A 37. ábra mutatja meg a zárfej-markolat szerelvény részbeni „robbantott” ábráját, amelyről – a már elmondottakon túl –, ezúttal az 1–5. alkatrészek funkcióanalízise, és azok egymásra hatására fókuszálunk. Ahogy az ábrán látható, az 1. zárhenger a zároló szemölcsökkel látja el a zárfej-markolat szerelvény egyik fő funkcióját: a töltőúrból lévő tölténygázmentes lezárólast a lövésfolyamat alatt. Ennek érdekében a zároló szemölcsök keresztmetszete és a felülete károsodás nélkül – legalább 5000 lövés alatt – ki kell bírja a maximális löporgáznyomás 1,15-szörösét jelentő $p_{max,max}$ úgynevezett tervezési és szerkezetvizsgáló, ebben az esetben a 391 MPa nyomás⁵³ nagyságát. Meg kell továbbá felennie a felületi nyomás szempontjából is (max: 20 MPa), a hőkezelt és köszörült felületminőség megőrzése érdekében. Mellékfunkciói: egyrészt biztosítsa az 5. ütőszeg működtetését, továbbá végezze el a kilőtt hüvely (esetleg elcsettent töltény) kihúzását a 2. hüvelyvonón keresztül a töltőúrból, ezen kívül az esetleg beszorult hüvely lazítását biztosítsa a belehegesztett 6. hüvelykiroppantó csappal.

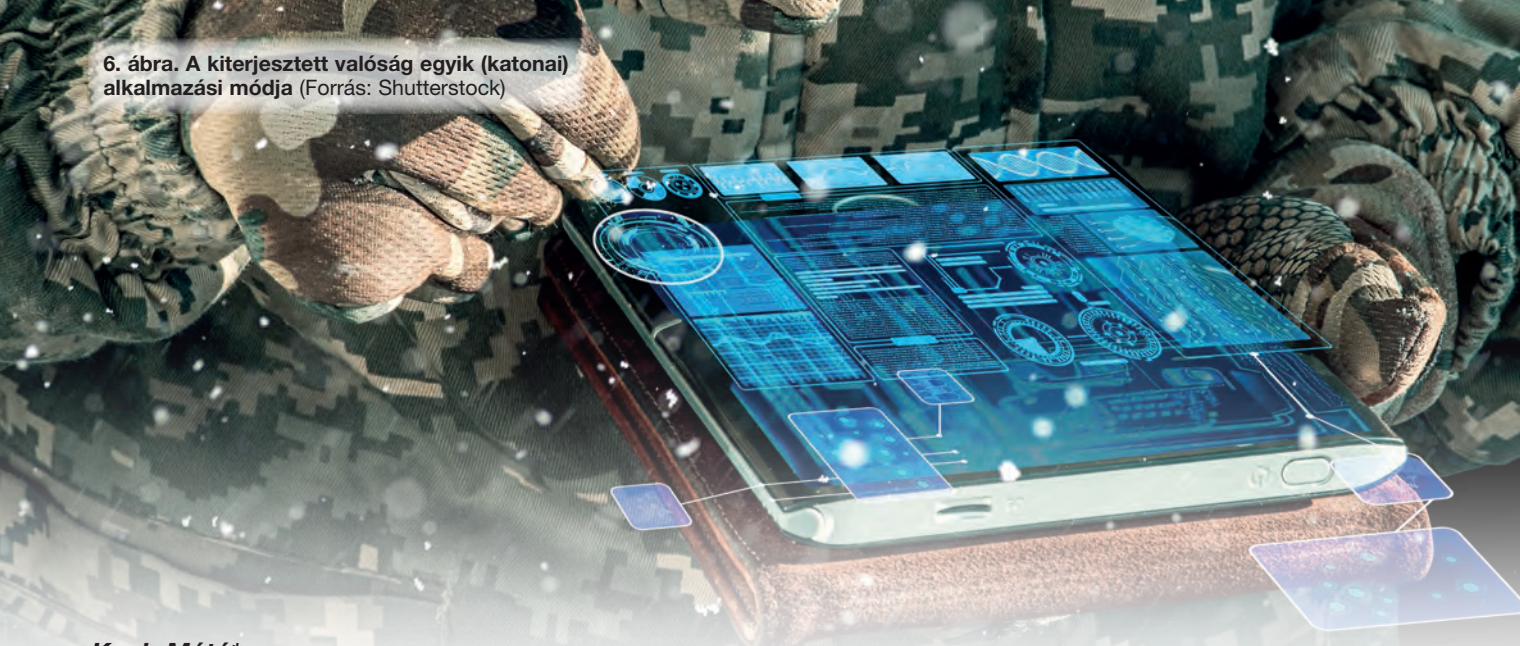
(Folytatjuk)

HIVATKOZT IRODALOM

- [15] B-32 páncéltörő-gyújtó lövedékkel és sárgarézt hüvellyel szerelt 12,7 mm-es töltény rajzdokumentációja; rajzsám: 3-24465; HTI LP 1010; MN HTI 1979.;

JEGYZETEK

- 51 Az angol, ebben az esetben versenyminőséget jelentő fogalom az átlagos sorozatgyártású töltényekhez képest sokkal szigorúbb tűrésekkel (mind méretben, mind tömegben, mind egytengelyűségben és anyagminőségben) készültek ilyen célra, illetve válogatták azokat nagyon szigorú előírások szerint.
- 52 Ebből – a töltény gyártási dokumentációja [15] alapján – az ebben a kérdésben lényeges hosszúsági és átmérő méretszórások, és azok alapján számított maximális és minimális zárolási hézagok még meghatározhatók voltak, de az NSZVT-csővek töltőúrének gyártási méretszórásait még megbecsülni sem lehetett.
- 53 Ebben az esetben a gyártási dokumentáció szerinti maximálisan mérhető löporgázérték, azaz a p_{max} , nem lehet több, mint 340 MPa [15], ebből adódik a $p_{max,max} = 391$ MPa.



Koch Máté*

Mesterséges intelligencia és szimuláció II. rész

Bár a szimuláció és a mesterséges intelligencia (MI) is több mint fél évszázada jelen van már a haditechnikában, az utóbbi évtized technológiai áttörései nyomán kezd a szerepük igazán meghatározóvá válni. A korábban csak kiképzésre használt szimulációs rendszerek egyre több entitás, egyre komplexebb folyamatok modellezésére képesek. A következő generációs fegyverrendszerek fejlesztése elképzelhetetlen szimulált szintetikus környezetek nélkül, de ez a döntéstámogatási folyamatokat is megreformálhatja. A szerző, tanulmánya második részében a mesterséges intelligencia technológiájának egyes fázisait, lehetőségeit és veszélyeit taglalja.

A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ÉS A SZIMULÁCIÓ

A mesterséges intelligencia haditechnikai alkalmazása rengeteg lehetőséget nyújt; az önvezető járművektől a prediktív karbantartásig számtalan területen segíthet, vagy meg is reformálhatja azt. A hyperwarként (hiperháború) emlegetett az a jövőkép, ahol MI-vel vezérelt autonóm rendszerek küzdenek egymással az ember számára felfoghatatlan sebességgel („fighting at machine speed”). [10] Ebben a tanulmányban mindezek kis szeletére koncentrálunk, azokra az alkalmazásokra, amelyek a következő generációs szintetikus környezetek, és a rájuk épülő döntéstámogatási rendszerek megépítéséhez szükségesek.

MESTERSÉGES INTELLIGENCIA ÁGENSEK BETANÍTÁSA

Az MI területén ágenseknek nevezzük azokat a programkodokat, amelyeket abból a célból készítenek, hogy emberi beavatkozás nélkül legyenek képesek bizonyos döntéseket meghozni, bizonyos kérdésekre válaszolni. A terület egyik klasszikus példája a képfelismerés, ahol egy ágens sokezer kép segítségével elég hatékonyan lehet betanítani arra, hogy egy még nem látott képről eldöntse, hogy például a rajta látható állat kutya-e vagy macska.

A gépi tanuláson alapuló MI három fő csoportja a felügyelt, a felügyelet nélküli és a megerősítéses tanulás. [11]

A felügyelt tanulás esetén az MI-ágens egy felcímkézett tanító adathalmazzal tanítják be. A fenti példa esetén ez lehet egy több ezer képet tartalmazó adatbázis kutyákról és macskákról, ahol minden képhez odaírta valaki (jellemzően egy ember), hogy a képen mi látható. Az ágens a betanítás után már korábban nem látott képeket is nagy pontossággal tud azonosítani. Ide tartoznak továbbá az MI-alapú fordítóprogramok és a levélszemét-detektáló rendszerek.

A felügyelet nélküli tanulás esetén az MI-ágens nem tudja a beérkező adatokról, hogy azok pontosan mit reprezentálnak, de képes azokat rejtett mintázatok alapján rendszerezni, valamilyen szempontból különleges adatpontokat kiválasztani. Ilyen MI-ágensek állnak különféle ajánlórendszerek, és a hitelkártya-csalásokat detektáló rendszerek mögött is.

A szimuláció szempontjából a harmadik kategória, a megerősítéses tanulás a legérdekesebb. Sok esetben nincs rendelkezésre álló adathalmaz, amelyet egy MI betanítására lehetne felhasználni. A megerősítéses tanulás ezért úgy működik, hogy az ágens egy szimulált környezetben végezhet műveleteket. Minden műveletsor elvégzése után egy kiértékelő algoritmus eldönti, hogy a művelet eredményeként létrejött, megváltozott környezet mennyire van közel a meghatározott célhoz. Vegyünk például egy robotkart, amely egy labdát tud eldobni. A cél, hogy a labda beleessen egy kosárba. Az ágens betanítása úgy történik, hogy sokezer vagy akár százezer szimuláció lefuttatásával az ágens véletlenszerű pozíciókból indulva eldobja a labdát. Maximális pontot kap, ha a labda beleesik a kosárba, ha pedig nem, akkor minél nagyobb volt a kosártól mérhető távolság, annál kevesebbet. A gépi tanulás algoritmus a gravitáció, a légellenállás és egyéb befolyásoló fizikai szabályok megértése nélkül is jól meg fogja tanulni, hogy milyen pozícióból, milyen szögben és mekkora sebességgel kell eldobnia a labdát ahhoz, hogy az a kosárba essen. Ez a tanulási folyamat meglepően hasonlít a csecsemő kezdeti tanulásához, ahol például a mászás, a járás tanulása során az a motiváció, hogy a kisgyermek elérjen olyan dolgokat, amelyek távolabb találhatók. A kezdeti teljesen kontrollálatlan végtagmozgatás után a csecsemő hamar összeköti magában a mozdulatok várt ered-

* Innovation and Technology Lead, D&S International, CAE GmbH. ORCID: 0009-0007-5803-4894



ményét és a cél elérését, és először megfordul, felül, másszik, majd végül járn kezd.

A megerősítéssel tanuló robotikában, videó- és táblás játékok (sakk, go stb.) megnyerésére fejlesztett ágensekben, az önvezető autókban és még sok más területen.

A szintetikus környezetben végrehajtott szimuláció alapvető eszköz lehet fejlett MI-ágensek betanításában.

AZ MI HASZNÁLATA A KÖVETKEZŐ GENERÁCIÓS SZINTETIKUS KÖRNYEZETEKBE

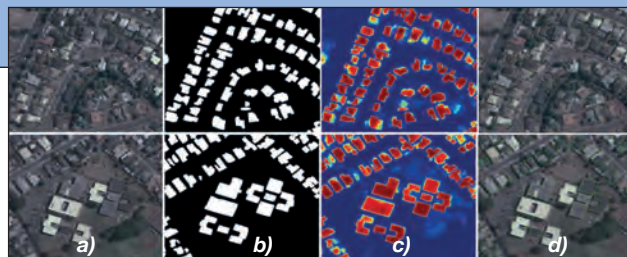
Az MI a következő generációs szintetikus környezetekkel összefüggésben az alábbi területeken lehet hasznos:

1. adatbevitel, szcenárió előkészítés;
2. modellezés és szimuláció;
3. felhasználói interfész;
4. döntéstámogatás és kiértékelés.

ADATBEVITEL, SZCENÁRIÓ-ELŐKÉSZÍTÉS

A sokszorosan megnövekedett adatmennyiség előfeldolgozásához, a szimulációs rendszerbe történő importálásához a lehető legmagasabb fokú automatizációra van szükség, amely hagyományos és MI-alapú algoritmusokkal oldható meg. Az egyik alapvető szükséglet a nagy felbontású terepadatbázis. Az ilyen adatbázisokat – légi felvételeket és magasságtérképeket alapul véve – hagyományosan kézzel készítették. Az utak, hidak, házak és egyéb objektumok pozícionálása ezek alapján történt. Manapság már nemcsak műholdas vagy hagyományos légi, hanem drónokkal, LIDAR-technológiával készített, akár cm alatti felbontású képek is rendelkezésre állnak. Nyílt, közösség által szerkesztett és nagy piaci szereplők által épített geoinformációs adatbázisok, térképek egyaránt rendelkezésre állnak, amelyek számos metaadatot is tartalmaznak. Már napjainkban is több megoldás létezik a piacon légi felvételek MI-alapú feldolgozására. Az MI-ágens betanítható arra, hogy felismerje, melyek egy ország vagy régió jellemző épületei. A légifelvételek elemzésével az MI azonosítani tudja az épületek alaprajzát, és különböző információkból (pl.: egy árnyék hosszúsága) meg tudja becsülni azok magasságát. Ezeket felhasználva az MI teljes országokat tud újraépíteni olyan épületekkel, amelyek pontosan ott helyezkednek el, ahol a valós épületek, hasonló magasságúak és kinézetűek. Ez a geotipikusnak nevezett adatbázis gyorsan és hatékonyan generálható, majd a kiválasztott területeken geospecifikus adatokkal bővíthető. A generálás tovább javítható a légi fotókon túl más adatok bevonásával (pl. OpenStreetMaps). A statikus terepadatbázis azonban csak az első lépés. A fotókon látható járművek és más adatforrások alapján realisztikus gépjárműforgalom, tömegközlekedés is generálható. A sok országban digitálisan elérhető demográfiai adatok alapján a lakosság elosztható a lakóházak között (az épület formájából, típusából jól becsülhető, hogy hányan lakják), és a forgalommal kombinálva még a népesség napi rutinját is modellezhetjük. (Reggeli forgalom, iskola, munkahely, délutáni forgalom stb.) (7. ábra)

A különböző forrásból származó információk egységesítésének kérdése (szenzorfüzió) is olyan feladat, amely MI-vel könnyebben feldolgozhatóvá válik. Gondoljunk az orosz-ukrán háborúban bevetett közösségi megfigyelőrendszerre. A civilek által használható okostelefonos alkalmazással információ osztható meg az ellenséges alakulatok mozgásáról. [13] Az ilyen OSINT- (open-source intelligence – nyílt forrású hírszerzés) adatokat össze kell fűsülni a katonai rendszerek adataival, hogy például meg



7. ábra. MI-alapú épületfelismerés; (a) műholdkép (b) az MI által generált egycsatornás épület alaprajz-előrejelzési maszk (c) az MI-előrejelzés megbízhatóságának hő térképe (d) az eredeti légi fotón a detektált alaprajzok [12]

lehesse állapítani, hogy a három lakossági bejelentés és két korábbi radarérzékelés által észlelt drón ugyanaz-e, vagy több különböző.

MODELLEZÉS ÉS SZIMULÁCIÓ

Az MI-alapú algoritmusok segíthetnek a fizikai szimuláció hatékonyabbá tételében (pl. rugalmas anyagok, folyadékok viselkedése), és a korábbi, egyszerű szabályra épülő viselkedés-szimulációt jelentősen valósághűbbé tehetik. Legyen szó szövetséges vagy ellenséges erőkről, civilekről, az MI segítségével a jövőben olyan modellek készíthetők, amelyek jóval árnyaltabban írják le az emberi viselkedést. Különösen érdekes a jövőbeli MI által vezérelt autonóm fegyverrendszerek szimulációja, amely fejlesztésük, és megbízhatóságuk ellenőrzése miatt is kiemelten fontos. A jövő szintetikus környezete nagyszerű gyakorlótér lehet ezeknek a rendszereknek, ahol kockázatmentesen lehet őket tesztelni. A másik kihívás az ellenfél MI-alapú rendszereinek pontos szimulációja lehet.

FELHASZNÁLÓI INTERFÉSZ

Ahogy a korábbi részben említettük, a nagyobb léptékű konstruktív szimulációs gyakorlatok előkészítése és végrehajtása napjainkban jelentős személyzetet igényel. Ennek egyik oka, hogy a jelenlegi rendszerek nem túl hatékonyak abban, hogy egy magasabb szintű parancsot szintenként lebontva értelmezzenek, és az alárendelt szintekre lejutva szimuláljanak. Ezt jelenleg az operátorok végzik, akik beprogramozzák a szimuláció számára, hogy melyik egységgel milyen feladatot hajtson végre.

Az MI ezen a területen is jelentős változást hozhat. Az intelligens otthoni asszisztensek képesek komplexebb kérések megértésére is, míg a fejlett GPT (Generative Pre-trained Transformer) alapú nyelvi modellek kontextusban is tudnak kommunikálni. A cikk szerzője az OpenAI ChatGPT 4-es verzióját kérdezte, hogy ismeri-e az MSDL¹ nyelvet (Military Scenario Description Language – a szcenáriók leírására alkalmas szabvány leírónyelv). Az MI jelezte, hogy ismeri, majd a szerző kérésére generált egy egyszerű szcenáriót két harcokocsival, majd azt több iterációban az utasításoknak megfelelően módosította. Az egyik utasítás ez volt: „add a red forces Mi-24 helicopter and make it attack the Leopard” („adj hozzá egy ellenséges Mi-24 típusú helikoptert és az támadja meg a Leopardot”). Míg ez csak egyszerűbb példa, jól mutatja, hogy merre tart a technológia. Az MI-alapú felhasználói interfészek lehetővé teszik, hogy a korábbi 20 operátor helyett lehet, hogy csak öt, később pedig egy is elég legyen. Az MI-nek magasabb szintű utasításokat adnak, majd ellenőrzik, és ha szükséges módosítják az MI által tervezett műveleteket.

DÖNTÉSTÁMOGATÁS ÉS KIÉRTÉKELÉS

Egy komplex szcenárió szimulációjával következtethetünk a valós kimenetelre. A Monte-Carlo-módszernek nevezett statisztikai analízissel a szimulációt egymás után sokszor

lefuttatva, bizonyos paramétereket véletlenszerűen perturbálva kaphatunk pontosabb képet arról, hogy az egyes kimenetek milyen valószínűséggel következhetnek be, és a rendszer mely paraméterekre érzékenyebb. [14] A megerősítő tanulás egy fajtája eleve több szimuláció eredményét átlagolva tanul, így implicit Monte Carlo szimulációra épül. Mivel a Monte Carlo szimuláció futtatása különösen költséges, hiszen ugyanazt a szimulációt sok százszor, ezerszer le kell futtatni, döntési helyzetben kritikus lehet olyan MI-ágensek használata, amelyeket előzőleg felkészítettek tipikus szcenárió típusokra, így a döntési helyzetben szinte azonnal tudnak javaslatot adni, a lehetséges kimeneteket értékelni.

Ilyen típusú rendszerekre példa a NATO által kiírt „AI in AirC2” kutatás keretében kifejlesztett MI-ágens, amelyet a Kalkar Sky 22 hadgyakorlat keretében teszteltek először. A több hónapig tartó betanítás után az MI másodpercek alatt tudott hasznos opciókat generálni egy olyan feladatra, amely a jelenlegi, manuálisan végzett tervezés során 2-3 órát vett igénybe több embernek. [15] Bár ezek a technológiák még gyermekcipőben járnak, a bennük rejlő potenciál egyértelmű.

ZÁRSÓ

Amikor 1989-ben lefektették a mai internet gerincét szolgáló World Wide Web (világméretű hálózat) alapjait és pár év múlva megjelent az első nagyobb nyilvánosságnak szánt böngészőprogram, valószínűleg kevesen gondolták, hogy mindössze 3 évtized alatt a technológia alapjaiban változtatja meg a világot. A kezdetben csak kutatók által használt hálózatra felkerültek az első nem tudományos tartalmak, ma pedig már az emberek többségének a zsebében ott lapul egy eszköz, amely egyben fényképezőgép, videokamera, egy komplett miniszámítógép üzleti alkalmazásokkal és játékokkal, rendkívül pontos navigációs eszköz, film- és zenelejátszó, gyakorlatilag korlátlan hozzáféréssel bármilyen valaha készített filmhez és zenéhez, könyvhöz, az otthoni fűtés és robotporszívó távirányítója, és nem mellesleg telefon is. A kereskedelem, a közigazgatás, a hírközlés, az emberek közötti kommunikáció is gyökeresen átalakult. A szimuláció és a mesterséges intelligencia most zajló forradalma is ehhez mérhető, ma még nehezen megjósolható következményekkel járhat.

A technológiában rejlő lehetőségek rengeteget segíthetnek az emberiségnek: a jövő szimulációs rendszerei segíthetnek megállítani a klímaváltozást, csökkenteni az emberáldozatokat természeti vagy emberi eredetű katasztrófák során, megreformálni a közlekedést és a várostervezést stb. Egy haditechnológiai alkalmazásokat tagláló tanulmányban azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni a technológiában rejlő veszélyeket sem. Az MI-megoldások két leggyakrabban kifogásolt pontja a megmagyarázhatóság kérdése (az MI-algoritmusok gyakran nagy pontossággal megmondják a jó választ a kérdésre, de nem tudják megindokolni miért azt a választ adták), illetve az elfogultság (ha az MI betanítása egy torz mintán zajlik, akkor az MI a működés során a kezdeti betanulásnak megfelelően lesz elfogult). Ezekon kívül a biztonság és az etika is kérdéses. A hadászati célra használt MI-alapú algoritmusok (és itt nem kell feltétlenül gyilkos robotokra gondolni, elég egy propagandát terjesztő, közösségi hálózaton működő chatbot is) alkalmasak lehetnek tömegek megfigyelésére, manipulálására. Azok az országok, amelyek érzékenyebbek a polgáraik személyiségi jogaira, meg sem fontolnak olyan megoldásokat, amelyekben privát adatokat, telefonos vagy online beszélgetéseket használnának fel az MI betanításához. Azok az országok,

ahol ez kevésbé szempont, eleve versenyelőnybe kerülhetnek.

Bár nincs rá bizonyíték, hogy lehetséges az emberi intelligenciát jóval meghaladó MI építése, arra sincs, hogy ez lehetetlen lenne. A szakirodalomban szingularitásnak nevezik azt a hipotetikus jövőbeli pillanatot, amikor az MI képes lesz a saját algoritmusát ciklikusan javítva, robbanásszerűen egyre intelligensebbé válva, egy olyan „szuper-intelligenciát” létrehozni, ami már többé nem irányítható. Az emberiségnek nagyon felkészülten kell várnia ezt a pillanatot, hogy biztosíthassa, az így létrejött MI az emberiség javát szolgálja. A történelem során gyakran előfordult, hogy versengő felek a következmények pontos megértése nélkül cselekedtek. A vegyi, biológiai és atomfegyverek fejlesztését és használatát korlátozó nemzetközi egyezmények mind csak azt követően születtek, hogy sok százezer ember halt meg ilyen eszközök használata miatt. Az MI esetében a kihívás kettős: egyrészt kérdéses, hogy hol van az a pont, amikor az emberiség még meg tud állítani egy potenciálisan nála intelligensebb entitást. Másrészt, amíg a nukleáris, vegyi és biológiai fegyverek fejlesztése mind olyan tevékenység, amelyet nagyon nehéz eltilkolni (a nyersanyagszükséglet, a szállítmányozás, a gyártóhelyek miatt), addig az MI-fejlesztéshez, kis túlzással, elég egy internet-kapcsolattal rendelkező számítógép is. Kiemelten fontos tehát, hogy megfelelő szabályozások és kutatások biztosítsák az MI-ben rejlő lehetőségek biztonságos kihasználását.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [10] Artificial Intelligence in Land Forces – A position paper developed by the German Army Concepts and Capabilities Development Centre (Német Hadsereg Konceptió és Képességfejlesztési Központ) <https://www.bundeswehr.de/resource/blob/156026/79046a24322feb96b2d8cce168315249/download-positionspapier-englische-version-data.pdf> (Letöltve: 2023.5.15.);
- [11] Dr. Németh András, Virágh Krisztián. Mesterséges intelligencia és a haderő – A mesterséges intelligencia területei III. rész Haditechnika LVI. évf. – 2022/3 DOI: 10.23713/HT.56.3.01;
- [12] Forrás: <https://www.presagis.com/en/blog/detail/artificial-intelligence-for-the-creation-of-synthetic-environments/> (Letöltve: 2023.5.15.);
- [13] Open-source intelligence is piercing the fog of war in Ukraine, The Economist <https://www.economist.com/interactive/international/2023/01/13/open-source-intelligence-is-piercing-the-fog-of-war-in-ukraine> (Letöltve: 2023.5.15.);
- [14] What is Monte Carlo simulation? IBM, <https://www.ibm.com/topics/monte-carlo-simulation> (Letöltve: 2023.5.15.);
- [15] Carsten Lippisch: Künstliche Intelligenz bei Kalkar Sky, Német Hadsereg, <https://www.bundeswehr.de/de/organisation/luftwaffe/aktuelles/kuenstliche-intelligenz-bei-kalkar-sky-5358212> (Letöltve: 2023.5.15.).

JEGYZETEK

1 SISO-STD-007-2008, Standard for Military Scenario Definition Language, SISO – Simulations Interoperability Standards Organization.

11. ábra. Egy T-14-es harckocsi vonul a 2015-ben megrendezett moszkvai győzelem napi díszszemlére [23]



Farkas Zoltán*

A világ legütőképesebb harckocsijai III. rész

A harckocsi a szárazföldi erők egyik legösszetettebb haditechnikai eszköze, ezért fontos szerepet játszik a harc megvívásában. A harctéri alkalmazás során szerzett tapasztalatok alapvetően meghatározzák a fejlesztések irányát, így a változtatások-finomítások szinte folyamatosak. A szerző, tanulmányorozatának utolsó részét a legkorszerűbb típusok részletesebb ismertetésével zárja, de nem állít fel sorrendet a harckocsik között. A bemutatott típusok egymástól eltérő, egy-egy területen kiemelkedő képességekkel rendelkeznek, így a képességek tekintetében összességében közel azonos harcértéket képviselnek.

T-14 ARMATA [24] [25] [26]

A T-14 típus az orosz harckocsifejlesztés legújabb és legkiemelkedőbb eredményének számít, a folyamatosan modernizált T-72, T-80 és T-90 típusok mellett. Fejlesztése az 1980-as években kezdődött, majd néhány év szünetet követően, 2009-ben került ismét előtérbe a program. 2012-ben elkészült az első működő változat, amely 2015-ben, a moszkvai Vörös téren a győzelem napi díszszemlén mutatkozott be. Jelenleg a 21. század legmodernebb harckocsijaként minősítik az Armata néven ismert típust, amelyet nagyon nehéz kategorizálni vagy összehasonlítani más harckocsikkal, hiszen az eszköz fő elemeit más harcjárművek esetében is alkalmazhatóvá tették.

A fejlesztés során a nagyobb tűzerő elérése és a távvezérelt torony kifejlesztése fő feladatként jelentkezett. A harcjárműtestet (angolul: hull) univerzális fő elemként a 2SZ35 önjáró lövegnek és a T-15-ös nehéz gyalogsági harcjárműnél is alkalmazták. A harcjárműtest és a torony

egyaránt moduláris, blokkrendszerű, amely sérülés esetén lehetővé teszi az egyes elemek cseréjét külön-külön is. A korábban épített orosz harcjárműtesteknél hosszabb kivitelű, ezzel lehetőséget adott a vastagabb homlokpáncél kialakítására. Az alsó homlokpáncélra ennél a típusnál is felszerelhetők KMT típusú aknakifordító, aknataposó berendezések. A háromfős kezelőszemélyzet minden tagja egy külön páncélkapszulában kapott elhelyezést. Ez a megoldás teljesen újszerű, és rendkívül nagy védelmet ad a kezelőszemélyzet számára. A védőkapszula kissé szűk, mert egy-egy személynek maximum 70 cm szélességű hely áll a rendelkezésére. A harckocsivezető a menetirány szerinti bal oldalon, a parancsnok a jobb oldalon, az irányzó középen foglal helyet. A harcjárműtest felületét radarhullámokat elnyelő festékekkel vonták be, ezzel is csökkentve a felderíthetőséget. A küzdőtér és a motortér falát belülről hőszigeteléssel látták el a hőkibocsajtás csökkentése érdekében. Az orosz harckocsikra jellemzően felépítése alacsony (magassága: 2,7 m). Természetesen a küzdőtér rendelkezik ABV-védelemmel, és tűzoltó rendszerrel is. A futóművet ún. kötény- (előtét-) páncélzat védi. A harckocsi hosszúságát mutatja, hogy a korábbi hat darab futógörgő helyett hét számlálható oldalanként, így a felső láncágat négy tartógörgő vezeti meg. A láncágokat három összekötő idom kapcsolja egymáshoz, és azokba kapcsolódik a láncág két szélén a láncmehajtó kerék. A felfüggesztés torziós rugózású rendszerű. A láncaltp tömegének csökkentését úgy érték el, hogy a lánctagtarajok nem tömörek, hanem áttörtek. A torony aránylag kis mérete annak köszönhető, hogy nincs benne kezelőszemélyzet, csak a 2A82-1M típusú 125 mm űrméretű, két síkban stabilizált harckocsi ágyú, és az azzal párhuzamosított 12,7 mm űrméretű 6P49 Kord géppuska a kiszolgáló rendszereivel

* Nyugállományú mk. alezredes, a Zrínyi Miklós Katonai Akadémia óraadó tanára 1990–1995 között. ORCID: 0000-0002-5680-0872

együtt. Az ágyú az úgynevezett hagyományos gránátok alkalmazásán túl, páncéltörő rakétalövedékek kilövésére is alkalmas. A harcocsilöveg távvezérléses, és automata töltőberendezés szolgálja ki. A torony tetején, jobbra hátul elhelyezett – szintén távvezérléssel működtetett – 7,62 mm űrméretű géppuska akár földi, akár alacsonyan szálló légi célok leküzdését is lehetővé teszi. A torony alsó részén, mindkét oldalon 5–5 darab gránátvetőt helyeztek el, tetején a letapogató radarrendszer és a tűzvezető rendszer érzékelői találhatóak. A számítógép-vezérlésű tűzvezető rendszer hőérzékelővel, nappali és éjszakai infravörös célzórendszerrel körkörös célfelderítést tesz lehetővé. A harcocszi felderítő képességét a vadászrepülőgépeken alkalmazott AESA (active electronically scanned array) radar⁷ biztosítja. A 125 mm űrméretű 2A82-1M típusú sima csövű, 55 L/D űrmérethosszúságú löveg torkolati sebessége a korábbi típusnál nagyobb, és pontosabb is. A löveg belső felülete keménykrómozott, amely megnöveli annak élettartamát, és így összesen 900 lövés leadására képes. A célzott lövések tűzgyorsasága az automata töltőberendezésnek köszönhetően 10–12 lövés/perc. A nappali tűzvezető rendszer 7000 m hatótávolságú, az éjszakai hőkamerás rendszerrel 3500 m távolságig adható le a célzott lövés. Az ágyú löszerkészlete 40 darab. A függőleges elrendezésű automata töltőberendezés alapvető feladata a 32 darab osztott löszér mozgatása és csőfarba helyezése, de kialakítása lehetővé teszi a gyengített uránmagos, űrméret alatti 700–800 mm hosszú páncéltörő löszér betöltését is. A löveghez a T-90M és T-72-es harcocsziknál is rendszeresített löszertípusokat is alkalmazzák. A löveg 9K119M irányított páncéltörő rakéták kilövésére is képes 100–5000 m távolságú célokra. Tervezik egy 152 mm űrméretű 2A83 típusú löveggel ellátott típus gyártását is, amely nagyobb páncéltörő képességgel rendelkezne, és légvédelmi rakéta alkalmazását is lehetővé tenné. A felső felfüggesztésű löszertárban tárolt löszerek egy fenékpáncélt ért sérülés esetén sem sérülnek meg. Valószínűleg a prototípus már el is készült. A torony védelmét aktív és reaktív védelmi rendszer biztosítja. A harcocszi védelmi rendszerét úgy alkották meg, hogy az még a becsapódás előtt [31] megsemmisítse az ellenséges rakétákat és lövedékeket.

A harcocszi mozgékonyaságát a V-92SZ2F típusú 38 880 cm³ lökettérfogatú, 830 kW (1130 LE) teljesítményű (2000 1/min fordulatszámánál), V12 elrendezésű, folyadék-hűtésű, „mindenevő” (benzin, gázolaj, kerozin), feltöltött dízelmotor biztosítja. A 48 t tömegű harcocszi fajlagos teljesítménye 17,3 kW/t. Ezt a harcocszimotort a Cseljabinszki Traktorgyárban gyártják, és a T-90M harcocsziban is alkalmazzák. A T-14 típusú harcocszi alkalmazhatóságát növeli az automata sebességváltó és a tolatókamera is. A kommunikációs rendszert is korszerűsítették. Az új VHF rádió-kommunikációs rendszerrel és új belső beszélgetőberendezéssel látták el.

TYPE 90 [10] [13]

A Japán Önvédelmi Haderő számára, a Mitsubishi Heavy Industries a T-74 típus felváltására építette meg a Type 90 típusú harcocszit. A fejlesztésben együttműködtek a német Krauss-Maffei gyártóval, és a közös munka a páncéltést megjelenésén is jól látható. A fejlesztés sikeresnek bizonyult, hiszen a közepes kategóriába sorolható harcocszi a világ legjobbjai közé tartozik. A harcocsziműtest és a -torony hegesztett acél kialakítású és kompozit védőelemekkel szerelték fel, amelynek elemei sérülés esetén blokkrendszerűen cserélhetők. A futómű kötényezett, rugózása torzi-



12. ábra. A Japán Szárazföldi Önvédelmi Erők tolólapal ellátott, Type 90 típusú fő harcocszija (Forrás: Shutterstock)

ós rendszerű, a felfüggesztése hidropneumatikus. Különleges képessége, hogy a páncéltést süllyeszthető és emelhető, tehát a magassága változtatható. Az orrpáncélra tolólap és aknataposó is szerelhető. A toronyba egy, a Rheinmetall-licenc alapján Japánban gyártott, R-H-120 120 mm űrméretű sima csövű löveget építettek be. Az automata töltőberendezést a toronyban helyezték el, míg a 40 darab löszert a harcocsziműtestben. Az automata töltőberendezés 20 löszér tárolását biztosítja. Az újratöltés minden esetben a löveg 0°-os helyzetében történik. A két síkban stabilizált löveg számítógépes tűzvezető rendszerét a Mitsubishi cég fejlesztette ki. A tűzvezető rendszer egyidejűleg több célpont azonosítását és követését teszi lehetővé. A 360°-os panoráma-irányzék az elsődleges célmegjelölést biztosítja a parancsnok számára. Fejlett tűzvezető és célkövető rendszere nagy találati pontosságot eredményez. Alapfelszerelése magában foglalja a tetőpáncélon elhelyezett lézérérzékelőket, a torony oldalán elhelyezett 8 darab gránátvetőt, és a szűrő-szellőző rendszert. Az akadályleküzdő képesség növelése érdekében az orrpáncélra felszerelhető egy – öt helyzetben rögzíthető – tolólap, illetve egy görgős rendszerű aknataposó berendezés is alkalmazható.

A harcocszi erőforrása egy Mitsubishi 10ZG 1100 kW (1500 LE) teljesítményű (2400 1/min-nél), 10 hengeres dízelmotor. A fajlagos teljesítménye 22 kW/t, amely igen kedvezőnek számít. A hajtáslánc automata erőátviteli rendszert foglal magába.

TYPE 10 [27]

A Type 10 4. generációs harcocszi a Type 90 típus továbbfejlesztett változata. Alkalmazását tekintve alapfeladatuként a gyalogság támogatását határozták meg, a harcocszi tűzerejének növelésével. Tervezése során tehát az alapvető cél nem az ellenséges harcocszik megsemmisítése volt. Nagy hangsúlyt fektettek a fokozott önvédelemre, a tűzerőre és a mozgékonyaságra. Az eszköz tömege az elődtípushoz viszonyítva jóval kisebb, és méreteit tekintve is jobban megfelel a közúti közlekedés és a szállíthatóság követelményeinek. A harcocsziműtest és a torony felépítése hasonlít a Leopard 2A5 harcocszi ferde kialakítású páncéltatához, amely kompozit páncél és moduláris kerámiabetétes szerkezetű. A moduláris elemek cserélhetők, és a jármű tömege 48 tonnáról akár 40 tonnára is csökkenthető. Az orrpáncélra ennél a típusnál is felszerelhető tolólap. →



13. ábra. A Type 10 MBT lényegesen kisebb tömegű, mint más modern harckocsik. A TK-X tervezői nagy hangsúlyt fektettek a C4I képességekre, valamint a fokozott önvédelemre, a tűzerőre és a mozgékonyásra [28]

A torony oldalsó részén ködgránátokat helyeztek el, amelyek működtetését a lézersugár-érzékelő jelzőrendszerrel kapcsolták össze. A harckocsi természetesen szűrő-szellőző és tűzvédelmi rendszerrel is rendelkezik. A harckocsi egy 10NW nevű C4I (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence – vezetés, irányítás, kommunikáció, számítástechnika, hírszerzés), digitális elven működő, jelenleg egyedülálló helymeghatározó, célfelderítő és tűzvezető rendszerrel működik. Megvalósítja a vezetéskötést (kommunikáció) biztosít egységszinten a műveletben részt vevőkkel és a támogató légi erővel. Automatikus töltőberendezés szolgálja ki a 120 mm űrméretű sima csövű, két síkban stabilizált löveget, amelyet a korábbi típus továbbfejlesztésével a japán Steel Works vállalat fejlesztett ki, és kompatibilis az összes 120 mm űrméretű, NATO-szabványos löszertípussal. A harckocsi további fegyverzetét a löveggel párhuzamosított 7,62 és a toronyra épített 12,7 mm űrméretű géppuskák alkotják. A harcscső mozgását egy V8-as hengerelrendezésű, 880 kW (1200 LE) teljesítményű dízelmotor biztosítja, amely nagy, 20 kW/t fajlagos teljesítményt eredményez. A harcjármű automata sebességváltóval rendelkezik. A felfüggesztése hidropneumatikus, lehetővé teszi a harcjárműtest jobb és bal oldalának egymástól független leeresztését és felemelését, amelynek köszönhetően a fel- és lefelé történő mozgáson túl oldalirányban is dönthető a harckocsi. Ezek a tulajdonságok az átszegdelt terep- és hegyi viszonyok között vívott harc esetén komoly előnyt jelenthetnek. A futómű védelmét köténypáncél biztosítja.

M1A2 ABRAMS [27] [30]

Az Amerikai Egyesült Államok hadseregének Abrams M1A1 alapharckocsija 1980-ban jelent meg – és az alkalmazása során szerzett tapasztalatok figyelembevételével továbbfejlesztett változata –, az Abrams M1A2, az 1990-es évek elején állt szolgálatba. A fegyverzetét tekintve a német licenc alapján gyártott M 256-os, 120 mm űrméretű, sima csövű L44 űrméretű löveg képezi, amelyhez koaxiálisan kapcsolódik a 7,62 mm űrméretű M240-es géppuska. A fő fegyverzetén túl a töltőkezelő működtethet egy 7,62 mm űrméretű M240-es, míg a parancsnok egy Browning 12,7 mm űrméretű M2-es géppuskát is. A löveghez többféle löszertípust alkalmaznak, amelyek között a reaktív páncélok leküzdésére alkalmas, szegényített uránt tartalmazó lövedék is megtalálható. Az ágyú manuális, kézi töltésű, a géppuskák optikai irányzékkal rendelkeznek, ám az elektronikai tűzvezető rendszer igen fejlett. A rendszer használatával a parancsnok 360°-os látószögben képes éjszakai és nappali célmegjelölést biztosítani. Az általa kijelölt célok az irányzó látómezőjében is megjelennek, de az irányzótól függetlenül képes más célok keresésére is. A parancsnok CITV (Commander's Independent Thermal Viewer – parancsnoki független hőképfelügyelő) tűzvezető rendszere hőképkalkotó kamerával rendelkezik, és a löelemeket a cél távolsága, az alkalmazott löszertípusa és a löveg állásszögének alapján képezi. Rendelkezik szélességmérővel, külső hőmérővel, illetve barométerrel. A korábbi típustól eltérően a harckocsiba korszerű, új rádiókészüléket építettek be. A toronyra szerelt 2x6 csöves ködgránátvető az infravörös érzékelők ellen, és radarsugárzást visszaverő kód képzésére is alkalmas. A harckocsi páncélzata a HEAT-fegyverek elleni védelemre szegényített urán (a harckocsik has-, illetve homlokpáncélzatának egyik alkotóeleme) felhasználásával készült Dorchester vagy Chobam kompozit páncél, reaktív páncélzattal is ellátható, amely a páncéltörő, kumulatív lövedékek hatását akár 90%-os arányban is csökkentheti. A páncéltést belső felületét viszonylag vékonyabb kompozit védőréteggel borították, és ez a kettős védelem, kedvező esetben a páncéltörő fegyverek ellen is nagyobb védeltséget ad a kezelőszemélyzet számára. Ez a kialakítás, a gyári adatok szerint 610 mm vastagságú hengerelt acélpáncél (RHA) ellenálló képességének felel meg, így több találatot is képes elviselni. A telepített aknák elleni védelem érdekében aknákfördítő eke is felszerelhető a harckocsira.

A harckocsiba Honeywell AGT-1500 automata gázturbinát szereltek. A gázturbina a tapasztalatok alapján megbízható üzemot biztosít, de erős zajkibocsátással rendelkezik. Az Allison X1100-3B típusú hidrokinetikus sebességváltója

14. ábra. A Type10 kísérleti példánya a TK-X oldaldőlésben, szemléltetve a hidropneumatikus felfüggesztést a). A futómű védelmét köténypáncél biztosítja b) [29]





6 fokozatú, amelyek közül 4 előre 2 hátrameneti fokozat. A futómű a korábban a német–amerikai kooperációban közösen fejlesztett, de később különvált MBT–70 kísérleti harckocsi futóműve (ahogy a Leopard harckocsik esetében is), amely torziós rugózású és hidropneumatikus lengéscsillapítókkal rendelkezik. A futógörgők könnyűfém-ből készültek, a felső láncágat két tartógörgő vezeti meg. A harckocsi műúton 72 km/h, terepen 48 km/h sebességre képes. Az erőátviteli rendszer kiépítését úgy tervezték, hogy annak elemei vagy egésze a korábbi típusokba is beépíthető, cserélhető legyen. A harckocsi, tömege és motorteljesítménye alapján a fajlagos teljesítménye 17,5 kW/t, amely érték biztosítja a jó mozgékonyt.

ÖSSZEGZÉS

A harckocsik bemutatása után egyfajta „erősorrend” felállítására lenne elvárható, azonban az ismertetett típusok egymástól eltérő, egy-egy területen kiemelkedő képességgel rendelkeznek, így a képességek tekintetében összességében közel azonos harcértéket képviselnek. A hivatkozott szakirodalmak, szakmai cikkek által megadott adatok több esetben is eltérnek egymástól. Külön figyelmet érdemelnek azonban a negyedik generációs harckocsik: a T–14 Armata (harctéri körülmények között még nem került alkalmazásra, de Szíriában – valószínűleg tűzpróba jelleggel – bevetették. Egyes források szerint volt, amelyik találatot kapott), a japán Type10, a dél-koreai K2 Black Panther. Képességeit tekintve nem véletlen, hogy a lengyel hadiipar is érdeklődik a gyártó céggel történő együttműködés iránt, sőt egy esetleges vásárlás sem kizárt. A Leopard harckocsicsalád kiforrott színvonalú, tagjai megbízható képességekkel rendelkeznek, és nem véletlen, hogy több ország hadserege megvásárolta, mivel a gyártó az igényként jelentkező módosításokat, kiegészítéseket is készségesen elvégzi. Az M1A2 Abrams harckocsik fejlesztése is napirenden van, és várhatóan – többek között – a gázturbinás hajtómű helyett ismét dízelmotor beépítésére térnek át. Sajtóhírek szerint tovább fejlesztik a K2 Black Panther harckocsit is, és a közelmúltban szintén új harckocsival jelentkezett a Rheinmetall is. A KF51 Panther típust 2022-ben mutatták be, képességeit tekintve a Leopard harckocsi méltó társa.

A harckocsigyártók folyamatosan fejlesztik gyártmányukat, amelyek fő irányai a jövőben: a hibrid hajtás, a drónok elleni védelem és a harc megvívása a küzdőtérből a TAPS (Top Attack Protection System – Felülről érkező támadás elleni védelmi rendszer) rendszerrel, a kezelőszemélyzet

létszámának csökkentése az automata töltőrendszer alkalmazásával; kiemelt jelentőségű kérdés a számítógépes vezérlésű elektronikai rendszerek, a mesterséges intelligencia területén történő előrelépés, valamint az aktív védelmi rendszerek további tökéletesítése a megbízható működés biztosítása érdekében.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [23] Forrás: Fotó: Vitaly V. Kuzmin, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=40032613> (Letöltve: 2023.1.23.);
- [24] Army Technology „T-14 Armata Main Battle Tank” 09. 04. 2020. www.army-technology.com/projects/T-14/ (Letöltve: 2020.10.3.);
- [25] Zentay Péter. „Vitézek a Vörös téren – Harckocsik és harckocsi támogatók Korszerű orosz haditechnikai eszközök az elmúlt évek moszkvai győzelem napi díszszemlén III. rész” *Haditechnika* LIII. évf. 5. szám (2019): 26–29. o. <https://doi.org/10.23713/HT.53.5.06>;
- [26] Zentay Péter. „Vitézek a Vörös téren – Harckocsik és harckocsi támogatók Korszerű orosz haditechnikai eszközök az elmúlt évek moszkvai győzelem napi díszszemlén IV. rész” *Haditechnika* LIII. évf. 2019/6. pp. 14–20. <https://doi.org/10.23713/HT.53.6.04>;
- [27] <https://www.militarytoday.com/tanks.htm> (Letöltve: 2021.10.7.);
- [28] Forrás: T.Goto, Public domain, via Wikimedia Commons <https://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1j:Type10MBT.jpg> (Letöltés: 2023.8.14.);
- [29] Forrás: https://www.militarytoday.com/tanks/tk_x_19.jpg (Letöltve: 2023.8.14.);
- [30] Military.com „M1A2 Abrams Main Battle Tank” <https://www.military.com/equipment/m1a2-abrams-main-battle-tank> (Letöltve: 2023.8.14.);
- [31] Végvári Zsolt: A Harckocsik védelmének fejlődése a páncélelhárítás fejlődésének tükrében és az aktív védelmi rendszerek (APS) megjelenése 2. rész – *Haditechnika* LII. évf. 2018/4. szám pp. 35–38. (ISSN 0230-6891), <https://doi.org/10.23713/HT.52.4.07>.

JEGYZETEK

7 Az AESA radar esetében a rádióhullámok nyalábjába elektronikusán irányítható különböző irányokba az antenna mozgása nélkül.

Vasáros Gábor László*

Orosz zászlóaljharccsoportok szerepe az elmúlt 8 év tapasztalatainak tükrében

II. rész

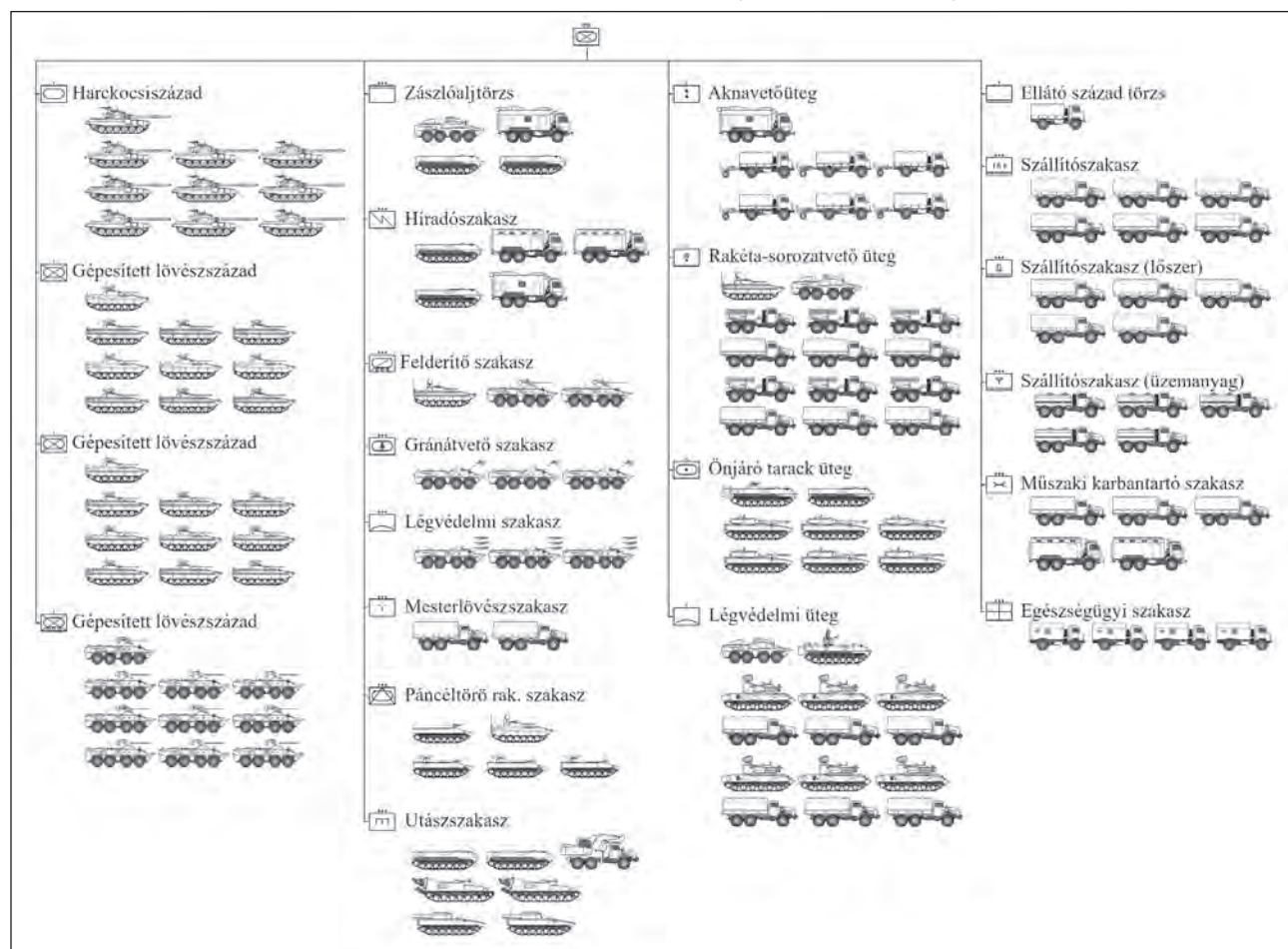
A BTG (БТГ – Батальонная тактическая группа; Battalion Tactical Group), azaz a zászlóaljharccsoport egy összefegyvernemi ideiglenes katonai egység, amelynek szervezeti felépítése az elmúlt évtizedek tapasztalatai alapján, a 2010-es évek létszámihiányához igazodva alakult ki az orosz hadseregben. Jelen tanulmány célja a 2015 és 2022 augusztusa közötti események alapján kialakított általános kép felvázolása a BTG-k szervezeti felépítéséről, és adalékok szolgáltatása a későbbi műveletek értékeléséhez.

Mivel az egyes BTG-k felépítése különböző lehet az azt kiállító dandárok felszerelésében mutatkozó eltérések miatt, ezért a hadrendi állományuk nem standardizált, a járművek, nehézfegyverek típusa és száma sem egyforma;

az a konfliktus során többször is változott. Egy jellemző hadrendet azonban általános tájékoztató jelleggel fel lehet vázolni szakirodalmi adatok [13; 2–5. o.] [14; 38–41. o] [15], illetve az Ukrajna Fegyveres Erői (Збройні сили України) és civil [16] [17] [18] [19] források által internetre feltöltött videók és fényképek kritikus elemzése alapján, ahol csak a több (n>2) különböző forrás által is megjelent adatokat fogadjuk el (1. ábra). Az összefegyvernemi zászlóalj felépítésében ugyan visszaköszönnek a Szovjetunió időszakából megöröklött hadrendi elemek, azonban jelentős változásokat is felfedezhetünk. (1., 2. ábra)

A BTG alapját három gépesített lövészsorozat adja, amelyből egy 10 darab BTR harcjárművel, kettő pedig

1. ábra. A BTG-k általános szervezeti felépítése és technikai eszközeik (A szerző szerkesztése)



* PhD., tudományos munkatárs, Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont, Regionális Kutatások Intézete ORCID: 0000-0001-5375-9107

	Páncélos (harckocsi)		Önjáró tarack
	Gépesített lövész (BMP)		Aknavető
	Gépesített lövész (BTR)		Rakéta-sorozatvető
	Felderítő		Híradó
	Utász		Törzs (parancsnokság)
	Légvédelmi		Szállító, ellátó
	Páncéltörő		Műszaki karbantartó
	Gránátvető		Zászlóalj
	Mesterlövész		Század
	Egészségügyi		Szakasz
	Összefegyvernemi alakulat		Raj

2. ábra. A hadrendi egységekre vonatkozó NATO-műveleti jelzések feloldása (A szerző szerkesztése)

11-11 darab BMP (Боевая Машина Пехоты – gyalogsági harcjármű) vagy BMD (Боевая Машина Десанта – deszantharcjármű) gyalogsági harcjárművel rendelkezik. A zászlóalj csapásmérő erejét így a két gyalogsági harcjárműves század adja, amit egy BTR-rel felszerelt század egészít ki. A járművek típusa alakulatonként eltérő, így az első században BTR–80A, BTR–82-es, BTR–90-es, esetenként MRAP (Mine-Resistant Ambush Protected – páncélozott rajtaütés- és aknavédett) gépjárműveket is használnak, ugyan így a másik két században BMP–3-as, BMP–2-es, ritkábban MT–LB (Многоцелевой Тягач Легкий Бронированный – többcélú páncélozott könnyű vontató) található az ukrainai műveletekről a nyilvános sajtóban megjelent fotók alapján. A lövészszázadok egységesen 3 szakaszból állnak, egy-egy rajjal, amely a gépkarabélyokon túl 1-1 fő RPG-vel és PKM, illetve PKP géppuskával felszerelt, valamint legalább egy katona gépkarabélyát cső alatti gránátvetővel is kiegészítették. Ettől számos BTG eltér, akad amelyik csak gyalogsági harcjárműves századokkal bír, másokban 2 BTR-rel felszerelt század működik.

Jelentős erőt képvisel a 10 harckocsit számláló század, amelyet T–72, T–80, ritkábban T–90 típusokkal szereltek fel, a nyilvánosan elérhető fotók tanúsága alapján olykor egy századon belül is eltérő kivitelű harckocsikkal (pl. T–72B és T–72B3) rendelkeznek (2. táblázat).

A felderítőszakasz, valamint a specializált fegyverek és eszközök a támogató zászlóaljközvetlen szakaszokban kaptak helyet. Általában az automata gránátvetős szakasz 6 darab AGS–17, a légvédelmi szakasz 9 darab 9K38 Igla (SA–18), vagy 9K338 Igla-S (SA–24) vagy 9K333 Verba (SA–29) eszközzel bír, és 3-3 darab BTR jármű hordozza őket. A páncéltörő rakétás szakaszt 3 darab irányított páncéltörő rakétás harcjárművel (pl. 9P149, illetve 9P157) és egy felderítő egységgel (pl. PRP–4M) szerelik fel. Az utászszakasz jellemzően IMR (Инженерная Машина Разграждения – akadályelhárító műszaki jármű) és BAT (Бульдозер на артиллерийском тягаче – gyorsjáratú útépítő buldózer vontató alvázon) szériába tartozó műszaki páncélosokat tartalmaz, de a szakaszokat gyakran csak teherautókon alapuló eszközökkel (pl. EOY–3521) töltötték fel, a különböző műszaki eszközöket és anyagokat MT–LB járművek szállítják. Ezt jellemzően kiegészíti egy raj vagy szakasz méretű műszaki záróharcegység aknatelepítő (pl.

GMZ–2 (ГМЗ-2 – Гусеничный Минный Заградитель – lánctalpas aknarakó jármű) és aknamentesítő (pl. UR–77, Установка Разминирования – aknamentesítő rendszer) járművekkel, azonban számuk igen változó a különböző BTG-k esetében. A felderítőszakasz rendszerint két páncélozott csapatszállító és egy tűzérési megfigyelő járműből áll.

Újdonságot jelent a 2008 előtti hadrendhez képest, hogy a mesterlövészeket már nem a gépesített lövész szakaszoknál rendszeresítik, hanem külön szakaszt alkotnak, amelyben a Dragunov-rendszerű fegyverek mellett 12,7 mm űrméretű puskákat (pl. ASVK) is rendszeresítenek. A BTG-eket gyakran a dandárok szakalegységeiből kialakított további szakaszok és rajok is kiegészítik. Így az utászszakaszhoz csatlakozhat egy termobarikus rakétaszorozatvető alegység, TOS–1 (тяжелая огнемётная система – nehéz lángszóró rendszer) üteg vagy ВМО-Т-н (Боевая Машина Огнемётчиков - Тяжёлая – nehéz lángszóró harcjármű) szállított RPO kézi rakétarendszerű lángszóróval ellátott szakasz. Esetenként egyéb műszaki hídrakót (pl. PMM–2, Паромно-мостовая машина – ponton- és pontonhíd jármű) vagy folyami átkelést segítő (pl. PTSz-2, Плавающий транспортёр средний – közepes úszó szállítójármű), illetve egyéb specializált célt szolgáló páncélos járműveket (pl. MDK–3, Машина Для отрывки котлована – útzáró árokásó jármű) is beosztanak az egységekbe. Ezek száma, és típusok szerinti megoszlása azonban rendkívül változó, számos BTG egyáltalán nem rendelkezik ilyen eszközökkel.

A BTG tűzerejét négy üteg növeli. Ebből az egyik 6 darab 2S12 nehéz aknavetővel rendelkezik, egyet 6 darab 122 vagy 152 mm űrméretű önjáró tarack alkot, a harmadikban 6 darab rakéta-sorozatvető található (3. ábra), és végül egy 6 darab légvédelmi harcjárműből álló üteg zárja a sort. A BTG-k között ezen egységek eszközei terén is jelentős eltérés mutatkozik, így például a fotók tanúsága szerint ZSU–23-4 Silka, 9K33 Osa (SA–8), 2K22 Tunguszka (SA–19), 9K330 Tor (SA–15), ritkábban 9K35 Sztrela (SA–13), illetve Pancir-Sz1 (SA–22) járművek is alkothatják a légvédelmi üteget annak ellenére, hogy az utóbbi típus nem erre a feladatkörre készült. Ezen üteghez tartozik egy mobil vezetési pont (pl. PU–12 vagy 9Sz737) és önjáró radar (pl. 1S80) a lőszer szállító tehergépkocsikon kívül.

A BTG utánpótlásáról az 5 szakaszból álló logisztikai és gépjárműtechnikai század gondoskodik, amelyből egy az ellátmányt, egy a lőszerkészletet, egy az üzemanyagot

3. ábra. Megsemmisült rakéta-sorozatvető üteg járművei Harkiv oblast keleti határán [18]



2. táblázat. BTG-ben alkalmazott főbb harcjárművek harcászati-technikai adatai (A szerző szerkesztése [20] [21] [31] alapján)

Műszaki jellemzők	T-62M	T-72B	T-72B3	T-80U	T-90	
Típus	harckocsi	harckocsi	harckocsi	harckocsi	harckocsi	
Hosszúság [mm]	9335 (6630)	9530 (6950)	9530 (6950)	9654 (7000)	9530 (6950)	
Szélesség [mm]	3300	3460	3590	3603	3780	
Magasság [mm]	2395	2190	2230	2222	2220	
Tömeg [t]	37-42	44,5	46,5	46	47	
Motorteljesítmény [kW]	433	580	840	919	617-831	
Sebességváltó típusa	Manuális	Manuális, hidraulikus rásegítés	Manuális, hidraulikus rásegítés	Manuális, hidraulikus rásegítés	Manuális, hidraulikus rásegítés	
Max. sebesség [km/h]	50	60	60	70	60	
Hatótávolság [km]	450	500	500	335	550	
Fő fegyverzet	2A20 115 mm-es sima csövű ágyú**	2A46M 125 mm-es sima csövű ágyú**	2A46M 125 mm-es sima csövű ágyú**	2A46M 125 mm-es sima csövű ágyú**	2A46M 125 mm-es sima csövű ágyú**	
Másodlagos fegyverzet	PKT géppuska, DSK géppuska	PKMT koaxális géppuska, NSV/Kord géppuska	PKMT koaxális géppuska, NSV/Kord géppuska	PKMT koaxális géppuska, NSV/Kord géppuska	PKMT koaxális géppuska, NSV/Kord géppuska	
Tűzvezető rendszer	Volna	Sosna-U	Sosna-U	1A45	Sosna-U/1A46	
Becsült frontális védelem kinetikus/kumulatív lövedékekkel szemben (homogén acél, mm)	242	540/900	800/1200	780/1300	900/1400	
Panoramikus parancsnoki termo-optika típusa	-	-	PK-PAN*	PNK-4S	PNK-4S	
Aktív védelmi rendszer	Drozd (elavult)	-	-	Shtora-1 (elavult)	Shtora-1 (elavult)	
Megnevezés	BMP-2	BMP-3	BMD-3	BMD-4	BTR-80A	MT-LBu
Típus	gyalogosági harcjármű	gyalogosági harcjármű	légi deszant gyalogsági harcjármű	légi deszant gyalogsági harcjármű	gyalogosági harcjármű	szállító jármű
Hosszúság [mm]	6735	7200 (7140)	6360 (6000)	6360 (6100)	7700	7210
Szélesség [mm]	3150	3300	3114	3114	2900	2850
Magasság [mm]	2450	2300	2170	2170	2800	2035
Tömeg [t]	14,3	18,7-22	13,2	13,6	15	15,5
Motorteljesítmény [kW]	225	375		331	190	243
Sebességváltó típusa	Manuális	Hidro-mechanikus	Manuális	Manuális	Manuális	Manuális
Max. sebesség [km/h]	65	72	70	70	80	61
Hatótávolság [km]	600	600	500	500	600	500
Fő fegyverzet	2A42 30 mm gépágyú	2A70 100 mm löveg** és 2A72 30 mm gépágyú	2A42 30 mm gépágyú	2A70 100 mm ágyú** és 2A72 30 mm gépágyú	2A72 30 mm gépágyú	PKMT vagy NSV géppuska
Másodlagos fegyverzet	PKTM géppuska, 9M113 Konkursz rakéta	PKTM géppuska	PKTM géppuska, 9M111 Fagott rakéta	PKTM géppuska	PKTM géppuska	-
Tűzvezető rendszer	BPK-2-42	2K23/1K13-2	BPK-2-42	2K23/1K13-2	TPN-3	-
Becsült frontális védelem kinetikus/kumulatív lövedékekkel szemben (homogén acél, mm)	33	35	33	35	13	13
Panoramikus parancsnoki termo-optika típusa	-	TKN-AI*	-	TKN-AI*	-	-
Szállított lövések száma [fő]	7	5, 7***	4	5	7	6, 8***
Aktív védelmi rendszer	-	Shtora-1* (elavult)	-	-	-	-

Megjegyzések: * csupán kis számú modernizált járművön, ** irányított páncéltörő rakéta indítható a lövegcsőből, *** kizárólag nehéz-fegyverzet nélkül.

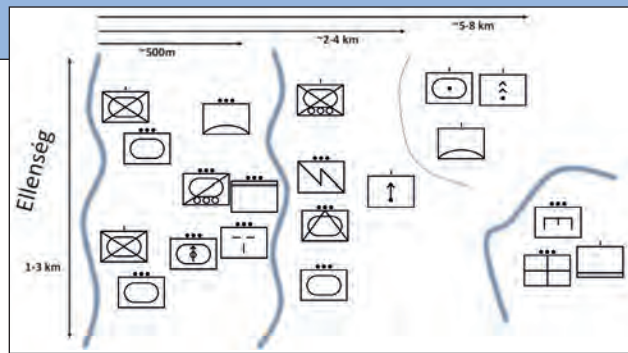
szállítja, és egy műhelyszakasz biztosítja a zászlóalj járműveinek technikai kiszolgálását. Jelentős hátrányt jelent, hogy e szakaszok páncélozott járművekkel nem rendelkeznek. Az egészségügyi részleg jellemzően 4 járművel bír, de páncélozott járművekkel általában nem rendelkeznek. A nyilvánosan elérhető fotók alapján BREM-1 (illetve BREM-2, BREM-L, BREM-80U) (Бронированная Ремонтно-Эвакуационная Машина – páncélozott műszaki-mentő jármű) nem tartozik minden BTG állományába, amely részben magyarázat lehet arra, hogy a háború első hónapjaiban miért került nagy számú elakadás után hátrahagyott harcjármű az Ukrajna Fegyveres Erői birtokába.

A zászlóalj törzs és a híradószakasz rendszerint MT-LBu vagy BTR alvázon alapuló, ritkábban MRAP-bázisú szállító járművekkel közlekedik (pl. R-149). A BTG vezetését segítheti UAV (Unmanned Aerial Vehicle – pilóta nélküli repülőgép) járművekkel (pl. ZALA) felszerelt felderítő különítmény, illetve elektronikai harctevékenységet folytató raj vagy szakasz méretű alegység (pl. R-934, 9Sz80 ill. 85Ja6 komplexumok); ezek összetétele a leginkább változó.

A BTG HARCBAN

A BTG-k sikeresen oldották meg a támadó műveleteket a nagy tűzerő és a jelentős mobilitás révén a 2014 utáni újra és újra kiújuló lokális kelet-ukrajnai harcokban, és a 2022. évi háború első napjaiban. Azonban a gyors előnyomulás során megnyúlt utánpótlás-szállítási útvonalak jelentős nehézséget jelentettek a zászlóaljharccsoportok logisztikai alegységei számára, ráadásul ezen útvonalak kitétek voltak a lesállításoknak, a támadásoknak, az UAV-k csapásainak. (4. ábra) Míg a donyecki harcokban a szakadár területek milíciái biztosítani tudták a BTG-k mögöttes területein a logisztikai egységeket, erre Ukrajna északi részén nem volt lehetőség. [22; 2–9. o.] A zászlóaljok három gépesített lövészszázada – a harcfeleladatok megoldása mellett – nem volt elégséges az utánpótlási útvonalak biztosítására. Míg a donyecki harcok során a luhanszki és donyecki milíciák képesek voltak a biztosításra, erre külön erők elegendő számban nem álltak rendelkezésre, a BTG saját erői pedig elégtelenek voltak. A háború első két hónapjában további jelentős tényezőt kellett figyelembe venni. A raszputyicának nevezett mély sár miatt ugyanis még a terepjáró tehergépkocsik is elakadhattak, ezért nem térhettek le a műutakról. Ez a tény tovább fokozta az ellenséges tevékenységeknek való kitettségüket. [13; 2–5. o.]

4. ábra. A főúton közlekedő, utánpótlást szállító tehergépjárművek nagy veszteségeket szenvedtek [18]



5. ábra. Példa egy BTG alegységeinek terepszakaszok szerinti megosztására (A szerző szerkesztése [24] alapján)

A BTG-k kialakításának egyik legnagyobb előnye, hogy a gépesített lövész- és harckocsiszakaszokat a különböző harctámogató szakaszokkal, ütegekkel, változatos módon lehet kombinálni az adott harc helyzethez igazodva. (5. ábra) [23; 1–6. o.] A parancsnoknak így lehetősége nyílik, hogy a zászlóalj támadásban 2–4 km, és védelemben 1–4 km széles arcvonalon harcoló századai támogatására rendelje a különböző támogató szakaszokat, akár közvetlenül a frontvonalban, akár kisebb távolságból (300–600 m az adott eszköz effektív hatótávolságának függvényében). Az ütegek akár több kilométer távolságból is képesek tűzcsapásokat végrehajtani. Az ukrainai harcokról számos fotó és videó került ki az ukrán haderő közösségi média profiljaira, amelyeket tanulmányozva a változatos csoportosításokról kaphatunk képet. Ezekből kitűnik, hogy a háború első felében a sár miatt valójában a főutakhoz kötötteen harcoltak a BTG-k, nem szétbontakozva. (6. ábra)

A BTG-konceptió kis méretéből adódó hátránya, hogy az elhúzó harcokban elszenvedett veszteségek és a műszaki hibák miatt kieső járművek miatt hamar kifognak a tartalékokból. Amennyiben elfogadjuk, hogy egy 30%-os veszteség már jelentősen rontja egy alakulat képességeit (funkcionális veszteség), ez az arány egy BTG esetében mindössze 4 darab harckocsi és 10 darab gyalogsági harcjármű kiesése esetén már fennállhat. Összehasonlításképp az USA hadseregének dandárharccsoportjaiban 40 harcjármű elvesztése sem jelent 30%-os arányt, amely jó érv lehet a zászlóalj helyett a dandárstruktúrára alapuló összefegyveremi alakulatok előnye mellett, amelyeket a NATO zászlóaljharccsoportjainál is érdemes megfontolni. [13; 6. o.]

Különösen kitétt a veszteségeknek a logisztikai és műszaki század, amelyek értelemszerűen jóval kisebb méretű, és korlátozottabb önvédelmi képességekkel rendelkeznek, mint a dandárok és hadosztályok logisztikai egységei az azokban lévő zászlóaljakra arányosítva. Az elhúzó harcok felhívták a figyelmet arra, hogy a járművek technikai kiszolgálását ellátó szakasz nem elégséges ennyi jármű folyamatos javítására és karbantartására. Arányosítva, feleakkora kapacitás jut egy BTG-szakaszra, mint az amerikai hadsereg dandárharccsoportjaiban. A fotók alapján összeített orosz járművesztések adatait közlő oldalak [17] [18] alapján nagy mennyiségű jármű vált a műszaki hibák áldozatává. Bár az online adatbázis természetesen nem tekinthető reprezentatív mintának, mégis érdemes figyelembe venni a páncélos- és gépjárműtechnikai biztosítás képességének értékelése során. [25; 4. o.] Kiemelendő, hogy a rendkívül sok típus vegyes használata, az eltérő alvázakra épített specializált járművek, harci körülmények között tovább nehezítik a technikai kiszolgálást terepen. A harckészség és a morál szempontjából a régi, műszakilag és erkölcsileg elavult típusok beállítása nemcsak az adott szakaszra, hanem potenciálisan az egész zászlóaljra negatívan hathat. [13; 6. o.]

Az ukrainai harcok során is meghatározóak bizonyos katonaföldrajzi és urbanizációs szempontok. Bár Ukrajna nagy részén a tengerszint feletti magasság alacsony, a





6. ábra. BTG beépített területen zajló harcban – jól látható az eltérő századok felvonulása (A szerző szerkesztése [18] alapján)

Kelet-európai-síkvidéket változatos felszínborítás jellemzi. Így a legtöbb hátság felszíne dombos, hullámos, amelyekbe a folyóvölgyek 70–100 méterre is bevágódhatnak, tehát a relatív relief sokszor jelentős, és gyakoriak az aszóvölgyek, száraz erek. Az ország északi fele egyben már az erdősztyepp övbe tartozik, ahol viszonylag nagy kiterjedésű erdők találhatóak, valamint a kisebb ligetek, a mezővédő erdősávok és az egyszerű fasorok is tipikusak. Az erdők, dombgerincek, csatornák és fasorok kiváló lehetőséget biztosítanak rajtaütésszerű támadásokra, majd a tűzkiváltás utáni gyors pozícióváltásra. [25; 26–29. o.] [30]

Az európai településfejlődés elmúlt évtizedeire jellemző volt a városi szétterülés, a szuburbanizáció folyamata. Ennek során a lakosság és a gazdasági funkciók egy része a városból a város környéki, jellemzően családi házas, sűrű beépítésű övezetbe települ át. Az ukrainai városok ilyen elővárosi gyűrűinek térszerkezete analóg a budapesti agglomeráció budai oldalával. Itt a terület igen tagolt a sűrűn meglévő kerítések, bokrok, bódék, garázsok és házak miatt. A szövevényes utcák szélessége olykor csupán 4–5 méter, mivel gyakran az egykori dácás területek (nyaralóövezetek) alakultak át, amelyek a hazai egykori zártkertekhez hasonlítottak. [26]

A zászlóaljok járművei csak oszlopban képesek haladni ilyen területeken, miközben minden épített és természeti tereptárgy potenciálisan fedezéket biztosíthat egy-egy mesterlövésznek vagy páncéltörő eszközzel felszerelt rajnak. Könnyen belátható, hogy a támadás ilyen körülmények között nehéz, lassú és sok veszteséggel, jelentős morális hatással járhat, akárcsak a városi harc általában. [19] [27; 8–10. o.] Az ilyen lakóhelyek áteresztőképessége még a viszonylag kis méretű BTG-k számára is elégtelen. (7. ábra)

2014–2022 között a donyecki és luhanszki milíciák katonái képesek voltak a BTG-k korlátozott létszámát kiegészíteni, így például el tudták látni az utánpótlási vonalak biz-

7. ábra. Elővárosi utca Harkiv észak-keleti határában (Колосистий провулок) [28]



tosítását, megszállását, amely különösen a szuburbán öv területén létszámgényes. [14; 6–10. o.] 2022 során azonban Ukrajna északi részén ez a lehetőség nem állt rendelkezésre, amely szintén hozzájárult a BTG-k korlátozott sikereihez, valamint fokozta az ellátó alakulatok veszteségeit.

Az ország északi részén dokumentáltan érvényesültek a fent bemutatott földrajzi korlátok. A nyilvánosan elérhető források (pl. liveuamap.com, oryxspioenkop.com) geológált adatai alapján a tagolt területeken jellemző volt a támadások elakadása. Például Harkiv ostrománál is a szuburbán területek mellett a bevágódó völgyekben, valamint felszíni vizek, nagyobb csatornák mellett összeszűkülő útszakaszok jelölték ki az előrenyomulás határait.

Ezzel szemben az ország déli területein, különösen a Fekete-tengermelléki alföldön és részben a Dnyeper-melléki alföld északi részein az orosz alakulatok jelentős mobilitása, tűzértségi és páncélosfőlénye érvényesült. A harccsoportok számára e területen a nagyobb városok jelentettek akadályt, azonban az időjárás javulása, és a sík területre kieri művelet már lehetővé tette a főutakról történő letérést, és emiatt az utánpótlást szállító egységek kitettsége is némileg kisebb volt. Zaporizzsja oblast déli részeinek dinamikus elfoglalása során a BTG-k nagyobb tűzértségi és műszaki támogatást is kaptak a dandároktól, valamint a haditengerészet is nagyobb hatással volt a harcokra. [27; 7–11. o.]

A legtöbb nagyobb ütközet – a 2014–15. évi harcokhoz hasonlóan – beépített területen zajlott. Ez kiemelkedő kihívást támasztott a kiképzéssel, a technikával és a fegyvernek közötti együttműködéssel és koordinációval szemben. Az elmúlt években elmaradt a különböző fegyvernemek katonáinak közös, egy helyen és időben történő kiképzése az együttműködés kimerítő begyakorlásával. Továbbá a háború során jelentős hiány mutatkozott a titkosított kommunikációs és az elektronikai harc megvívására szánt eszközökből, ezért a legtöbb BTG-nek ezekből nem jutott. [29]

A háború második évében már a nagyobb, gyakran több dandárnyi erőt alkalmazó műveletek váltak általánossá, így a BTG-k sajátosságai kevésbé érvényesültek a harcokban. A tapasztalatok mélyebb elemzése és a tanulságok levonása azonban jelentős feladat lesz a háború után.

ÖSSZEZÉS

A bemutatott adatok alapján megállapíthatjuk, hogy a BTG szervezeti kialakítása hatékony válasz volt korunk alacsony intenzitású harcainak kihívásaira, azonban jelentős hiányosságokra derült fény az ukrainai harcok során. E tapasztalatok a jelenleg folyó hazai haderőreform során is megfontolásra alkalmas adalékokkal szolgálhatnak, azért is, mivel számos tagállam is zászlóalj méretű kötelékeket ajánlott fel a NATO-ban, amelyek ezen tanulságok elemzése révén fejleszthetők.

Az orosz vezetési-irányítási rendszerben a küldetésorientált vezetésnek nincs jelentős hagyománya. A tradícionális, merev, parancsorientált irányítási kultúra azonban nem tudja maradéktalanul kihasználni a BTG-k egyes szervezeti előnyeit, valamint a bevetések kimenetelére a tiszthiány is negatívan hatott. Ez a forma jelenlegi formájában maradéktalanul nem alkalmas a magas intenzitású harcok elhúzódó műveleteinek megoldására. A szovjet időszakból megőrzött 10 járműves századok nem elegendők, a NATO-tagállamok 12-20 eszközzel ellátott egységei jóval nagyobb tartalékokat jelentenek, és több célpont párhuzamos leküzdésére rendelhetők ki különítmények, harcjárműpárok stb. A sík területeken a BTG-k a páncélos főlény és a nagy tűzerő révén eredményesen

törték át a védelmi vonalakat. Ezzel szemben a relatív kis számú lövészraj komoly hiányosság, különösen helység-harcokban, valamint nem teszi lehetővé a mögöttes területek és az utánpótlási vonalak tartós biztosítását. Egyéb alakulatok azonban e célra nem álltak rendelkezésre. Bár már a 2015-16. évi harcokban is kiderültek ezek a hiányosságok, mégsem történtek lépések a megoldás érdekében, épp úgy, ahogy a szűkös felderítési képességeket is csak egyes BTG-k esetében egészítették ki. E tapasztalatokat részben a dandárstruktúrára alapuló összefegyvernemi alakulatok melletti érvként is fel lehet hozni.

Mivel a BTG járműveinek megközelítőleg 60%-a nem úszóképes, ezért a pontonkészlet nélküli vízi átkelések nem jelentenek alternatívát. Az egyes típusok (pl. gyalogsági harcjárművek) úszóképessége iránti igényt ezért felülírhatja a védetség növelésének igénye, amelyet a jelentős tömegnövekedéssel járó kiegészítő páncélok megjelenése is mutat. A vasúti szállításra alapozó hagyományok az orosz haderőben máig meghatározóak, azonban Ukrajnában a nagy távolságokat – különösen, ahol az ukrán erők megrongálták a síneket – a BTG-k ellátó századai már nem voltak képesek áthidalni. Mivel az ellátmányt szállító járművek nem MRAP kialakításúak, ezért nagy veszteségeket szenvedtek dróntámadások és lesállítások során. Jelentős nehézséget okoz, hogy igen sok eltérő alkatrészű bázist igénylő harcjármű és specializált alváz található egy-egy alakulat állományában, ezért célszerűbb lenne számukra lenne legalább zászlóalj szinten egységesíteni a típusválasztékot. A nyilvánosan elérhető, fényképekkel alátámasztott listák alapján a járművesztések a műszaki hibák nagy arányára is visszavezetők.

A fentiek alapján további, a BTG sajátosságaitól független általános tapasztalatok is levonhatók. Korunkban a városi szétterülés folyamata miatt a központokat sűrűn beépített lakóöv veszi körbe. E területeken a szűk utcákban a korszerű reaktív oldalpáncélzattal rendelkező, tehát igen széles harcjárművek csak nehezen képesek áthaladni, kitétek a lesállításoknak. Kelet-Közép Európa erdőikkel és falvakkal tagolt, dombvidéki tájai igen kedveznek a korszerű páncéltörő eszközökkel felszerelt lövészalakulatoknak, és általában jelentős a drónok hatása. Így legalább a harcokcsik és lövészpáncélosok aktív védelmi rendszerekkel (APS – Active Protection System) történő felszerelése elengedhetetlen lesz a közeljövőben. A hazánkban is beszerzés alatt álló Lynx gyalogsági harcjárművek megfelelnek a cikkben bemutatott tapasztalatoknak.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [13] Fiore, N. J. „Defeating the Russian Battalion Tactical Group”. *Armor*, 2017. pp. 9–17. <https://www.benning.army.mil/armor/eARMOR/content/issues/2017/Spring/2Fiore17.pdf> (Letöltve: 2023.2.7.);
- [14] Grau, L. W. Bartles, C. K. „The Russian Way of War”, (Fort Leavenworth: Foreign Military Studies Office, 2018). <https://www.armyupress.army.mil/portals/7/hot%20spots/documents/russia/2017-07-the-russian-way-of-war-grau-bartles.pdf> (Letöltve: 2023.2.13.);
- [15] Mykhailyshyn, V. „The influence of the conflict in ukraine on the modernization of the russian armed forces since 2014.” *Torun international studies*, 2018, <https://doi.org/10.12775/tsm.2017.004>;
- [16] Oryxspioenkop, ttack On Europe: Documenting Russian Equipment Losses During The 2022 Russian Invasion Of Ukraine <https://www.oryxspioenkop.com/2022/02/attack-on-europe-documenting-equipment.html>, (Letöltve: 2023.4.8.);
- [17] Live Universal Awareness Map, interaktív térkép <https://www.liveuamap.com> (Letöltve: 2023.4.8) <https://doi.org/10.55552/IJIM.2023.4402>;
- [18] Ukraine Weapons Tracker, twitter oldal <https://twitter.com/UAWeapons/> (Letöltve: 2023.4.8.);
- [19] Institute for the Study of War, interaktív térkép <https://storymaps.arcgis.com/stories/36a7f6a6f5a9448496de641cf64bd375> (Letöltve: 2023.4.8.);
- [20] Foss, C. F. „Jane’s armour and artillery 2010-2011.”, (31. kiadás) (Surrey: Jane’s Information Group, 2010) ISBN: 9780710629210;
- [21] Zaloga, S. J. „T-90 Standard Tank: The First Tank of the New Russia”, (Oxford: Osprey Publishing1 2018) ISBN: 9781472818225;
- [22] Fox, A. C. „Reflections on Russia’s 2022 Invasion of Ukraine. Land warfare paper 149.” *The association of the united states army*. 2022 p. 11. <https://www.ausa.org/publications/reflections-russias-2022-invasion-ukraine-combined-arms-warfare-battalion-tactical> (Letöltve: 2023.2.3.);
- [23] Angevine, R., Warden, J. K., Keller, R., Frye, C. „Learning Lessons from the Ukraine Conflict, Tech. Rep. NS D-10367”, *Institute for Defense Analyses*, 2019. <https://nsiteam.com/social/wp-content/uploads/2019/07/NS-D-10367-Learning-Lessons-from-Ukraine-Conflict-Final.pdf> (Letöltve: 2023.2.3.);
- [24] Fox, A. C. „Russian Hybrid Warfare and the Re-emergence of Conventional Armored Warfare: Implications for the U.S. Army’s Armored Force”. *Armor*, 2016. https://www.benning.army.mil/armor/eARMOR/content/issues/2016/JUL_SEP/3Fox-Russia16.pdf (Letöltve: 2023.3.2.);
- [25] Watling, J., Danylyuk, O. V., Reynolds, N. „Preliminary Lessons from Russia’s Unconventional Operations During the Russo-Ukrainian War, February 2022–February 2023”, RUSI, 2023, <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/special-resources/preliminary-lessons-russias-unconventional-operations-during-russo-ukrainian-war-february-2022> (Letöltve: 2023.3.29.);
- [26] Havryliuk, O. Gnatiuk, O., Mezentsev, K., „Suburbanization, but centralization? Migration patterns in the post-soviet functional urban region. Evidence from Kyiv.”, *Folia geographica*, 2021.;
- [27] Grau, L. W., Bartles, C. K. „The Russian Breakthrough Tactical Group.”, *Infantry*, 2022, https://www.benning.army.mil/infantry/magazine/issues/2022/Fall/PDF/8_Grau.pdf (Letöltve: 2023.3.14.);
- [28] Google Maps. <https://www.google.com/maps/place/Kolosystyi+Ln,+Kharkiv> (Letöltve: 2023.3.14.);
- [29] Takács, M. „Short Study: Describing the Major Features of the Russian Battalion Tactical Group”, *AARMS*, 2021, <https://doi.org/10.32565/aarms.2021.2.5>;
- [30] Sutyagin, I., „Russian Forces in Ukraine”, RUSI, 2015, <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/briefing-papers/russian-forces-ukraine> (Letöltve: 2023.3. 10.);
- [31] Végvári Zsolt: A Harcokcsik védelmének fejlődése a páncélelhárítás fejlődésének tükrében és az aktív védelmi rendszerek (APS) megjelenése 2. rész – *Haditechnika* LII. évf. 2018/4. szám pp. 35–38. (ISSN 0230-6891), <https://doi.org/10.23713/HT.52.4.07>.



1. ábra. Világszerte a választási kampányok meghatározó jelenségévé vált a chatbotok alkalmazása az ellenjelöltekről szóló dezinformációs narratíva terjesztése érdekében (Forrás: Shutterstock)

Benke Bálint Péter*

A megtévesztés új korszaka

A mesterséges intelligencia fejlődésének hatása a dezinformációs kampányokra

Elsőként a mesterséges intelligencia fogalmát kell tisztáznunk. A mesterséges intelligencia az emberi intelligencia szimulációját jelenti olyan gépekben, amelyeket oly módon programoztak, hogy úgy gondolkodjanak és tanuljanak, mint az emberek. [1] A gépi tanulás a mesterséges intelligencia meghatározó területe.

A gépi tanulási algoritmus egy olyan számítási folyamat, amely a bemeneti adatokat oly módon használja fel a tervezett feladat elvégzéséhez, hogy azt nem szükséges explicit módon előre beprogramozni. Más szavakkal: nem szükséges „kemény kódolással” előre meghatározni a mű-

ködését. Ezek az algoritmusok automatikusan módosítják a terveiket, vagy ismétlés, illetve tapasztalás révén alkalmazkodnak azokhoz, vagyis „puhán kódoltak”. Ahogy haladnak előre, egyre jobban teljesítik a kitűzött célt. A tanítási folyamat során bemeneti mintákat adunk meg a kívánt eredményekkel együtt. Az algoritmus ezután a legjobb képességei szerint konfigurálja magát annak érdekében, hogy képes legyen általánosítani, vagyis az adatok mellett a friss, korábban nem betanult adatokból is elő tudja állítani a kívánt kimenetet. Ezt a folyamatot nevezzük „tanulásnak”. [2] (2. ábra)

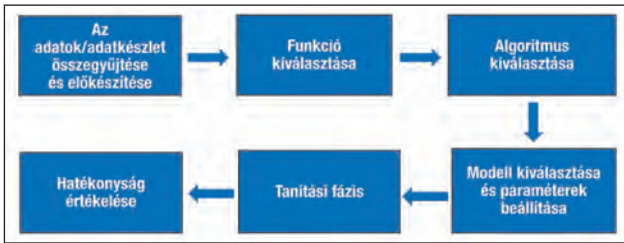
ÖSSZEFOGLALÁS: Napjainkban a rohamos mértékben fejlődő mesterséges intelligencia és a gépi tanulás nemcsak kihasználható képességeket hordoznak magukban, hanem megannyi veszélyt is. Egy ilyen veszélyforrás a dezinformáció mértékének növekedése és a terjesztés megkönnyítése. A mesterséges intelligencia a dezinformáció számos fázisát is automatizálta, illetve jelentősen segítette a dezinformációs szereplők munkáját. A tanulmányon belül szó lesz a deepfake és a szintetikus hangok generálásáról, továbbá a közösségi botok dezinformáló hatásáról valamint a szentiment analízis által történő szövegelemzésről. A technológiák bemutatásán keresztül konkrét példák szemléltetik gyakorlati felhasználásukat.

KULCSSZAVAK: mesterséges intelligencia, deepfake, álhír, generatív versenyző hálózatok, természetes nyelvi generálás

ABSTRACT: Nowadays, rapidly advancing artificial intelligence and machine learning not only hold valuable potentials but also encompass numerous dangers. One such source of danger is the increase in the extent of disinformation and the facilitation of its spread. Artificial intelligence has automated various phases within disinformation and significantly aids the work of disinformation actors. Within this article, we will discuss the generation of deepfakes and synthetic voices, as well as the deceptive impact of chatbots and social bots, and the text analysis through sentiment analysis. Through the presentation of these technologies, the article will provide concrete examples to illustrate their practical applications.

KEY WORDS: artificial intelligence, deepfake, fakenews, generative adversarial networks, Natural Language Generation

* Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Államtudományi és Nemzetközi Tanulmányok Kar, Kiberbiztonsági mesterképzési szak, hallgató.
ORCID: 0009-0001-2901-6319

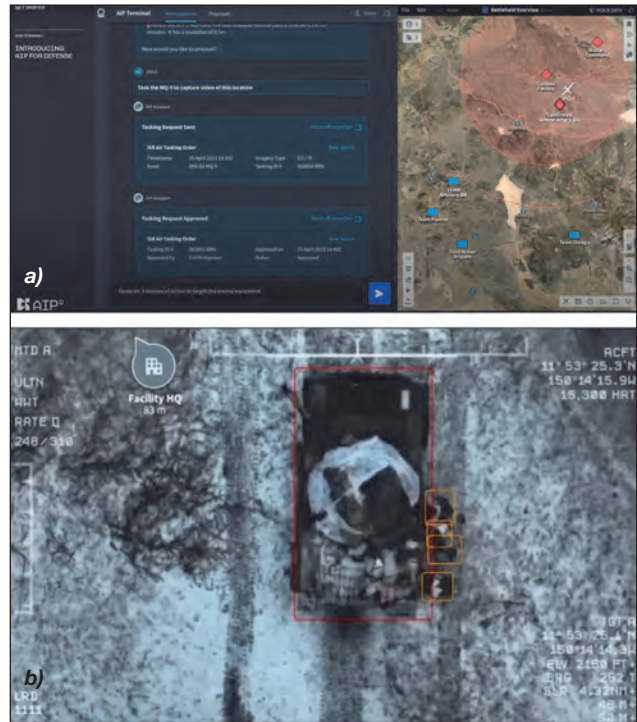


2. ábra. Egy általános gépi tanulási modell elemei (A szerző szerkesztése [3] alapján)

A gépi tanuláson belül háromfajta tanulási módszert különböztethetünk meg: a felügyelt tanulást, a nem felügyelt tanulást és a megerősítéssel tanuló tanulást. A felügyelt tanuláshoz a bemeneti és a kapcsolódó kimeneti változók (címkék) alkotják az algoritmus tanulási halmazát alkotó példapárokat. Az algoritmus ezek alapján létrehozza az adatfeldolgozási módszert/függvényt, majd a következő lépésekben felhasználja azt. A modell addig tanul, amíg el nem éri a szükséges pontosságot. Nem felügyelt tanulás esetében az algoritmus tanulási halmaza csak bemeneti változókat tartalmaz, címkéket nem. Az előre meghatározott kritériumok és a hasonlóság alapján osztályozza a bemeneti értékeket. Végül a megerősítéssel tanuló tanuláshoz az algoritmus minden elképzelhető kimenetet kipróbál, és a legjobbat választja ki, így biztosítva, hogy a döntés kimenetele a jó döntésekért járó jutalmak, és a rossz döntésekért járó büntetések alapján megerősítést kapjon. Mivel a mesterséges intelligencia a környezeti bemenetekre reagálva tanul, ez nem tanulóhalmazok és példapárok alapján történő tanulás, mint a korábbi módszerek esetén. [4]

Mielőtt részletesebben ismertetnénk a különféle módszereket, amelyekkel a mesterséges intelligencia segítségével hamis információk hozhatók létre és terjeszthetők, vizsgáljuk meg, hogy ezek az eszközök milyen hatást gyakorolhatnak a társadalomra. A könnyebb megértés érdekében néhány példát is említünk arra, hogyan működhet együtt a mesterséges intelligencia és a dezinformáció. Az egyik kiemelkedő eset a 2016-os amerikai elnökválasztás, amelyben közösségi botokat¹ használtak a választás menetének befolyásolására. [5] Braziliában a 2018-as elnökválasztás során chatbotokat használtak a WhatsApp alkalmazáson a jelöltekről szóló dezinformáció terjesztésére. [6] Az Egyesült Királyságban, a brexitről szóló népszavazás alatt közösségi botokat alkalmaztak a Twitter nevű közösségi médiaplatformon. [7] A fenti példák közül is jól látható, hogy a dezinformáció a 21. században is hatalmas szerepet játszik. A dezinformáció veszélyezteteti a demokráciák integritását és aláássa a hírekbe vetett bizalmat. Az autokratikus államok médian keresztül történő szigorú ellenőrzése lehetővé teszi számukra az álhírek és dezinformációk hatékonyabb kezelését. A probléma súlyosságát jól szemlélteti, hogy egy Észak-atlanti Szerződés Szervezete (NATO) által támogatott kutatásban felmerült a kognitív hadviselés koncepciója, mint a hatodik hadviselési domén. [8]

A hadviselés területén a mesterséges intelligencia egyik lényeges új felhasználása a Palantir cég által fejlesztett PalantirAIP (All-Source Intelligence Platform) for Defense „targeting” funkciója. Az általános „targeting” funkció egy olyan folyamatot takar, amelyben a szoftver az adott területen lévő műholdképek alapján azonosítja és követi az ellenséges mozgást. Ez a képesség nem kötődik a dezinformáció területéhez, inkább az információgyűjtés és -elemzés hatékonyabbá tétele áll a középpontban, ugyanakkor fontosnak tartom a mesterséges intelligencia efféle újszerű



3. ábra. A Palantir AIP kezelőfelülete a) és egy drón által készített felvétel b) [9]

katonai alkalmazásának a megemléstét. Az eljárás rendszerint a következő lépésekből áll:

1. **Adatgyűjtés:** a PalantirAIP for Defense rendszeresen kap műholdképeket és más hírszerzői adatokat, amelyeket automatizált vagy szakember által felügyelt elemzésnek vet alá.
2. **Ellenséges mozgások azonosítása:** az AI-alapú szoftver az algoritmusok és a gépi tanulás segítségével elemzi a műholdképeket, hogy felfedezze a potenciálisan ellenséges erőket vagy tevékenységet jelző mozgó elemeket.
3. **Katonai értesítés:** miután az AI azonosította a potenciális célpontokat vagy ellenséges mozgásokat a műholdképeken, értesítést küld a hadműveletért felelős tiszteknek. Ez a tevékenység lehetővé teszi számukra a megfelelő reakció vagy további intézkedések megtételét, például felderítő járőrök küldését vagy más műveletek előkészítését. A katonák akár programozási képességek nélkül is további információkat kérhetnek a szoftvertől. Maga a szoftver egy nagy nyelvi modellen² (Large Language Model – LLM) alapul.
4. **Tervek kidolgozása:** a rendszer három műveleti tervet dolgoz ki, amelyek közül a felügyelő tiszt kiválasztja az általa legmegfelelőbbnek véltet. Az AIP részletezi, hogy hány ember, milyen felszereléssel mennyi idő alatt képes teljesíteni a megjelölt célt. [9]

A Palantir AIP-t a háborús területen, éles helyzetben is alkalmazzák a katonák, mint például az orosz-ukrán háborúban az ukrán fél. [10]

A CÉLCSOPORTOK AZONOSÍTÁSA GÉPI TANULÁSI RENDSZEREK SEGÍTSÉGÉVEL SZENTIMENT ANALÍZISSEL ÉS ÁLLÁSPONTVIZSGÁLATTAL

A szentiment analízis és az álláspontvizsgálat lehetővé teszi a dezinformáló szereplők számára, hogy megtalálják azokat a csoportokat vagy közösségeket, ahol az általuk



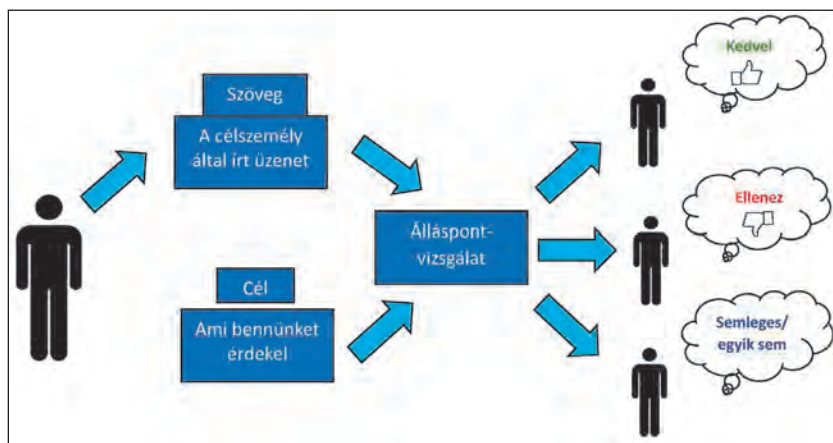
generált álhírek a legsikeresebben érnek célba. [11] Ezeknek a programoknak alapjául a természetes nyelvi feldolgozás és a természetes nyelvi generálás szolgál. Ez a két kutatási terület lehetővé teszi a gépi tanulási rendszerek számára a szövegek olvasását, írását, értelmezését, és lehetővé teszi ezáltal a szentiment analízist is. [12]

A szentiment analízis a felhasználó egy entitással kapcsolatos véleményét, attitűdjét és érzelmeit tanulmányozza számítógép segítségével. Az entitás lehet személy, esemény vagy különböző témák. A szentiment analízis érzelmeket és hangulatot – mint például az öröm (pozitív) vagy bosszúság (negatív) – próbál elemezni és kategorizálni a szövegben. Ezt a technológiát leggyakrabban marketing célokra használják, például egy termék megítélésének felméréséhez. Fontos kiemelni, hogy az elemzés eredményeként a vállalatok anyagi előnyhöz juthatnak. A cégek bevétele további fejlesztéseket tesz lehetővé a szentiment analízis technológiája számára. Ennek nyomán a technológia a jövőben még pontosabb adatokat szolgáltathat.

A fejlettebb gépi tanulási algoritmusok a közösségi médiában használt szlenget, hangulatjeleket, emojikat és rövidítéseket is képesek megérteni. Ezeket a kifejezéseket nyelvészek által kiválasztott adathalmazokon tanítják. E képességek megkönnyítik a dezinformációs szereplők munkáját, mert a szentiment analízis segíthet az emberek beállítottságának meghatározásában, például politikai nézeteik megállapítható az általuk követett emberek, és a közzétett posztjaik alapján. [13]

Az álláspontvizsgálat (4. ábra) meghatározza a szöveg szerzőjének hozzáállását egy olyan entitáshoz vagy véleményhez, amelyet a szöveg közvetlenül megszólít vagy sugall. A hozzáállás három kategóriába sorolható: ellenző, támogató vagy semleges. [14] Az álláspontvizsgálatra legtöbbször a felügyelt tanulási módszert (Support Vector Machine – SVM) alkalmazzák. A SVM egy olyan számítógépes algoritmus, amely példák alapján tanulja meg a kategória hozzárendelését az entításokhoz. Ezzel a módszerrel az arcok felismerésétől a hitelkártyacsalásokig számos feladatra betaníthatók a programok. [15] Az álláspontvizsgálattal kapcsolatos kezdeti kutatások célja a résztvevők ideológiai, vagy vitás kérdésekkel kapcsolatos álláspontjának azonosítása online vitaforumokon. A rosszindulatú szereplők az elemzések ezen formáinak segítségével azonosíthatják célcsoportjaikat, hogy dezinformálásukkal csak ezeket a személyeket célzassák meg. Ilyen vitatott kérdések lehetnek többek között a feminizmus, az ateizmus, az abortusz vagy éppen egy politikai párt, illetve személy. [14]

4. ábra. Álláspontvizsgálat (Stance detection) leegyszerűsített menete (A szerző szerkesztése [14] alapján)



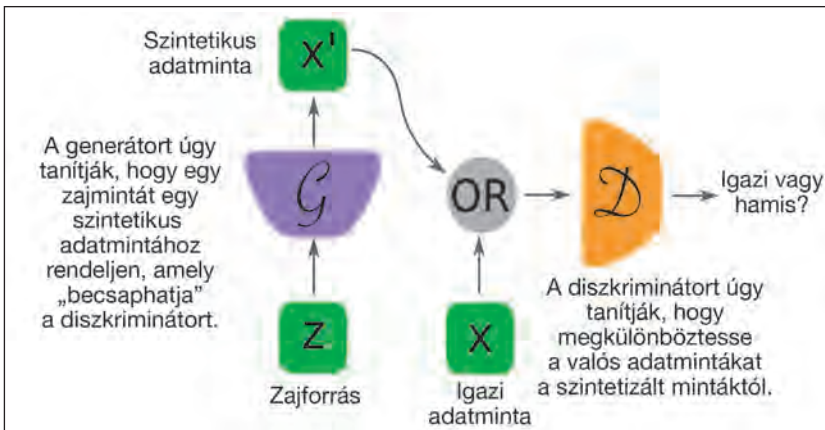
Fontos szót ejtenünk a pszichológiai műveletekről (Psychological Operations – PSYOP). A pszichológiai műveletek olyan tevékenységek, amelyeknek célja kiválasztott információk átadása a célcsoportnak annak érdekében, hogy azok befolyásolják kormányok, szervezetek, csoportok és vállalatok motivációit, érvelését, és végső soron a viselkedését. Befolyásolás információval, pedig a katonai információs támogató műveletek (Military Information Support Operations – MISO) küldetések során meghatározott információkat osztanak meg a külföldi közönséggel, hogy befolyásolják a külföldi kormányok és állampolgárok érzelmeit, motívumait, érvelését és viselkedését. Ez magában foglalhatja a kiberhadviselést és a fejlett kommunikációs technikákat a média minden formáján keresztül. Szándékos megtévesztésről akkor beszélünk, amikor harci helyzetekben, a katonai megtévesztési tevékenységek során a pszichológiai hadviselést használják az ellenséges erők szándékos félrevezetésére. Célja, hogy hatást gyakoroljanak az ellenség személyi állományának (a népesség különböző csoportjai) érzelmeire, s ezáltal befolyásolják viselkedését, szándékát, akaratát a politikai, és a katonai célokkal összhangban. Célja továbbá erősíteni a baráti, illetve a lojális népesség szimpátiáját a kitűzött célok elérését szolgáló műveleteket érintően; valamint elnyerni az el nem kötelezett népesség támogatását és fejleszteni együttműködési készségét. [16]

A HAMIS TARTALOM ELŐÁLLÍTÁSA GENERATÍV VERSENGŐ HÁLÓZATOK SEGÍTSÉGÉVEL

A generatív versengő hálózatok (Generative Adversarial Networks – GANs) olyan típusú neurális hálózatok, amelyek két neurális hálózati modellből állnak, egy generátorból és egy diszkriminátorból, amelyeket a GAN arra használ, hogy megkülönböztesse a valódi mintákat a generált mintáktól. (5. ábra) Amint a neurális hálózatok versenyeznek, tanulnak egymástól, a versengés során egyre valóságosabb eredmények születnek, például kép-, videó- és hanginformációk esetében egyaránt. Fontos tudni, hogy a generátor csak a diszkriminátorral való interakció révén tanul, és nincs közvetlen hozzáférése a valódi forrásfájlokhoz. A szintetikus minták és a valódi képek halmazából vett minták egyaránt a diszkriminátor rendelkezésére állnak. Egy kép elemzése után a diszkriminátor a mérési alap (ground truth) segítségével megállapítja, hogy a kép valós, vagy generált. A diszkriminátor segítségével a generátor

betanítható, hogy még valóságosabb és jobb minőségű hamisítványokat készít. [17]

A neurális hálózat olyan gépi tanulási modell, amelyet az emberi agy neurális hálózatának szerkezete és működése ihlet. Ez egy számítási modell, amely rétegekbe szervezve, összekapcsolt csomópontokból vagy mesterséges neuronokból áll. A neurális hálózatokat úgy tervezik, hogy azok dolgozzák fel az adatokat és tanuljanak az információkból oly módon, hogy képesek legyenek mintákat felismerni, előrejelzéseket készíteni, valamint olyan feladatokat elvégezni, amelyeket nehéz lenne explicit módon programozni. A neurális hálózatban az információ az adatok kezdeti beviteli rétegén keresztül halad egy vagy több rejtett rétegen, majd végül a



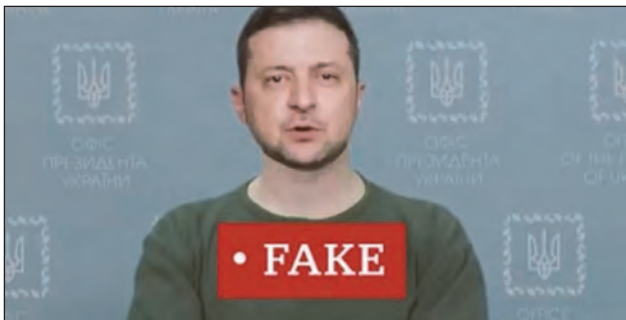
5. ábra. A GAN képzési folyamata során tanuló két modell a diszkriminátor „D” és a generátor „G” (A szerző saját szerkesztése [18] alapján)

kimeneti réteghez jut, amely létrehozza a hálózat végső előrejelzését vagy eredményét. A csomópontok közötti minden kapcsolatnak van egy hozzárendelt súlya, és ezeket a súlyokat a tanulási folyamat során beállítják annak érdekében, hogy optimalizálják a hálózat teljesítményét egy adott feladat végrehajtása során.

A GAN-ok különösen jók deepfake videók és szintetizált hangok létrehozására. Ez a technika a „deepfake” nevet viseli, mivel az alapja egy mélytanulási modell. A többrétegű neurális hálózatok tanítása azon gépi tanulási részhez tartozik, amelyet mélytanulásnak nevezünk. A deepfake arra is felhasználható, hogy megváltoztassák egy prominens katonai vezető, politikai- vagy médiaszemélyiség hírnevét. A dezinformációs tartalmakat létrehozó személy a deepfake technológiát felhasználhatja arra, hogy hitelesnek tűnő videókat készítsen azáltal, hogy az arcot egy szintetikus hanggal és képpel párosítja, amely a tényleges szereplő hangját és mimikáját utánoz-

Ezekhez a profilokhoz profilképek szükségesek, hogy még hitelesebbek legyenek. Ilyen hihető kép a gépi tanulás segítségével könnyedén előállítható. Erre jó példa a thispersondoesnotexist.com elnevezésű oldal. Minden egyes alkalommal, amikor a weboldalt frissítjük, egy új arckép jelenik meg előttünk, amelyet a GAN-technológia hoz létre. [13]

A Midjourney egy sokkal fejlettebb weboldal, amely mesterséges intelligenciát használ a kép generáláshoz. A Midjourney kulcsszavak megadása alapján kreál valóság-hű képeket. Fontos hangsúlyozni, hogy ez a technológia is folyamatos fejlődésen megy keresztül. A hamis képek generálására alkalmas eszközök egyik példája a DALL-E, amelynek első változata 2021 januárjában jelent meg, amelyet a DALL-E 2 követett 2022 áprilisában. Ezalatt az idő alatt még kifinomultabban és gyorsabban képes képeket előállítani a program, ráadásul ezzel az eszközzel a felhasználók már módosíthatják, hozzáadhatják vagy törölhetik egy meglévő kép elemeit. (7. ábra) Egy kitűnő példa a hamis hangok generálására az ElevenLabs által nyújtott hangklónozási szolgáltatás. A weboldal ingyenesen elérhető felületén a felhasználó egészen 2500 karakterig megadhatja a saját szövegét, majd az mp3 hangfájlok feltöltése után a program a megadott hangon ismétli a betáplált szöveget. [15] Az itt felsorolt példák mind ingyenesen elérhetők.



6. ábra. A Volodymyr Zelenskyyről készült deepfake videó részlete [19]

SZÖVEGES TARTALOM ELŐÁLLÍTÁSA TERMÉSZETES NYELVI GENERÁLÁSSAL

A természetes nyelvi generálás (Natural Language Generation – NLG) olyan folyamatot jelent, amely során emberi kommunikációhoz hasonló szöveg vagy beszéd

7. ábra. Donald Trump elnök letartóztatásáról készített hamis képek [21]



1. táblázat. A természetes nyelvi generálás 6 lépése (A szerző szerkesztése [22] alapján)

Tartalom-elemzés	Adatok megértése	Dokumentumok strukturálása	Mondatok összesítése	Nyelvtani strukturálás	Nyelv ismertetése
az adatok szűrése és a fontos tartalmak azonosítása	az adatok értelmezése, a minták azonosítása és kontextusba helyezése	dokumentumterv és narratív struktúra létrehozása	releváns mondatok kombinálása a téma összefoglalása érdekében	nyelvtani szabályok alkalmazása a természetes hangzású szöveg létrehozása érdekében	utolsó változtatások végrehajtása és bemutatása

kerül generálásra. Ez a folyamat nem emberi nyelvi bemenet alapján, hanem az automatizált rendszerek segítségével hajtható végre. Ez a természetes nyelvfeldolgozás egyik részterülete, amely olyan koherens és folyékony szöveg létrehozására összpontosít, amely úgy tűnik, mintha ember írta vagy mondta volna. Az NLG a nyelvi bemenetből előállított szövegre vagy beszédre is vonatkozhat, mint például összegzés vagy szövegegyszerűsítés. A szöveg generálás módszerét 6 lépését az 1. táblázat szemlélteti.

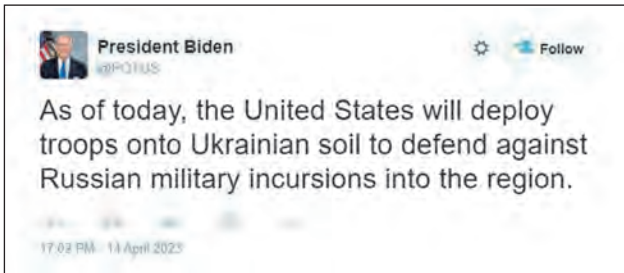
A tartalomkészítési fázison belül az NLG hozta a legnagyobb változást a dezinformációs kampányok számára. Ez a technológia meghatározott paraméterek alapján képes szövegeket létrehozni, amelyek hihetőnek és egyedinek hangznak, ily módon, a kampányok számára megkönnyítik a dezinformáció írásának folyamatát. Kiemelendő, hogy ezek a szöveggeneráló rendszerek képesek célzott és precíz tartalmak létrehozására is, mivel a generatív nyelvi rendszerek példák alapján utánozzák a különböző írásmódokat. Kvalitásai révén hitelesnek tűnő, valójában azonban hamis levelek vagy e-mailek létrehozására képesek, amelyek megkérdőjelezhetik egy adott közszereplő megbízhatóságát. Ezeket a hamisított üzeneteket akár a „hack-forge-leak” típusú támadásokban is felhasználhatják, ahol a hamisított e-mailt úgy teszik közzé, mintha az valós lenne. [13] A szöveg generálása napjainkban már a médiából és a hírekből is ismertté vált jelenség, és a ChatGPT révén meglepően könnyen hozzáférhető és alkalmazható technológiává vált. A ChatGPT ingyenes változata a GPT 3.5-ös (Generative Pre-trained Transformer) verziót alkalmazza, ami 175 milliárd paraméterből áll. Azonban a fizetős változat már a GPT 4-est használja, amely paramétereinek száma eléri a 170 billiót. A modell paramétereinek száma befolyásolja a modell összetettségét és kifejezőképességét, valamint azt, hogy mennyi adatot képes kezelni. [23]

A Journal of Experimental Political Science című folyóiratban megjelent tanulmányban a kutatók két különböző kísérleti megközelítéssel vizsgálták a nyelvi modellek társadalmi hatásait. A tanulmányban mesterséges intelligenciával írt hírcikkek alkalmaztak, hogy megvizsgálják azok valóságtartalmát és azt a képességüket, hogy megkérdőjelezzék a külpolitikával kapcsolatos előítéleteket. A tanulmányban az OpenAI által létrehozott GPT-2 három különböző verziójának közepes-nagy 355 millió, nagy 724 millió és extra nagy 1,5 milliárd paraméterét használták. A kutatók az első kísérletben a mesterséges intelligencia által generált szövegek emberi hitelesség-érzékelésének felső határát vizsgálták, valós hírekkel összehasonlítva. A második kísérlet azt vizsgálta, hogy a párhovatarozás milyen hatást gyakorol a mesterséges intelligencia által generált hírek hitelességére. Ez utóbbi vitákat váltott ki arról, hogy a politikailag egyetlen párt mellett kiálló emberek nagyobb valószínűséggel hisznek-e a politikailag kedvező híreknek, és nagyobb valószínűséggel ragaszkodnak-e ezekhez a véleményekhez, még úgy is, ha feltűntették, hogy a szöve-

get szintetikus generáltak. A harmadik kísérletben három különböző méretű mesterséges intelligencia szöveggeneráló modell képességét vizsgálták, hogy azok mennyire képesek emberi segítség nélkül automatikusan híreket létrehozni, és a generált hírek mennyire hitelesek. Az első kísérlet azt az eredményt hozta, hogy az olvasók a mesterséges intelligencia által generált, de emberek által szerkesztett szöveget ugyanolyan hitelesnek vélték, mint egy ugyanarról az eseményről szóló, eredeti és emberi kézzel írott cikket. A második kísérletben arra jutottak a kutatók, hogy a pártállás egyértelműen jelentős hatást gyakorol arra, hogy az emberek számára mennyire tűnik hitelesnek egy adott hír. A kutatók végül arra a következtetésre jutottak, hogy nagy veszélyt jelenthet, ha ezeket a közvegeket a dezinformáló szereplők specifikusan célozzák. Személyes álláspontom szerint a kutatók legjelentősebb eredménye a harmadik kísérletből származik. A szöveggeneráló modellek képesek voltak emberi beavatkozás nélkül is hitelesnek tűnő hírcikkek alkotni, de ezek nyilván nem voltak annyira hihetőek, mint az emberek által utólag szerkesztett változatok. [24]

KÖZÖSSÉGI BOTOK ÉS AZ ÁLHÍREK AUTOMATIZÁLT TERJESZTÉSE

A közösségi bot olyan számítógépes program, amely automatikusan készít tartalmakat és lép interakcióba a közösségi médián keresztül a felhasználókkal, hogy utánozza, és megváltoztassa a viselkedésüket. [25] Ezeknek a közösségi botoknak a célja egyes profilok, csoportok közösségének mesterséges növelése lehet, illetve egy vállalat vagy egy nyilvánosan ismert személyiség hírnevének rombolása. A múltban a botok főként egyfajta tevékenységet, a tartalmak automatikus közzétételét végezték. Ezek a korai botok még kezdetlegesebbek voltak, így a kiszűrésük sokkal kevésbé volt bonyolult feladat, mint napjainkban. Manapság a közösségi botok sokkal kifinomultabbak. A botok képesek olyan típusú információkat keresni a világhálón, amelyekkel feltölthetik a profiljukat. Emellett képesek úgy is megosztani tartalmakat, hogy ne keltsenek gyanút a közösségi botokat észlelő rendszerekben, például előre meghatározott időpontokban posztolnak, így utánozva a tartalom előállításának emberi időbeli jellegzetességeit. Ugyanakkor képesek beszivárogni a vitákba is, és természetes nyelvi algoritmusok segítségével a témához illő válaszokat produkálni. Ezekkel a válaszokkal a bot profilja új követőkre tehet szert, vagy tartalmait valódi emberek is megoszthatják. A botok a korábban említett szentiment analízissel elemezhetik a szöveget, ezzel segítve a válaszok létrehozását. [25] Egy kiváló minőségű, ingyen elérhető webes példa a Prank Me Not oldal. [26] Ezen a weboldalon hamis tweetek vagy facebookos csevegések állíthatók elő, amelyeket a közösségi botok felhasználhatnak hamis információk terjesztésére. A 8. ábrában egy általam kreált példa olvasható, amely az Amerikai Egyesült Álla-



8. ábra. Prank Me Not weboldal segítségével készített hamis tweet: „Mától az Egyesült Államok csapatokat telepít Ukrajna földjére, hogy megvédje magát a térségbe irányuló orosz katonai betörések ellen” (A szerző saját szerkesztése)

mok elnökének tweetjét mutatja, az amerikai szárazföldi erők ukrajnai bevetéséről. A weboldal használatához minimális angol tudás szükséges, de más szakértelmet különösen nem igényel. (8. ábra)

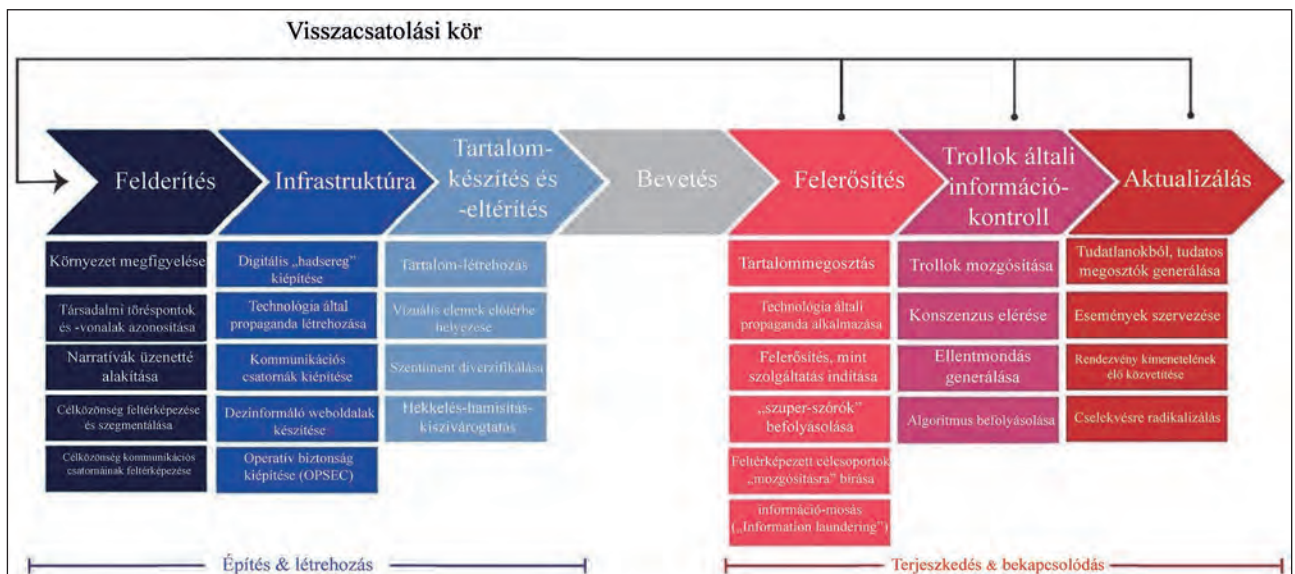
A clearneten és a darkneten³ léteznek olyan piacok, ahol az internetfelhasználók előre meghatározott díj ellenében igénybe vehetik a közösségi botok üzemeltetői által nyújtott szolgáltatásokat. A nyíltan hozzáférhető szolgáltatásokat clearnetnek nevezzük. Ha valaki a darkneten használ egy bizonyos keresőmotort, akkor a személyazonossága rejtve marad. A kedveléseket, megosztásokat és kommenteket leggyakrabban ezek a szolgáltatások kínálják. Ezeket a közösségi botokat gyakran alkalmazzák adathalász és túlterheléses támadásokra. Végső soron a közösségi botok jelentős szerepet játszanak a dezinformációs kampányokban, mivel a már rendelkezésre álló építőelemeket, például a szövegelemzéshez szükséges hangulatelemzést és a GAN-rendszert felhasználhatják egy hihető profil kialakításához. [27]

A 9. ábra a dezinformáció fázisait szemlélteti, amelyben az általam kiemelt módszerek segítségét nyújthatnak.

1. FELDERÍTÉS

Ez a szakasz magában foglalja az információgyűjtést és -kutatást a potenciális célpontok, a sebezhetőségek és a leghatékonyabb terjesztési csatornák azonosítása érdeké-

9. ábra. A dezinformáció fázisai (A szerző szerkesztése [13] alapján)



ben. Legfontosabb az adatok gyűjtése. Ilyen technika például a „data scraping” és a profilozás, valamint a célközönség preferenciáinak és meggyőződéseinek megértése. A data scraping jelentése: nagy mennyiségű adat gyors kinyerése weboldalokról. Szoftvereszközök, vagy szkriptek segítségével a program weboldalakon megkeresi az egyes adatelemeket, majd összegyűjti és strukturált formátumba rendezi ezeket az adatokat. Ebben a fázisban az álláspontvizsgálat és a széntiment analízis óriási segítséget jelenthet a dezinformációs szereplők számára.

2. TARTALOMKÉSZÍTÉS ÉS ELTÉRÍTÉS

Itt a dezinformációs szereplők olyan tartalmat hoznak létre vagy manipulálnak, amely megfelel a saját céljaiknak. Előfordulhat, hogy teljesen hamis „híreket” hoznak létre, szelektíven szerkesztik az információkat, vagy meghamisítják a valós híreket, hogy azok megfeleljenek a saját narratívájuknak. Fontos kiemelni a természetes nyelvfeldolgozáson alapuló szövegeneráló programokat és a GAN-okat, amelyek szintetikus hangokat és deepfaket állítanak elő. A tartalomeltérítésre példaként említhetjük, amikor a közösségi bot a követők száma hitelesebb hírcsatornának állítja be a dezinformáló oldalakat.

3. FELERŐSÍTÉS

Ebben a fázisban hatalmas szerepet játszanak a közösségi botok, amelyek megosztják a tartalmakat, és figyelmet generálnak. Ebben az esetben az úgynevezett visszhangkammera (echo chamber⁴) effektust is alkalmazhatják, hogy minél több elkötelezett követőre tegyen szert a dezinformáló szereplő. [10]

ÖSSZEZÉS

A tanulmány bemutatja, hogy a gépi tanulás és a mesterséges intelligencia számos fejlesztése és eszköze dezinformációs kampányokban is felhasználható. Ezek a technikák nem képesek a dezinformáció terjesztésének teljes körű

automatizálására, de a 8. ábrán feltüntetett fázisok mind-egyikében segítő hatást érhet el a mesterséges intelligencia és a gépi tanulás. Sok esetben az is megállapítható, hogy ezekhez a képességekhez nem szükséges hatalmas tudással rendelkezni, mivel gyakran a már megalkotott eszközök nyílt forrásból beszerezhetők, és csupán a használatukat kell elsajátítani. Mivel a mesterséges intelligencia fejlesztése és kutatása folyamatosan fejlődik, ezért nem tudható, hogy ez a fejlődés a jövőben hová vezet. Emiatt az eszközök szabályozása szükséges, és megfelelő ellenőrzést kell kidolgozni az ilyen technológiák által előállított tartalmak felismerése érdekében. Fontos, hogy létezzen olyan alternatíva, amely ellensúlyozza a mesterséges intelligencia által létrehozott fenyegetéseket, mivel ezen eszközök rosszindulatú használata jelentős következményekkel járhat. Ilyen ellensúlyt jelenthetnek maguk a mesterséges intelligencia alapú ellenőrző rendszerek is. Katonai szemzőből mind a hátszországban élő civilek, mind a katonák figyelmét lényeges felhívni a kognitív műveletek befolyásoló képességére. Kiemelten fontos, hogy a hátszországban élő civilek és a katonák tisztában legyenek azzal, hogy az ellenség kognitív műveleteinek befolyásolási képessége jelentős hatást gyakorolhat a hadműveletek kimenetelére és a politikai vezetés támogatottságára. Ezért elengedhetetlen a dezinformáció lehetőségének hangsúlyozása. A többdimenziós műveletek során a kognitív tényezők egyszerre több műveleti szintéren is jelentős hatást gyakorolnak. Az egyidejűleg zajló katonai tevékenységek sokszínűsége és komplexitása miatt a kognitív képességek befolyásolják az események alakulását és a döntések eredményességét. A katonák kognitív teljesítménye kulcsfontosságú annak érdekében, hogy hatékonyan reagáljanak az adott helyzetekre, megfelelően értelmezzék az információkat, helyes választ adjanak azokra, valamint koordinálják az egyidejűleg folyó műveleteket. A helyes döntések meghozatala és a gyors cselekvés az összes érintett műveleti szintéren befolyásolja az együttműködés sikerét vagy kudarcát. [28]

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Kaplan, J. *Artificial Intelligence: What Everyone Needs to KnowR* (Oxford University Press, 2016), 1.;
- [2] Naqa, Issam El, Murphy, M. J. „What Is Machine Learning?” in *Machine Learning in Radiation Oncology: Theory and Applications*, szerk. Issam El Naqa, Ruijiang Li, és Martin J. Murphy (Cham: Springer International Publishing, 2015), 4 https://doi.org/10.1007/978-3-319-18305-3_1;
- [3] Alzubi, J., Nayyar, A., Kumar, A. „Machine Learning from Theory to Algorithms: An Overview”, *Journal of Physics: Conference Series* 1142, sz. 1 (2018): 012012, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1142/1/012012>;
- [4] Dr. Németh András, Virágh Krisztián. *Mesterséges intelligencia és a haderő – A mesterséges intelligencia területei III. rész Haditechnika LVI. évf. – 2022/3 pp. 2–7.* <https://doi.org/10.23713/HT.56.3.01>;
- [5] Badawy, A., Ferrara, E., Lerman, K. „Analyzing the Digital Traces of Political Manipulation: The 2016 Russian Interference Twitter Campaign”, in *2018 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM)*, 2018, 258–65. <https://doi.org/10.1109/ASONAM.2018.8508646>;
- [6] Ruediger, M. A. et al. „Bots and Brazil’s Electoral Legal System: 2018 Elections”, 2019. január, <http://bibliotecadigital.fgv.br:80/dspace/handle/10438/26229> (Letöltve: 2023.7.20.);
- [7] Howard, Ph. N., Kollanyi, B. „Bots. #StrongerIn, and #Brexit: Computational Propaganda during the UK-EU Referendum” (arXiv, 2016.6.20.), <https://doi.org/10.48550/arXiv.1606.06356>;
- [8] Le Guyader, H. „Cognitive Domain: A Sixth Domain of Operations.” Bernard Claverie; Baptiste Prébot; Norbou Buchler; François du Cluzel. *Cognitive Warfare: The Future of Cognitive Dominance*, NATO Collaboration Support Office, pp.3, 1-5, 2022, 978-92-837-2392-9. (hal-03635898);
- [9] Palantir AIP | Defense and Military, 2023, https://www.youtube.com/watch?v=XEM5qz__HOU;
- [10] George Grylls. „Ukraine Is Outflanking Russia with Ammunition from Big Tech”, 2023. augusztus 6., szak. news, <https://www.thetimes.co.uk/article/ukraine-is-outflanking-russia-with-ammunition-from-big-tech-lxp6sv3qz>;
- [11] Medhat, W., Hassan, A., Korashy, H. „Sentiment Analysis Algorithms and Applications: A Survey”, *Ain Shams Engineering Journal* 5, sz. 4 (2014. december): 1109, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2014.04.011>;
- [12] „What Is Natural Language Processing? IBM”, <https://www.ibm.com/topics/natural-language-processing>. (Letöltve: 2023.1.4.);
- [13] Sedova, K., McNeill, Ch., Johnson, A., Joshi, A. Wulkan, I. „AI and the Future of Disinformation Campaigns”, é. n., 17, <https://doi.org/10.51593/2021CA011>;
- [14] Küçük, D., Can, F. „Stance Detection: A Survey”, *ACM Computing Surveys* 53, sz. 1 (2021. január 31.): <https://doi.org/10.1145/3369026>;
- [15] Noble, W. S. „What Is a Support Vector Machine?”, *Nature Biotechnology* 24, sz. 12 (2006. december): <https://doi.org/10.1038/nbt1206-1565>;
- [16] Goldstein, F. L., Findley, B. F. „Psychological Operations: Principles and Case Studies”, Air University. Press Maxwell Air Force Base, Alabama 1996., 5–7.;
- [17] Goodfellow, I. et al. „Generative adversarial networks”, *Communications of the ACM* 63, sz. 11 (2020. 0 22.): 2–3, <https://doi.org/10.1145/3422622>;
- [18] Creswell, A. et al. „Generative Adversarial Networks: An Overview”, *IEEE Signal Processing Magazine* 35, sz. 1 (2018. január): 53–65. <https://doi.org/10.1109/MSP.2017.2765202>;
- [19] „Deepfake Presidents Used in Russia-Ukraine War”, BBC News, 2022. március 18., szak. Technology, <https://www.bbc.com/news/technology-60780142>. (Letöltve: 2023.8.6.);
- [20] „ElevenLabs - Prime AI Text to Speech | Voice Cloning” <https://beta.elevenlabs.io/>. (Letöltve: 2023.4.19.);
- [21] „Fake Trump Arrest Photos: How to Spot an AI-Generated Image”, BBC News, 2023. március 24., szak. US & Canada, <https://www.bbc.com/news/world-us-canada-65069316>. (Letöltve: 2023.8.6.);
- [22] „What Is Natural Language Generation?”, Enterprise AI, <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/natural-language-generation-NLG.> (Letöltve: 2023.4.14.);
- [23] Koubaa, A. „GPT-4 vs. GPT-3.5: A Concise Showdown” (TechRxiv, 2023. április 7.), <https://doi.org/10.36227/techrxiv.22312330.v2>;

- [24] Kreps, S., McCain, R. M., Brundage, M. „All the News That’s Fit to Fabricate: AI-Generated Text as a Tool of Media Misinformation”, *Journal of Experimental Political Science* 9, sz. 1 (2022. ed): 3–4, <https://doi.org/10.1017/XPS.2020.37>;
- [25] Ferrara, E. et al. „The Rise of Social Bots”, *Communications of the ACM* 59, sz. 7 (2016. június 24.): 96, <https://doi.org/10.1145/2818717>;
- [26] „Fake Tweet, Chat & Facebook Status Generator | Prank Me Not” <https://www.prankmenot.com/>. (Letöltve: 2023.4.19.);
- [27] Assenmacher, D. et al. „Demystifying Social Bots: On the Intelligence of Automated Social Media Actors”, *Social Media + Society* 6, sz. 3 (2020. július): 5, <https://doi.org/10.1177/2056305120939264>;
- [28] Hegedűs E., Hennel S. „Többdimenziós (multidomain) hadműveletek”, *Hadtudomány* 30, sz. 2 (2020): 3–27, <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2020.30.2.3>.

JEGYZETEK

- 1 A bot a „robot” szó rövidítése, egy olyan szoftver (automatizált program vagy szkript), amelyet egy meghatározott, ismétlődő feladat elvégzésére programoztak. (Pl: weboldalak bejárása, információk gyűjtése) A botokat gyakran használják a keresőmotorok (pl: a Google) annak érdekében, hogy feltérképezzék és indexeljék, strukturált módon járják be a weboldalakat, követve a linkeket, analizálva a tartalmat és rögzítve az információkat a keresőmotor adatbázisában.
- 2 A nagy nyelvi modell egyfajta mesterséges intelligencia algoritmus, amely mely tanulási technikákat és hatalmas adatkészleteket alkalmaz az új tartalom megértéséhez, összegzéséhez, generálásához és előrejelzéséhez.
- 3 A Deep Web (Darknet) az olyan weboldalakat foglalja magába, amelyeket nem lehet a hagyományos keresőkkel elérni. Az ilyen oldalakra csak ismert URL- vagy IP-címmel lehet belépni, azokat többszörös tűzfalak védik az illetéktelen behatolás ellen. „Clear Web”-nek, vagy tiszta webnek nevezik az internet általánosan ismert és használt felületét, amely a teljes internetnek csak a kisebb részét teszi ki.
- 4 A visszhangkamra olyan környezet, ahol az ember csak azokkal az információkkal vagy véleményekkel találkozhat, amelyek tükrözik és megerősítik a sajátját. A visszhangkamrák téves információkat hozhatnak létre, és torzíthatják a személy perspektíváját, így nehézséget okoz az ellentétes nézőpontok mérlegelése és a bonyolult témák megvitatása terén. Visszhangkamrák bárhol előfordulhatnak, ahol információcsere történik, akár online, akár a való életben, de az interneten bárki gyorsan találhat hasonló gondolkodású embereket a közösségi médián keresztül. Emiatt a visszhangkamrák száma az online térben sokkal nagyobb.

Honvédelmi alapismeretek

A magyar nyelvben hajdan a kadét szó hadapródot jelentett, majd a katonatiszti iskola növendékeit illették ezzel a régi kifejezéssel. A francia eredetű cadetből (ifjabb fiútestvér) a késő középkorban azon hagyomány alapján alakult ki a *fiatal tisztjelölt nemes katona* jelentése, hogy a francia nemesi családokban egykor a legidősebb fiú örökölte a birtokot, míg az ifjabb(ka)t katonai pályákra adták.

A Honvéd Kadét Program a hazai közoktatásban több mint egy évtizede meghonosodott fogalom. A középiskolákban elindított képzésforma arra kínál lehetőséget a fiataloknak, hogy érettségi vizsgát tegyenek a honvédelmi ismeretek tantárgyból. A honvédség iránt érdeklődő, hazájuk védelmére elkötelezett diákok heti 1, illetve 2 tanóra keretében az iskolában, valamint szabadidős foglalkozásokon szereznek személyes tapasztalatokat a magyar katonák mindennapi tevékenységéről. A tárgy oktatásának célja Magyarország biztonság- és szövetségi politikájának, a honvédelemmel összefüggő szabályoknak, a Magyar Honvédség felépítésének, technikai eszközeinek, a katonai értékek és hagyományok alapjainak megismerése, ezen keresztül a honvédelem iránti elkötelezettség növelése. A közérdeklődésre számot tartó, kereskedelmi forgalomban is kapható, *Honvédelmi alapismeretek* című akkreditált tankönyv a kadét programban résztvevő fiatalok számára készült. A tankönyv egyes fejezeit a különböző területek vezető főtitestívei, elismert szakemberei írták, a kötetet Demeter József, Isaszegi János ny. vezérőrnagy és Kiscelli Piroska szerkesztette. Az alak felkészítés, a hadtörténelmi alapismeretek, a túlélési és a haditechnikai ismeretek, a katonai testnevelés, a biztonságpolitikai és válságreagáló, valamint a hadijogi alapismeretek éppen úgy a tananyag részét alkotják, mint a löelmélet. A diákok mindezek mellett számos, a hétköznapiak során is hasznosítható tudásra tesznek szert, ezek közé tartoznak például az egészségügyi ismeretek és elsősegélynyújtás, a térképtan és a terepen való tájékozódás vagy akár az önvédelem.

A kötet felhasználóbarát tipográfiája segíti a tananyagban történő eligazodást. Az egyes fejezetek saját színcsikot kaptak, és a témakörökhöz jól elkülönített feladatsorokat, kérdéseket, és rövid összefoglalást is kapcsoltak a szerkesztők. Az informatív szakszöveget színes és fekete-fehér fotók, grafikák, ábrák, táblázatok és térképek oldják. A tankönyv mellékletében az 1:50 000 méretarányú topográfiai térképek oktatótérképét veheti kézbe az érdeklődő olvasó. A kadét programban részt vevő diákok mellett, a könyvet minden középiskolás fiatalnak ajánljuk.

A Zrínyi Kiadónál 2023-ban megjelent keménytáblás kötet terjedelme 554 oldal. 3700 Ft-os áron kapható a könyvesboltokban, illetve közvetlenül a Zrínyi Kiadótól 25%-os helyszíni kedvezménnyel 2775 Ft-ért. Cím: 1024 Budapest, Fillér utca 14., (tel.: 06 1-459-5373, e-mail: ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu), továbbá megrendelhető a shop.hmzrinyi.hu weboldalon is. (R.A.)





Lesták Tamás*

Az orosz légierő alkalmazása az orosz–ukrán háborúban **III. rész**

A légi indítású rakétafegyverek és a földfelszíni légvédelmi tevékenység

Az orosz–ukrán háborúban a légi haderőnemét mindkét fél széles körűen, de több esetben szokatlan módon alkalmazta-alkalmazza. A szerző tanulmányának első részében a rendelkezésre álló információk alapján röviden ismertette a bevetett orosz repülőeszközöket, valamint alkalmazásuk módját és az elért eredményeket. Bemutatta az orosz légierő stratégiáját és az orosz szárazföldi haderő repülőerőit. A tanulmány második részében az orosz légi műveleteket támogató légvédelmi tevékenységről és a kiinduló légibázisokról olvashattunk. A sorozatot záró harmadik rész a légi indítású rakétafegyvereket mutatja be; a légvédelmi tevékenységet elemzi, majd összegzésében rávilágít a légi haderőnem eddigi alkalmazásában felismerhető orosz és nyugati doktrinális különbségekre.

LÉGI INDÍTÁSÚ RAKÉTAFEJVEREK

Az orosz légierő természetesen az Ukrajna elleni stratégiai légi csapások sorozatából is kivette a részét. A 2022. február 24-i támadás napján több haderőnem is részt vett az ukrán stratégiai célpontok támadásában. A Fekete-tengeri Flotta hadihajói és tengeralattjárói Kalibr manőverező robotrepülőgépeket indítottak (elsősorban a Fekete-, az Azovi- és a Kaszpi-tengerről), a szárazföldi haderőnem ra-

kétagyásai Iszkander taktikai ballisztikus rakétákkal mérték csapást, míg a légierő hosszú távú nehézbombázói szintén manőverező robotrepülőgépeket alkalmaztak. Az Engelsz légibázison állomásozó 121. Gárda nehézbombázó légiszázad Tupoljev Tu-95MS (Bear) és Tu-160 (Blackjack) stratégiai bombázói Kh-55-ös (AS-15C Kent) és Kh-101-es (AS-23A Kodiak) légi indítású, nagy hatótávolságú manőverező robotrepülőgépeket vetettek be. A fejlett, jellemzően műholdas navigációs rendszerrel (az orosz GLONASS – Globalnaja Navigacionnaja Szputynikovaja Szisztyema/Global Navigation Satellite System) ellátott, nehezen észlelhető fegyvereket elsősorban a magas prioritású ukrán célpontok ellen vetették be. Az ukrán haderő légvédelmi alakulatainak beszámolóí szerint ezek a repülőeszközök nem léptek be ukrán légtérbe, a Fekete- és a Kaszpi-tenger felett indították a fegyvereket annak érdekében, hogy elkerüljék az ukrán föld-levegő rakétaütegeket. A Kh-59M rövid hatótávolságú manőverező robotrepülőgépet – fentiekkel ellentétben – az orosz légierő szinte összes merevszárnyú típusa képes hordozni. [29] A háború e kezdeti szakaszában a célpontok még mélyen az ukrán hátszágban található katonai és civil repülőterek, légvédelmi ütegek és radarállomások, kormányzati épületek és parancsnoki központok voltak. [30] A következő hetekben a célpontok kiegészültek a nyugati szövetsé-

* PhD, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi Doktori Iskola, ORCID: 0000-0001-5919-9585



10. ábra. Orosz Tupoljev Tu-22M3 bombázógép felszállás közben [32]

gesektől érkező eszközöket tároló raktárépületekkel és a szállításban részt vevő logisztikai egységekkel, elsősorban vasúti csomópontokkal, hidakkal. Az ukrán szárazföldi és légi haderőnem javítóműhelyei szintén kiemelt célobjektumoknak számítottak, lassítva az ukrán veszteségek pótlását. [31] Az Engelsz légibázisról készült műholdfelvételek legalább harminc bombázógépet mutattak készenlétben, a közelükben előkészített jelentős mennyiségű rakétafegyverzettel. Ezek a fegyverek szubszonikus sebességre képesek, így azokat aránylag nagy valószínűséggel képes leküzdeni a szárazföldi légvédelem, valamint az ukrán repülőalakatok is saját légiharc-rakétaikkal.

2022 május-júniusban egy további géptípus és fegyver kategória is bekapcsolódott a harcokba, mégpedig a Moszkvától nyugatra található Sajkovka légibázison üzemelő 52. Garda bombázószázad Tupoljev Tu-22M2/M3 (Backfire-C) típusa, amely egy nagy hatótávú stratégiai bombázó. A változtatható szárnyállású bombázógép azt követően kapcsolódott be a harcokba, hogy a Tupoljev Tu-95 és Tu-160 típusok által bevetett precíziós Kh-55-ös és Kh-101-es fegyverkészletek mennyisége jelentősen lecsökkent. A Tupoljev Tu-22M3-as típus ezért egyre nagyobb mértékben vette ki részét a csapásmérő bevetésekből, a bevetett eszköz pedig egyre inkább a Kh-22 (AS-4 Kitchen) távolról indítható, szuperszonikus rakétafegyver volt.⁵ Ez a fegyver még a hidegháborús időszakból származik, eredetileg felszíni hajóegységek elleni bevetésekre, valamint taktikai nukleáris csapásmérésre fejlesztették ki, ezért a pontossága jelentősen elmarad a kezdetben bevetett fegyverekétől. [30] Az 1000 kg-os hagyományos robbanófejjel felszerelt eszköz igen nagy pusztító erőt képes kifejteni nem megerősített célpontok ellen, ugyanakkor gyengébb pontossága miatt kiemelten veszélyes lehet a járulékos civil veszteségek szempontjából, ahogyan erre számos példa is történt a konfliktus során⁶. A Kh-22-es fegyver azonban jelentősen rövidebb hatótávolsággal (mintegy 600 km – a Kh-55/Kh-101-es 2000 km-ével szemben) rendelkezik, így a Tupoljev Tu-22-esnek közelebb kellett repülnie az ukrán határokhoz, több esetben emiatt a Krím-félszigetről vagy a fehérorosz-ukrán határ mentén lévő légtérből indította a fegyvereket. Ez utóbbihoz aránylag közel található a Sajkovka légibázis, a Tupoljev Tu-22-es egyik eredeti bázisa, ez megkönnyítette a bevetések végrehajtását. Június hónaptól kezdve ennek megfelelően jelentősen nőtt a bázison települő Tupoljev Tu-22-esek száma, különböző sarkkörtől vagy távol-keleti bázisokról történő átirányítást követően. A típust a Szovjetunió több fegyveres konfliktusában is kiterjedten használták, az afgán, a csecsen műveletek, sőt a közelmúltbeli szír expedíciós művelet során is bevetették, jellemzően taktikai csapásmérésre, a fronton harcoló ellenséges élőerő pusztítására. Erre a módszerre azonban 2023 márciusáig az ukrán fronton nem került sor, elsősorban az ukrán légvédelmi egységek fenyegetése miatt. [29] Egyedül a Mariupol városában sokáig kitartó Azovstal acélművek ellen vetették be ilyen szerepkörben a típust, igaz a város és környéke akkor már egyértelműen orosz ellenőrzés alatt állt, tehát a repülőeszközt nem fenyegette reális veszély. [33]



11. ábra. Az Orosz Légi- és Űrerők Mikojan-Gurjevics MiG-31K típusú nehéz elfogó vadászrepülőgépe 9-S-7760 (Kh-47M2) Kindzsál függesztménnyel, a 2018-as moszkvai győzelem napi parádén [34]

Az orosz stratégiai légitámadások egyik legnagyobb médiaérdeklődést kiváltó, egyúttal legrejtélyesebb eszköze a 9-S-7760 Kindzsál (AS-24 Killjoy) fegyver. Az új, ún. hiperszonikus kategóriába tartozó eszköz első ukrain bevetését az orosz haderő 2022. március 18-án jelentette be. [40] Biztonsági okokból keveset tudni a fegyver hordozására hivatott repülőszázadokról, valamint a rendszeresítésben érintett repülőszázadokról. Az orosz Védelmi Minisztérium információi szerint elsődleges hordozója a Mikojan-Gurjevics MiG-31K vagy a MiG-31I (Foxhound) nehéz elfogó vadászgép. A Kindzsállal felszerelt MiG-31-es repülőszázad honos légibázisa a Moszkvától keletre található Szavaslejka bázis. Az ukrán hadszíntérről ez a repülőter jelentős távolságra fekszik, így nagy valószínűséggel valamely előretolt bázisról (például a Sajkovka bázison műholdfelvételek legalább négy Mikojan-Gurjevics MiG-31-est mutattak) kiindulva vetették be a fegyvert. [35]

Bár nem légi indítású fegyver, de érdekességként megemlítené, hogy egyre több jelentés látott napvilágot az Sz-300-as szuperszonikus, szárazföldi légvédelmi eszköz bevetéséről ellenséges szárazföldi célpontok ellen. A fegyver ilyen célpontok ellen nem képes túl nagy pontosságra (nagyjából a már említett Kh-22-es szintjét éri el), de területcélpontok vagy nagy kiterjedésű statikus célok ellen bevethető. Az eszköz ilyen jellegű alkalmazásához csak kisebb átalakításra van szükség, lévén – több más szovjet légvédelmi fegyverhez hasonlóan ez is – beépített lehetőségként tartalmazza a földi célpontok elleni opciót is. [29]

A fentiekben tárgyalt rakétafegyverek közül a szuperszonikus és hiperszonikus eszközök jelentik a legnagyobb problémát az ukrán légvédelem számára, mivel az jelenlegi eszközeivel csak korlátozottan és igen kis eséllyel tudja észlelni és megsemmisíteni azokat. [31] A több nyugati haderő által is felajánlott és korlátozottan már hadrendben is álló Patriot légvédelmi rakétakomplexum a szuperszonikus Kh-22-es és az Sz-300-as rakéták leküzdésére már képes lesz. [29]





12. ábra. Ukrajnában földre kényszerített Shahed-131 típusú pilóta nélküli repülőeszköz maradványai [36]

Az IRÁNI KAPCSOLAT

Óriási sajtóvisszhangot váltott ki az iráni gyártmányú Shahed-131-es és 136-os drónok bevetése. 2022 szeptemberétől az eszközöket nagy mennyiségben alkalmazták elsősorban ukrán kritikus infrastrukturális célpontok ellen. Az eszköz alacsony sebességű, előre beprogramozott célkoordináták alapján bevethető. Az első időszakban, 2022 novemberéig a bevetett drónok mintegy 70%-át volt képes semlegesíteni az ukrán légvédelem, [30] azonban a fejlett (elsősorban az IRIS-T (Infra Red Imaging Sidewinder-Tail control) közepes hatótávolságú légi harc-rakéta földi indítású változata SLM – surface launched missile, valamint az

amerikai-norvég rövid és közepes hatótávolságú, föld-levegő légvédelmi rendszer (NASAMS – National/Norwegian Advanced Surface to Air Missile System), valamint egyes esetekben igen régi (mint a Gepard önjáró, légvédelmi gépágyúrendszer) nyugati légvédelmi eszközök beérkezésével ez az arány jelentősen megnőtt, mostanra 85–100% közötti hatékonyságról beszélhetünk. [29] A rendelkezésre álló drónok mennyisége igen változó, de a legutóbbi bevetések azt mutatják, hogy Irán nem képes hosszú távon, nagy mennyiségben szállítani ezen eszközöket Oroszország számára.

LÉGVÉDELMI TEVÉKENYSÉG

Végezetül érdemes röviden az orosz légi műveleteket támogató légvédelmi tevékenységgel és szervezettel is foglalkoznunk.

Az orosz földi légvédelmi eszközök igen kiterjedt használatára több példa is akadt a konfliktus eddigi szakaszaiban. Ezeket az eszközöket (részben a légi erő, részben a szárazföldi erők kötelékében) több rétegben és sűrűn alkalmazták a fronton. A különböző föld-levegő rakétaütegek mellett minden esetben hosszú távú felderítő radarrendszerek működnek. A legfontosabb frontszakaszok szinte mindegyikén (ukrán területen Donyeck, Harkiv és Herszon környékén, míg orosz területen Belgorod, Kurszk és Taganrog térségében) telepítettek Sz-300PM-2 (SA-10 Grumble), Sz-350 és Sz-400 (SA-21 Growler) nagy hatótávolságú rakétarendszereket. Elsődleges feladatuk a különböző ukrán merevszárnyú típusok és alacsony magasságon tevékenykedő helikopterek, valamint a Tocska-U ballisztikus rakéták és különböző drón típusok (pl. a Tupoljev Tu-143-as átalakított változatai) elleni sikeres ellentévékenység. Ezekon felül a közepes és rövid hatótávolságú fenyegeté-

13. ábra. Az orosz-ukrán háborúban az Sz-300 föld-levegő légvédelmi rakétarendszert eredeti feladatkörén kívül több esetben szárazföldi, statikus célpontok ellen is alkalmazta az orosz haderő [41]



4. táblázat. Az orosz–ukrán háborúban bevetett, a cikkben nem említett repülőeszközök főbb harcászati-technikai adatai (A szerző szerkesztése a [42] [43] [44] [45] [46] [47] [48] [49] [50] [51] alapján)

Technikai jellemzők	Shahed-131	Shahed-136	Bayraktar TB2	Aero Vodochody L-39	Iljusin Il-76 (Candid)	Berijev A-50 (Mainstay)
Felszállótömeg [kg]	135	200	700	4700	190 000	170 000
Hasznos teher [kg]	10–15	40	150	1300	101 000	94 000
Szárnyfesztávolság [m]	2,2	2,5	12	9,46	50,5	50
Hajtóművek típusa	Serat 1	Mado MD550	Rotax 912	Ivcsenko AI-25 TL	Szolovjev D-30KP (4 db)	Aviadvigatel D-30KP (4 db)
Hajtómű teljesítménye [egyenként]	28 kW	37 kW	77 kW	16,87 kN	117,7 kN	117,68 kN
Maximális sebesség [km/h]	nincs adat	185	220	910	800	800
Csúcsmagasság [m]	nincs adat	4000	8200	11 500	13 000	11 200
Maximális hatótávolság [km, légi utántöltés nélkül]	900	2500	150	1350	4200	5500
Hordozható fegyverzet	Beépített robbanófej	Beépített robbanófej	MAM-L levegő-föld rakéták, MAM-C levegő-föld páncéltörő rakéták	GSh-23 23 mm-es beépített gépágyú, R-73, R-77 levegő-levegő rakéták, AIM-9 Sidewinder levegő-levegő rakéták, CRV-7 levegő-föld rakéták	-	-

sek ellen a Buk-M1-1/M2 (SA-17 Grizzly), Buk-M3 (SA-27), Tor-M1 (SA-15 Gauntlet), Tor-M2 és az Osa-AKM (SA-8 Gecko) rendszereket is bevetettek. A Pancir-S1 (SA-22 Greyhound) pontvédelmi mobil eszközökkel együtt első sorban saját előretolt bázisokat, parancsnoki és kommunikációs központokat védenek. [37]

A déli hadszíntéren a főleg Sz-300-as, Sz-400-as föld-levegő ütegekkel felszerelt, Rosztov-on-Don légbázison települő 4. Légi és légvédelmi hadsereg, a Kijev és Harkiv környéki északkeleti hadszíntéren a szentpétervári honosságú 6. Légi és légvédelmi hadsereg támogatja a műveleteket végrehajtó repülőeszközöket. [31] Mindkettő rendelkezik föld alatt kiépített parancsnoki állásokkal, ahol összeesetik a megfigyelő radarrendszerek információit és irányítják a saját repülőeszközöket. Ezt egészítik ki a Berjev A-50 korai előrejelző (AEW – airborne early warning) repülőgépek, a támadó repülőeszközök pontosabb célra vezetésével. A különböző nyugati felderítő repülőeszközök rendszeresen észlelik ezeket a gépeket Ukrajna déli, keleti és nyugati határa mentén, még az orosz légtérben, ahonnan látóhatáron túli radarlefedettséget biztosítanak a saját repülőeszközök számára. Ez a struktúra egyébként nagyrészt megfelel az orosz légvédelmi rendszer békeidős felállításának, tehát ilyen szempontból az ukrainai támadó hadműveletek nem igényeltek jelentős változtatásokat (kivéve természetesen a fehérország területen lévő eszközöket, hiszen ott a háborút megelőzően nem települtek saját erők ekkora nagyságrendben). [33]

Ahogy már említettük, a repülőeszközök elleni tevékenységen túl a légvédelem fontos szerepe a különböző szovjet

és nyugati eredetű ukrán rakéta- (Tocska-U, BM-27 Uragan és BM-30 Szmecrs) és tüzérségi fegyverek elleni védekezés. Utóbbira érdekes példát mutatnak az Ukrajnának viszonylag nagy számban átadott amerikai M31 irányított rakéták (az M142 HIMARS platformról alkalmazva) elleni védekezés eddigi eredményei, amelyek elég ellentmondásosak. Az alkalmazott orosz eszközök közül a Buk-M3-as rendszer képes a legnagyobb valószínűséggel elfogni az M31-es lövedékeket, azonban még ezzel az eszközzel is nagyon rövid az az „időablak” (kb. 10 másodperc), amikor sikerrel elhárítható az ukrán tüzérségi csapás, első sorban az amerikai rakétafegyver kis mérete (ennél fogva kis radarvisszaverő keresztmetszete) és nagy induló sebessége miatt. Emellett az ukrán fél sokszor egyéb, szovjet eredetű rakétavető eszközökkel együtt, nagy számban indítja az M31-eseket, ezzel tovább nehezítve az orosz ellen-tevékenységet. A HIMARS sikeres alkalmazására emiatt (is) számos példát láthattunk a konfliktus során, az eszköz 2022 nyári megérkezése óta folyamatosan. [37]

Az orosz vadászgépek légvédelmi célú bevetéséről nyilvánosságot látott kis számú, és erősen szerkesztett videón, képeken az látható, hogy ezek a repülőeszközök a legtöbbször vegyes, rövid hatótávolságú (saját hődetektoros) és látóhatáron túli (radarirányítású) rakétafegyverzetet hordoznak. Több repülőn is látható volt továbbá a Kh-31-es (AS-17 Krypton) rakétafüggesztmény, amely az ukrán radarrendszerek elleni tevékenységet szolgálja. [38] Az eddigi harcok során azonban nagyon kevés megerősített jelentés érkezett közvetlen összecsapásról az orosz és ukrán vadászgépek között, ennek oka első sorban a már



említett rendkívül erős légvédelmi tevékenység mindkét harcoló fél részéről, amely nem teszi lehetővé az ellenséges repülőeszközök zavartalan felkutatását és leküzdését.

ÖSSZEZÉS

A légi haderőnem eddigi alkalmazása ismételtén rávilágított a vonatkozó orosz és nyugati doktrinális különbségekre. Az orosz szárazföldi hadszíntéri parancsnokok saját, dedikált légi támogató egységekkel rendelkeznek (amelyek mind forgószárnyas, mind merevszárnyú eszközöket tartalmaznak). Az orosz doktrína közvetlenül az érintett szárazföldi parancsnokok irányítása alá helyezi ezen eszközöket annak érdekében, hogy a parancsnok egyetlen, integrált egységként tudja mozgatni a légi és a szárazföldi csapatokat, ráadásul ebben a doktrínában a hadsereg légvédelmi egységei is ezen integráció részét képezik. [39] Ezzel szemben a nyugati doktrína szerint a merev szárnyú eszközök és a harci helikopterek egy központi légi hadműveleti központ irányítása alatt tevékenykednek. Ennek oka, hogy a felfogás szerint minden rendelkezésre álló légi képességet stratégiai képességként szükséges kezelni, méghozzá központosított módon annak érdekében, hogy szükség esetén kritikus pontokon lehessen koncentrálni ezen erőket.

Szakértők szerint ez a doktrinális különbség a fő oka az orosz légi csapatok eddigi visszafogott ukrainai eredményességének is. Számos példa akad arra, hogy az orosz repülőeszközök közvetlenül a fronton harcoló alakulatokat támadják alacsony magasságon, jellemzően nem irányított eszközökkel, vagyis a lokális légi fölény biztosítása élvez prioritást az ukrán hátsó elleni támadásokkal szemben. Véleményem szerint ez csak részben magyarázza az orosz légierő eddigi tevékenységét és eredményeit, ahhoz nagyban hozzájárultak a háború kezdeti szakaszában elszenvedett relatíve jelentős veszteségek is, valamint az általános gazdasági helyzet és a hadiipar (már jóval a háború előtt is megmutatózó) meglévő hiányosságai (pl. a precíziós csapásmérő eszközök fejlesztésének és gyártásának korlátozott sebességét tekintve).

2023 elején az orosz légi műveletek továbbra is a közeli légi támogatásra (CAS – close air support), a harci őrzőretekra (CAP) [39] és az ellenséges légvédelem lefogatására/pusztítására (SEAD/DEAD – Suppression and Destruction of Enemy Air Defenses) korlátozódnak. [29] Ezen a jövőben az orosz oldalon a saját szárazföldi alakulatok esetleges jelentős előrehaladása és a háború jelenlegi dinamikájának felgyorsulása változtathat, míg az ukrán oldalon esetleges új eszközök (modern nyugati légvédelmi eszközök és/vagy repülőeszközök) [31] megjelenése módosíthat.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [29] Trendafilovski, Vladimir. „Russia shocked” *Airforces monthly* March 2023. Key Publishing, 2023.;
- [30] Taghvaei, Babak. „Russia’s kamikaze drones”, *Airforces monthly* December 2022. Key Publishing, 2022.;
- [31] Bronk, J., Reynolds, N., Watling, J. „The Russian air war and Ukrainian requirements for air defence, Special report” *Royal United Services Institute for Defence and Security Studies*, 2022.11.07. <https://static.rusi.org/SR-Russian-Air-War-Ukraine-web-final.pdf> (Letöltve: 2022.12.1.);
- [32] Forrás: Andrei Shmatko, CC BY-SA 4.0 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tupolev_Tu22M3_bn48_2021.jpg (Letöltve: 2023.4.1.);

- [33] Ripley, Tim. „Russia’s air power at war”, *Airforces monthly* December 2022. Key Publishing, 2022.;
- [14] Forrás: Mil.ru, CC BY 4.0, via Wikimedia Commons <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VictoryDayParade2018-22.jpg> (Letöltve: 2023.4.1.);
- [35] Hall, B., Olearchik, R. „Military briefing: Russian hypersonic missiles bring new menace to Ukraine.” *Financial Times*, 2023.03.10. <https://www.ft.com/content/e85762ec-ccc5-43e4-896c-074a451dad30> (Letöltve: 2023.3.16.);
- [36] Mil.gov.ua, CC BY 4.0 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shahed_131_-_Recovered_fuselage_front_view.jpg (Letöltve: 2023.4.1.);
- [37] Mladenov, Alexander. „Striking a blow”, *Airforces monthly* November 2022. Key Publishing, 2022.;
- [38] Tim, Ripley. „Russia’s air power at war”, *Airforces monthly* December 2022. Key Publishing, 2022.;
- [39] Gordon, Chris. „Russian Air Force ‘Has lot of capability left’ on year on from Ukraine invasion” *Air and Space Forces magazine*, 2023.02.15. <https://www.airandspaceforces.com/russian-air-force-lot-of-capability-left-ukraine-invasion/> (Letöltve: 2022.12.20.);
- [40] „Russia says it used hypersonic missiles in Ukraine for first time.” *Al Jazeera*, 2022.03.19. <https://www.aljazeera.com/news/2022/3/19/russia-uses-advanced-hypersonic-missiles-in-ukraine-for-first-time> (Letöltve: 2022.11.26.);
- [41] Forrás: Vitaly V. Kuzmin, CC BY-SA 4.0 [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S-300_-_2009_Moscow_Victory_Day_Parade_\(1\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S-300_-_2009_Moscow_Victory_Day_Parade_(1).jpg) (Letöltve: 2023.4.1.);
- [42] <https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/russias-iranian-made-uavs-technical-profile/>;
- [43] https://www.armyrecognition.com/iran_unmanned_ground_aerial_vehicles_systems/shahed-136_loitering_munition_kamikaze-suicide_drone_iran_data.html;
- [44] <https://www.army-technology.com/projects/shahed-136-kamikaze-uav-iran/>;
- [45] https://armedforces.eu/air_forces/drone/Bayraktar_TB2/;
- [46] <https://www.turkishdefencenews.com/bayraktar-tb2-armed-unmanned-aerial-vehicle/>;
- [47] http://www.flugzeuginfo.net/acdata_php/acdata_l39_en.php;
- [48] <https://www.airforce-technology.com/projects/aerol39trainer/>;
- [49] <https://www.airforce-technology.com/projects/>;
- [50] <http://www.military-today.com/aircraft/a50.htm>.
- [51] Hegedűs E. – Hannel S. – Végvári Zs.: A Bayraktar drónok 1. rész - *Haditechnika* LVII. évf. 2023/1. szám, pp 35-39. (ISSN 0230-6891), DOI: 10.23713/HT/57.1.06.

JEGYZETEK

- 5 A fegyver bár az 1960-as évek fejlesztésének terméke, az ukrainai háború jelentette első éles harci bevetését. [30]
- 6 Erre az egyik első és legsúlyosabb példát a Kremencsukban (Кременчук) lévő bevásárlóközpont elleni rakétacsapás szolgáltatta 2022. június 27-én, legalább 21 civil halálát okozva. Emellett 2023. január 14-én, a Dnyipro városa elleni bevetés is legalább 46 civil életét követelte. [29]

Gulyás Attila*

Hálózati szolgáltatások biztosítása

BEVEZETÉS¹

Az Észak-atlanti Szerződés Szervezet (NATO) híradó és informatikai rendszereinek (Communications and Information Systems – CIS) hálózatát (General Communications and Information Systems – NGCS) 1997-ben vezették be a NATO parancsnoki struktúra (NCS) elemeinek (pl. Supreme Allied Command Transformation – SACT, Supreme Headquarters Allied Powers Europe – SHAPE, Joint Force Command Brunssum – JFCBS, Joint Force Command Naples – JFCNP stb.) támogatása érdekében a nem minősített, valamint a minősített hálózati tartományokban (doméneknben). Ezzel összefüggésben a fent említett fizikai és logikai partíciók összekapcsolásához az egyes nemzetek nyílt és minősített hálózataira (Nations Defence Networks – NDN) és a NATO haderőstruktúra (NATO Force Structure – NFS) elemeire is szükség volt, hogy a NATO és a nemzeti parancsnokságok között a lehető legmagasabb szintű, többszintű hálózati korrelációt lehessen biztosítani. Ez a közös cél egy redundáns hálózati szerkezet kialakítását, az NGCS létrehozását tette szükségessé.

Az NFS-elemek többnyire rendelkeznek a teljes körű híradó és informatikai támogatásra rendelt, arra kijelölt támogató alegységekkel, az NCS főparancsnokságok azonban nem teljes körűen támogatottak az erre a célra kijelölt nemzeti híradó és informatikai szervezetekkel. Következésképpen vitálisnak bizonyult olyan szervezet létrehozása, amely a legmagasabb szintű CIS-támogatást nyújtja az elsősorban statikusan telepített, nyílt és a minősített hálózatok területén az NCS és az NFS számára. A feladatok elvégzésére 1996-ban megalakult a NATO Konzultációs, Vezetési és Irányítási Ügynökség (NATO Consultation, Command and Control Agency – NC3A), amely magában foglalja a Hágában található SHAPE Műszaki Központot (SHAPE Technical Centre – STC) és a Brüsszelben települt NATO Telekommunikációs és Információs Rendszerek Ügynökségét (NATO Communications and Information Systems Agency – NACISA) [1]. Az NC3A a NATO Konzultációs, Parancsnoki és Ellenőrzési Szervezet (NATO Consultation, Command and Control Organization – NC3O)

része volt, és a NATO Konzultációs, Parancsnoki és Ellenőrzési Testületnek (NATO Consultation, Command and Control Board NC3B) jelentett. 2012 júliusában az NC3A átszervezésével létrejött a NATO Kommunikációs és Információs Ügynökség (NATO Communications and Information Agency – NCIA) [2].

A frissen megalakult NCIA egyik legfontosabb feladat-területe a fizikai értelemben átjárókon, útválasztókon és tűzfalakon keresztül összekapcsolt NCS, NFS és NDN elemeket behálózó NATO maghálózat (NATO Core Network – NCN) létrehozása volt. Az NCIA tehát megkezdte az NCS és az NFS híradó és informatikai elemeit egyetlen koherens és skálázható hálózatba foglalni mind a nyílt, mind a minősített tartományokban [3].

A NATO Network Enabled Capability (NNEC) kezdeményezés elősegítette a NATO minősített hálózati tartományának konzultációs, tervezési és végrehajtási eszközként való használatát a szövetségben, amely a főparancsnokságtól a nemzeti enklávékig terjedő, felülről lefelé irányuló megközelítést biztosított; eközben a NATO 1990-es évek végi bővítései (Magyarország 1999-ben csatlakozott a NATO-hoz) új utakat igényeltek a hálózat kiterjesztéséhez mind filozófia/rendszerelméleti, mind anyagi eszközök terén. [4] A *Connected Forces Initiative* (CFI) generálta a nulladik napi összekapcsolhatóság fogalmát és ezt stratégiai prioritássá tette a frissen csatlakozott országok számára. A nulladik napi összekapcsolhatóság (*Zero-day-interconnectivity*) lehetővé teszi az alapító szövetségi tagok és az újonnan csatlakozottak számára, hogy az alapvető CIS-szolgáltatásokat, valamint kiválasztott funkcionális szolgáltatásokat vegyenek igénybe annak érdekében, hogy a vezetési-irányítási (Command and Control – C2) funkciókat koherens alaphálózatba kapcsolhassák meg a gyakorlatok és műveletek megkezdése előtt [5].

A hálózatok közötti átjárhatósághoz átfogó összekapcsolhatóság szükséges az alapszolgáltatások (*Core Enterprise Services – CES*), mint például az IP-alapú (Internet Protocol) telefonálás, az e-mail, a videokonferencia és a chat, valamint az NCIA költségalapú szolgáltatáskatalógusában és szolgáltatási díjszabásában felsorolt kiválaszt-

ÖSSZEFOGLALÁS: Az Észak-atlanti Szerződés Szervezete (NATO) jelenlegi nagy kiterjedésű, széles körű adatcserét biztosító hálózatműködtetése kihívásokkal jár – többek között – a hálózatirányítás, az információbiztonság és a számítógépes műveletek területén. A NATO Telekommunikációs és Információs Ügynökség (NCIA) támogatásával az évtized egyik legfontosabb feladata a meglévő minősített hálózati tartomány újratervezése, átszervezése a jelenlegi és jövőbeli műveletek hatékony C2-jének támogatása érdekében. A szerző tudományos közleményében röviden felvázolja az NCIA által a minősített hálózati tartomány létrehozására tett erőfeszítések, valamint a NATO-n belüli alapvető minősített hálózati szolgáltatások igényeinek történeti hátterét annak érdekében, hogy bemutasson egy életképes és fenntartható megoldást a minősített hálózat fejlesztésére mind a stationer, mind a tábori doméneknben.

KULCSSZAVAK: minősített hálózatok, híradás-informatika, C2

ABSTRACT: The current NATO wide area network faces challenges in terms of network management, information security and counter-cyber operations, among others. Being supported by the NATO Communications and Information Agency (NCIA), one of the most important tasks of this decade is to renew, redesign and reorganise the existing classified network domain in support of efficient C2 for current and future military operations. In his scientific article, the author provides a short historical background to NCIA's efforts to create of a more resilient classified domain-net and the needs of core and functional services within the Alliance in order to introduce an already decided, viable solution for classified network enhancements in static and deployable domains.

KEY WORDS: classified networking, communications, command and control

* PhD, ezredes. Honvéd Vezérkar, Híradó és Informatikai csoportfőnök. ORCID: 0000-0001-5774-5757



tott célalapú szolgáltatások (*Community of Interests – Cols*) igénybevételehez [6].

Az NFS, majd később a közös vezetési és irányítási képesség (Joint C2 Capability – JC2C) kezdeményezés arra készítette a nemzeteket, hogy létrehozzák a NATO Készletli Erőket (NATO Response Forces – NRF), amelyeknek az NGCS-hez történő kapcsolódásra van szükségük. Ez a törekvés a NATO készletli cselekvési tervét (Readiness Action Plan – RAP) követően a többnemzeti parancsnokságok felé irányuló nagyszabású összeköttetések felé fordult, amely tovább szilárdította a NATO minősített adathálózatát, mint a szövetség magas készletli szintű erőinek egyik alappillérét, azáltal, hogy lehetővé tette a hatékony C2-t a magasabb parancsnokságoktól a végrehajtó parancsnokságokig (a stratégiai és a harcászati szint között) [7].

Az NC3A és később az NCIA, hogy megbirkózzon ezekkel a kihívásokkal, összekapcsolt hálózatokat üzemeltet a szolgáltatások (CES és Col) és adatközpontok elérésére. A legtöbb nemzet az információcsere követelményeinek kiszolgálását (Information Exchange Requirements – IER) prioritásként hajtja végre, kiterjesztve az NGCS-t a nemzeti parancsnokságokig. E kiterjesztés azt jelenti, hogy a fent említett, az NCIA által üzemeltetett adatközpontoktól a nemzeti parancsnokságokig (felhasználókig) lefelé a top-down modellt követik, amely az információs csatornák/infokommunikációs vonalak ellenálló képességét növeli az információbiztonsági kihívások és a kibertér-fenyegetések csillapítására.

Ezért nyilvánvalónak tűnik, hogy a jelenleg az NCIA által irányított NGCS-t, legalább a statikus minősített hálózatok területén felül kell vizsgálni, és újra kell tervezni. [8] A szabályzás a döntések többségét a szervezetek (főhadiszállások, nemzetek stb.) kezében hagyják, hogy saját hálózatuk és szolgáltatásaik létrehozásán belül elősegítsék a testre szabott és legalább a minimálisan megfelelő intézkedéseket (*Minimum Military Requirements – MMR*).

MEGOLDÁSI LEHETŐSÉGEK

Nyilvánvaló, hogy a szövetség főparancsnokságait (NCS-elemek) a jövőben is az NCIA-nak kell támogatnia. Forradalmi változások érhetők el az NFS és más szervezetek informatikai (Information Technology – IT) hálózatai terén, a NATO minősített statikus hálózataihoz való csatlakozás során a *Federated Mission Networking* (FMN spirálok) modelljét [9] sémaként használva. A cél az, hogy egyfajta minősített adatkapcsolati internetet hozzanak létre a zárt és minősített hálózatok között, lehetőséget adva a nemzeteknek és szervezeteknek arra, hogy az erre kijelölt fogadót nemzet és támogató egységeik révén saját hálózatukat kezeljék, természetesen kezdetben az NCIA erőteljes támogatásával.

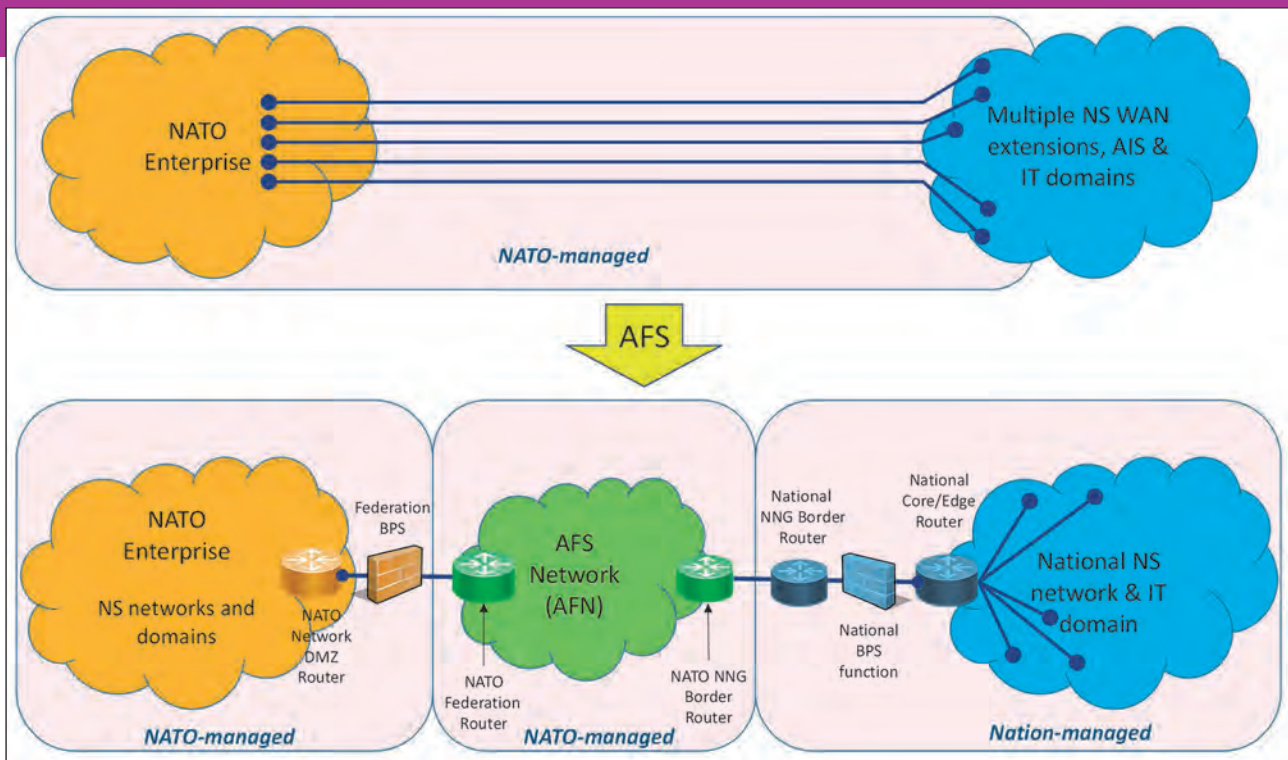
A felmerülő kihívásokra egy lehetséges válasz az NCIA Alliance Federated Services (AFS) projektje (Alliance Federated Networking – AFN). Az NCIA 2019 áprilisában rendezte meg a témával kapcsolatos első konferenciáját, amely a szövetség Polaris programjára épült. A Polaris a NATO-fejlesztések szinte minden szegmensét felölelő modernizációs kezdeményezés, amelynek célja egy olyan egyesülés létrehozása, amelyet a híradó és informatikai területen belül a legkorszerűbb technológia jellemez. Célja, hogy ellenállóképes és rugalmasan fejleszthető CIS-hálózattal támogassa a szövetséget a 21. század kihívásainak történő megfelelés érdekében. A Polaris egyik fontos szegmense az NCIA által vezetett CIS/IT modernizáció, amint azt a NATO C-M(2015)0041-REV2 nemzeti/szervezeti hozzáférési pontok (Point of Presence – PoP), PO(2014)0801 (CIS Security), C-M(2017)0062 (NATO C&I Vision) okmányai is rögzítik. Felmérések és tapasztalatok szerint a NATO erőnyőjén belül több mint 600 jelenléti pontot alakítottak ki, amelyek behálózják a teljes minősített statikus hálózatot. Az NCIA által kezelt PoP-k számának csökkentése, valamint a nemzetek és szervezetek nagyobb mértékű bevonása, illetve az irányításuk érdekében szükség van a NATO (NCIA) és a nemzetek/szervezetek által közösen működtetett/felügyelt, egységenként (országokonként) legfeljebb kettő PoP újratervezésére, korszerűsítésére/telepítésére és irányítására/fenntartására. E PoP-kon keresztül a szervezeti elemek használhatják az NCIA által biztosított CES-eket és Col-kat, továbbá lehetőségük nyílik saját szolgáltatásaik megtervezésére, működtetésére és fenntartására (szövetségi szolgáltatások), valamint arra, hogy ezeket más NATO-országoknak/szervezeteknek kölcsönadják vagy azoktól kölcsönvegyék (*NCIA Business to Business model*). Ezt az NCIA által a CES és a társintézmények körére migrált szolgáltatások támogatják, amelyek a polgári, a magán IT-környezetből jól ismert felhőszolgáltatásokat használják. Az NGCS-nek át kell alakulnia egy korszerűbb, modernebb IT-hálózattá és ezt a megnevezésében is tükrözni szükséges. Következésképpen az elnevezését is NATO Kommunikációs Infrastruktúrára (NCI) célszerű változtatnia.

Az FMN-koncepció alapján az új AFS-modellnek a következő rétegeket kell használnia (a C3 taxonómiának megfelelően): hálózati réteg, alap (core) szolgáltatási réteg, kiberbiztonsági réteg, ITIL réteg, funkcionális szolgáltatások rétege, valamint ellenőrzési réteg.

Miután az NATO to Nation Gateway (NNG) összeköttetései megvalósulnak/befejeződnek, a rétegezés, a rétegek hálózata lehet a siker kulcsa. Az összekapcsolt rétegek meghatározása után érdemes elmélyülni a hálózati rétegek szintjeiben, hogy áttekinthessük, majd azonosítsuk a nemzetek, szervezetek valós igényeit és feladatait a kapcsolódások újraszabályozása érdekében. Az 1. táblázatban a hálózati rétegre összpontosító, előre tervezett összekapcsolási kezdeményezések találhatók.

1. táblázat. Hálózati rétegek és azok kialakítási lehetőségei [8; 12. o.]

Type	Meghatározás	Magyarázat
Type 0	Jelenlegi NGCS PoPs	Átalakítása NCI node-ra indokolt
Type 1	Cols kiterjesztések az NCS számára	Szervezeti érdekekre való figyelemmel, NCIA-felügyelettel valósul meg
Type 2	A réteg az NFS és magasabb parancsnokságok számára tervezett	nincs adat
Type 3	Szövetségi és nemzeti C2 elemek számára, közvetlen NCIA támogatása nélkül	nincs adat
Type 4	Minden egyéb hálózat és részeleme	nincs adat



1. ábra. A tervezett hálózati környezet kialakítása. (Az ábraszövegek magyarul: NATO Enterprise – NATO alap- és funkcionális szolgáltatások rendszere; Multiple NS WAN – extension – többszintű NATO hálózati kiterjesztés; AIS – Alliance Information Services – a NATO informatikai szolgáltatásai; IT domain – informatikai tartomány; NATO Network DMZ router – NATO hálózati polgári-katonai útvalasztó eszköz; Federation BPS – összekapcsolt határvédelmi szolgáltatás (tűzfalrendszer) NNG – NATO to Nation Gateway – NATO és nemzet közötti útvalasztó; Core/Edge router – alapszolgáltatásokat végző útvalasztó eszköz) [10]

A korszerűsítés célja, hogy a 2-3-4 típusokra összpontosított, új hálózati elrendezést tervezzen és valósítson meg, lecserélje a hardvereket (PoP-k esetében), újratervezze az internetprotokoll (jelenleg IPv4) címeket, fejlessze a szolgáltatásmenedzsmentet (Service Management – SM), beleértve a szolgáltatásminőségi (Quality of Service – QoS) intézkedéseket.

Ezért nyilvánvalónak tűnik, hogy az AFS-hez történő csatlakozás mindenképp a szövetség valamennyi tag-szervezete (NCS, NFC) és más vezetési pontok, nemzeti kiterjesztések saját erőfeszítése kell, hogy legyen. Az is nyilvánvalónak tűnik, hogy a legnagyobb haszon és az előnyök nemzeti vagy szervezeti szinten jelentkeznek majd, amint kialakulnak a saját hálózati kiterjesztéseik és a hálózatok önmenedzselésére képessé válnak.

A HÁLÓZATTERVEZÉS ALAPJAI

Mint már bemutattam, a jelenlegi NNG (útvalasztó a határvédelmi szolgáltatásokkal Border Protection Services – BPS) közvetlenül a szervezethez, az adott nemzeti útvalasztóhoz csatlakozik. Az NNG-t az NCIA és az adott nemzet közösen kezelheti; azonban a nemzeti átjárók (pl. határrouterek) és a BPS kezelése a nemzet/szervezet feladata és felelőssége kell, hogy legyen. Más szóval, a határvédelmi mechanizmust (amely lehet helyi és/vagy központosított) az adott nemzet/szervezet valósítja meg.

A határvédelmi intézkedések is egyértelműen az egyes nemzetek/szervezetek érdekében állnak. Az 1. ábra a jelenlegi állapotot és a lehetséges megoldást mutatja a közeljövő elképzeléseivel igazítottan.

Az 1. ábrából követhető, hogy az új strukturált hálózatkialakítás lehetővé teszi a szövetség számára, hogy a teljes hálózaton egyfajta rétegszerűen kialakított, minősített adatok elérését biztosító internetként működjön (IP-útvalasztás és DNS² tartománynév-szolgáltatásokkal), azaz a részt

vevő/csatlakozó nemzetek alhálózatainak összekapcsolt hálózatából alakul ki a teljes hálózatok hálózata. A nemzeti hálózatok rendelkezhetnek, átvethetnek szolgáltatásokat a NATO Enterprise-től; azonban mindegyiküket erősen ösztönzik arra, hogy fejlesszék ki saját szövetségi hálózat-építési (AFN) képességeiket a Core Enterprise és a funkcionális (Cols) szolgáltatások körében, amelyeket az NCIA közvetlen támogatásával és felügyelete mellett/közvetítésével/alatt, amely továbbra is a NATO teljes minősített statikus hálózatát irányítja.

Az NCIA a nemzeti IPv4 kiosztásokat is támogatni fogja, létrehozva az NCIA Cím- és Regisztrációs Hatóságát (NRA) [11]. Tényként állapíthatjuk meg, hogy az elmúlt évtizedekben az NCIA és a nemzetek/szervezetek kevésbé ügyeltek a megfelelő IP-elosztásra és ahogyan a polgári környezetben is, az igényeknek megfelelően az IPv4-est IPv6-osra kell cserélni, tehát az IP-tér migrációja elkerülhetetlen és létfontosságú egy kiberbiztonsággal szemben is ellenálló minősített hálózat kiépítéséhez.

ÖSSZEFOGLALÁS

Mint látható, a jelenleg használatban lévő NGCS-t a NATO stratégiai és hadműveleti dokumentumaiban meghatározott konkrét okok miatt nem célszerű tovább fenntartani. Átálakításra van igény, sürgős hálózatfejlesztés szükséges az FMN-elvek felhasználásával a NATO minősített, statikus hálózatában is. [12] Az NCIA 2019-ben azért kezdeményezte az AFS-projektet, hogy választ adjon a 21. század kihívásaira. Egyértelműen meghatározta a lehetőségeket, majd kijelölte a szabályokat, szerepeket és felelősségi területeket maga az NCIA, az NCS, az NFS és más elemek, különösen a tagnemzetek és szervezetek számára. A feladat tehát, hogy újra tervezzék a jelenleg NGCS-nek nevezett elavult, minősített statikus hálózatot, és lehetővé váljon statikus és a tábori hálózatok összekapcsolt, koherens üzemeltetése.



Az NCIA az átfogó Közös tagsági és kilépési utasításokat (Joint Membership and Exit Instructions – JMEI) is rendelkezésre bocsátja a szövetség bármely szerve számára, hogy elolvashassák, feldolgozzák, felhasználhassák, és végül a maximális erőfeszítés érdekében cselekedjenek. E hálózati átállási kezdeményezés feldolgozásával – a dokumentumban meghatározott, irányított lépéseket követve –, a nemzetek, szervezetek sikeresen és gyorsan csatlakozhatnak ehhez a frissen meghatározott és kialakított hálózathoz [13].

Magyarország is előrelépett ezen az úton, létrehozva a minősített statikus hálózatépítésünk tervezési törzscsoportját. Ebben a fázisban ennek a testületnek az elsődleges feladata, hogy felülvizsgálja a jelenlegi HUN NATO S*CRET Network (HUN NSN) elrendezését és csomópontjait, PoP-jait, majd egy korszerűsítési tervet, egy életképes megoldást dolgozzon ki a döntéshozók számára a megfelelő ütemezéssel, hogyan és mikor, legfőképpen kivel lehet a HUN NSN-t először átalakítani, majd társulni, az AFS elveivel összhangban.

A kihívás tehát adott és hiszem, hogy a HUN NSN hamarosan az AFS elveivel összhangban szervezett új minősített hálózattá alakul át.

A 2022-2.1.1-NL-2022-00012 azonosító számú *Kooperatív Technológiák Nemzeti Laboratóriuma projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a 2022-2.1.1-NL Nemzeti Laboratóriumok Létrehozása, Komplex Fejlesztése pályázati program finanszírozásában valósul meg.*

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] NACISA hivatalos weboldal. <https://uia.org/s/or/en/1100065515> (Letöltve: 2023.6.29.);
- [2] NCIA hivatalos weboldal. <https://www.ncia.nato.int/> (Letöltve: 2023.6.29.);

- [3] NCIA official website. <https://www.ncia.nato.int/about-us/newsroom/a-history-of-nato-support.html> (Letöltve: 2023.6.29.);
- [4] NATO NNEC website. https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_54644.htm (Letöltve: 2023.6.29.);
- [5] NATO CFI website. https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_84112.htm (Letöltve: 2023.6.29.);
- [6] NCIA Costed Services Catalogue. <https://dnbl.ncia.nato.int/Pages/ServiceCatalogue/Services.aspx> (Letöltve: 2023.6.29.);
- [7] NATO RAP website. https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_119353.htm (Letöltve: 2023.6.29.);
- [8] NCIA/AFS/2021/050501 – AFS Joining Instructions;
- [9] Low, Warren. (2021) *Protect Core Networking – Workshop Introduction/Context*. Brussels: NCIA HQ.;
- [10] Defourneaux, Gilles. (2021) *AFS Joining Instructions Who? Why? What? How?* AFS workshop. Brussels: NCIA HQ.;
- [11] Murdock, Aidan. (2021) *IP Addressing*. AFS workshop. Brussels: NCIA HQ.;
- [12] Athanasiadis, Christos. (2022) *Transition of MND-C to AFS as a Nation AFS and NNG Update*. Brussels: NCIA HQ, NCIA – HQ MND-C workshop, SME presentation, slide No. 13.;
- [13] Friedrich, Gernot – Janinez, Deflet. (2021) *Alliance Interoperability Architecture Federated Mission Networking, and Alliance Federation Services*. AFS workshop. Brussels: NCIA HQ.

JEGYZETEK

- 1 A szerző tanulmányának angol nyelvű változata: Gulyás, A. (2023) „Networks Enabling the Alliance’s Command and Control”, *AARMS – Academic and Applied Research in Military and Public Management Science*. Budapest, 22. 1. szám, (2023): 23–32. o. doi: 10.32565/aarms.2023.1.2.
- 2 DNS – Domain Name Service.

HM Zrínyi Geoinformációs és Toborzástámogató Közhasznú Nkft.

1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7–9. • +36 (1) 336 2030 • www.hmzrinyi.hu • titkarsag@hmzrinyi.hu

- Topográfiai térképek
- Faksimile térképek
- Atlaszok, város- és autótérképek
- Falitérképek
- Szabadidőtérképek
- Légiforgalmi térképek
- Munkatérképek
- Dombortérképek
- Digitális térképészeti adatbázisok
- Egyéb digitális termékek
- Légifilmtári szolgáltatások



KÖNYV- ÉS TÉRKÉPBOLT:

1024 Budapest, Filler u. 14. • +36 30 388 4034
www.shop.hmzrinyi.hu • ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu
 Nyitvatartás: hétfő–péntek 9.00–16.30

PREPRESS – NYOMDAI ELŐKÉSZÍTÉS

- szöveg-, grafika- és képfeldolgozás, kiadványszerkesztés
- ellenőrző nyomatok, digitális proofok előállítás
- bel- és kültéri tablók, bannerek nyomtatása
- hagyományos és elektronikus montírozás, színrebotás
- nyomóformák előállítás nyomdai filmről, illetve CTP-technológiával

GYORSSOKSZOROSÍTÁS

- színes és fekete-fehér másolás/nyomtatás 330 × 487 mm méretig

PRESS – NYOMTATÁS

- ofszetnyomtatás négy-, illetve hatszínnyomó gépeken, 89 × 126 cm méretig

POSTPRESS – KÖTÉSZETI FELDOLGOZÁS

- felületnemesítés fóliázással, laminálással 167 cm szélességig
- hajtogatás, spirálozás, sorszámozás
- összehordás, irkakészítés, ragasztókötés
- kasírozás, táblakészítés, aranyozás
- szortiment könyvkötészet

VÁKUUMFORMÁZÁS

- vákuumformázó szerszámok, terepasztalok CNC-technológiával
- vákuumformázás



NYOMDAI GYÁRTÁSELŐKÉSZÍTÉS: +36 (1) 336 2035

Ocskay István*

A vezető nélküli szárazföldi járművek tesztelése Észtországban

A Haditechnika folyóirat korábban megjelent számaiban [1] [2] [3] végig követhettük az Európai Unió tagállamainak Állandó Strukturált Együttműködés szervezete, a PESCO (Permanent Structured Cooperation), iMUGS (Integrated Modular Unmanned Ground System) programjának mérföldköveit, annak 2020-as alakuló ülésétől a tavalyi, 2022 decemberi záró eseményéig. [4] Végignéztük, hogy a különböző nemzetek szakemberei és fejlesztői hogyan tudnak együttműködni egy közös cél elérése érdekében, és milyen eredményeket értek el egy hibrid hajtású UGV-re (Unmanned Ground Vehicle – vezető nélküli szárazföldi jármű) kifejlesztendő moduláris – a lehető legnagyobb önvezetési fokkal rendelkező – szenzorarchitektúra létrehozása érdekében. A szervezők a program során már korábban elhatározták, hogy a több mint

két év alatt nyert tapasztalatok összefoglalását legjobban egy közös megmérettetés során lehetne demonstrálni, amelynek helyszínéként az Észt Védelmi Erők (Eesti Kaitsevägi) központi kiképző, valamint harc- és gépjárművezetési bázisát – Lääne-Viruma – jelölték ki Läsna városa mellett.

Az előzetes regisztrációk alapján az 1. táblázatban szereplő tizenkét csapat nyújtott be nevezést az általuk kifejlesztett járművekkel.

Összesen két feltételt szabtak a járművekkel kapcsolatban: az össztömegük 0,5–3 tonna közötti tartományba essen, illetve minimum 6-7 TRL¹ fejlettségi szintet [5] képviseljenek, amely a valós környezetben működő főbb szerkezeti elemekkel rendelkező, vagy prototípus járművek indítását jelentette. Ennek megfelelően a teszten megméret-

ÖSSZEFOGLALÁS: A szerző Észtországban részt vett a PESCO iMUGS munkacsoport lezárását követő UGV-teszten. A tesztelésre 5 országból 12 csapat nevezett azzal a céllal, hogy az öt, egyre nehezebben végrehajtható feladatot minél rövidebb idő alatt, a legnagyobb precizitással hajtsa végre. A világon először megrendezett különleges megmérettetésre több mint 20 országból, 100-nál is nagyobb létszámú szakértői csoportnak érkezett.

ABSTRACT: The author has now taken part in the UGV Trial following the conclusion of the PESCO iMUGS working group in Estonia. 12 teams from 5 countries entered the test with the aim of being able to complete the five increasingly difficult tasks in the shortest possible time and with the greatest precision. The group of more than 100 experts from more than 20 countries took part in an interesting competition for the first time in the world.

KULCSSZAVAK: autonóm szárazföldi jármű teszt, UGV, TheMIS, DIEHL, NEXTER

KEY WORDS: autonomous ground vehicles test, UGV, TheMIS, DIEHL, NEXTER

* Ezredes. MH Haderőmodernizációs és Transzformációs Parancsnokság, Modernizációs Igazgatóság, irodavezető, NKE doktorandusz. ORCID: 0000-0003-0279-8215



1. táblázat. Az iMUGS program résztvevői az észti hadsereg központi kiképző bázisán (A szerző szerkesztése)

Csapat /gyártó	Típus	Megjegyzés (ábraszám)
iMUGS C2SA	iMUGS THeMIS C2SA	
CharismaTec OG	ARTUS PTAone	(4. ábra, B3 borító)
LEM SRL	Ranger-Polaris 570 buggy	(3. ábra)
Diehl Defence GmbH Co KG	Diehl Defence Ziesel	
Nexter Robotics	ULTRO-600	(9. ábra)
Henschel System GmbH	MoSeS UGV	
ARX Landsysteme GmbH	GEREON RCS	(2. ábra)
Rheinmetall Canada	Rheinmetall Mission Master	(1. ábra, B3 borító)
Czech University of Defence	UGV TAROS 1	(7. ábra)
Czech University of Defence	UGV TAROS 2	
Milrem Robotics AS	THeMIS 4.5 + MIFIK	(6. ábra)
StAR Defence Logistics & Engineering	SR-001 UGV 4x4	(8. ábra), B3 borító



2. ábra. Az elsősorban szilárd útburkolaton való mozgásra optimalizált ARX GEREON RCS UGV egy bemutató alkalmával (Fotó: Ocskay István)

ték magukat olyan járművek is, amelyek kialakításuknál fogva a terepen végrehajtandó feladatok egy részével nem voltak képesek megbirkózni.

A tesztelésen már csak 11 csapat jelentkezett be, mert a Cseh Védelmi Egyetem 6x6 kerékképletű TAROS 2 UGV járműve technikai problémák miatt nem tudott rajthoz állni. Az önvezető járműveket minimum háromfős csoport kísérte végig a teszt pályán. Egy szakember döntőnként, míg a másik két fő a járművek „kezelésében”, illetve vészleállításában nyújtott segítséget. A biztonság fenntartása érdekében felszerelésükhöz tartozott a jármű távirányítója, és a vészleállító berendezés. A döntőnkök mérték a végrehajtási időkereteket, illetve azt vizsgálták, hogy a jármű önállóan, vagy külső beavatkozással hajtja-e végre a feladatát. Amikor a haladáshoz külső segítségre volt szükség, akkor a nézők számára a döntőnk azt kézfeltartással jelezte annak érdekében, hogy messziről is látható legyen, az adott csapat milyen módon hajtja végre a feladatot. A szakértők a tereppálya kritikus szakaszain kijelölt, elkülönített területeken, de szabadon mozoghattak, követve a feladatát éppen végrehajtó eszközt.

A megmérettetésen² megjelent csapatokat és járműveiket három csoportba osztották, amelyek forgószínpad-szerűen váltották egymást a helyszíneken. A feladatok során „A” és „B” pont közötti haladást kellett végrehajtani megadott koordináták szerinti tájékozódás alapján, az alábbi terepszakaszokon:

1. vezetés terepen, poros, sáros, sáros környezetben;
2. vezetés erdős, fás területen, földúton, csapáson;
3. nyílt, alacsony vagy magas fűvel borított területen történő vezetés;
4. különféle vegetációval fedett területen történő vezetés;
5. vezetés erdőben, fák között, az utak elhagyásával.

A kétnapos rendezvény első napján az egyszerűbb szcenáriók szerinti mozgásokat szervezték

meg, így a nyílt terepi, a mezőn és az erdei utakon történő közlekedéshez köthető feladatokat. Ezek során három, különböző minőségű terepet jelöltek ki: egy szilárd burkolatú betonutat, egy alacsony vegetációjú, kaszált rétet, illetve egy erdei, homokos, meredek emelkedőkkel, lejtőkkel tarkított, kanyargós vonalvezetésű terepszakaszt. Ezekben a területeken jelöltek ki 10-14 útvonalpontot (waypoint), amelyek koordinátáit előre megkapták a csapatok. Az adott pontokat egymás utáni sorrendben kellett a járműveknek felkeresniük. Mivel nem versenyről volt szó, a csapatok előzetesen megvizsgálhatták a kijelölt terepszakaszokat.



3. ábra. Az olasz egyetemi csapat által indított Ranger-Polaris 570 jármű erdei ösvényen „kőborol” (Fotó: Ocskay István)

4. ábra. A dőlést és lejtést kiküszöbölő futóművel szerelt ARTUS PTAone erdei portyáján (Fotó: Ocskay István)





5. ábra. A DIEHL vállalat Ziesel vezető nélküli járműve „rácsodálkodik” a lejtőre a), majd legördül rajta b) (Fotók: Ocskay István)

kaszokat, és azoknak megfelelően kalibrálhatták, készíthették elő eszközeiket.

Természetesen minden csapatnak az erdei pálya okozta a legnagyobb fejtörést, amit leggyorsabban a DIEHL Ziesel járműve oldott meg, viszonylag alacsony hibapontszámmal. A járművek többsége nehezen birkózott meg az erdei út terepakadályaiival, mikro- és makro egyenletlenségeivel, illetve a tesztelés közben eleredő eső okozta kihívásokkal. Az egyik legnagyobb problémát egy mély horhos leküzdése jelentette, amelyet nem csak a fellazult talaj és annak természet alakja okozta. A 10-12 méter mélységű völgyhöz érve úgy érkeztek meg a járművek, hogy annak mélységét nem lehetett messziről megállapítani, mi több, a távolban a völgy emelkedő oldalát érzékelték a járművek szenzorai, amit úgy értelmeztek, hogy ez egy távoli emelkedő. Majd amikor átváltottak lejtmenetbe, akkor ezt az érzékelő rendszerük még nem volt képes lekövetni, és az UGV-k „gondolkodóba estek”. Többségük csak távirányítással, emberei beavatkozás segítségével jutott túl ezen az akadályon, de a Ziesel, ezt az akadályt is könnyen vette. (5. ábra)

Ez a kísérlet is bizonyította, hogy a gyorsan változó szárazföldi környezet mennyire meg tudja nehezíteni egy terepi UGV mozgási, önvezetési képességeit, hiszen az a terület, ahol korábban gond nélkül elment egy jármű, csúszós, esős felszínnel már megállításra készítette a következő eszközt.

A tesztelés második napjára maradtak a nehezebb feladatok, amelyek az erdőben történő navigálásra fókuszáltak. Ezen a napon, nehezítendő a tájékozódási feladatot, már nem adtak meg csak 4-5 referencia pontot, amelyek között az útvonalválasztásról már a járművek szenzor- és jelfeldolgozó egységeinek kellett döntenie. Ez már akkora

nehézséget okozott a csapatok java részének, hogy a három scenárióból csak a legkönnyebbet, vagy már azt sem tudták teljesíteni. Amikor az erdőben úgy jelölték ki a tesztpályát, hogy lehetőséget adtak az erdei ösvények használatára is, akkor az eszközök megpróbálták megragadni az alkalmat, és a kiépített útvonalon, gyorsabban elérni az útvonalpontok mindegyikét.

Azonban az átszeldelt terep okozta érzékelési és feldolgozási problémák miatt csak a legfelkészültebb, legjobb szoftverrel és hardverrel rendelkező eszközök tudták időben leküzdni ezt a pályát. Itt is nagy nehézséget okozott a terepi akadályok detektálása, a fák és a köztük lévő átjáró méretének bemérése, annak eldöntése, hogy az eszköz vajon átfér-e a természetes akadályok képezte labirintuson, vagy sem. A kijelölt útvonalra bedőlt száraz fatörzsek is meg-megakasztották az előrehaladó eszközöket. Az egyik csapat eszköze olyan mélyen „beásta” magát az erdőbe,



7. ábra. A Cseh Védelmi Egyetem és a VOP vállalat TAROS 1 UGV-je terepbejáráson (Fotó: Ocskay István)

6. ábra. A MILREM Robotics vállalat THemis UGV-je MIFIK3 szenzorrendszerrel (Fotó: Ocskay István)



8. ábra. A spanyol SR-001 UGV-je valahol az erdő mélyén (Fotó: Ocskay István)





9. ábra. A NEXTER vállalat ULTRO-600 UGV-je az erdő sűrű aljnövényzetében, háttérben az egyik kísérővel (Fotó: Ocskay István)

hogy csak nagy erőfeszítés árán és távvezérlői rutinnal lehetett több mint 30 perc alatt kiszabadítani a járművet.

Természetesen a legnagyobb megpróbáltatást az utak, ösvények nélküli, aljnövényzettel vastagon benőtt fenyőerdei tesztpálya jelentette. A járműveknek ott is maguknak kellett megtalálniuk azokat a szélesebb nyiladékokat, fák közötti réseket, ahol át tudtak kelni, figyelembe véve a talaj egyenetlenségeit, amelyeket azonban 30-50 cm magasan apróleveles aljnövényzet fedett. Ez már a legkomolyabb csapatokat is meghátrálásra készítette, és végül nem akadt egyetlen olyan jármű sem, amely a legnehezebb szakaszon teljesen önállóan végig tudott volna haladni.

Legjobb eredményekkel a MILREM Robotics THEMIS, a Rhenmetall Mission Master, valamint a Diehl Defence csapatok járművei teljesítettek. Jól mutatkozott be a cseh VOP CZ vállalat TAROS (Tactical Robotic System) 4x4 kerék-meghajtású járműve is a NEXTER ULTRO-600 UGV-je mellett, amelyek mechanikailag megfelelően működtek, de a még fejlesztés alatt lévő szoftvereik sok bizonytalankodást okoztak, ezért rendszerek voltak a leállások és útvonal tévesztések.

ÖSSZEZGÉS

Összességében elmondható, hogy a jelenleg önvezetőként jellemzett szárazföldi járművek még nem rendelkeznek azzal az autonómítási szinttel, hogy bátran, bármilyen körülmények között rájuk lehessen bízni akár utanszállítási, akár sebesült katona hátraszállítási feladatot, főként a tesztelésen is bemutatott komplex, átszegendelt terepen. Azonban határozottan látszanak azok az irányok, amelyek mentén a közeljövő autonóm terepi szárazföldi járműveinek fejlődniük kell. Ezek a GNSS rendszerek⁴ nélküli navigációs képesség, a magas szintű, két pont közötti autonóm útvonaltervezési képesség kialakítása, a betáplált útvonalon található mesterséges és természetes akadályok felismerése és gyors reakcióidővel történő reagálási képesség kialakítása. Ezeket a képességeket hibrid módban is biztosítani kell, ami az ideiglenes távirányított, más esetekben a teljesen autonóm üzemmódokat jelenti oly módon, hogy a kezelő rálátással⁵, vagy rálátás nélkül⁶ irányítja az eszközt.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Ocskay István. „Ész robotikai innováció” *Haditechnika* XV. évf. 6. szám (2021): 21. o. <https://doi.org/10.23713/HT.55.6.04>;
- [2] Ocskay István. „Az iMUGS PESCO program folytatása Rigában” *Haditechnika* XVI. évf. 1. szám (2022): 28. o. <https://doi.org/10.23713/HT.56.1.05>;
- [3] Ocskay István. „Az iMUGS PESCO program folytatása Brüsszelben”, *Haditechnika* XVI. évf. 5. szám (2022): 31. o. <https://doi.org/10.23713/HT.56.1.055>;
- [4] Ocskay István. „Az integrált, moduláris, vezető nélküli szárazföldi járműrendszer bemutatója Németországban”, *Haditechnika* XVII. évf. 3. szám (2023): 27. o. <https://doi.org/10.23713/HT.57.3.05>.
- [5] BME Bridge: Kutatói tájékoztató az egyetemi technológia-transzfer folyamatokról <https://bridge.bme.hu/wp-content/uploads/2021/03/kutatoai.pdf> (Letöltve: 2023.8.29.)

JEGYZETEK

- 1 Technology Rediness Level – technológiai készenléti (fejlettségi) szint. A szintek 1–9-ig értelmezhetők, ahol az 1-es az ötletet jelenti, míg a 9-es a már ténylegesen alkalmazható terméket.
- 2 A szervezők többször tudatosították a résztvevőkben és a nézőkben, hogy nem versenyről van szó, nem lesznek díjazottak, nem állítanak fel sorrendet a megmérettetés végén. Az eseményen a rendezők a különféle eszközök és csapatok önálló feladatvégrehajtására voltak kíváncsiak, hogy az azon részt vevő járművek az autonómítás mely fokán állnak.
- 3 MIFIK – MILREM Intelligent Functions (MILREM intelligens funkciók).
- 4 GNSS – Global Navigation Satellite System. Azoknak a SAT-alapú, navigációs globális helymeghatározó műholdrendszereknek a gyűjtőneve, amelyek autonóm földrajzi helymeghatározásra alkalmasak a Föld teljes felszínén. (Az amerikai GPS, az orosz GLONASS, a kínai BEIDOU és az Európai Unió által tervezett, fejlesztés alatt álló Galileo.)
- 5 LOS – Line of Sight (Szabad rálátás az eszközök között.)
- 6 BLOS – Beyond Line of Sight (Olyan rádiókommunikációs képességeket takar, amelyek a LOS-kommunikációhoz túl távoli, vagy a terep által túlságosan eltakart személyeket vagy rendszereket kapcsolják össze.)



1. ábra. A Tienkung (Tiangong) űrállomás 1:1 méretarányú makettje a 14. Kínai Nemzetközi Repülési és Űrrepülési Kiállításon, 2022-ben (Forrás: Shutterstock)

Frey Sándor*

A kínai űrprogramokról Budapesten – első kézből

KÍNAI KUTATÓ MAGYAR PÓDIUMON

Hajjan Hu (Haiyan Hu) professzort, a Pekingi Műszaki Egyetem Repülő- és Űrtechnológiai Intézetének nemzetközileg elismert tanárát 2022-ben tiszteleti tagjává választotta a Magyar Tudományos Akadémia (MTA). A neves kutató 2023. június 15-én ebből az alkalomból tartotta meg angol nyelvű székfoglaló előadását Budapesten, az MTA székházában. (2. ábra) Az előadás fő témája a nagy méretű, kinyitható szerkezeteknek a kínai űrküldetésekben történő felhasználása volt, de szó esett a tágabb értelemben vett kínai űrkutatásról, űrtevékenységről is. Magyarországon csak nagyon ritkán hangzik el a kínai űrkutatásról és az űrtechnológia eredményeiről szóló olyan szakmai előadás, amelyben külföldön kevésbé, vagy egyáltalán nem közismert információkról és technikai részletekről is szó esik. Ezért is volt különösen érdekes a professzor mondanivalója, amelyre szép számú, szakmabeliekből, érdeklődőkből és diákokból álló közönség gyűlt össze. Ráadásul az akadémiai székfoglaló előadást követően a vendég arra is vállalkozott, hogy a Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) szervezésében egy pódiumbeszélgetésen is részt vegyen. Itt az érdeklődők további részleteket tudhattak

meg a professzor életútjáról, szakmai munkájáról, legérdekesebb kutatási eredményeiről és magyarországi kapcsolatairól. Hu professzor és csoportja gyümölcsöző tudományos együttműködést folytat a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen (BME) dolgozó Stépán Gáborral és munkatársaival. (Véletlen egybeesés, hogy épp a székfoglaló napján, az MTA székházában adták át Stépán Gábor akadémikusnak, Széchenyi-díjas gépészmérnöknek a Bolyai-díjat, amely a tudományos életben betöltött meghatározó szerep elismeréséért járó legrangosabb civil alapítású hazai elismerés.)

Az ünnepélyes székfoglaló bevezetőjét Józsa János, az MTA Műszaki Tudományok Osztályának elnöke tartotta. Méltatta az új tiszteleti tag munkásságát, felelevenítve szakmai életútjának főbb állomásait. Ezek közül – a teljesség igénye nélkül – megemlíjtjük, hogy az 1956-os születésű Hajjan Hu ahhoz a kínai kutatógenerációhoz tartozik, amelynek tagjai 1977-ben, a Mao Ce-tung kulturális forradalom után újjászervezett felsőoktatásban kezdhették meg tanulmányaikat. A Santung (Shandong) Egyetemen tanult matematikát, majd mechanikát. Tudományos pályafutását a Nankingi Repülő- és Űrtudományi Egyetemen (Nanjing University of Aeronautics and Astronautics – NUA) kezd-

ÖSSZEFOGLALÁS: 2023 júniusában tartotta székfoglaló előadását a világűrben kinyitható szerkezetek alkalmazásairól a kínai űrküldetésekben Hajjan Hu (Haiyan Hu), a Magyar Tudományos Akadémia új tiszteleti tagja. Az előadáson, és az azt követő pódiumbeszélgetésen szóba kerültek az új, felívelő korszakába lépett kínai űrkutatás egyéb érdekességei és a közeljövőre vonatkozó nagszabású tervek is.

KULCSSZAVAK: Magyar Tudományos Akadémia, székfoglaló, kínai űrprogramok, űrtechnológia

ABSTRACT: Haiyan Hu, a new honorary member of the Hungarian Academy of Sciences, gave his inaugural lecture on deployable structures in China's space missions in June. During the presentation and the subsequent panel discussion, other interesting aspects of China's space exploration activity currently in its exciting new era, and major Chinese space plans for the near future were also discussed.

KEY WORDS: Hungarian Academy of Sciences, inaugural lecture, Chinese space projects, space technology

* PhD. tudományos főmunkatárs, HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet. ORCID: 0000-0003-3079-1889





2. ábra. Hajjian Hu professzor, tiszteleti tag székfoglaló előadását tartja a Magyar Tudományos Akadémia székházának Nagytermében, 2023. június 15-én (Fotó: MTA; Szigeti Tamás)

te, ott szerezte meg doktori (PhD) fokozatát is. Az 1990-es évek elején Humboldt-ösztöndíjjal két évet kutatott a németországi Stuttgartban. 1996-ban Nankingban az alkalmazott mechanika professzorának nevezték ki, majd nem sokkal később a Duke Egyetemen (Durham, Észak-Karolina, USA) vendégeskedett egy éven át. 2001-től hat éven keresztül volt Nankingban az egyetem legfelsőbb vezetője. 2007-től egy évtizeden át Kína egyik legjelentősebb egyeteme, a Pekingi Műszaki Egyetem (Beijing Institute of Technology – BIT) elnöki tisztét is betöltötte.

Oktatói pályafutása alatt eddig 66(!) PhD-hallgató témavezetője volt. Kínai diákjai közül ma sokan az ország űrkutatásának fontos pozícióiban dolgoznak, míg a külföldiek hazájukban vagy nemzetközi intézményekben kezdtek szakmai pályát. Hu professzort 2007-ben választották a Kínai Tudományos Akadémia tagjává, ahol 2016 óta az elnökség tagja. Hat tudományos szakkönyvet írt, ezek közül a leggyakrabban idézettebb műveinek témája a vezérelt mechanikai rendszerek dinamikája késleltetett visszacsatolással. [1]

KÍNAI ŰRPROGRAMOK

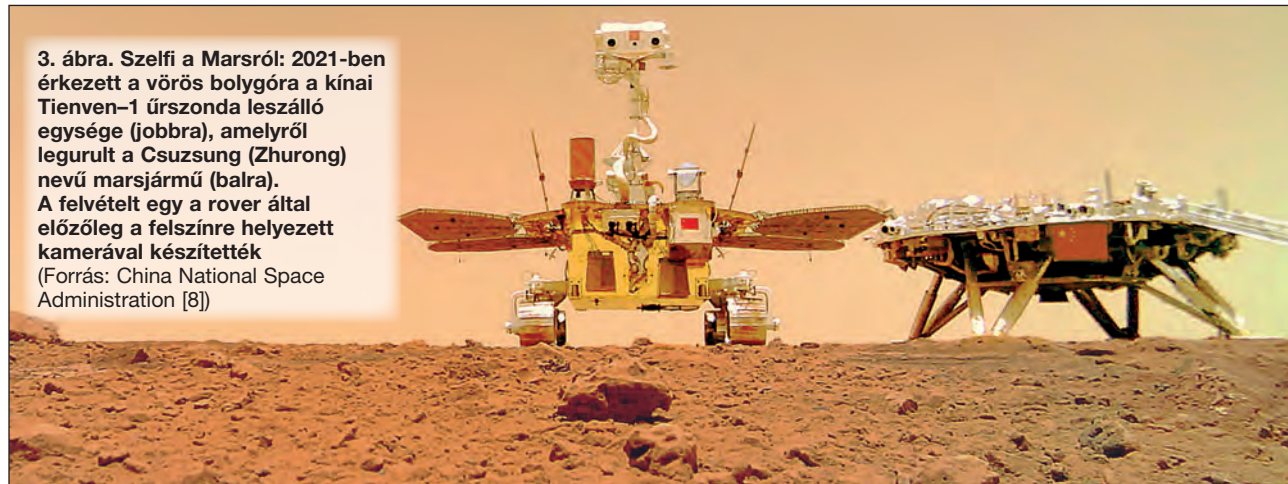
A kínai vezetés felismerte, hogy az ország gazdasági és katonai erejét azzal tudja növelni, ha jelentős erőforrásokat biztosít a tudományos-műszaki fejlesztésre. A 2015-ben

kiadott *Made in China 2025* nemzeti stratégiai iparpolitikai terv [2] alapvető célja, hogy a nagy munkaerőigényű, alacsonyabb technológiai színvonalú összeszerelő ipar helyett az innovatív kutató-fejlesztő tevékenységet helyezze előtérbe Kínában. A tervben megnevezett tíz fejlesztendő terület egyike éppen a repülő- és űripar, amelynek elméleti megalapozásában, a szakemberek felsőfokú képzésében Hu professzor és munkatársai élen járnak.

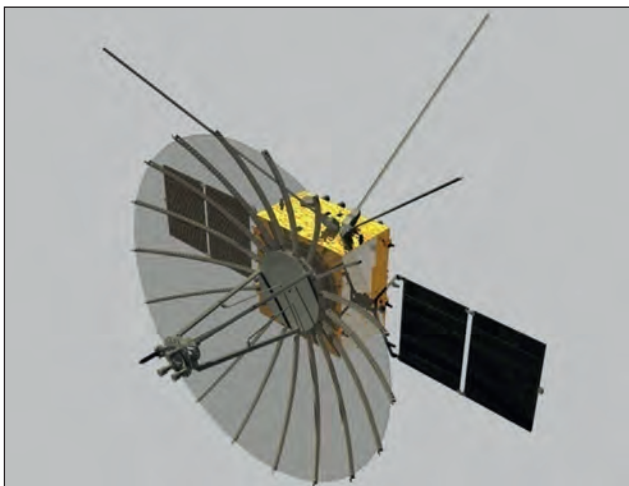
A Budapesten megtartott székfoglaló előadásának bevezetéseként Hajjian Hu röviden bemutatta az oktatói pályához kötődő két kínai egyetemet, amelyek az ország védelmi és űripari szakember-utánpótlásának zömét adják. A Magyarországon tartott előadás történeti bevezetője egy „magyar száira” is utalt. Megtudhattuk, hogy Csien Hszüeszen (Qian Xuesen, más írásmóddal Hsue-Shen Tsien, 1911–2009), aki Kármán Tódor egyik legtehetségesebb tanítványa volt a Kaliforniai Műegyetemen (Caltech), az 1950-es évek közepén hazájába visszatérve az induló kínai rakéta- és űrprogram egyik kiemelkedő alakja lett.

Az első közepes hatótávolságú (1500 km) kínai ballisztikus rakétát 29,8 t starttömeggel, 1964-ben indították. A rakétafejlesztések nyomán az első kínai műhold felbocsátására nemzetközi összehasonlításban elég sokáig, 1970-ig kellett várni. Más nemzetek első műholdjaihoz képest azonban, a Tung Fang Hung-1 (Dong Fang Hong-1, a „Kelet vörös”) tömege lényegesen nagyobb, 173 kg volt. (Az 1957-es szovjet Szputnyik-1 83 kg-os, míg az 1958-as amerikai Explorer-1 14 kg-os tömeggel repült.)

Egy nagy időbeli ugrással mindjárt Kína jelenlegi, igen aktív és ambiciózus űrprogramjára tért rá az előadó. Ennek számos ága közül elsősorban hármat említett meg. Az egyik a kínai űrállomásprogram, amelynek keretében 2022-re megépült az ország első modulűrállomása. Ezen egyszerre 3 (személyzetcsere idején 6) űrhajós dolgozhat folyamatosan. A Tienkung (Tiangong – magyarul: „Mennyei palota”) űrállomás tömege 100–180 tonna közötti attól függően, hogy az állomáshoz épp milyen más űreszközök (emberes és teherszállító űrhajók) kapcsolódnak. Ami a Hold kutatását illeti, egy kínai űrszonda (Csang’e-4 – magyarul: „Hold-asszony”) 2019-ben a világon elsőként szállt le az égitest túlsó, a Földről közvetlenül sosem látható oldalán – éppen a Kármán Tódorról elnevezett kráterben. A Csang’e-5 pedig 2020-ban több mint 1,7 kg kőzetmintát gyűjtött össze a Holdon, és szállított a Földre. A minták laboratóriumi elemzése alapján kínai kutatók nemrég kiderítették, hogy jelentős mennyiségű víz található a Holdon, milliméteresnél is kisebb átmérőjű, becsapódásos eredetű, üvegyöngyszerű képződményekbe zárva. A teljes holdfel-



3. ábra. Szelfi a Marsról: 2021-ben érkezett a vörös bolygóra a kínai Tienven-1 űrszonda leszálló egysége (jobbra), amelyről legurult a Csuzsung (Zhurong) nevű marsjármű (balra). A felvételt egy a rover által előzőleg a felszínre helyezett kamerával készítették (Forrás: China National Space Administration [8])



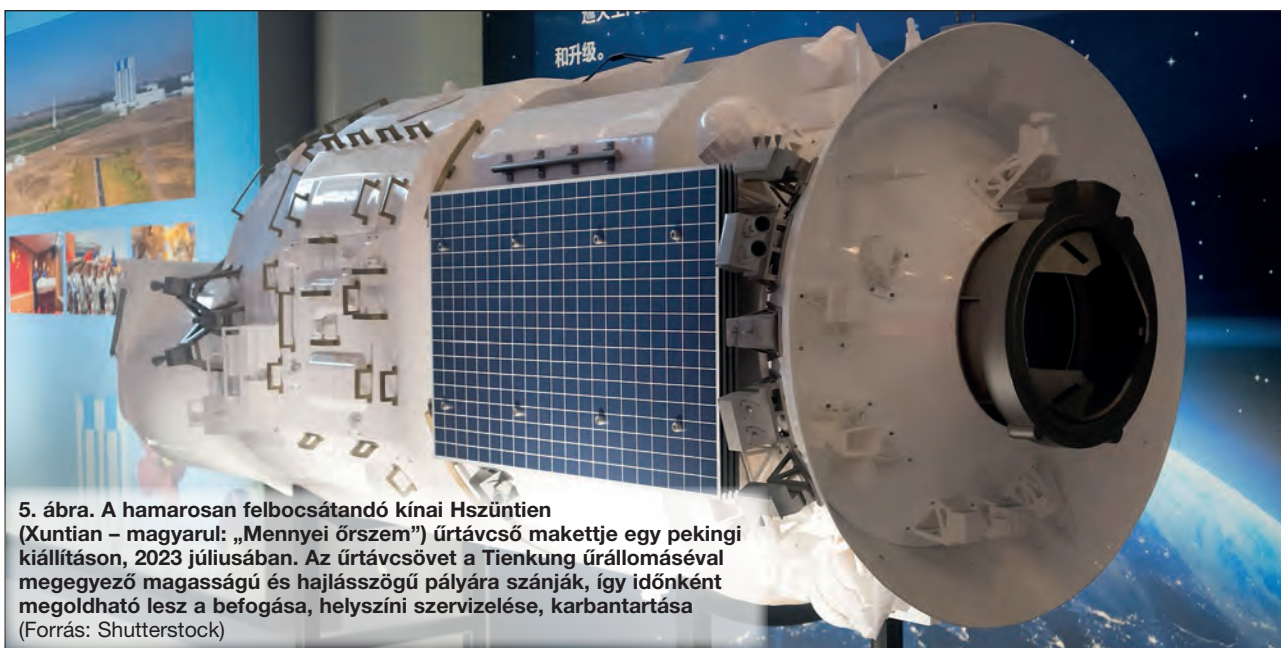
4. ábra. A 4,2 m átmérőjű rádióantennával felszerelt Csüecsiao relészonda a Hold túlsó oldalán dolgozó Csang'e-4 leszállóegység és holdjárója, valamint a földi irányítás közötti adatátvitelt biztosítja [4]

színre vonatkozó becslés szerint ez akár 270 milliárd tonna is lehet. [3] A felfedezés jelentősége, hogy egy majdan kidolgozandó technológiával a gyöngyökből kinyerhető vizet a jövőbeli holdi kutatóbázisok ellátására, valamint akár rakéta-hajtóanyag helyszíni előállítására lehetne használni, és ehhez még a pólusvidékek örökké árnyékban fekvő kráterbelsejéig sem szükséges eljutni. Hajjan Hu végül az ázsiai ország marskutatói programja keretében, a 2021-ben a vörös bolygóra leszállt Tienwen-1 (Tianwen-1) űrszondára és marsjárművére hívta fel a figyelmet. (3. ábra)

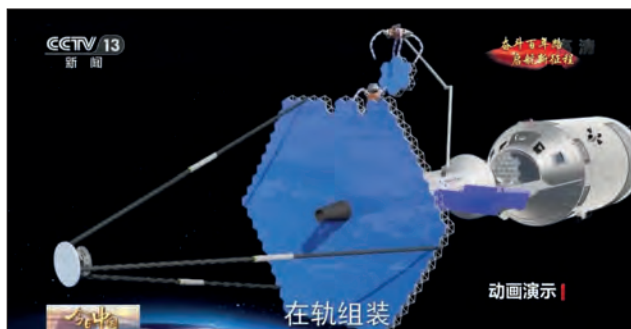
Műszaki szempontból a kinyitható struktúrák fontos szerepére két példát mutatott be és elemzett részletesebben az előadó. Az egyik a Von Kármán-kráterben leszálló holdi űrszonda programjához kapcsolódik. Az egységgel a rádiós kommunikációt – a földi parancsok továbbítását és az adatok letöltését – közvetlen összelátás híján csak közvetett módon lehet megoldani. Ennek érdekében 2018-ban

elindították a Csüecsiao (Queqiao) adatátviteli szondát. Ez a Hold túlsó oldalán, az égitesttől mintegy 74 ezer km-re, a Föld–Hold rendszer külső Lagrange-pontja (L₂) körüli pályán kering. Pozíciójából mind a Hold túlsó oldalán dolgozó űrszonda, mind a Föld látható, így alkalmas az adatok relészésére. A Földtől igen nagy, közel félmillió km-es távolságban lévő relészondára egy nagy méretű, 4,2 m átmérőjű antennát kellett telepíteni, hogy alkalmas legyen a megfelelő jel/zaj arányú adattovábbításra. (4. ábra) A projekt egyik legnagyobb kihívása az űrben „esernyőszerűen” kinyitott antenna megtervezése és megépítése volt. A nagy paraboloid antennának nemcsak a mérete, hanem a felületének a pontossága is lényeges paraméter. Az X-sávú (8–12 GHz-es frekvenciatartományú) rádiójelek fókuszálása érdekében a felület pontossága, vagyis az ideális alakított mért közepes eltérése legfeljebb 0,83 mm lehetett.

A másik példa a Tienwen-1 szonda marsi leszállóegységéhez kapcsolódott. Kínának korábban a Naprendszerben nem volt ilyen nagy távolságra küldött űreszközökkel kapcsolatos gyakorlati tapasztalata. Ami más országok űrszondáit illeti, korábban meglehetősen alacsony volt a sikerarány, a Mars felszínére leginkább csupán amerikai űreszközöknek sikerült sima leszállást végrehajtatniuk. A lejutás kapcsán a küldetés legnagyobb műszaki kihívása itt is jórészt mechanikai jellegű volt: a légkörbe történő belépés, a fékezés és a felszínre való elérés folyamatának megtervezése és végrehajtása. Hogyan bocsássák le a nyolcszoros hangsebességgel a légkörbe lépő egységet? Hogyan nyiljon ki kétszeres hangsebességnél az ejtőernyő? Hogyan csökkentsek a Mars rendkívül ritka légkörében az 1,3 tonnás egység sebességét a felszín elérésekor mindössze 3,6 m/s-ra, hogy épségben maradjon? Az egész folyamat a légkörbe lépéstől a landolásig csupán 7–8 percet vesz igénybe, és a folyamat végén a szondának – autonóm módon – azt is meg kell határoznia, hogy a kijelölt térségen belül hol érheti el a felszínt a legnagyobb biztonságban. Aerodinamikai szempontból a leszálló szonda optimális alakjának a megtervezése, valamint a fékező ejtőernyő kialakítása összetett számítási és szimulációs tanulmányokat, valamint költséges földi ellenőrző méréseket igényelt.



5. ábra. A hamarosan felbocsátandó kínai Hszüntien (Xuntian – magyarul: „Mennyei őrszem”) űrtávcső makettje egy pekingi kiállításon, 2023 júliusában. Az űrtávcsövet a Tienkung űrállomásával megegyező magasságú és hajlásszögű pályára szánják, így időnként megoldható lesz a befogása, helyszíni szervizelése, karbantartása (Forrás: Shutterstock)



6. ábra. Fantáziakép egy hatszög alakú panelekből a Föld körüli pályán összeszerelendő, 10 m-es átmérőjű tervezett távcsőtűkorról (Forrás: CCTV)

Az előadás további részében Hu professzor saját kutatási területéhez kapcsolódva osztott meg további információkat a hallgatósággal az űrben használatos, nagy méretű szerkezetek változatos felhasználási területeiről. Napjainkban a napelemtáblák, az űrteleszkópok (5. ábra), a távközlési antennák hosszúsága, átmérője elérheti az 5–10–20–50 m-es értékeket. Ha pedig a Föld körüli pályára tervezett napelemes energiatermelő telepekre gondolunk, ezeknél a paramétereknél sokkal nagyobb, 1–10 km-es méretek is szóba jöhetnek. A mérnökök számára a legnagyobb problémát ezen eszközök biztonságos kinyitása okozza: ne deformálódjanak, ne akadjanak össze a részegységeik. Mindezt a súlytalanság körülményei között kell megoldani, azaz elsősorban csupán modellszámításokra, számítógépes szimulációkra hagyatkozhatnak, a földi tesztmérések lehetőségére korlátozott.

Az előadás egyik legérdekesebb mozzanata egy olyan videófelvétel bemutatása volt, amely a BIT laboratóriumában készült egy nagy méretű, vékony fémhálóból kialakított reflektáló felület kinyitási próbájakor. További kihívást jelent az ilyen felületek rendkívül pontos kialakítása, a hőtágulásból és vibrációból adódó torzulások kiküszöbölése. A jövő útja – főként egy bizonyos mérethatáron túl – a pályán történő kinyitás helyett a helyszínen, tehát a világűrben történő összeszerelés lehet.

Hajjan Hu beszélt a dinamikai számításaihoz alkalmazott modellekről és azok továbbfejlesztett változatáról, amellyel valós problémákat tudnak kezelni. Az előadáson felvázolt egyenletek mellett, látványos példaként bemutatott egy olyan szimuláció eredményét, amelyben egy, a világűrben kibontandó háló működését tanulmányozták – mind elméletben, mint laboratóriumi tesztek során. Egy ilyen típusú szerkezet például már nem működő műholdak, nagyobb űrszemétdarabok befogásakor is alkalmazható.

A professzor, előadását egy ma még kissé futurisztikusnak tűnő, de valószínűleg a közeljövőben már a gyakorlatban is működőképes eljárás bemutatásával zárta. Ez a nagy méretű struktúrák (például antennák, napelemtáblák) összeszerelése a világűrben, hatszögletű modulokból, autonóm módon, robotok segítségével. (6. ábra) Erre a technológiára akkor lesz szükség, ha olyan nagy szerkezeteket kell alkotni, amelyek egyben már semmilyen módon nem szoríthatók be egy-egy hordozórakéta orrburkolata alá. A bemutatót itt is ritkán látható laboratóriumi videófelvételek illusztrálták többek között arról, hogyan lehet a súlytalanságban mozgó összeszerelő robot viselkedését vizsgálni egy kád vízfelületén úszó teszt példány segítségével. Mindezek tanulsága, hogy a nemlineáris dinamika és szabályozás alapvető szerepet játszik majd a hatalmas űrbeli szerkezetek összeszerelésében, amely a közeli jövő nagy kihívása a világűrben.

A PÓDIUMBESZÉLGETÉS

A székfoglaló előadást követő pódiumbeszélgetésben egyebek mellett szóba kerültek olyan személyesebb témák, mint Hu professzor pályaválasztása, karrierjének főleg az aeronautikához kötődő kezdete, vagy a kínai és a nyugati kutatói szokások összehasonlítása. Elhangzott, hogy ő és kutatócsoportja űrvonatkozású témákkal először a 2000-es évek elején kezdett el foglalkozni, ami egybeesett a kínai űrtevékenység felívelésének kezdetével. Az első projektjük 2004-ben egy vékony kábellel egymáshoz rögzített műholdpáros dinamikai viselkedésének vizsgálata volt. 2007-től, a BIT-re kerülve azután sorban egymás után következtek az űrtémájú feladatok. Az alapkutatások területén a legnagyobb szakmai eredményének a szén nanocsövek mechanikai viselkedésének kutatását tartja, amely rengeteg független szakirodalmi hivatkozást kapott, és új vizsgálatok sorát indította el. [5] A legsikeresebb alkalmazott kutatások kapcsán székfoglaló előadása témáját, a kinyitható struktúrákkal kapcsolatos eredményeket emelte ki, amelyek rendkívül kedvező fogadtatásban részesültek az űrparban.

Bár a mostanában nagy lendülettel zajló kínai emberes űrrepülési program során is számos módon alkalmazzák a nagy méretű, világűrben kinyitandó szerkezeteket, Hajjan Hu kutatásai eddig nem kapcsolódtak szorosan ehhez az űrkutatási területhez. Elmondása szerint az űrállomás programjához elsősorban jól bevált, évtizedes technológiákat alkalmaztak, és a tervezés még azelőtt kezdődött, mielőtt ő maga űrtémákkal kezdett volna foglalkozni. Arra ugyan volt példa, hogy egy műszaki megoldás – az űrállomás laboratóriumi moduljának robotkaros befogása és átmozgatása – független ellenőrzésére felkérték őket, de közvetlen módon nem vettek részt az űrállomás programjában. Mindez azonban változóban van, hiszen említett egy olyan kutatási projektet, amelyet a csoportjuk javasolt az űrállomás tudományos hasznosításához kapcsolódó nyílt pályázati felhívásra. A terv az, hogy – mintegy visszatérve a közel két évtizede kezdett kutatási témájukhoz – kábellel összekötött műholdak viselkedését vizsgálják. A világűrbe kibocsátott, forgó rendszerben a központi egység két átelenes oldalán egy-egy kisebb műholdat engednének ki, amelyek akár 200 m távolságra is eltávolodnának, miközben kábellel rögzítve maradnának az anyaműholdhoz. A projektjavaslatot már elfogadták, megvalósítására néhány éven belül kerülhet sor.

ÖSSZEGRÉS

Az MTA új tiszteleti tagja úgy véli, hogy a kínai űrprogram utóbbi egy-két évtizedben tapasztalt látványos felfutása mögött egyrészt a kutatók kíváncsisága, másrészt a rekordokra való törekvés áll. Mindennek a magvalósítását azonban a kellő költségvetési támogatás teszi lehetővé. A kínai kormányzat ugyanis meg van győződve az űralkalmazások társadalmi-gazdasági hasznosságáról; ezt mutatják többek között az időjárás-előrejelzés, a műholdas alapú navigáció vagy a távközlés területén felmutatható eredmények. Mindezek mellett az űrprojektek támasztotta magas műszaki követelmények olyan szakterületek fejlődését katalizálják, mint például az anyagtudomány, a számítástudomány vagy a mesterséges intelligencia.

Az elkövetkező évek nemzetközi viszonylatban is leginkább figyelemre méltó kínai űrkutatási eredményei kapcsán Hajjan Hu három tervet említett. Az egyik a Tienven-2 űrszonda, amely a Föld körüli térségben keringő, tőlünk 14–38 millió km-re található 2016 HO₃ (469219 Kamo'oalewa)

kisbolygó megközelítésére indulna 2025-ben. Az égitestből mintát is szeretnének venni és azt hazajuttatni, földi laboratóriumi vizsgálatok céljára. A kínai űrprogram stratégiai céljait tartalmazó Fehér Könyvben ugyancsak szerepel a Marsról történő mintahozatal, 2030 körüli dátummal (Tienven-4 és -5 űrszondák). Végül a Hold kutatására vonatkozó tervekkel kapcsolatban megemlíttette az égitest sarkvidéki területéről származó minta hozatalára készülő Csang'e-6 szondát, valamint a 2030 körül a Holdra indítani tervezett kínai űrhajósokat.

A kínai-magyar szakmai kapcsolatok fejlesztésére a kínai partnerek egyre nyitottabbnak mutatkoznak. A kínai űrállo-másprogramban például nemzetközi kezdeményezésű kísérleti javaslatok kidolgozása is lehetséges. A két- és többoldalú szakmai kapcsolatok alakulásában azonban a tudományos mellett más, elsősorban gazdasági és nemzetközi politikai szempontok is meghatározó szerepet játszanak.

A témakör további részletei iránt érdeklődők számára fontos információ, hogy mind a székfoglaló előadás, mind az azt követő pódiumbeszélgetés videófelvetele teljes egészében megtekinthető az interneten. [6] [7]

HIVATKOZOTT IRODALOM

[1] Hu, H., Wang, Z. (2002) Dynamics of Controlled Mechanical Systems with Delayed Feedback.

Springer, Berlin-Heidelberg <https://doi.org/10.1007/978-3-662-05030-9>;

- [2] Made in China 2025. Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Made_in_China_2025 (Letöltve: 2023.8.9.);
- [3] He, H. et al. (2023) A solar wind-derived water reservoir on the Moon hosted by impact glass beads. *Nature Geoscience*, Vol. 16, pp. 294–300, <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01159-6>;
- [4] Zhang, L. (2021) Development and Prospect of Chinese Lunar Relay Communication Satellite. *Space: Science & Technology*, Vol. 2021, id. 3471608, <https://doi.org/10.34133/2021/3471608>;
- [5] Wang, L., Hu, H. (2005) Flexural wave propagation in single-walled carbon nanotubes. *Physical Review B*, Vol. 71, id. 195412, <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.71.195412>;
- [6] Deployable Structures in China's Space Missions. Haj-jang Hu székfoglaló előadásának felvétele az MTA YouTube csatornáján, <https://youtu.be/MTUYRBBGGPHU> (Letöltve: 2023.7.16.);
- [7] China in the New Space Age. A pódiumbeszélgetés felvétele az MTA YouTube csatornáján, <https://youtu.be/rfTJJzkkxwE> (Letöltve: 2023.7.16.);
- [8] Forrás: <https://phys.org/news/2021-06-photos-chinese-rover-dusty-rocky.html> (Letöltve: 2023.7.12.);
- [9] Forrás: CCTV; <https://preview.redd.it/nujva7ousw071.jpg?width=1080&crop=smart&auto=webp&s=ddb96410cec1dd7d420eec6b41586d7174e4ffc5> (Letöltve: 2023.7.12.).

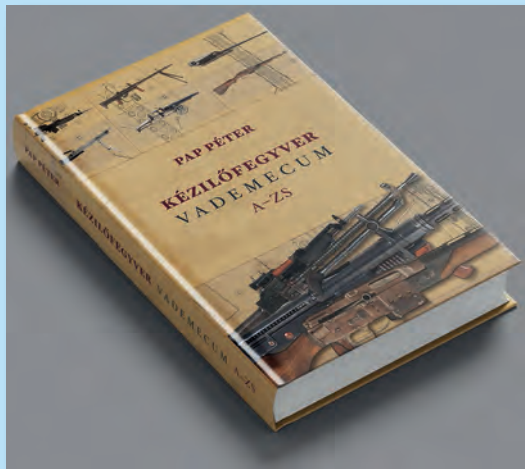
Pap Péter

Kézilőfegyver Vademecum A–ZS

A Hadtörténeti Intézet és Múzeum kiadásában 2022-ben jelent meg az a 2100 szócikket tartalmazó gyűjteményes munka, amely címe ellenére nem könyvecske, hanem valódi lexikon. Bár a latin vade mecum ('járj velem') kifejezés hasznos gyakorlati ismereteket tartalmazó zseblexikonra utal, a több mint ezer ábrával illusztrált, keménytáblás, lektorált kötet olyan kézikönyv, amely minden fegyverforgató könyvespolcán helyet követel magának.

Pap Péter nyugállományú r. alezredes, rendőrségi főtanácsos kutatómunkájával új alapokra helyezte a magyar fegyverkonstruktorokról és találmányaikról szóló ismereteket. Tárgyi és levéltári kutatásainak eredményeit rendszeresen tudományos publikációkban teszi közzé. Ezúttal, a Kézilőfegyver Vademecum megszerkesztésével új fejezetet nyitott a magyar lőfegyvertörténeti irodalomban.

A szerző alfabetikus sorrendben tárgyalja a különböző korszakok kézfegyvereinek és lőszereinek alkatrészeit, bemutatja azok tervezőit és gyártóit, a lövésszaki ismereteket, szerkezeti megoldásokat és ballisztikai fogalmakat. Az ismert szakember több évtizedes adatgyűjtése során feldolgozott: 36 hazai jogszabályt és 138 szabályzatot, 201 hazai és 136 külföldi szakirodalmi forrást, továbbá adatokat vett 25 lexikonból, 61 külföldi szabályzatból és 8 szabadalmi adatbázisból. A Nemzeti Kulturális Alap támogatásával megjelent, fekete-fehér ábrákkal gazdagon illusztrált kötetet a felhasznált irodalom és a források jegyzéke egészíti ki.



A 374 oldalas, 2022-ben megjelent, kartonált papírkötés kiadvány kereskedelmi forgalomban nem kapható. Az antikváriumokból is csak nehezen beszerezhető, mintegy 37 000 Ft értékű lexikon a kutatók számára hozzáférhető a Hadtörténeti Könyvtárban (1076 Budapest, Verseny utca 12.) és az MH HTP Haditechnikai Könyvtárban (1135 Budapest, Lehel utca 41.). Érdeklődés esetén kapcsolatfelvétel a Haditechnika folyóirat szerkesztőségén keresztül, a +36 30 7737–494-es telefonszámon lehetséges. (DRU)



4. ábra. A duális célú innovációs kutatásokról tárgyalt a NATO Innovációs Alap (NIF) és a NATO Észak-atlanti Védelmi Innovációt Ösztönző Mechanizmus (DIANA) 2023. szeptember 18. és 21. között Budapesten, a Bálina Honvédelmi Központban (Forrás: Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Kormány Gábor)



Porkoláb Imre* – Hennel Sándor** – Hegedűs Ernő***

A Védelmi Innovációs Kutatóintézet, a NATO DIANA és a hazai védelmi célú innováció új rendszere **II. rész**

A védelmi innováció a kormányzat kezében stratégiai eszköz, amely – egyebek mellett – biztosítja egy esetleges konfliktus esetén a nemzetbiztonsági érdekből fontos eszközök zavartalan utánpótlását. A 2023-ban felállított Védelmi Innovációs Kutatóintézet (VIKI) célja a már meglévő hazai és nemzetközi innovációs ökoszisztéma – egyetemek, kutatóintézetek, laboratóriumok, kis- és közepes vállalkozások (KKV), valamint a Honvédelmi Minisztérium – összekapcsolása a védelmi és civil, tehát duális célú kutatások leghatékonyabb megvalósítása érdekében. A szerzők tanulmányuk eső részében bemutatták a védelmi innovációs stratégia feladatait, céljait és a hazai védelmi innovációs rendszert. A VIKI egyik legfontosabb nemzetközi együttműködő partnere a NATO DIANA (Defense Innovation Accelerator for the North Atlantic – Észak-Atlanti Védelmi Innovációt Ösztönző Mechanizmus) szervezete, amely kettős hasznosítású technológiák fejlesztésének céljából elsősorban a kis- és középvállalkozá-

sokat (KKV) támogatja. A tanulmány második részben a szerzők a DIANA és a VIKI kapcsolatára fókuszálnak.

FELFORGATÓ TECHNOLÓGIÁK A NATO-BAN

A szerzők két ok miatt tartják kiemelten fontosnak a NATO, valamint kifejezetten a technológiai fókuszú stratégiai előrelátás kérdéskörének középpontba állítását e tanulmány keretei között. Egyrészt, mert az SFA (Strategic Foresight Analysis) és a FFAO (Framework for Future Alliance Operations) dokumentumokon túl az elmúlt két évben kiemelt figyelmet kapott a NATO berkeiben a feltörekvő és felforgató technológiák (Emerging and Disruptive Technologies – EDT) kérdése. Másrészt, mert a stratégiai előrelátás elemzői tevékenységére alapozva a szövetség az operatív végrehajtás területén is fontos lépéseket tett az elmúlt években annak érdekében, hogy a tudományos életben és

* Dandártábornok, PhD, a HM védelmi innovációért felelős miniszteri biztosa ORCID:0000-0003-1407-0678

** Alezredes, PhD, HM Védelmi Innovációs és Képességfejlesztési Főosztály. ORCID: 0000-0002-1923-3432

*** Alezredes, PhD, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Haditechnikai Tanszék, adjunktus. ORCID: 0000-0001-8457-5044

a technológia világában azonosított lehetőségeket a szövetség tagországai valóban képesek legyenek megragadni. Ennek a folyamatnak a szervezeti innováció is szerves részét képezi.

Tanulmányunkban éppen ezért olyan NATO-dokumentumokat vizsgálunk, amelyek kifejezetten a tudomány és technológia területét elemezték a stratégiai előrelátás módszertanával, és így elvezettek a DIANA megalakításának gondolatáig.

Az innováció fontossága és a technológiai fejlődés, mint a jelent és a jövőt is meghatározó folyamat már a Multiple Futures Project zárójelentésében is szerepelt, amely felhívja a figyelmet arra, hogy a technológia használata és az innováció a hadviselésében is „áttöréseket idézhet elő” a jövőben. [11] Ez a 2009-ben megjelent anyag is utal arra, hogy a NATO-nak egy átfogó koncepcióra van szüksége annak érdekében, hogy miként erősítheti az ipari szereplőkkel a partnerséget, és hogyan rövidítse le a technológiai innováció megjelenése és alkalmazása közötti időt. Ezen első dokumentum megjelenését követően a 2013-as, 2015-ös és 2017-es SFA-jelentésekben is szerepeltek a technológia robbanásszerű fejlődésére vonatkozó utalások.

A 2015 februárjában megjelent Technológiai trendek felmérése (Technology Trends Survey) című publikáció szintén hasznos betekintést nyújt azok számára, akik a NATO feltörekvő technológiai folyamatainak értékelését végzik. [12] A „Gondolatébresztő dokumentum a NATO védelmi tervezési folyamatának támogatására” alcímet viselő elemzés hat fő kategória szerint csoportosítja a technológiákat. A lista elemeit az angol BRINE¹ rövidítéssel jelölik. [24]

Két évvel később az átfogó Technológiai trendek című jelentés (Tech Trends Report 2017) már a NATO Tudományos és Technológiai Szervezete [NATO STO] (NATO Science and Technology Organization) gondozásában jelent meg. [13] Ez a dokumentum időalapú megközelítést alkalmaz, és a kutatók által vizsgált, összesen 12 technológiát aszerint csoportosítja, hogy felforgató hatásukat a következő 6 éven belül, 6–20 éves időtávon, vagy csak a 20 évnél távolabbi jövőben fogják kifejteni.

A NATO STO által a közelmúltban készített anyagok közül a másik meghatározó, részletetekbe menő dokumentum a 2020 márciusában megjelent Tudományos és technológiai trendek 2020–2040 (Science & Technology Trends 2020–2040) című 150 oldalas elemzés, amely két évtizedes időtávlatot vizsgál. [14] A jelentés célja, hogy feltérképezze a feltörekvő és felforgató technológiák lehetséges hatásait a NATO katonai műveleteire, védelmi képességeire és politikai döntéshozatali terére vonatkozóan. Mivel a tudományos és technológiai fejlesztések nem légüres térben zajlanak, a Tudományos és technológiai trendek 2020–2040 jelentés foglalkozik a technológiai innováció és fejlődés kontextusát alkotó társadalmi, gazdasági, szervezeti és védelmi folyamatokkal, illetve igényekkel is. A jelentés terjedelmének több mint felét kitevő melléklet pedig egyesével veszi sorra az imént felsorolt felforgató és feltörekvő technológiák jelenlegi helyzetét, a jövőbeli kutatási irányokat, valamint a NATO-erőire, szövetségi interoperabilitásra, illetve a lehetséges ellenfelek haderejére gyakorolt hatásokat.

Végezetül említést érdemelnek még a NATO Parlamenti Közgyűlésének Tudományos és Technológiai Bizottsága (NATO Parliamentary Assembly, Science and Technology Committee) által készített jelentések is, amelyek szintén a védelmi innováció kérdéskörét, illetve az egyes feltörekvő technológiákat vizsgálják a szövetséges erőkre gyakorolt hatások, lehetőségek és kockázatok szempontjából. A bizottsági jelentések által feldolgozott témák közé tartozik többek között az internet alapú érzékelőrendszerek (Inter-

net of Things), a kriptográfia, a tengeralattjáró-elhárító eszközök, a mesterséges intelligencia, a kibertér vagy a hiperszonikus fegyverek.

A NATO Parlamenti Közgyűlés Tudományos és Technológiai Bizottsága többször foglalkozott a védelmi innováció kérdéskörével is: a kanadai parlamenti képviselő 2019-es jelentése például feltérképezte a NATO védelmi vonatkozású tudományos és technológiai ökoszisztémáját, majd nyolc konkrét javaslatot fogalmazott meg arra vonatkozóan, hogy a szövetség miként tudná megőrizni vezető pozícióját a NATO-val versenytárs nagyhatalmak, nem állami szereplők, és az átalakuló technológiai környezet által fémjelzett kihívások közepette. [15] Szorosan ehhez kapcsolódóan, a 2020-as jelentésben a NATO technológiai előnyét erős kihívásokat elemezték, majd megvizsgálták a védelmi innovációt támogató nemzeti erőfeszítéseket, a NATO intézményrendszerének szerepét, illetve a szövetség által felépíthető, határokon átívelő tudományos és technológiai hálózat fontosságát. [16]

Mindezen folyamatok elvezettek odáig, hogy a védelmi innováció és a felforgató technológiák beillesztése a képességfejlesztési folyamatokba egyre hangsúlyosabban jelentek meg a NATO-csúcstalálkozók napirendjében. A DIANA, valamint a NATO Innovációs Alap (Innovation Fund) létrehozásáról a 2021. júniusi, brüsszeli NATO-csúcstalálkozón döntött a védelmi szövetség, majd a 2021-es brüsszeli csúcstalálkozón az államfők aláírták a közös nyilatkozatot is.

A feltörekvő és felforgató technológiák egyre inkább az élet minden területét érintik. [17] Ezek a technológiák a biztonságira is mélyreható hatást gyakorolnak. Az innovatív technológiák új lehetőségeket kínálnak a NATO-tagállamok hadereje számára, segítve őket abban, hogy hatékonyabbá, rugalmasabbá, költséghatékonyabbá és fenntarthatóbbá váljanak. Ezek a technológiák azonban új fenyegetéseket is jelentenek az állami és nem állami szereplők részéről, mind katonai, mind a civil társadalom számára.

E lehetőségek megragadása és egyúttal e fenyegetések elhárítása érdekében a NATO a szövetségesekkel együttműködve felelősségteljes, innovatív és agilis EDT-konceptiót alkotott és léptetett életbe, amelynek megvalósítása valós, érdemi tevékenységeken keresztül történhet. Azáltal, hogy a NATO szorosabban együttműködik az érintett partnerekkel a tudományos életben és a magánszektornban, célja, hogy megőrizze technológiai előnyét és katonai fölényét, segítve az esetleges agresszorok elrettentését és a szövetséges országok védelmét.

A feltörekvő és felforgató technológiák a NATO 2030-as menetrendjének is kulcsfontosságú részét képezik, amely kezdeményezés a NATO katonai és politikai megerősítésére, valamint a szövetség globálisabb megközelítésének elfogadására irányul. A NATO 2030 annak biztosításáról szól, hogy a szövetség készen álljon a közeljövő kihívásaira. A kritikus technológiák terén folytatott transzatlanti együttműködés előmozdítása ennek a munkának létfontosságú eleme, míg a DIANA fontos részét képezi annak az operatív végrehajtott projektmenedzsment munkának, ami a célkitűzések megvalósításában nyújt segítséget.

A DIANA olyan kihívási programokat (ún. challenge-eket) indított 2023 júniusában, amelyek a kritikus védelmi és biztonsági problémákra keresik a válaszokat, és a szövetség legjobb innovátorai által kifejlesztett leghatékonyabb technológiai megoldások támogatására törekszik. A DIANA programba felvételt nyert innovátorok hozzáférhetnek a szövetség több mint tizenkét gyorsító központjából (akcelerator), és közel száz tesztközpontjából álló hálózathoz, és olyan befektetési tőkét kapnak, amelyhez nem kell lemond-





6. ábra. A Magyar Honvédség igényei alapján fejlesztett Nonius 4x4 könnyű moduláris taktikai jármű
(Forrás: Zrínyi Nkft. / honvedelem.hu / Horváth Sztaniszláv)

sára. [19] Ugyanis a katonai és a civil szféra közeledésének egyre erősebb trendje következtében hatékony védelempolitika, sikeres védelmi innováció nem valósulhat meg a két szféra együttműködése, összefogása, információcseréje nélkül. A VIKI tulajdonosi jogkörének gyakorlója a honvédelmi miniszter. A VIKI kutatásai, projektjei során előnyt élveznek a kettős felhasználású technológiák és azok kutatási területei – tehát az intézet elsősorban ilyen jellegű technológiák fejlesztésére törekszik. A Védelmi Innovációs Kutatóintézet főbb feladatai:

- trendfigyelés: figyelemmel kísérni, hogy technológiai-
lag merre tart a világ;
- a kettős hasznosítású technológiák feltérképezése;
- a kettős hasznosítású technológiák védelmi célú hasznosításának támogatása;
- a szaktárcák közötti együttműködés elősegítése;
- a nemzetközi beágyazódás elősegítése;
- a hosszú távú fejlesztési célkitűzések meghatározása;
- inkubáció: az innováció jó értelemben vett felkarolása az egyetemekkel, kutatóintézetekkel történő kapcsolatfelvétel útján annak érdekében, hogy a honvédelmi tárca kommunikálni tudja, hogy mire van szüksége, melyek azok a fókuszterületek, amelyekre a védelmi innovációs fejlesztések koncentrálódnak;
- a hazai vállalati (KKV és startup) szereplők és az innovációs ökoszisztéma szereplőinek feltérképezése és bevonása a védelmi fókuszú technológiai fejlesztésekbe;
- a sikeres prototípust felmutató cégek, fejlesztők felkarolása, segítése a technologizálásig vagy akár a tömeggyártásig;
- a megfelelő technológiai színvonalat elért, illetve konzorciumokat alakított hazai cégek, nemzetközi, EU-s, illetve NATO-s pályázatokon történő indításának elősegítése, támogatása akár más nemzetekkel együttműködve is. [20]

A végső cél, hogy a Védelmi Innovációs Kutatóintézet támogatásával létrehozott új technológiákat a Magyar

Honvédség hasznosítsa, azonban korántsem arról van szó, hogy minden technológiai területtel foglalkoznának. A honvédelmi tárca azonosította azokat a technológiai trendeket, területeket, ahol 2023-ban az Európai Unió is komolyabb forrásokat fog rendelkezésre bocsátani – a NATO fejlesztési források is ide koncentrálnak – és ahol hazai hozzáadott értéket jelentő tudásbázis is fellelhető.

Az ezekre irányuló fejlesztési projekteket a VIKI támogatja, és menedzseli. A fókuszterület kitűzése és meghatározása azért is fontos, mert a limitált pénzügyi és szellemi erőforrásokkal rendelkező VIKI minden területtel nem tudna foglalkozni. Míg a NATO nyolc, addig az EU tizenhárom fókuszterületet határozott meg az innováció területén. A VIKI által menedzselte innovációs folyamatok ezek, valamint a hazai célok és lehetőségek alapján három fókuszterületre összpontosulnak:

- a *digitális katona* program: itt a katona egyéni felszerelésére, fegyverzetére, optikai irányító és figyelő eszközökre, híradó rendszerre fókuszál a VIKI, de ami nagyon fontos, hogy magával a katonával is foglalkozik. Nem csak az eszközök számítanak, hanem az is, hogy a katona kognitív képességeit hogyan lehet a kor színvonalára fejleszteni, miként tudja a katona mindazt az információt hatékonyan kezelni, elemezni, értékelni, amelyet az új eszközök nyújtanak számára.
- a *jármű-digitalizáció* keretében a már meglévő, illetve a modernizáció során beszerzendő eszközök továbbfejlesztése is zajlik a hazai kutatók és cégek bevonásával: ide tartozik a harcjárművek, illetve az autonóm járműrendszerek irányítása és hálózatba szervezése (UAV, UGV) is.
- *Felforgató (diszruptív) technológiák*: űr- és kiberdomainhez kötődően, illetve a big data, azaz a nagymennyiségű adatokat alkalmazó adatalapú fejlesztések is.

A VIKI által felkarolt, támogatott projekteket a Magyarország 2021. évi Nemzeti Katonai Stratégiájával összehan-



goltan fogalmazták meg, amely leírja a célok eléréséhez szükséges haditechnikai eszközöket és technológiákat: mesterséges intelligencia, információs technológia a kiberműveletekhez, robottechnológia, digitális katona képesség, irányított energiájú fegyverek, űrhadviselés, szimulációs, virtuális és augmentált valóság, kvantum-számítástechnika, a 3D-s nyomtatás katonai alkalmazása, illetve a nanotechnológia. [21]

ÖSSZEGZÉS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A védelmi innovációba befektetett, az e területen mozgósított erőforrások – a polgári iparban megjelenő csúcstechnológia, illetve magas technológiai színvonalú gyártó- és mérnöki képességek következtében – olyan szinergikus iparélénkítő hatást válthatnak ki, amely maga után vonja a polgári ipar dinamikus fejlődését is. Emellett a kettős hasznosítású eszközök haderőben történő tesztelését és alkalmazásba vételét megcélzó védelmi innovációs rendszer kialakítása segíthet az innovációs folyamatok felgyorsításában, és hazánk felzárkóztatásában az EU innovációs átlagához. Ilyen módon a védelmi innováció céljára mozgósított gazdasági erőforrások végső soron a teljes hazai ipar fejlődését szolgálják, nemcsak a védelmi iparét. E folyamatban játszik kiemelt szerepet a 2023-ban létrehozott Védelmi Innovációs Kutatóintézet.

Mindezen folyamatokkal összhangban a NATO védelmi innovációs hálózat szintén a kettős hasznosítású technológiák fejlesztésére helyezi a hangsúlyt, megszólítva és támogatva a kisebb vállalatokat, lehetőséget biztosít számukra, hogy a feltörekvő és felforgató technológiai fejlesztések eredménytermékeit hatékonyabban építhessük be a haderő képességfejlesztési folyamataiba.

Magyarország a NATO DIANA innovációs rendszer létrehozására egy előremutató, korszerű irányelveket követő kezdeményezésként tekint, mind a NATO-szövetséges védelmi képességek és technológiai autonómia és főként megőrzése, mind a nemzeti védelmi K+F+I és ipari ökoszisztéma fejlesztési lehetőségének szempontjából.

A NATO DIANA-mechanizmus működésének érdekében Magyarország a DIANA és a NATO Innovációs Alap a szövetségesek által meghatározott műszaki paraméterek mentén kiírásra kerülő pályázatokon keresztül elérhető nemzetközi fejlesztési projektekhez elsősorban a hazai innovációs fókuszterületek figyelembevételével kíván csatlakozni. [22] [23]

A hazai és nemzetközi szervezeti elemek tehát kiegészítik egymást, ezzel erősítve a Magyar Honvédség képességfejlesztési folyamatait, valamint hozzájárulva a szövetség jövőbeni célkitűzéseinek teljesítéséhez is.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [11] Multiple Futures Project: Navigating Towards 2030: Final Report North Atlantic Treaty Organization. Allied Command Transformation (A.C.T.) NATO, 2009. p. 74.;
- [12] Technology Trends Survey “Future Emerging Technology Trends” HQ Supreme Allied Commander Transformation, Defence Planning Policy and Analysis Branch, February 2015.;
- [13] Tech Trends Report 2017 NATO, NATO Science & Technology Board, STO Tech Trends Report 2017, 8 August 2017, Reference: Public Release Version of AC/323-D (2017) 0006 (INV) p. 27. https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_topics/20180522_TTR_Public_release_final.pdf (Letöltve: 2023.6.9.);

- [14] Science & Technology Trends 2020-2040 Exploring the S&T Edge NATO Science & Technology Organization NATO Headquarters B-1110 Brussels Belgium https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2020/4/pdf/190422-ST_Tech_Trends_Report_2020-2040.pdf (Letöltve: 2023.6.9.);
- [15] NATO Parliamentary Assembly, Science and Technology Committee. <https://www.nato-pa.int/content/science-and-technology-committee-stc> (Letöltve: 2023.8.18.);
- [16] Alleslev, Leona. (Canada) 2020 - Report - Defence Innovation, 20 November 2020. <https://www.nato-pa.int/document/2020-revised-draft-report-defence-innovation-alleslev-041-stc-20-e-rev1> (Letöltve: 2023.8.18.);
- [17] Emerging and disruptive technologies. NATO E-Library, https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_184303.htm (Letöltve: 2021.6.18.);
- [18] Magyar dandártábornok a NATO innovációs hálózatának vezető testületében. <https://honvedelem.hu/hirek/magyar-dandartabornok-a-nato-innovacios-halozatanak-vezeto-testuleteben.html> (Letöltve: 2022.12.12.);
- [19] Létrejött a Védelmi Innovációs Kutatóintézet. <https://honvedelem.hu/hirek/letrejott-a-vedelmi-innovacios-kutatointezet.html> (Letöltve: 2023.3.29.);
- [20] Védelmi Innovációs Kutatóintézet Nonprofit Zrt. <https://www.opten.hu/vedelmi-innovacios-kutatointezet-nonprofit-zrt-c0110142269.html> (Letöltve: 2023.3.6.);
- [21] Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiája (2021). 1393/2021. (VI. 24.) Kormány határozat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról. Magyar Közlöny 2021. évi 119. szám. 5075–5077. o.;
- [22] 1308/2022. (VI. 28.) Korm. határozat a NATO Észak-atlanti Védelmi Innovációt Ösztönző Mechanizmus kezdeményezés nemzeti képvisleti és hatósági feladataihoz és a magyarországi tesztközpont kialakításához kapcsolódó feladatokról Magyar Közlöny 105. szám 4063. o.;
- [23] A Kormány 1309/2022. (VI. 28.) Korm. határozata a NATO Innovációs Alaphoz való csatlakozásról és kapcsolódó feladatokról. Magyar Közlöny 105. szám 4064. o.;
- [24] Framework for Future Alliance Operations Workshop 2017. Norway p. 20. <https://www.act.nato.int/wp-content/uploads/2023/05/171002ws8-readahead.pdf> (Letöltve: 2023.8.29.);
- [25] Forrás: https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_213074.htm?selectedLocale=en (Letöltve: 2023.8.29.).

JEGYZETEK

1 BRINE: (1) biology, biotechnology and medicine; (2) robotics, artificial intelligence, new smart weapons, and human enhancement; (3) Information and Communication Technology, surveillance and cognitive science; (4) nanotechnology and advanced materials; (5) energy technology – biológia, biotechnológia és orvostudomány; (2) robotika, mesterséges intelligencia, új intelligens fegyverek és emberi fejlesztések; (3) információs és kommunikációs technológia, megfigyelés és kognitív tudomány; (4) nanotechnológia és fejlett anyagok; (5) energiatechnológia.



1. ábra. Skylark I-LEX pilóta nélküli repülőgép indítása gumikötél segítségével (Forrás: MH Bornemissza Gergely 2. Felderítőezred)

Ozsváth Sándor*

Elbit Skylark I-LEX pilóta nélküli felderítő repülőgép rendszeresítése a Magyar Honvédségben

2022 márciusában a Kijev irányába előretörő orosz csapatok egy, az emberi háborús konfliktusok történetében addig nem tapasztalt új fenyegetéssel találkoztak. Több, a jövő hadviselésével foglalkozó kutatóintézet által helyesen prognosztizált „folyamatos harctéri drónalapú fenyegetettség” gyorsan valósággá vált, az orosz harctéri parancsnokok számára számtalan nehéz pillanatot okozva. A drón alapú levegő-föld csapásmérésen túl gyorsan világossá vált, hogy a parancsnoki döntéshozatal során mekkora előnyt jelent a nagy teljesítményű, pilóta nélküli rendszerek által gyűjtött valós idejű felderítési információk birtoklása.

A Magyar Honvédségben belül már a 2000-es évek második felében megkezdődött a modern, merev szárnyú, pilóta nélküli eszközök rendszeresítésének előkészítése. Ebben az időszakban kizárólag a szárazföldi csapatok közvetlen légi felderítő-támogatásra fókuszáltak, ezért a nemzetközi piacon egy jól bevált és egyszerűen kezelhető rendszert kerestek. A választás az izraeli Elbit cégcsoport [5] által gyártott Skylark 1Le repülőgépre esett. A szakemberek nem véletlenül döntöttek az izraeli hadiipar eme terméke mellett.

2002 augusztusában a gázai Sabra mellett található országúton több, Quassam rakétát¹ szállító jármű tartott egy városzéli nyílt terület irányába. A Hamász²-aktivisták által vezetett járművek a terrorszervezet rejtékhelyéről történő indulás óta folyamatos megfigyelés alatt álltak. A potenciális elkövetőknek fogalmuk sem volt arról, hogy az esti szürkületben egy elektromos meghajtású, pilóta nélküli repülőgép követi őket, amely számukra láthatatlan és hallhatatlan. Miután megérkeztek a tervezett indítóhelyre, megkezdtek a házi készítésű rakéták indítóállványainak összeszerelését. Mozdulataikat folyamatosan megfigyelték a fölöttük repülő pilóta nélküli repülőgépet irányító izraeli katonák. A rendszert kezelő operátorok értesítették a közelben tartózkodó műveleti parancsnokot, aki a valós idejű, képi felderítési adatok alapján megelőző csapást rendelt el.

A hollywoodi filmekre emlékeztető jelenet nem a képzelet szüleménye, hanem Izrael pilóta nélküli eszközökkel támogatott hadviselésének egyik első megnyilvánulása volt. A zsidó állam ilyen jellegű képességének egyik első elemelént alkalmazta az Elbit cégcsoport által gyártott Skylark pilóta

ÖSSZEFOGLALÁS: Az orosz–ukrán háború bizonyította, hogy a modern hadviselés egyik meghatározó eleme a drónokkal vívott légi háború. A Magyar Honvédség már a konfliktus kirobbanását megelőzően megkezdte a modern, merev szárnyú, pilóta nélküli légi járművek alkalmazását. Ennek a fejlesztési folyamatnak az egyik első állomása az izraeli Elbit Systems Ltd. cégcsoport által gyártott Skylark I-LEX pilóta nélküli légijármű-rendszer beszerzése és műveleti alkalmazása.

KULCSSZAVAK: dróntámadás, légvédelem, orosz–ukrán háború, Elbit, légtér

ABSTRACT: The Russian-Ukrainian war proved that one of the defining elements of modern warfare is aerial warfare fought with drones. Even before the outbreak of the conflict, the Hungarian Defence Forces have begun to put into service modern fixed-wing unmanned aerial vehicles. One of the first stages of this development process is the regularization and operational application of the Skylark I-LEX unmanned aerial vehicle, manufactured by the Israeli Elbit Systems Ltd. company group.

KEY WORDS: Drone attack, air defence, Russian-Ukrainian war, drone interference, Elbit, airspace

* Katonai szakértő ORCID: 0000-0002-1043-7076



nélküli felderítő rendszert. Tanulmányunkban ennek a rendszernek a legmodernebb tagját a Skylark I-LEX-et mutatjuk be olvasóinknak.

SKYLARK 1LE

A Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében beszerzett eszközök elődtípusát a Honvédség 2009-óta alkalmazza. Az elődtípus létrejötté azonban egy jóval korábbi katonai konfliktusra vezethető vissza. Az izraeli katonai elemzők alaposan kiértékeltek az 1973-as Yom Kippur-i háború eseményeit [3], és megállapították, hogy több esetben mennyire rosszul sikerült az Izraeli Védelmi Erők különböző alakulatainak az ellenséges csapatokkal történő harcrintkezése. Hiába épített ki minőségi fölényt Izrael a haditechnikai eszközök terén, az elégtelen harctéri felderítés miatt azokat nem volt képes az elvárt hatékonysággal alkalmazni. A valós idejű képi felderítési adatok hiánya miatt az izraeli parancsnokok sokszor kerültek nehéz helyzetbe, azonnali döntéseiket gyakran részinformációkra támaszkodva, vagy feltételezésekre alapozva kellett meghozniuk. Az 1980-as évek végére világossá vált tehát, hogy minden izraeli katonai alakulatnak rendelkeznie kell UAV (Unmanned Aerial Vehicle – pilóta nélküli légi jármű) támogatással. Ennek a jövőbeli igénynek a figyelembevételével kezdtek meg az Elbit cégcsoport mérnökei az első generációs merev szárnyú eszközök tervezését a '90-es évek közepén.

A tervezési szempontok jól körülhatárolhatók, és egyértelműek voltak. Az új pilóta nélküli repülőgépek a lehető legegyszerűbbnek kellett lennie, a lehető legkisebb tömeg mellett. Az egyszerűség mellett az eszköznek alkalmasnak kellett lennie arra, hogy az azt üzemeltető katonák a repülőgépeket szétszerelve a hátukon magukkal vihessék egy erre a célra készült hordozó rendszerben. Kiképzési szempontból lehetővé kellett tenni, hogy a bevonultatott (és előzetesen kiválogatott) sorállományt a lehető leggyorsabban ki lehessen képezni a feladatra. A fejlesztés eredményeként jött létre a Skylark család nemzetközi piacon, több mint 20 országban [1] értékesített tagja, a Skylark 1Le.

Az első generációt jelentő repülőgép sárkányszerkezete és anyagfelhasználása több hasonlóságot mutatott a korai nagy kategóriás RC (Radio Controlled – rádiótvirányítású) vitorlázó modelljeivel. Felsőszárnyas, három részből álló szárnya csűrők nélkül készült, a külső szárnyak pozitív beállítása ennek megfelelően meglehetősen nagy. Szárnyprofilja a húrhosszúsághoz képest kifejezetten vékony, teljesítménye a vitorlázó repülőgépekéhez hasonló. A repülőgépet két fő kezelő, indítása gumikötéllel történik. A Skylark 1Le típusok 2009-ben jelentek meg az MH Bornemissza Gergely Felderítő Zászlóalj kötelékében. Az első tapasztalatok után megkezdődött az eszközök afganisztáni műveleti területen történő alkalmazása. [4] A missziós és a

2. ábra. A Skylark 1Le pilóta nélküli repülőgépet két fő kezelő, indítása gumikötéllel történik (Fotó: HM Zrínyi Nkft. / Snoj Péter)



3. ábra. Skylark LEX pilóta nélküli repülőgép katapultos indításra előkészített állapotban (Forrás: MH Bornemissza Gergely 2. Felderítőezred)

hazai gyakorlatokon szerzett tapasztalatokat követően ezek a pilóta nélküli eszközök viszonylag hosszú időn keresztül rendszerben maradtak. Üzemtetésük során azonban az ilyen típusú rendszerek korlátai is megmutatkoztak. Kiderült, hogy ezek az eszközök az ember vezette társaikhoz képest sokkal gyorsabban elhasználódnak, hatékony alkalmazásukhoz folyamatos gyártói támogatás és alkatrészutánpótlás szükséges. Ezeknek a tapasztalatoknak a felhasználásával kezdődött meg a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretén belül az új SUAV (Small Unmanned Aerial Vehicle) kategóriájú repülőgép rendszerítésének az előkészítése. Az előkészítés részeként, 2018. január 1-én az MH 24. Bornemissza Gergely Felderítőezredben belül megalakult a pilóta nélküli felderítő repülőszázad, majd megkezdődött a váltótípus alkalmazására tervezett állomány kiválogatása.

SKYLARK I-LEX

A pozitív tapasztalatok, valamint a képzés gyorsítása érdekében a váltótípus a Skylark család legújabb, továbbfejlesztett tagja, a Skylark I-LEX lett. Az első repülőgépek 2019 őszén érkeztek meg hazánkba, és ezzel párhuzamosan kezdődtek el a típusra történő átképzések is. Már az első repülések során világossá vált, hogy az új generációhoz tartozó repülőgépek újgenerációs gondolkodásmódot is igényelnek, hiszen nemcsak a repülőgépek teljesítménye növekedett meg, hanem a kezelőkkel szemben támasztott követelmények is nehezedtek.

A Skylark I-LEX pilóta nélküli felderítő rendszer tervezése során az Elbit fejlesztő részlegének mérnökei alapvetően abból indultak ki, hogy ami az előd típusokon jól működik, azon nem fontos feltétlenül változtatni. Ez a tervezési filozófia jól megfigyelhető az új repülőgép sárkányának tervezése során. Megtartották a már bevált szárnyelrendezést, azonban megnövelték a repülőgép fesztávolságát. A repülőgép méreteinek növelése a megnövelt teljesítmény miatt volt indokolt, azonban sikerült elérni, hogy a felületi terhelés ne

1. táblázat. A Skylark 1Le és a Skylark I-LEX típusok néhány műszaki jellemzőjének összehasonlítása (A szerző szerkesztése [1] [2] alapján)

Műszaki jellemzők	Skylark 1Le	Skylark I-LEX
Fesztávolság [mm]	2900	3000
Maximális felszállótömeg [kg]	7,5	7,5
Legnagyobb hasznos teher [kg]	1,1	1,2
Maximális hatótávolság [km]	40	40
Szolgálati csúcsmagasság [ft]*	15 000	15 000
Maximális repülési idő [min]	170	180
Alkalmazás kezdete a Magyar Honvédségben	2009	2018

* 1 [ft] = 0,3048 [m]



4. ábra. Irányító konzol a), kombinált kijelző, amely egyszerre jeleníti meg a digitális térképet, valamint a kameraképet b)
(Forrás: MH Bornemissza Gergely 2. Felderítőezred, HM Zrínyi Nkft. / Rácz Tünde)

emelkedjen jelentősen. A tervezők igyekeztek nagyon gazdaságos szárnyat tervezni annak érdekében, hogy a lehető legkisebb motorteljesítmény (és áramfelvétel mellett) a lehető legnagyobb távolságot tudja berepülni a gép. [2] Az alkalmazott szárnyprofil a nagyteljesítményű vitorlázó repülőgépek lamináris profiljához hasonló. Ennek köszönhetően a repülőgép kiválóan siklik, repülési tulajdonságai leginkább egy motoros vitorlázó repülőgéphez hasonlóak. Az előd típustól eltérően a külső szárnyakon aerodinamikai elcsavarást is alkalmaztak, amelynek fő célja – a siklószám növelése mellett – az indukált ellenállás csökkentése. A sárkány fejlesztésének fontos eleme a külső szárnyak pozitív beállításának csökkentése, valamint az elektromos mozgatócsűrők beépítése. Ez utóbbi kiküszöbölte az előd típus legnagyobb hiányosságát, amely a gumikötéllel történő start során jelentkezett. A külső szárnyak erős pozitív beállítása kiválóan működik közepes sebességen, azonban kis sebességi tartományokban nem fejt ki hatását kellő mértékben. Amennyiben a kezelő nem pontos iránytartással indította a gépet, a csűrő hiánya miatt a Skylark 1Le gyakran kitért valamelyik irányba, és a felszállás géptöréssel végződött. A LEX-rendszer azonban a csűrőjének és fejlett repülésvezérlő szoftverének köszönhetően azonnal képes helyesbíteni, az emberi hibákat korrigálni. Kifinomult működésének köszönhetően a csűrőkormány kitérítése differenciált, és a szárny körüli áramlási sebesség mértékének megfelelő. Ennek köszönhetően a repülőgép csúszásmentesen és harmonikusan repül. Az általános repülési jellemzők, valamint a fejlett repülésvezérlő szoftvernek köszönhetően a repülőgép pontosan repüli le az előre beprogramozott útvonalat, amely bonyolult légtér szerkezetben történő alkalmazás során kulcsfontosságú.

A közhiedelemmel ellentétben a kezelők nem vezetik a repülőgépet direkt módon, hanem a repülési útvonalakat határozzák meg szoftveresen. Természetesen bizonyos esetekben (pl. vészhelyzetek során) lehetőség nyílik a kézi irányításra is, de alapvetően a repülőgép a saját repülésvezérlő szoftvere által meghatározott parancsok szerint repül. Miután a kezelők meghatározták a repülési útvonal főbb pontjait, a repülőgép önmaga határozza meg a pontos lerepüléshez szükséges beállításokat. Ez a fajta automatizáció a leszállás végrehajtása során figyelhető meg leginkább, amikor a repülőgép önmaga dolgozza ki a közelítési és leszállás feltételeit, majd annak megfelelően azt automata üzemmódban hajtja végre. A magas fokú automatizáció oka a kezelőállomány tehermentesítése, amelynek következtében a géppel repülő operátornak nem kell megosztania figyelmét, jobban tud koncentrálni a kamera kezelésére és a felderítési feladatok végrehajtására.

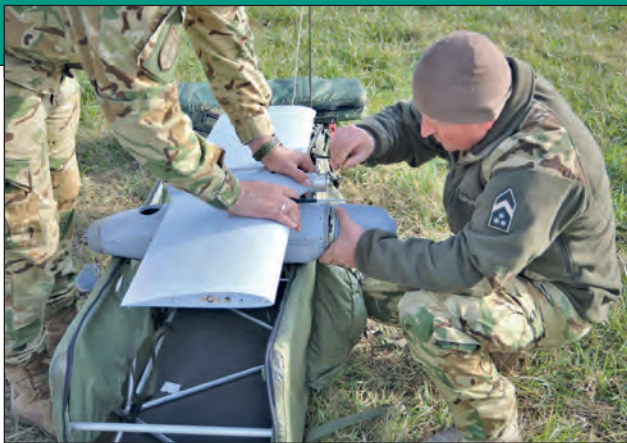
Az Elbit Skylark I-LEX repülőgépek komplett készleteket alkotnak. Egy földi állomáshoz több repülőgép tartozik, amelyeket nagy méretű időjárásálló tárolórendszerben juttatnak ki a műveleti területre. Az eszközöket alkalmazás előtt ebből a tárolórendszerből emelik át a „hátizsákos”

tárolókba. Mindkét tárolórendszer gondosan megtervezett, funkcionális. A különböző részegységek és alkatrészek kizárólag egyfajta módon helyezhetők el, a kezelőket piktogramok segítik. A repülőgépek összeszerelése és felszállás előtti ellenőrzése a nagygépes repülésből is ismert ellenőrző listák segítségével történik. Ezt a folyamatot a kezelők egy szoftveres ellenőrző alkalmazás lefuttatásával folytatják. Ennek az ellenőrző programnak az alkalmazása során a repülőgép ellenőrzi a kormányok akadálymentes kitérítését, a motor felszállóteljesítményen történő működését, a kamera mozgó mechanizmusát, valamint a leszálláshoz szükséges egyéb kiegészítő funkciók működését. A repülés megkezdése előtt a földi állomás és a repülőgép összehangolása is megtörténik, amely nélkül a felszállás nem hajtható végre. A LEX-rendszer sajátossága, hogy a levegőben lévő repülőgépet a földi állomások képesek átadni egymásnak. Ennek következtében a berepülhető távolságnak elméletileg csak a fedélzeti akkumulátor töltöttségi szintje szab határt. Ennek a tulajdonságnak a határait feszítették 2022 nyarán a pilóta nélküli felderítő repülőszázad katonái, akik több állomás telepítésével a teljes déli határszakaszt berepülték (ilyen kis repülőgéppel ekkora távolság műveleti körülmények közötti lerepülése nemzetközi szinten is figyelemreméltó teljesítmény).

A gumikötéllel végrehajtott felszállást követően a gépet irányító 1-es operátor (aki egyben a bevetés parancsnoka is), folyamatosan kapcsolatban van az indításért és a gép összeszereléséért felelős 2-es operátorral, így a rendszer üzemeltetése összeszokott csapatmunkát igényel. A tervezők gondoltak azokra a kezelőkre (elsősorban katonanőkre) is, akik fizikai adottságaik miatt nem képesek az indításhoz használni gumikötélet a kellő mértékben kihúzni. A készlet részét képezi egy egyszerű mechanikus katapultberendezés is, amely többszörös áttételen keresztül, szintén gumikötéleteket használ. Érdekessége, hogy a katapult előfeszítettsége hőmérsékleti viszonyoknak megfelelően állítható, így elérve, hogy a repülőgép – miután elhagyta az indítóberendezést – mindig el tudja érni az emelkedéshez szükséges sebességet.

Szabad repülésben a LEX igen stabilan repül, azonban viszonylag kis mérete miatt érzékeny a termikekre és a turbulenciára. Az előre beprogramozott útvonalat nagy pontossággal repüli le, a fejlett repülésvezérlő szoftverének köszönhetően az elsodródásokat gyorsan korrigálja. A pontos útvonalrepülés azért is fontos, mert a rendszer nem rendelkezik radar-válaszeladóval, így navigációs megbízhatósága bonyolult légtér szerkezet esetén különösen felértékelődik. A felderítési feladat végrehajtása után a gép megközelíti a leszállásra kijelölt területet (ez nem feltétlenül kell, hogy azonos legyen a felszállóhellyel). Miután a gépet kezelő operátor kiadja a leszállási parancsot, a repülőgép megközelíti a földet érésnek meghatározott pontot, és elkezd feltérképezni az aktuális szélviszonyokat. Ezekből az adatokból kiszámolja a széllal szemben





5. ábra. Skylark I-LEX hordhelyzetből történő összeszerelése és előkészítése repüléshez (Forrás: MH Bornemissza Gergely 2. Felderítőezred)

történő optimális leszállóirányt, és annak megfelelően hajtja végre a bejövételt. A repülésvezérlő számítógép leszállás során a magassági kormány maximális kitérésével folyamatos átesésben tartja a gépet, majd felfúj egy légszákrendszert. A földet érés viszonylag keményen következik be, azonban a kamera és a gép törzse körül felfúvódó légszákrendszer megakadályozza a gép sérülését. A kiforrott technika ellenére előfordulnak gépsérülések, amelyek általában az időjárásra (szélbelökés, turbulencia, termik) vezethetők vissza. Mivel az ilyen kis kategóriájú eszközök nem repülőgépipari szabványok szerint készülnek, ezért a sérült alkatrészeket cserélik, nem pedig javítják. Az előbbieket miatt a repülőgépek üzemeltetése állapot szerint történik, karbantartási vagy javítási ciklusok nincsenek.

A repülés teljes időtartama alatt bármilyen vészhelyzet adódik, a kezelők a nagygépes repüléshez hasonlóan előre begyakorolt eljárásokat alkalmaznak. Ilyen eljárás a vészemelkedés végrehajtása. Ennek az alkalmazása jellemzően a leszállás megszakítása, vagy ütközésvészély esetén történik. Végrehajtása során, miután a kezelő kiadta manuálisan a vészemelkedési parancsot (ez egy külön nyomógombbal vezérelhető a konzolon), a repülésvezérlő szoftver ráadja a motorra a teljes tápfeszültséget, majd a géppel egy gyors emelkedő fordulót hajt végre.

A repülőgépvezetők képzéséhez hasonlóan, az operátorjelöltek a Skylark I-LEX esetén is először szimulátorok alkalmazásával gyakorolják be a vészhelyzeti eljárásokat. Nagy nehézséget jelent azonban, hogy ők nem ülnek a repülőgépben, ezért képesnek kell lenniük térben és időben előre gondolkodni. A képzés során ezért gyakran eszen, a legutolsó megmérettetésen esnek ki a jelöltek.

ALKALMAZÁSI TAPASZTALATOK

A Skylark I-LEX rendszer típusanfolyamának elvégzését követően a kijelölt kezelőállományt azonnal hazai műveleti körülmények között alkalmazták, mert az egyre fokozódó migrációs nyomás miatt Magyarország déli határszakaszán nagy szükség volt egy több órán keresztül használható pilóta nélküli felderítő rendszerre. A típus első éjszakai repülései azonnal igazolták, hogy milyen jól használható a határvédelemben egy ilyen eszköz. A nappali és éjszakai kamerák teljesítményén, valamint a kategóriájában kimagasló repülési időn és távolságon túl hasznosnak bizonyult a rendszer igen alacsony észlelhetősége is. A kis méret, az elektromos meghajtás, a sötéte éjszaka és szürkületben szinte észlelhetetlenné tették a repülőgépet. A rendszer kezelői a határmenti alkalmazás megkezdését követően több alkalommal is egy érdekes jelenséget figyeltek meg. Amennyiben az alacsony észlelhetőség elveit féltetve, felfedték a repülőgépet (kis magasságra ereszkedve



6. ábra. Skylark I-LEX pilóta nélküli repülőgép teljesen felfúj légszákrendszerrel, közvetlenül földet érés előtt (Forrás: MH Bornemissza Gergely 2. Felderítőezred)

bekapcsolták a pozíciófényeket) a szerb oldalon tevékenykedő embercsempészek azonnal visszazártak az általuk használt gépjárművekbe, és aznap már nem próbálták meg átjuttatni a migráns csoportokat az adott határszakaszon. A kezdeti műveleti képesség elérését követően, a frissen kiképzett állomány megkezdte az első szakmisszióra történő felkészülést. A koszovói műveleti területen történő felderítőrepülések végrehajtása komoly kihívást jelentett. A kis alapterületű fel- és leszállóhelyek, az intenzív leáramlások és a hegyek közötti állandó turbulencia minden kiképzett operátort próbára tett. A sok nehézség ellenére sikerült a kontingens parancsnokainak felderítési igényeit kiszolgálni, így a KFOR értékes és megbecsült részévé váltak a magyar katonák, akik a mai napig jelen vannak ezen a missziós területen.

ÖSSZEZÉS

A Skylark I-LEX rendszer segítségével a Magyar Honvédség képes volt egy 21. századi elvárásoknak megfelelő pilóta nélküli repülőgépet üzemben tartani, majd műveleti körülmények között azt hatékonyan alkalmazni. Rendszerbe állítása során megalakult az MH Bornemissza Gergely 2. Felderítőezredben belül egy képzőszervezet, amely alkalmas a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Programban meghatározott további célok eléréséhez szükséges szakállomány biztosítására.

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Skylark I LE Small Unmanned Aircraft System (SUAS) <https://www.army-technology.com/projects/skylark-i-le-small-unmanned-aircraft-system-suas/> (Letöltve: 2023.6.6.);
- [2] Skylark™ I – LEX <https://elbitsystems.com/products/uas/skylark-i-lex/> (Letöltve: 2023.6.6.);
- [3] An Israeli Military Innovation <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA483682.pdf> (Letöltve: 2023.6.6.);
- [4] Hangtalan Pacsirta - Órszem Afganisztán egén <https://bocskaidandar.hu/index.php/hirek/dandar-hirek/285-hangtalan-pacsirta-orszem-afganisztan-egen> (Letöltve: 2023.6.6.);
- [5] Corporate Overview <https://elbitsystems.com/about-us-introduction/> (Letöltve: 2023.6.6.).

JEGYZETEK

- 1 A Qassam rakéta egyszerű felépítésű, 35–50 kg tömegű (töltet tömege: 5–20 kg) repeszhatást acélgolyókkal kifejtő, szilárd hajtóanyagú tűzérési rakéta, amelyet az Izz ad-Din al-Kasszam Brigádok, a Hamasz katonai ága fejlesztett ki négy változatban.
- 2 A Hamász egy arab, katonai csoportot is fenntartó palesztin szunnita politikai mozgalom neve a Közel-Keleten. Támaspontjuk a Gázai övezetben található, amelyet a 2006-os választások óta uralnak is. A Fatah–Hamász konfliktus 2006. december 15-én kezdődött, és még ma is tart.

1. ábra. Az ADAM-technológiájú Markforged Metal-X fémnyomtató szinterező kemencéjének alkalmazása az Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai Tanszékének additív laboratóriumában (Fotó: Szalai Tamás)



Hegedűs Ernő*

ADAM-technológiájú 3D-s fémnyomtatás

Technológiai jellemzők és alkalmazási lehetőségek a hadiiparban, a haderőben és a katonai logisztikában, különös tekintettel az UAV-kra és a könnyűjárművekre

TÉMATERÜLETI KUTATÁS

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kara 2022-ben több – különféle technológiájú – 3D-s nyomtatót szerzett be. Ennek oka, hogy a 3D-s nyomtatás napjainkban találja meg a helyét, mind a hadiiparban, mind a katonai logisztika és az üzemben tartás területén, illetve a katonai felsőoktatásban. [1] [2] A kar Haditechnikai Tanszéke „3D nyomtatás alkalmazása katonai logisztikában és hadiiparban” (Tématerületi Kiválósági Program TKP2021-NVA-16) tárgyú kutatása kiemelt kutatási terület. A beszerzett 3D-s nyomtatók egyike ADAM (Atomic Diffusion Additive Manufacturing – atomi diffúziós additív gyártás) technológiájú, MarkForged Metal-X típusú fémnyomtató. A jelen publikáció az ADAM-fémnyomtató bemutatásával foglalkozik. A tanulmány – az ADAM-technológiájú fémnyomtatás gyártástechnológia bemutatása mellett – kitér a magas olvadáspontú fémek nyomtat-



2. ábra. Az NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Karon kialakított 3D-s nyomtató laboratórium fémnyomtató terme ADAM-technológiájú nyomtatóval, mosóval és szinterező kemencével (Forrás: NKE HHK Haditechnikai Tanszék)

ÖSSZEFOGLALÁS: A tanulmány bemutatja az ADAM-technológiájú 3D-s fémnyomtatást. Kitér a magas olvadáspontú fémek nyomtathatóságára, az ADAM 3D-s nyomtatás lehetőségeire, illetve a fémek megjelenésének a haditechnika fejlődésére gyakorolt hatására. Kitér a zárt belső szerkezetek, cellák előállításának lehetőségére és előnyeire. Ismerteti az UAV-k sárkány- és hajtómű-rendszereinek, illetve egyes könnyűjárművek fémszerkezeti elemeinek gyárthatósági előnyeit ADAM-technológiájú 3D-s nyomtatással.

KULCSSZAVAK: additív gyártástechnológia, 3D-s nyomtatás, fémnyomtatás, ADAM technológia, UAV, könnyűjármű

ABSTRACT: This article describes 3D metal printing with ADAM technology. It discusses the printability of high melting point metals, the potential of ADAM 3D printing in this field, and the impact of the emergence of these metals on the development of military technology. The potential and advantages of closed internal structures and cells. It describes the advantages of the feasibility of manufacturing UAV kite and propulsion systems and some light vehicle metal structures using ADAM 3D printing.

KEY WORDS: additive manufacturing, 3D printing, metal printing, ADAM technology, UAV, light vehicle

* Alezredes, PhD, NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Haditechnikai Tanszék, adjunktus. ORCID: 0000-0001-8457-5044



hatóságára, e területen az ADAM 3D-s nyomtatás lehetőségeire, illetve a fémek megjelenésének a haditechnika fejlődésére gyakorolt hatására, valamint a zárt belső szerkezetek, cellák előállításának lehetőségére és előnyeire. Bemutatja az UAV-k sárkány- és hajtóműrendszereinek, illetve egyes könnyűjárművek fém szerkezeti elemei gyártási hatóságának előnyeit ADAM-technológiájú 3D-s nyomtatással. Ismerteti a harcjárművek páncélzatának additív gyártástechnológia alkalmazása esetén adódó tömegcsökkentési lehetőségeit.

Nemzetközi kitekintésként példaként említjük, hogy a 3D-s nyomtatás harctéri alkalmazása az utóbbi évtizedben dinamikusan fejlődött az Egyesült Államok haderejében. Az Egyesült Államok Haderejének Kutatási, Fejlesztési és Mérnöki Központja (U.S. Army Armament Research, Development and Engineering Center – ARDEC) már 2014-ben jelentős szerepet tulajdonított a 3D-s nyomtatásnak a haderő logisztikai folyamataiban. [3] Az amerikai haderő Afganisztánban 20 lábás konténerekben elhelyezett mobil expedíciós laboratóriumot, (ún. Ex Laboratóriumot) telepített különféle elszigetelt helyeken szolgálatot teljesítő egységekhez. A konténeres laboratóriumokat Stratasy Fortus 250 3D-s nyomtatóval, és egy marógéppel szerelték fel. Az Egyesült Államok légereje 3D-s nyomtatott kerámiák felhasználásával emelte magasabb szintre a hiperszonikus repülőgép-fejlesztéseit. Emellett New Yorkban kísérleti tanulmányokat végeztek a 3D-s technológiával nyomtatott orvosi eszközök harctéri felhasználhatóságának vizsgálatára. Továbbá az „Additive Manufacturing Feasibility Study & Technology Demonstration” projekt során sikeresen telepítettek egy 3D-s nyomtatási laborot Zaragozába (Spanyolország), a 2017 júniusában megrendezett harmadik Európai Harcászati Légi Szállítási Gyakorlat (European Advanced Airlift Tactics Training Course – EAATTC) idejére.

A fejlődés néhány éven belül a műanyag nyomtatástól eljutott a fémmnyomató műveleti területre történő telepítésig. 2019 decemberében az Amerikai Tengerészgyalogság III. Expedíciós Erőinek (III. MEF – Marine Expedition Forces) alegységei megkapták a Markforged Metal X 3D-s fémmnyomatót. Egyes elemzők szerint ugyanis „a műveleti környezetben végzett, logisztikai biztosítási célú 3D-s nyomtatás alatt 99%-ban fémmnyomatást kell érteni”. [4] 2021-ben az Amerikai Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma aláírt egy 1,4 millió dolláros szerződést az ExOne nevű amerikai céggel, amely egy konténeres kialakítású, terepen is üzemeltethető 3D-s nyomtatóállomás kifejlesztését tűzte ki célul. [5] Ennek során egy nagyobb méretű, 40 lábás konténerbe rendeznek be, amelyben helyet kap egy 3D-s szkenneregység is, illetve – a fémmnyomatás mellett – ugyanott lehetőség lesz kerámia és műanyag alapú nyomtatások legyártására is.

Napjaink páncélozott harcjárműveinek kétségtelenül az egyik legjelentősebb problémája – szállítás, hidakon történő átkelés, laza talajon mozgás stb. szempontból – az egyre kezelhetlenebbé váló szerkezetitömeg-növekedés. A 3D-s nyomtatás hadiipari alkalmazásában ezért kiemelkedő szerepet játszik a szerkezeti elemek tömegcsökkentésének lehetősége. Erre példa az EDA (European Defence Agency – Európai Védelmi Ügynökség) kutatás-fejlesztési szervezet harcjármű-páncélzat tömegének csökkentése érdekében 2022 óta folytatott AMALIA (Additive Manufacturing of Metallic Auxetic Structures and Materials for Lightweight Armour – auxetikus¹ fém szerkezetek és anyagok additív gyártása könnyű páncélzathoz) projektje. [6] Az EDA egy 3D-s fémmnyomatáson alapuló fejlesztési projektet indított könnyített szerkezetű páncélzat kifejlesztése érdekében (Additive Manufacturing of Metallic Auxetic

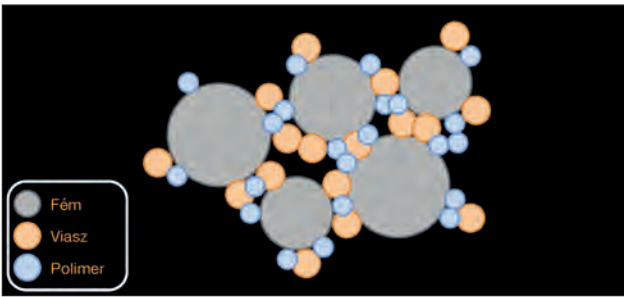
Structures and Materials for Lightweight Armour – AMALIA). Becsapódás hatására az alkalmazott auxetikus (nyújtáskor mindkét irányban méretüket növelő) anyag előnye, hogy nagyobb energiaelnyelést tesz lehetővé, így nagyobb védelmet nyújt. Az EDA 2021-ben mutatta be az AMALIA-project eredményeit egy, az európai haderők additív gyártási tapasztalatait összegző konferencián. [7] De megemlítendő a főként ugyanezen tömegcsökkentési célból az Amerikai Egyesült Államok Hadserege által szponzorált *Jointless Hull Project* is, [8] amelynek keretében az amerikai haderő a világ legnagyobb méretű 3D-s fémmnyomatóját építi. A nyomtató 30 láb hosszú, 20 láb széles és 12 láb magas (9144 × 6096 × 3658 mm) fémalkatrészek nyomtatására lesz képes, különös tekintettel a harcjárművek monolitikus páncélzatelemeinek nyomtatására. [9] A nyomtató megépítésén az amerikai haderő Szárazföldi Járműrendszerek Központja, a DEVCOM (Army Ground Vehicle Systems Center) az ASTRO America, az Ingersoll Machine Tool vállalat, a Siemens és a Rock Island Arsenal MELD Manufacturing cégének Összhaderőnemi Gyártási és Technológiai Központja (Joint Manufacturing and Technology Center) segítségével dolgozik. Szintén a harcjármű-gyártáshoz és az additív fém-gyártástechnológiához egyaránt kapcsolódó fejlesztési eredmény, hogy Németországban a Könnyűszerkezetes motor (Leichtbau Motor) elnevezésű kutatási projektben szelektív lézerolvasztással, AlSi10Mg alumínium-ötvözetpor alapanyag felhasználásával készítették dízelmotor-alkatrészeket, amely közel 21%-os súlymegtakarítást eredményezett. [10] A jövő 3D-s technológiával nyomtatott alkatrészeket és elemeket is tartalmazó páncélzatai és dízelmotorja a korábbiaknál jóval könnyebb konstrukciók lehetnek majd, ami a harcjárművek, a könnyűjárművek (quadok, könnyű terepjárók, motorkerékpárok és akár az UAV-k) szempontjából is kedvező. Általában a 3D-s nyomtatott alkatrészek alkalmazásának előnyei az UAV-kon sokrétűek, mivel elsősorban a légi járművek szerkezeti elemeinek tömegcsökkentése érhető el ezzel a gyártástechnológiával. Fontos szerepet játszik a fém 3D-s nyomtatás a komplex geometriájú – pl. összetett hűtőcsatornákat tartalmazó – rakétahajtóművek, vagy akár hőcserélők gyártásában is.

AZ ADAM-TECHNOLÓGIA

Az ADAM 3D-s fémmnyomatási eljárás három lépésben valósul meg: nyomtatás, mosás, majd kemencében történő szinterezés.

A nyomtatás során az ADAM-technológia a tárgyakat rétegről rétegre, hőre lágyuló polimerrel és viasszal kötött fémporból gyártja le. Egyéb okok mellett a fémpor kezelési nehézségei – egyes biztonságtechnikai, egészség- és környezetvédelmi aspektusai – miatt fejlesztettek ki egy olyan eljárást, amelyben kötőanyagot használnak, amely lehet valamiféle polimer, illetve viasz. [11] Ebbe a kötőanyagba keverték bele a fémport, és nyomtatáskor ezt a másodlagos anyagot olvasztják meg, amelyhez nem szükséges túl nagy mennyiségű energia. Az ADAM-technológiájú Markforged Metal X 3D fémmnyomató tehát polimer mátrixba kötött fémporokat extrudál, a műanyag 3D-s nyomtatáshoz hasonló, hagyományos olvasztott szálleválasztásos módszerrel. A nyomtató második feje egy vékony kerámia elválasztóréteget nyomtat.

A nyomtatás után a kötőanyag eltávolítása következik, mosással. A kinyomtatott „zöld” alkatrészt egy kötőanyag-mentesítő alkatrészmossó állomásba helyezik. A kötőanyagot ekkor kivonják a munkadarabból olyan módon, hogy



3. ábra. Az ADAM-technológiájú nyomtató alapanyaga fémport, viaszt és polimert tartalmaz, amelyből a mosás eltávolítja a viaszt, a szinterezés pedig a polimert [15]



4. ábra. Az ADAM-fémnyomtatási technológia zárt belső cellák létrehozására alkalmas a gépelemen belül, ami csökkenti a tömeget [24]

gépi úton, melegített (50–54°C hőmérsékletű) és 12-23 órán keresztül áramoltatott oldószerben kimossák belőle a viaszt. A számított időtartamú mosás megfelelőségét a modell tömegcsökkenésének mérésével ellenőrzik. A mosási fázisban a zöld alkatrészből az oldószeres fürdetés során csak a viasztartalom oldódik ki, a megmaradó polimertartalom „tartja egyben” a szinterezésig a barna alkatrészt, a polimer csak a kemencében, a kiégetési ciklus első, „Debonding” fázisában ég ki. A mosás során esetleg még visszamaradt kötőanyag a szinterezés során kiég az alkatrészből.

Végül az alkatrész hőkezelő kemencében történő szinterezés során éri el az ötvény minőséget. Ennek során az immár „barna”, mosott alkatrészeket helyezik a szinterező kemencébe, amely mintegy 22–27 órán keresztül, és maximum 1482° C-on szinterezi a fém alkatrészeket, így szilárd fém alkatrészek keletkeznek. A modellt – argon védőgázban – a fém olvadáspontjáig hevítik egy kamrában, hogy megkapják a kész alkatrészt. A technológia jellegzetessége, hogy a kamrás hevítés (szinterezés) során az elkészített modell térfogata csökken, bizonyos geometriák mellett esetleg deformálódhat is. A technológia alkalmazása során a nyomtatvány – például szerszámacél alapanyag esetén – az eredeti méretéhez képest akár mintegy 10%-os zsugorodást is elszenvedhet, amit az alkalmazott tervezőprogram (Eiger) számított méretrahagyással kompenzál. E fo-

lyamat befolyásolhatja a méretpontosságot, és belső feszültségek keletkezéséhez is vezethet. (Azonban az egyik opció szerint a kemence nemcsak a szinterezést, hanem hőkezelést is végezhet. A szinterzési idő így mintegy 37 órára növekszik, az anyagtulajdonság javítására vonatkozó lehetőségek azonban bővülnek.) Ugyanakkor minden nem fémes adalékanyag kiég a modellből a szinterező kemencében, amely argon védőgázzal védi meg a fémet az oxigénnel való reakciótól. A szinterzés utolsó fázisában 2,4% hidrogéntartalmú argon gázkeveréket alkalmaznak a kemencében. A távozó gázokkal együtt távoznak a szinterezett alkatrészből kiégő maradék műanyagtartalmak is. A mosott 3D-s nyomtatott alkatrészek a kemencében fém formátumú alkatrészre alakulnak át, majd lehűlés közben – a fent leírt módon – zsugorodnak. Mivel a zsugorodás mértékével a nyomtatást vezérlő szoftver (Eiger) a tervezési fázisban számol és korrekciókat végez, a termék a kívánt (tervezett) méretben állítható elő. Egy tervezési segédlet ad támpontot pl. ahhoz, hogy 1:6 átmérő-magasság arány felett figyelembe kell venni a függőleges tájolású szinterezés esetleges deformáló hatását. Az ADAM-technológiával gyártott szinterezett alkatrész tájolásának szilárdságra gyakorolt hatását is részletesen megvizsgálták a kutatók. [12] Így összességében a technológia korlátai és lehetőségei egyaránt dokumentáltak, jellemzői ismertek.

Az ADAM-technológiával készült alkatrészek alkalmasak további gépi megmunkálásra, felületkezelésre vagy akár hőkezeléssel történő szilárdságnövelésre is.

Az alkalmazható alapanyagok: szerszámacélok, rozsdamentes acél, hőálló inconel, réz.

Az ADAM-eljárás képes:

- komplex geometriák, például zárt cellás belső szerkezet gyártására (pl. giroid kitöltéssel);
- magas olvadáspontú fémek (pl. inconel – nikkel tartalmú hőálló ötvözet) nyomtatására (pl. turbinalapát, rakétahajtómű, hőcserélő) is, amelyekre más fémnyomtatási technológiák nem, vagy csak kevésbé alkalmasak.

A huzalos technológia jelentős előnye, hogy alkalmazása közben nincs esetleges minőségromláshoz vezető porszítálás. Ugyanakkor gazdaságossági szempontból éppen ez lehet a hátránya is: a nyomtatás során keletkezett fém támaszok és az alaplap újra felhasználására jelenleg még nincs ismert lehetőség.

Az ADAM-technológiájú 3D-s fémnyomtatás alkalmazása jelenleg (inconel) és a jövőben is előnyös az olyan hőálló, nehezen önthető és nehezen megmunkálható ötvözetek esetén, amelyek 1500–2000 °C-ig hőállóak, és ott is szilárd, 1000–1200 HV (Vickers) keménységű fémek. Ezek alkalmazása gázturbinák és turbófeltöltők turbina-alkatrészeinél egyaránt fontos. A 3D-s fémnyomtatás – különösen a magas olvadáspontú anyagok nyomtatására alkalmas ADAM-technológia – fejlődésének egyik kulcsterülete a nyomtatható fém alapanyagok anyagtudományi szempontú fejlesztése, a paletta bővítése. „A fém 3D nyomtatás esetén az alkalmazható alapanyagok alapvetően nem színtérfémek, hanem ötvözetek. A technológia felfutási szakaszban van, így alkalmazási területei is folyamatosan bővülnek, ahogy az alkalmazható anyagok is. A bővülés alapját számos anyagtudományi, valamint technológiai kutatás-fejlesztés képezi. Ezen alakadási technológia térhódítását alapvetően meghatározza – számos egyéb tényező mellett – az alkalmazható anyagok fajtaszámának növekedése. Itt is – mint sok helyen – az anyagtudományi és technológiai kutatás-fejlesztéseket ipari problémák indukálják azzal a céllal, hogy minél különlegesebb anyagokból, egyedi szerkezeteket, struktúrákat lehessen létrehozni. Ezenkívül a technológia előnyeit kihasználva, új anyagtulajdonságok



vagy meglévő tulajdonságok optimalizálása legyen elérhető. Ezáltal lehetőséget biztosítva jelenlegi és jövőbeli technológiai problémák megoldására vagy technológiai ugrások megvalósítására. Néhány példa a kapcsolódó anyagtudományi és technológia kutatás-fejlesztési területekre, célokra: ... Ötvözet tulajdonságok optimalizálása, javítása... Új generációs szuperötvözetek tervezése, előállítása, valamint alkalmazása a fém 3D nyomtatásban Más módon nem megmunkálható speciális vagy új generációs ötvözet típusok alakadás megvalósítása”. [13] A magas olvadáspontú fémek jelentős szerepet játszanak a turbinalapátok, gázturbina gázsebesség-fokozók és gázugárkormányok, rakétahajtóművek, hőcserélők gyártásában. Emellett – az Inconelen túlmenően – rozsdamentes acél, alumínium, szerszámacélok és titán, továbbá réz is nyomtatható ADAM-technológiával, amelyhez jelenleg zajlik az alapanyag-paletta bővítése, fejlesztése.

A 3D-S NYOMTATÁS HARCTÉRI ALKALMAZÁSÁNAK FEJLŐDÉSE AZ EGYESÜLT ÁLLAMOK HADEREJÉBEN AZ UTÓBBI ÉVTIZEDBEN, A MŰANYAGNYOMTATÓTÓL AZ ADAM-TECHNOLÓGIA TELEPÍTÉSÉIG

2019 decemberében az Amerikai Egyesült Államok Tengerészgyalogsága III. Expedíciós Erőinek (III. MEF – Marine Expedition Forces) tengerészgyalogosai egy Markforged Metal X 3D fémnyomatót kaptak. A 3D-s fémnyomatással – az ADAM-technológia többlépcsős felépítése ellenére is – képesek a korábbi alkatrészgyártási ütem négyszeresével gyártani a végfelhasználásra szánt pótalkatrészeket. „Az amerikai hadsereg nemrég mutatta be az új Metal X rendszert... Decemberben a III. Tengerészgyalogsági Expedíciós Erők elkezdtek a Metal X rendszer üzemeltetését a 3. karbantartó zászlóalj műhelyében Camp Kinserben, az Egyesült Államok egyik katonai bázisán, Okinawa szigetén. A műhelyben 12 tengerészgyalogos dolgozik, akik az amerikai fegyverrendszerek és járművek alkatrészeit javítják az összes III. MEF-egység számára, amelyek számos bázist foglalnak el a kis japán szigeten, valamint több bázist a nagyobb Honshu-szigeten, és további helyszíneken Dél-Koreában és Hawaiiin. Korábban kizárólag CNC-megmunkálógépeket használtak az alkatrészek gyártásához. Ez a folyamat esetenként költséges, időigényes és anyagpazarló is lehet. A Metal X rendszer lehetővé teszi a hadsereg számára, hogy igény szerint fém alkatrészeket 3D nyomtasson. Eddig ezek az alkatrészek közé tartoztak az .50 kaliberű (12,7 mm űrméretű) géppuskákhoz való mérőeszközök, a csavarkulcsokhoz való csatlakozóelemek és a fegyverraktárban a fegyverek optikájának tesztelésére szolgáló etalon. ... A 3D-s nyomtató berendezés alkalmazásával értékes időt lehet megtakarítani, illetve egy kész munkadarabot kapunk... ami nem igényel további jelentős mértékű megmunkálást. A hadsereg hosszú távú célja, hogy a lehető legközelebb tudjon alkatrészeket gyártani a műveleti területhez, esetleg hordozható laborokban.” [14] „Az additív gyártás lehetővé teszi a decentralizált gyártást. A vezető szerepet részben az USA hadereje tölti be az additív technológia alkalmazásában. ... Megvizsgálták, hogy a műveleti területre telepített additív gyártás hogyan minimalizálja az ellátási lánc kockázatait, figyelembe véve az amerikai tengerészgyalogság eredményeit, valamint azt, hogy ez a technológia hogyan alkalmazható más fegyvernemekre”. [16] Az Egyesült Államok Haderéjének Kutatási, Fejlesztési és Mérnöki Parancsnokságának (U.S. Army Research, Development and Engineering Command – ARDEC) folyóirata, az Army Technology 2014-ben egy „3D-s nyomtatás a haderőben” tematikájú különszámot



5. ábra. Az Aurora Flight Sciences sugárhajtású, tolóerővektor-vezérléses UAV 3D-s nyomtatott gázugár-kormányval [18]

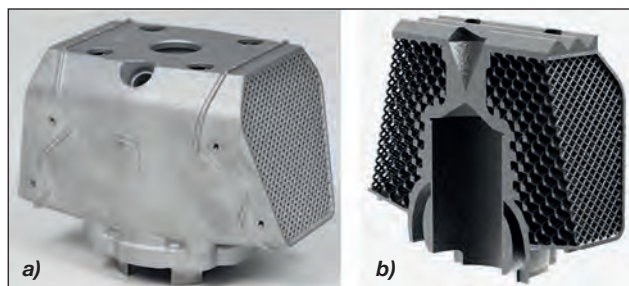
készített. (Az ARDEC napjainkban már Combat Capabilities Development Command – DEVCOM néven tevékenykedik.) Az ARDEC (DEVCOM) kezdeményezte a hadsereg 3D-s technológiával nyomtatott alkatrész-katalógusának létrehozását. [17]

UAV-K ÉS KÖNNYŰJÁRMŰVEK 3D-S NYOMTATOTT FÉM ALKATRÉSZEI

A 3D-s fémnyomatott UAV-alkatrészek ADAM-technológiájú nyomtatóval hőálló ötvözetből is előállíthatók, amely pl. gázturbinás hajtású, tolóerővektor-vezérléses drónok gázugár-kormányja esetében jelenthet kedvező megoldást. Az Aurora Flight Sciences UAV-kat – azaz pilóta nélküli repülőgépeket – fejleszt mind polgári, mind pedig katonai célokra, immár 30 éve. Az Aurora egy sugárhajtású, tolóerővektor-vezérléses, egybeépített szárnyú (hagyományos kormánysszervek nélküli), távirányítással vezérelt repülőgépet épített. A gép 98 N tolóerejű gázturbinás hajtóműve és a tolóerővektor-eltérítő mechanizmus biztosítja nagy sebességét és irányíthatóságát.

Az UAV szárnyfesztávolsága 2,9 méter, tömege 6,4 kg. A 240 km/h maximális sebességre képes UAV tolóerővektor-eltérítő mechanizmusa direkt fém szinterézéssel (Direct Metal Laser Sintering – DMLS), magas hőállóságú Inconel 718 alapanyagból készült, mivel a kilépő sugár hőmérséklete a 700 °C-ot is elérheti. A tolóerővektor-vezérléses drón 3D-s nyomtatott fém gázugár-kormányja – az aerodinamikai elven működő kormánysszervek kiterítési mértékének csökkentésével, illetve e kormánysszervek elhagyásával, rés nélküli kormányzás megvalósításával – a lopakodó-képesség növelésében, illetve a manőverező képesség fokozásában, és a kormányzás egyszerűsítésében is szerepet kaphat. Az Inconel alkatrész előállítására az ADAM-technológiájú 3D-s fémnyomatás fokozottan alkalmas. Ugyan-

6. ábra. A Cobra Aero léghűtéses, kétütemű UAV benzinmotorjának új geometriájú, 3D-s nyomtatással előállított, optimalizált hűtésű hengere [19] [20]





7. ábra. Az Airbus 3D-s nyomtatott fém motorkerékpár váza, amely mindössze 6 kg tömegű [21]

akkor az additív gyártástechnológia dróniparban betöltött jövőbeni lehetséges kiemelt szerepére utal az is, hogy az Aurora Flight Sciences UAV szerkezetének 80%-át 3D-s nyomtatással állították elő.

Jelentős szerepet játszhat a 3D-s fémnyomtatás alkalmazása a léghűtéses, kétütemű benzinmotorok gyártásának területén is. (6. ábra)

Napjainkban is alkalmazást nyernek – elsősorban a különleges műveleti erőknél, de más területen is – a katonai motorkerékpárok (a legmodernebbek már elektromos hajtással). Ha általános összefüggéseiben vizsgáljuk a motorkerékpár-építésben alkalmazott 3D-s nyomtatást, akkor célszerű rövid kitekintést tennünk a fémnyomtatásra is.

8. ábra. 3D-s nyomtatott titánalkatrészek a hajtásláncon, és szénszálhas hátsókerék az amerikai Graft elektromos endurónál [23]



Ugyanis összességében a korszerű kompozitanyagtechnológia, illetve a szálerősítéses és a 3D-s fémnyomtatás együttes alkalmazása és bevezetése vezethet eredményre a könnyűjárművek – jelen esetben a katonai alkalmazású villamos motorkerékpárok tömegcsökkentésre irányuló fejlesztése esetében – ami a hatótávolság-növelés egyik tényezője. Az Airbus egy olyan 3D-s nyomtatott vázú motorkerékpár-fejlesztésében vett részt, amely a hagyományos megmunkálású motorkerékpár-váz szerkezetekhez képest a fém váz szerkezeti tömegének 30%-os csökkentését érte el, így a váza mindössze 6 kg tömegű. [22]

Mintegy 25%-os tömegcsökkenést értek el a kaliforniai Graft cég elektromos enduró motorkerékpárjának hajtáslánacánál, amelynek a 25 kW (34 LE) teljesítményű elektromos motor 440 Nm forgatónyomatékát kell továbbítania a talajra. A hajtáslánc egyes elemeinek titán 3D-s nyomtatásával és a hátsó kerék karbonszálhas erősítésű kompozitanyag konstrukciójával érték el a tömeg csökkenését, az ezáltal mindössze 50 kg tömegű motorkerékpárnál, amelynek akkumulátorai 3 óra üzemelést tesznek lehetővé.

A TKP2021-NVA-16 számú project az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással, a Tématerületi Kiválósági Program 2021 TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.



HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Gyarmati József. Lánctalpas jármű kormányzása és ennek 3D modellezése. Műszaki Katonai Közlöny 33. évf. 3. szám (2023) <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.1.9;>
- [2] Gyarmati József – Hegedűs Ernő – Gávay György. Automata sebességváltóban alkalmazott kapcsolt bolygóművek – Wilson-váltó: Harkocsi-sebességváltó modell kialakítása 3D nyomtatással oktatási célból. Műszaki Katonai Közlöny 32. évf. 3. szám pp. 113–126., (2022) <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.7;>
- [3] Rider, Timothy. ARDEC investigates how 3-D printed metals could transform Army logistics. Army Technology, U.S. Army Research, Development and Engineering Command, 2014. évi július-augusztusi szám. <https://api.army.mil/e2/c/downloads/353505.pdf> (Letöltve: 2023.5.15);
- [4] Végvári Zsolt. A 3D nyomtatás felhasználási lehetőségei a műveleti logisztikában. Katonai Logisztika 2023. évi 1–2. sz. 177–198. pp. <https://doi.org/10.30583/2022-3-4-177;>
- [5] „ExOne Developing Portable 3D Printing Factory in Shipping Container for Department of Defense”, ExOne, 2021, <https://www.exone.com/en-US/Resources/news/ExOne-Developing-Portable-3D-Printing-Factory-in-S> (Letöltve: 2023.5.15);
- [6] EDA project seeks lighter ballistic armour. <https://eda.europa.eu/news-and-events/news/2022/10/21/eda-project-seeks-lighter-ballistic-armour> (Letöltve: 2022.10.21.);
- [7] European Military Additive Manufacturing Symposium. German Association for Defence Technology. https://veranstaltungen.dwt-sgw.de/anlage?i=3266&c=GZNVHVKHEbTUFx&n=000025_programme.pdf (Letöltve: 2021.10.4.);
- [8] ASTRO America to manage U.S. Army’s new Jointless Hull Project and deliver a hull-scale tool using Metal 3D Printing. Manufactur3D Magazine. https://manufactur3d.com/astro-america-jointless-hull-project-metal-3d-printing/#google_vignette (Letöltve: 2022.6.24.);
- [9] Clemens, M. The Use of Additive Manufacturing in The Defense Sector. <https://www.3dnatives.com/en/the-use-additive-manufacturing-defense-sector300620224/#!> (Letöltve: 2022.10.10.);
- [10] Stark, Alexander. 3D printed engine is 20 percent lighter. ETMM 2021.02.09 <https://www.etmm-online.com/3d-printed-engine-is-20-percent-lighter-a-998651/> (Letöltve: 2023.1.25.);
- [11] Rákosi Sára – Sebők István – Szalai Tamás – Vég Róbert László. A 3D nyomtatás biztonságtechnikai és környezetvédelmi aspektusai. Katonai Műszaki Közlöny 32. évf. 4. sz. (2022);
- [12] Alkindi, Tawaddod – Alyammahi, Mozah – Susantyoko, R. A. – Atatreh, Saleh. The effect of varying specimens’ printing angles to the bed surface on the tensile strength of 3D-printed 17-4PH stainless-steels via metal FFF additive manufacturing. MRS Communications volume 11, p. 310–316 (2021) <https://doi.org/10.1557/s43579-021-00040-0;>
- [13] Temesi Ottó. A fém 3D nyomtatás anyagtudományi vonatkozásai. H-ION Kft. http://elft.hu/wp-content/uploads/2022/08/Veszpr%C3%A9m-kiv.-minta_2022_08_18_programf%C3%BCzet.pdf (Letöltve: 2022.10.10.);
- [14] Molitch-Hou, Michael. Metal X 3D Printer Begins Operations at U.S. Military Base. <https://3dprint.com/263151/metal-x-3d-printer-begins-operations-at-u-s-military-base/> (Letöltve: 2020.2.7.) <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.1.10;>
- [15] Forrás: <https://www.freedee.hu/> (Letöltve: 2023.9.7.);
- [16] US Military Overcomes Supply Chain Risks with 3D Printing. <https://markforged.com/resources/videos/3d-printing-military> (Letöltve: 2020.2.7.);
- [17] Asclipadis, Adam. Rapid Equipping Force uses 3-D printing on the frontline. Army Technology, U.S. Army Research, Development and Engineering Command, 2014. július-augusztusi szám, pp. 14–15. <https://api.army.mil/e2/c/downloads/353505.pdf> (Letöltve: 2020.2.7.);
- [18] ‘World’s fastest’ 3-D printed drone takes flight. <https://www.cnbc.com/2015/11/09/worlds-fastest-3-d-printed-drone-takes-flight.html> (Letöltve: 2023.6.13.);
- [19] Drone Engine Maker Illustrates How Additive Manufacturing Well Suited to OEMs. <https://www.additivemanufacturing.media/articles/drone-engine-maker-illustrates-how-additive-manufacturing-well-suited-to-oems> (Letöltve: 2023.6.13.);
- [20] Combustion engine cylinder heat sink designed by Cobra Aero. <https://www.ntop.com/innovation/combustion-engine-cylinder-heat-sink-designed-by-cobra-aero/> (Letöltve: 2023.6.13.);
- [21] Airbus-APWorks 3D printed Light Rider bike. <https://www.carbodydesign.com/gallery/2016/05/airbus-unveils-3d-printed-motorcycle-with-bionic-design/4/> (Letöltve: 2023.6.13.);
- [22] Airbus APWorks launches the ‘Light Rider’: the world’s first 3D-printed motorcycle <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2016-05-airbus-apworks-launches-the-light-rider-the-worlds-first-3d-printed> (Letöltve: 2023.6.13.);
- [23] Graft Releases 34-Horsepower, 110-Pound Electric Off-Road Bike 2023, Roadracing World Publishing, Inc. February 22, 2023. <https://www.roadracingworld.com/news/graft-releases-34-horsepower-110-pound-electric-off-road-bike/> (Letöltve: 2023.6.13.);
- [24] Forrás: <https://www.solidxperts.com/en/blog/designing-for-metal-x-3d-printing/> (Letöltve: 2023.9.7.).

JEGYZETEK

1 A terhelésre duzzadó anyagokat a szakirodalomban „auxetikus” a görög „növekedés”-t jelentő szóval jelölik. Az ilyen különleges anyagok mérete nyújtáskor nemcsak hosszirányban, hanem keresztirányban is nő. Először 1987-ben állítottak elő politetrafluor-etilénből (PTFE – teflon) ilyen polimerhabot.

Sarus Ferenc*

A Mészáros hadigőzös

II. rész

A Mészáros gőzhajó eredetileg a *Duna Gőzhajózási Társaság Franz I.* nevű lapátkerekes hajójaként kezdte pályafutását. 1848-ban, az újonnan alakult Bathyány-kormány a vízi gőzöst azzal a céllal vásárolta meg és építtette át, hogy biztosítani tudja a Duna feletti ellenőrzést, valamint a folyami áruszállítás biztonságát. A hajó nevét Országos Hadigőzös Mészáros-ra változtatták. Az egység 1848. július 30-án indult el a Délvidék felé, hogy megkezdje az első őrjáratát. A tanulmány második részében a szerző a hadigőzös tevékenységét és műszaki-technikai képességeit ismerteti, valamint értékeli a hajó szerepét az adott hadi helyzetben.

A MÉSZÁROS HADIGŐZÖS ŐRJÁRATAI

A hadihajó tevékenysége 1848-ban három szakaszra osztható (3. ábra):

- délvidéki őrjárat;
- Pest-Buda védelmének erősítése Jellasics betörése alatt;
- Felső-dunai őrjárat és visszavonulás Óbudára.

A délvidéki őrjárat már a hajó első útján egy – valószínűsíthetőleg kazán – meghibásodással indult, így a hadigőzösnek vissza kellett térnie Óbudára javításra. [22] A munkálatokat követően, a hajó 1848. augusztus 17. és szeptember 23. között tartózkodott a Szerémségben. A Mészáros hadigőzös 1848. augusztus 19-én esett át a tűzkereszteségen Palánkánál (ma: Бачка Паланка, Szerbia), amikor a túlsparti Nestyénből (ma: Нештин, Szerbia) a szerbek támadással fenyegették a magyarlakta falut, miután megszerezték a kompot.

„Pálóczy László százados s a Mészáros hadigőzös parancsnoka következő jelentést teszi Palánkáról f. h. 19-én a hadügyministernek.

A palánkai nemzetőrségi őrvonalat Nestyén helysége már több hét óta avval ijesztgeté, hogy ezen helység lakosi a mitőlünk elfoglalt, 200 embert bíró komppal áttörni és Palánkát elpusztítani szándékoznak. Ennek folytán én a gőzössel Nestyénbe által menék s egy alkalmas távolságra megállván s egy ladikba 6 embert és 5 hajóslegényt beültetvén azon utasítással küldém ki őket a szárazra, miszerint az ottani néptől szép szóval a kompot visszakerjék.

Azonban alig közeledtek azok a komphoz, a legközelebbi házakból mintegy 20 lövés esett rájuk, mire én a ladikban ülő emberek biztosítására egy 6 fontos ágyúval feleltem. Erre a hegyről két kisebb ágyú lövetett ránk sérelem nélkül, mely 2 lövésre természetesen megnyitattam én is a tüzet a palánkai nemzetőrökkel, kik szinte kisebb 3 ágyúinkkal a partról a Dunán keresztül az ellen figyelmét kétféle osztották. Alighogy részünkről megkezdődött a tüzelés, az ellen ágyúi nyomban elhallgattak s az egy lélek nélküli Nestyén község lángba borult, úgy, hogy kivéven a magyar részét és a rácz templomot a helység többi háza i

rác pap lakával együtt, mely utóbbit öt golyó és egy gránát ért, leégett. Az ágyúzás után az emberek ismét kimentek a ladikból s az ott álló kompot minden ellenzés nélkül a hajóhoz vonták.” [23]

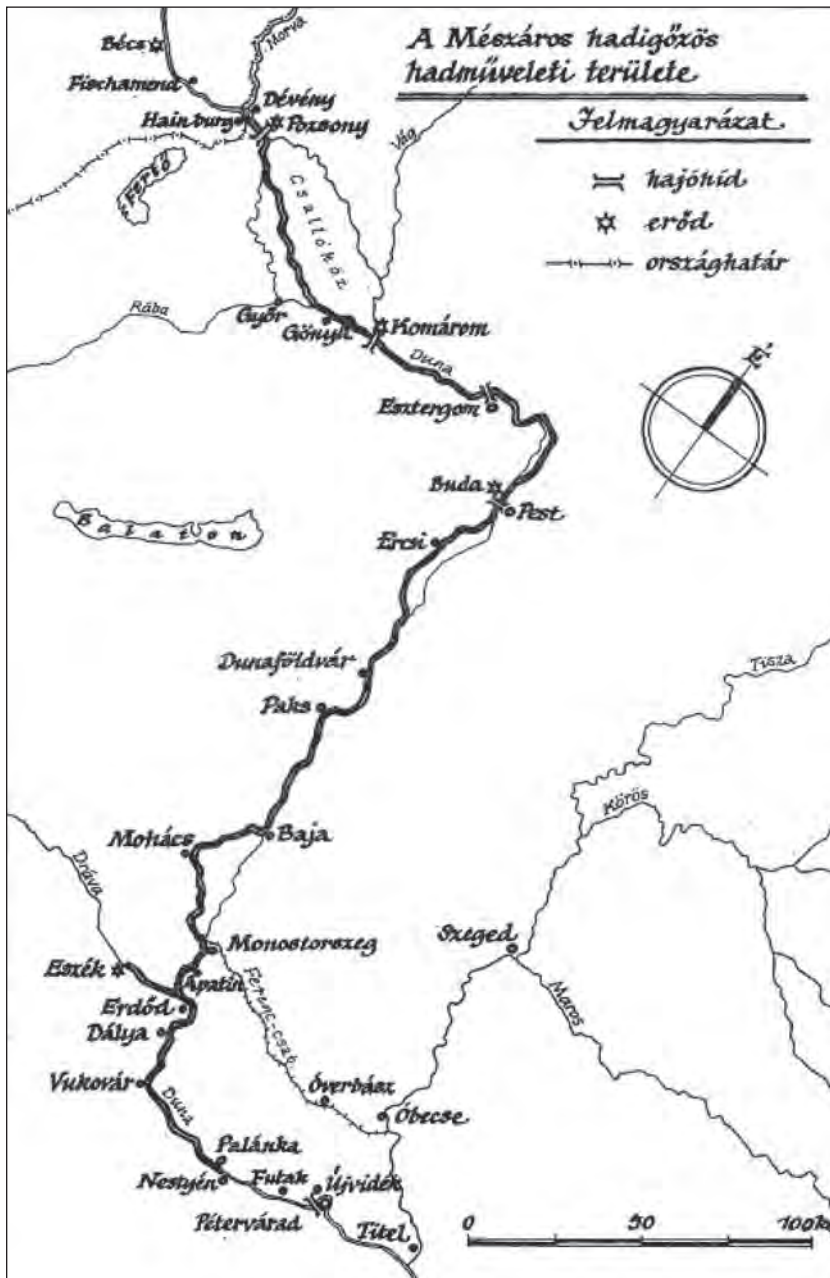
Az egység a továbbiakban felderítést és járőrözést végzett a Bácsújlak (ma: Бачко Ново Село, Szerbia), Bácspalánka, Futak (ma: Футаг, Szerbia) védvonalon. Szeptember elején a hajó Vukovár (Vukovar, ma: Horvátország) és a Drávaszög között cirkálva akadályozta a horvátok esetleges átkelési kísérleteit a Duna bal partjára. Az ellenség hamarosan a parti tüzérség tevékenységével, és műszaki záruk telepítésével egyre jobban korlátozta a hajó működési területét, valamint elvágta a szénvételezési lehetőséget Apatinnál (ma: Апатин, Szerbia), majd Jellasics előretörése miatt a hajót szeptember 23-án visszarendelték Pest védelmére.

A hadigőzös 1848. szeptember 25-én ért Pestre, Ercsi és Paks között cirkálva minden vízi járművet átkényszerített a Duna bal partjára, illetve feladatul kapta még Jellasics seregének bármilyen átkelési kísérletének megghiúsítását. A hajót végül a pákozdi csata¹ után, október 5-én újra Pestre rendelték.

Ezt követően az egység működési területét áthelyezték a Duna felső szakaszára, 1848. október 7-én már Gönyűnél állomásozott, majd Pozsonyba (ma: Bratislava, Szlovákia) indult tovább. A hajó október közepéig Pozsony és Hainburg (Ausztria) között cirkált, hogy megakadályozza az esetleges átkelési kísérleteket a Dunán. Október 15-én a Honvédelmi Bizottmány a hadigőzöst Pestre rendelte, ahol a készleteit kiegészítette, majd október 18-án visszaindult Esztergomba. Esztergomban a fedélzetére vette Kossuth Lajost, aki Győrre utazott a hajóval. A Mészáros a magyar sereg előrenyomulása alatt végig fedezte a Dunára támaszkodó jobb szárnyat egészen a Fische torkolatáig előnyomulva², továbbá védelmezte a sereg utánpótlását szállító egyéb hajókat is. A honvédsereg schwechati veresége után a hajót is visszavonultatták Bécs alól, a csata körüli napokban végzett tevékenységéről nem maradtak fent részletes leírások. A korán beálló tél miatt az egység 1848. november 18-án telelőre vonult Óbudára, ahonnan december végén a hajó legénységét Görgei tábornok part-ra vezényelte. A magyar csapatok 1849. január 5-én visszavonultak a fővárosból, a telelőben tartózkodó, jégbe fagyott hajót pedig hátra hagyták. Windisch-Grätz tábornagy bevonuló csapatai lefoglalták az egységet, és a tavaszi visszavonulásukkor Bécsbe vitték magukkal, akkor már General Schlik néven. A névadója grófi kinevezése után a hajó is nevet váltott. 1858-tól Graf Schlik néven szolgált tovább egészen 1866-ig, amikor a Duna Gőzhajózási Társaság visszavásárolta, és több mint három évtizeden keresztül, 1899-ig teher- és vontató gőzösként használta. A-7 néven uszályá alakítva még megérte a 20. század kezdetét, amikor a hajótestet leselejtezték, és szétbontották. [24]

* Közgazdász, folyami hajóskapitány. ORCID: 0000-0002-8805-5019





3. ábra. A Mészáros hadigőzös hadműveleti területe [24]

A MÉSZÁROS HADIGŐZÖS HAJÓS SZEMMEL

Mivel a hajó manőverező képességéről nem maradt fent korabeli leírás, ezért az alábbiakban általánosságban ismertetem a korabeli lapátkerekes gőzhajók hajózási tulajdonságait. Korai építésű lapátkerekes gőzhajóként a Mészáros hadigőzös lapátkerekei a hajó első felében helyezkedtek el, ezzel szemben a hajó kiegyensúlyozatlan kormánylapátja annak farán kapott helyet. Ez a két tényező együtt a korabeli hajók fordulási körének megnövekedéséhez vezetett, e vízi járművek nem voltak könnyen manőverezhetőek. A nehéz irányíthatósághoz az is hozzájárult, hogy a két lapátkerék nem volt önállóan vezérelhető, ezért mindig csak azonos irányba forogtak, ami a gyakorlatban azt jelentette, hogy a hajót nem lehetett „csavarni” a fordulási középpontja körül. A lapátkerék lapátjainak merev beépítése tovább csökkentette a hajógép által átadható erőt. A lapátkerekes kialakítás

előnyös tulajdonságai közé tartozott azonban, hogy a hajónak jóval sekélyebb merülése volt, mint egy hasonló méretű hajócsavarokkal ellátott egységnek – erre szükség is volt a korabeli szabályozatlan Duna-meder miatt. A manőverezhetőség megőrzése érdekében le kellett mondani az egység páncélozott kialakításáról, hiszen a hajó felfegyverzése jelentősen megnövelte a hajótest merülését, ezzel is csökkentve annak mozgékonyágát.

A parancsnoki híd a két kerékdob között helyezkedett el, azzal szemben a kormányos a hajó farában állt. Ez a 25–30 méteres távolság egy-egy ütközet hevében igencsak megnehezíthette a kommunikációt a hajó parancsnoka és a kormányos között. A hajó magas kéménye és két árbóca tovább rontották a kormányos kilátását a menetirány felé.

A hajót – a jelentős mennyiségű fegyverzet következményeként megnövekedett tömege miatt – nem tudták páncélozni, amely rendkívül sebezhetővé tette a lapátkerekeket, a parancsnoki hidat, valamint a kormánykereket. Ez magyarázatul szolgálhat azokra az utasításokra, amelyek elsősorban felderítésre és erődemonstrációra adtak parancsot, és igyekeztek a hajót megóvni a direkt összecsapásoktól. A Középduna átlagos, 200–400 méteres mederszélessége a legtöbb szakaszon elég védelmet adhatott a hajónak a kézi fegyverek tüze ellen, amennyiben az bent tudott haladni a sodorvonalban, miközben az ágyúival még elérhette az ellenséget. Természetesen gázlók térségében, vagy nagyobb zátonyoknál a hajózó út szélessége akár 100 méter alá is csökkenhetett, ezekben a szűkületekben – különösen hegymenetben – jóval kiszolgáltatottabb lehetett az egység. Egy korabeli hatfontos ágyú lőtávolsága 1400 lépés volt teljes emeléssel (1050 méter) és 250 lépés vízszintes irányzású csővel (187,5 méter). [25]

A hajóra nézve azok a folyóparti magaslatok jelenthették a legnagyobb veszélyt, ahonnan a tüzérségnek tiszta rálátása volt a folyóra, és lényegében csak a sebességében bízva tudta volna elkerülni a találatokat. A Duna mentén akkoriban elterülő ártéri erdők a legtöbb helyen kellőképpen megnehezítették a tüzérség telepítését annak érdekében, hogy könnyen lehessen ez által korlátozni a hajó mozgását. Ugyanakkor a hajó páncélozatlan volta azt jelentette, hogy akár egyetlen pontos találat forró gőzzel tölthette volna meg a gépházat, ezzel lényegében művelteképtelenné téve az egységet (akkoriban még a gépezetek hajtották végre az irányváltásokat). A vasból készült hajótest és a deszkafedélzet könnyen átszakadt volna egy 3 kg-os vas ágyúgolyó becsapódásától. Az Augustin 1842M előltöltős puskák hatásos lőtávolsága 300 lépés volt (225 méter, a találati pontosság azonban csak 30%-os), de csak 100 lépésről értek el kielégítő találati pontosságot (75 méter, 75%), így lényegében a kézfegyverek



4. ábra. A Mészáros hadigőzös korabeli leírások alapján rekonstruált makettje [31]

tüze elhanyagolható veszélyt jelentett a mozgásban lévő hajóra. [26]

A hajó gőzgépe valószínűsíthetően Cornwall típusú volt, ezt a korai gőzgéptípust 1812-ben fejlesztette ki Richard Trevithick³ angol feltaláló. Ez a kazántípus egyfűtőcsöves kialakítású, méretét tekintve 4–7 méteres hosszúságban, és 1,25–1,75 méter átmérővel készült. A Cornwall típusú kazán előnye az egyszerű felépítés, a nehézség nélkül kezelhetőség, a kompakt kialakításának köszönhetően könnyen telepíthető, alacsony fenntartási költségű, jól tűri a terhelés ingadozását, és kicsi a tömege. Alacsony nyomású kategóriában ezek a gőzkazánok még napjainkban is a legjobbak közé tartoznak. Hátrányos tulajdonsága, hogy nem képes nagy mennyiségű gőzt előállítani, valamint magas gőznyomást elérni. A jó léghuzat eléréséhez magas kéményre van szüksége, ez magyarázat lehet a Mészáros hadigőzös magas keskeny kéményére is. [27] [28] A hajó első gőzgépének fennmaradt a fogyasztási adata, e szerint óránként 650 bécsi font (860 kg) kőszénnyel nyelt el a kazán, de a begyűjtéshez fát használtak. Egy nyár alatt a hajó kazánja 1800 tonna kőszénnyel és 100 öl (613 m³) fát égetett el. [29] A tüzelőanyagot a hajó elejében lévő természetes szobában tárolták, amely egyben a rakomány szállítására is szolgált.

A hajó sebessége völgymenetben jó védelmet biztosított az ágyúkkal szemben, ugyanakkor hegymenetben már jóval kiszolgáltatottabbnak számított, ugyanis csak 3–5 kilométer/órás sebességgel haladhatott az árral szemben. Kérdéses, hogy a hajó tüzéinek mennyi ideje volt begyakorolniuk a mozgó hajóról történő lövészetet. A korabeli rajzokon látható, hogy a hablemezt kivágták, és a nyílásokon kidugták az ágyúk csövét, amelyek szinte csak lapos pályán tudták kilőni a lövedékeiket. Ez a módszer azonban

erősen korlátozta a lőtávolságukat. Az ágyúk beépítéséről Dezsényi Miklós 1942-ben publikált munkájában a következő olvasható: „alacsony oldalpofás hajói lövegtalpon kerültek beépítésre, mely a fedélzeten körbe csúsztatható volt az oldalirányzás szükségleteinek megfelelően”. [30] A 6 és 12 fontos ágyúk lafettáihoz egy-egy mintapéldányt a komáromi helyőrség tüzérszertárából szereztek be.

Bár nem maradt feljegyzés arról, hogy a Mészáros valaha is összecsapott volna a titeli sajkásokkal, egy ilyen összecsapás mindenképpen érdekesen alakulhatott volna. Az abszolút tüzerő a Mészáros oldalán állt volna, ugyanakkor a sajkásoknak akkoriban még több hajójuk volt bevethető állapotban, amelyek közül a kettős sajkák szintén hordozhattak 12 fontos ágyút is, és a tüzéik képzetebek voltak a vízi hadviselésben. A tömörvas ágyúgolyók mind a Mészárosra, mind a sajkákra könnyen végetes csapásokat mérhettek volna, bár a gőzhajtó leginkább a kazánt ért találattal, vagy a kormánymű szétlövésével lehetett műveletképtelenné tenni. Ameddig a Mészáros völgymenetben haladt, addig a sebessége jó eséllyel megvédte volna, de ha hegymenetben kellett volna összecsapnia a sajkásokkal, akkor már jóval kiszolgáltatottabb lett volna. A gőzhajtó, amíg rendelkezett elég szénrel, addig kifárasztathatatlant volt, szemben az evező és vitorlahajtású sajkákkal, ugyanakkor az evezővel hajtott sajkák sokkal könnyebben manőverezhetők, köszönhetően az összeszokott és gyakorolt legénységüknek. Több mint valószínű, hogy a sajkások hegymenetben egy vontató gőzössel megpróbálták volna vontatni a hajóikat, hogy így kíméljék az evezőket, amíg az összecsapás helyszínére nem érnek, sőt, kedvező széljárás esetén a nagyobb hajóik használhatták volna a vitorláikat is. A fenti okok miatt valószínűleg egyik



fél sem kereste az összecsapást, és inkább a parti infrastruktúra pusztításával igyekeztek korlátozni a folyami erők működésének hatékonyságát.

TOVÁBBI GŐZHAJÓK A SZABADSÁGHARC SZOLGÁLATÁBAN

Az 1848/49-es szabadságharc alatt a magyar kormány számos egyéb gőzhajót is igénybe vett hadiszállítások céljára, de csak egy egységet fegyverzett fel, a Carl nevű gőzöst a Tiszán, amely Honvéd néven állt szolgálatban. A Honvédot csak négy röppentyűindítóval szerelték fel, mivel méretében jóval kisebb volt, mint a Mészáros. A hajó parancsnoka Medgyaszay István hajóskapitány volt, az egységet a Szegec alatti Tisza-szakasz védelmére rendelték, ezzel tovább korlátozva a lázadó sajkások működési területét.

A Mészárossal együtt megrendelt páncélos gőzhajó építését nem fejezték be a szabadságharc végéig, és végül az Erzherzog Albrecht néven, 1852-ben tagozódott be a császári és királyi folyami flottillába. [22] [32] [33] [34]

ÖSSZEGRÉS

A Mészáros hadigőzös európai viszonylatban egyedülálló volt, szerepét – a régió meghatározó vízi útjaként – kiemeli a Duna. A magyar kormány jól értékelte a kialakult helyzetet, és gyors választ adott a titeli sajkások jelentette fenyegetésre, egyben biztosította a folyó feletti ellenőrzést is a Pétervárad (ma: Петроварадин, Szerbia) feletti szakaszon.⁴ Természetesen a rendkívül gyors ütemben végrehajtott átalakítás nem alkothatta meg a tökéletes folyami hadihajót, ugyanakkor figyelemre méltó, hogy az egység, a szabadságharc leverését követően még több mint tíz évig maradt aktív hadi szolgálatban. A Mészáros hadigőzös, a folyami gőzüzemű hadihajó prototípusaként a később oly sikeres folyami monitorok őseinek tekinthető, így értékes tapasztalatokkal szolgált a fegyvernem jövőjének formálásához. Az 1848-as szabadságharc után a folyami hadihajók fejlődése egy időre áttevődött az amerikai kontinensre, egészen pontosan a Mississippi folyóra. A hadi gőzhajók ott jutottak el a fejlődés azon fokára, hogy páncélzatot is kaptak az amerikai polgárháborúban⁵, illetve fedélzetükön akkor jelent meg az elforgatható ágyútorony. Érdekes tény, ahogy az Osztrák–Magyar Monarchia hadvezetése figyelemmel kísérte ezeket az újításokat, és miután az 1870-es évek elején, Oroszország és Törökország konfliktusai miatt ismét igény mutatkozott a korszerű folyami hadihajók építésére, rövid időn belül létrehozta az első folyami monitorokat. Ha megfigyeljük az első monitorpár a Leitha és a Maros méreteit (hosszúság: 50 méter, szélesség: 8,13 méter, merülés: 1,065 méter, vízkiszorítás: 320 tonna) feltűnő, hogy azok paraméterei hasonlóak a Mészáros hadigőzöséhez. [35] [36]

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [22] Csonkaréti Károly. Hadihajók a Dunán Zrínyi kiadó 1980. ISBN: 963-326-280-1;
 [23] Pelz Béla. Az első magyar hadihajó. „Királyi magyar hadigőzös Mészáros” 1848. Hadtörténelmi Közlemények, XIX. (1918) pp. 98–109.;

- [24] Urbán Aladár. A MÉSZÁROS Hadigőzös 1848-ban, Hadtörténelmi Közlemények 34. évf. 4. sz (1987);
 [25] Németh Balázs. A hatfontos táborigyű, a szabadságharc igáslova <https://kapszli.hu/a-hatfontos-tabori-agyu-a-szabadsagharc-igaslova/> (Letöltve: 2022.12.10.);
 [26] Kedves Gyula. A szabadságharc fegyverei <http://www.budaihonvedek.hu/a-szabadsagharc-fegyverei/> (Letöltve: 2022.11.20.);
 [27] [11] What is Cornish Boiler? <https://mechanicalboost.com/cornish-boiler/> (Letöltve: 2022.12.1.);
 [28] <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-a-pallas-nagy-lexikona-2/g-A5BD/gozkazan-BOA0/> (Letöltve: 2022.11.25.);
 [29] Csillag Miklós, Varró József. „Franz I” A Császári-Királyi Szabadalmazott Első Dunagőzhajózási Társaság Első Gőzhajója, Közlekedési Múzeum 1968.;
 [30] Dezsény Miklós. Tengeri és folyami hajóhadaink kimagasló fegyvertényei. 1052–1942. A királyi magyar hajósnép, a királyi naszádos és csajkás seregek, a cs. kir., illetve a cs. és kir. Haditengerészeti egységei, a magyar hadihajózás és a m. kir. honvéd folyamierők harcai. M. Kir. Hadimúzeum kiadványai XIII. Bp., 1942., M. Kir. Állami Nyomda, 203 p.;
 [31] Forrás: Duna Múzeum;
 [32] Dr. Balogh Tamás: A folyami hajóhadak, in.: Haditengerészetünk emlékei, TIT HMHE, Budapest, 2009., 66. o.;
 [33] <https://hajosnep.hu/Media/Default/hu-HU/tevekenyseg/kiallitasok/2009/haditengereszetunk-emlekei/haditengereszetunk-emlekei-konyv.pdf>;
 [34] <https://hajosnep.hu/kiallitasaink/haditengereszetunk-emlekei> (Letöltve: 2023.3.4.);
 [35] Horváth Csaba. A Dunai Monitorok múltja és alkalmazásuk mai lehetőségei Műszaki Katonai Közöny 2000 évf. 10 szám p. 4;
 [36] Daruka Norbert. A Magyar Hadihajózás helyzete az I. világháborúban; Műszaki Katonai Közöny XXIV. évfolyam, 2014. 2. szám pp. 81–92. ISSN 2063-4986 <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2420/1693> (Letöltve: 2023.2.12.).

JEGYZETEK

- 1 1848. szeptember 29.
 2 A Fischa torkolat és Bécs határa közötti távolság 20 kilométer.
 3 Richard Trevithick (1771–1833) angol feltaláló, bányamérnök, a magasnyomású gőzgép kifejlesztője, valamint ő építette az első működő gőzmozdonyt.
 4 Csonkaréti Károly: Hadihajók a Dunán című – egyébként kiváló – munkája a 130. oldalon megemlíti, hogy a Mészáros hadigőzös eljutott a Tiszára is, de ez több okból is lehetetlen volt. Pétervárad és Tittel között a szerbek tartották ellenőrzésük alatt mindkét partot, amíg a hajó a Szerémségben tartózkodott, továbbá a Tiszán a sajkások tartották ellenőrzésük alatt a titeli hajóhidat, amelyen a Mészáros nem lett volna képes átjutni a parti ágyúk tüzében.
 5 Az amerikai polgárháború (1861–1865) az Amerikai Egyesült Államok területén lezajlott fegyveres konfliktus, 24, többnyire északi szövetségi állam (unionisták) és az Amerikai Államok Konföderációjába (konföderációk) tömörült 11 déli állam között.

Kedvenc lapjait – köztük a Haditechnikát – a **Laptapír** szolgáltatásával olvassa online asztali vagy táblagépen, illetve okostelefonon. Bárhol, bármikor elér: laptapir.hu.



Somkutas Róbert*

A német alárendeltségbe léptetett magyar királyi I. gyorsadtest tevékenysége

VI. rész

A 17. német hadsereg alárendeltségében



17. ábra. A Sztálin-vonal egyik géppuskás erődje
(Forrás: Fortepan /Hajdu Fedő Károly/ 129117)

1941-ben – az ún. Barbarossa hadművelet¹⁶ keretében – a magyar királyi I. gyorsadtest két (páncélozott) felderítő-zászlóalja – július 9-től a német Dél Hadseregcsoporthoz alárendeltségében – részt vett a Szovjetunió elleni hadműveletben. Hat nappal később a gyorsadtest seregtestei az előző nap elfoglalt körleteikben csapatát-csoportosítást és karbantartást hajtottak végre, valamint kiegészítették a készleteiket. A várható feladatok ellátására igényelt nagy mennyiségű szállítmány, a pécsi IV. tehergépkocsi osztály 1. és 2. szállítóoszlopával – a szállítókapacitás hiánya és az utak állapota miatt – csak július 18-án érkezett meg Kolomijába. A csapatok a hamarosan kezdődő támadásra készültek.

A NÉMET 17. HADSEREG ALÁRENDELTSÉGÉBEN

A német Dél Hadseregcsoporthoz eredeti terve szerint a magyar királyi gyorsadtest hadseregcsoporthoz közvetlenül tartalékként szerepelt. Ez alapján a pripjatyi-mocsarak déli határán kerülhetett volna bevetésre, ami veszélyeztette volna a magyar gépesített erők alkalmazását, mert a földrajzi térség teljesen elszakította volna a hazai utanszállítási vonalától. Ez pedig a németektől eltérő hadianyagok pótlásának nehézségei miatt akár kulcskérdéssé is válhatott volna.

Azonban a német 17. hadsereg parancsnokának, von Stülpnagel¹⁷ gyalogsági tábornoknak az a javaslata, hogy a magyar gyorsadtest a 17. hadsereg gyorsan mozgó egységét képezze, kedvező megoldásnak tűnt. A gyorsad-

test parancsnoka a hadseregpáncélokkal történt személyes megbeszélés után ezt a döntésvajlaslatot jelentette a Honvéd Vezérkar főnökének, és kérte a javaslat magyar támogatását. [39] A Dél Hadseregcsoporthoz parancsnoka elfogadta a javaslatot, mivel az eredeti terv szerinti átcsoportosítás sok seregtest után- és hátraszállítási, illetve előrenyomulási útvonalát keresztezte, amely – különösen az akkori időjárás és útviszonyok között – igen nagy idővesztéssel eredményezhető volt.

A döntésben az is közrejátszhatott – ahogy azt Zsedényi Zoltán vezérkari ezredes a gyorsadtest vezérkari főnöke később, 1942 márciusában az Országos Tiszti Kaszinóban megtartott előadásában kiemelte –, hogy a hadseregcsoporthoz a déli szárnyon harcoló 11. hadsereg alárendeltségébe tartozó német és román erők által elért „harci sikerei” nem voltak elég gyorsak a szovjet erők ellen tervezett bekerítés végrehajtására. Ugyanis a hadseregcsoporthoz jobb szárnyán harcoló 11. hadsereg feladatául kapta, hogy a Dnyeszteren történő átkelést követően, Gajszin (*Gaïssin*) irányába történő gyors előretöréssel, az északról beérkező

18. ábra. Megbeszélés vitéz Major Jenő vezérőrnagy és Carl-Henrich von Stülpnagel gyalogsági tábornok között [39; 73. o.]



* Nyá. alezredes. ORCID 0000-0002-3746-9588



német 1. páncélos csoporttal találkozva, kerítsék be az ott harcoló szovjet erőket. A 17. és a 6. hadseregnek a szovjet védelmet arcból történő támadással kellett lekötnie, hogy minél nagyobb erő maradjon a „zsák”-ban. A hadműveleti elgondolás szerint ez a több szovjet hadseregre becsült, Vinnyica körzetében harcoló csoportosítás bekerítését eredményezte volna. A 11. hadsereg és az alárendeltségben lévő román erők azonban túl gyengék voltak a feladat végrehajtásához, ráadásul még páncélos seregtestekkel sem rendelkeztek. [39; 9. o.]

Július 16-ától a gyorsadtest a német 17. hadsereg teljes alárendeltségébe került, és – mint annak gyorsan mozgó egységét – a hadsereg déli szárnyán vetették be.

A 17. hadsereg és az 1. páncélos csoport azt a feladatot kapta, hogy a Vinnyica (Vinnicja) körzetében lévő erőket kerítsék be. Ehhez von Kleist tábornok páncélosai északról kerülték meg Umant, míg a gyorsadtest feladata a Bug északi partján előretörve, a „zsák” Pervomajszk körzetében történő bezárása volt. [41; 442. o.]

A hadműveletek megkezdésekor a gyorsadtest az alábbi csoportosításban helyezkedett el:

- Az 1. gépkocsizó dandár állományának többsége Dunajovciban várta a német 257. gyaloghadosztály átvonulását. A hadosztály Lanckoron területén érte el a gyorsadtest sávját.
- Az 1. gépkocsizó dandár 2. megerősített gépkocsizó zászlóaljja Sztuga (*Struga*), Olhovic (*Olchowic*) területén biztosította a 101. könnyű hadosztály jobb szárnyát, és a szovjetek egy támadását visszaverve, Zlotogorkaig (*Zlotogórka*) nyomultak előre. [42; 127. o.]
- A 2. gépkocsizó dandár Kamenyec-Podolszki körzetében gyülekezett, és egy erősebb csoporttal Sztara Usicánál biztosította a csoportosítás jobb szárnyát. [42; 127. o.]
- A 2. gépkocsizó dandár parancsnoka a 2. felderítő-zászlóalj felderítési irányát Nova Usica felé szabta meg, azonban az utak járművekkel történő járhatatlansága miatt csak gyalogos járórok kiküldésével tudták megszerezni és biztosítani a szükséges felderítési adatokat. A kiküldött járórok a Kalus-patak vonaláig jutottak ki. [42; 126. o.]

Az 1. lovasdandár felderítő osztagai Satava-Makov területén, a Kalusik-patak mentén Kalus, és Olhovic között szétbontakoztak. A 4. huszárezred számára pihenőt rendeltek el. Az 1. lovasdandár állományának többsége Dunajovciban várta a 257. gyaloghadosztály átvonulását, amelynek parancsnokával a dandárparancsnok személyesen is kapcsolatba lépett. Ezen a napon a hadtest alárendeltségéből kivonták, és a 257. német hadosztály alá rendelték az 1. lovas páncélos zászlóaljat, a korábbi 9. és 11. kerékpáros harcokcsizászlóaljak 1. és 2. kerékpáros századait. Az utóbbiakat később a Kárpát-csoport állományának adták át. [42; 127. o.]

A hadtest felkészült egy keleti, vagy északkeleti irányból várható esetleges szovjet ellentámadás elhárítására is. [42; 127. o.]

Aznap a gyorsadtest csapatai kisebb átcsoportosításokat hajtottak végre. A rendkívül rossz időjárás miatt a csapatok és az előjáró parancsnokságok között megszakadt az összeköttetés, amelyet a kialakult helyzet pontosítása érdekében különböző erejű felderítő osztagok és felderítő járórok kiküldésével állítottak helyre. [42; 126. o.]

1941. július 16-18. között a 17. német hadseregnek Bar körzetében sikerült áttörnie a Sztálin-vonalat. Az eredeti terv szerint a hadsereg erről a területről egyetlen menetvonalon kívánta előrevonni valamennyi alárendeltjét. Ez a megoldás azonban a kötelékek tömörülését, az útvonal

túlszűfólasát jelentette volna, ezért a gyorsadtest parancsnoka az elgondolást nem támogatta, és a hadsereg déli szárnyán – lehetőség szerint – egy külön előrenyomulási vonalat kért a hadteste számára.¹⁸

Első körben nem engedélyezték a parancsnok kérését, mert tartottak a Sztálin-vonalon elhelyezett szovjet csapatok erőtől, és azok képességeitől. Emiatt Miklós tábornok a gyorsadtest támadó csoportosításának fő erőkifejtését északra helyezte, míg a déli szárnyra – a jobb terepleküzdesi képességei miatt – az 1. lovasdandárt bontakoztatta szét. [44; 22. o.]

Az 1. gyorsadtest az előretörésre vonatkozó részletesebb parancsot július 17-én délután kapta meg. Annak értelmében a gyorsadtest csapatainak Sarogrod (*Szarogrod*) helységeen keresztül – Braclavra (*Brazlaw*) történő gyorsütemű előretöréssel – tehermentesíteni kellett a Dnyeszteren Mohiljevnel (Mohylów), és az attól keletre átkelt német seregtesteket.

A hadtest jobb szárnyán a 2. felderítő-zászlóalj egyik kiküldött felderítő-járőre Kalus községe felvette a kapcsolatot a harcoló német 11. hadsereg bal szárnyának erőivel.

Az 1. gépkocsizó dandár megkapta a gyorsadtest parancsát, amely szerint július 18-án a német LII. hadtestparancsnok döntése szerint – a kialakult helyzet függvényében – vagy északon Barnál, vagy délen Kopajgradon (*Kopajgród*) keresztül kell megkezdnie az előrenyomulást. Az erre vonatkozó parancsot másnap reggel, az előrevonási útvonalán lévő Zamjehovtól (*Zamiechow*) 4 kilométerre keletre lévő útvillában kell átvenniük. A feladattal kapcsolatos előzetes tájékozódásra és parancsvételre a dandár vezérkari főnöke előrement a LII. hadtestparancsnokságra, míg a dandár alárendeltjei megkapták a másnapi menetrendről intézkedést. [45; 37]

Az 1. lovasdandár számára a hadtestparancsnokság elrendelte, hogy lovas egységeivel, Zvancsikon át törjön előre keletre, vegye birtokba az időközben a repülőik által megállapított és felmért Sztálin-erődvonal előretolt állásait, valamint derítse fel az erődvonal elemeit. Ennek érdekében a dandár lovasainak többsége estére megérkezett Zvancsikba. [43; 22]

A gyorsadtest – a kezdeti időszakban, a Kárpát-csoport alárendeltségében folytatott harctevékenysége során (a szűk áteresztőképességű és erősen romboló előrevonási útvonal miatt) – csak a 2. gépkocsizó dandárt tudta alkalmazni. A Kárpátokból kiérkezve már az 1. gépkocsizó és az 1. lovasdandárt is – felváltva – bevetették, amelyek a szovjet utóvédekkel vívott harcokban, valamint a repülőcsapások következtében kisebb nagyobb veszteségeket szenvedtek.

A hadtest, a felterjesztett összesítése alapján, 1941. július 17-ig az 5. táblázatban összesített veszteségeket szenvedte el a harcok során. [46; 37. o.]

A gyorsadtest állományának többsége Kamenyec-Podolszki körzetében várakozott, és felkészült az előrenyomulás folytatására. Az előző nap kapott parancs értelmében a gyorsadtestnek a 17. hadsereg déli szárnyát biztosítva, a két gépkocsizó dandárjával kell támadást indítania Bar, Zsmerinka, Braclav irányában, a szovjet 12. hadsereg utóvédharcokat folytató egységei ellen. A támadás célja, hogy az ellenséget leküzdve, elvágja a 9. szovjet hadsereg hátráló csapatait, amelyek Nyugat felől, a német 11. hadsereg elől a Bug irányában vonulnak vissza. [46; 70. o.]

Az 1. gépkocsizó dandár szűkebb törzse – még a 1. felderítő-zászlóalj előtt – hajnali 4 órakor indult Dunajovciból, és 6 óra előtt beérkezett a zamjehovi útvillába, a német LII. hadtest parancsnokának, a dandár előretörése menetvo-

5. táblázat. A gyorsadtest veszteségei a július 17-én felterjesztett összesített veszteséglista alapján [46; 37. o.]

Veszteség	Halott		Sebesült		Eltűnt		Mindösszesen	
	Állomány	Tiszt	Legénység	Tiszt	Legénység	Tiszt		Legénység
Fő		2	85	16	247	1	13	
Veszteség összesen						19	345	364 fő

naláról szóló parancsáért. A német hadtesttől visszaérkező dandár vezérkari főnöke már ott várta a parancsnokát és jelentette, hogy a kialakult, kissé kaotikus helyzetben a hadtestparancsnok nem jutott döntésre. Ezért Major vezérőrnagy a német seregtest élcsapatához, a 101. hadosztályhoz küldte a vezérkari főnökét, aki ott igyekezett tisztázni a helyzetet. Jelentette, hogy a csapatok élén lévő 101. könnyű és a 257. gyaloghadosztály állománya egymással keveredve, súlyos harcban áll.

Raadásul az eső is újra megeredt, és a sűrű esőben az út annyira felázott, hogy az a gépjárműoszlopok számára járhatatlanná vált. Ezért a vezérkari főnök nem tartotta valószínűnek, hogy aznap még rést tudjanak ütni a Sztálinvonalon, amelyen keresztül az 1. gépkocsizó dandár előre törhetne.

Az időközben beérkező felderítő-zászlóalj feladatult kapta, hogy vegye fel a kapcsolatot a 101. könnyű hadosztály élcsapataival, és tisztázza azok helyzetét. A dandár többi menetoszlopának elejét az útvillánál megállították. 15 órakor a felderítő-zászlóalj parancsnoka jelentette, hogy a feladatát csak gyalogosan tudja végrehajtani, mert a reggel óta tartó esőben, az „utakon” lévő mély sárban a rendelkezésére álló gépjárművek nem tudnak előrejutni, és parancsnok megfelelően végrehajtani a keleti irányú előrevonást. [45; 38. o.]

A dandárparancsnok döntött: nem vár tovább a kétséges keleti irányú előrevonás lehetőségére, hanem 15.30-kor a dandárjával megindul észak felé, hogy Bar helységeen keresztül, Krasznoje (Krasznoje), Rogoszna (Rogoszna) menetvonalon „törjön előre” Braclavba. Ennek megfelelően 15.30-kor megindította az 1. gépkocsizó dandár menetét. Az eső szakadt, és a gépjárművek csak lépésben tudtak haladni az átázott, csúszós úton. Számos alkalommal a gépjárművek keresztbe fordultak az úton, de azokat helyretolva, a menet folytatta útját. Az elővéd 18.15-kor érte el Bar városát. A csapatok többsége egész éjszaka menetelt,

19. ábra. Felderítő zászlóalj parancsnoka és törzse menet közben értékeli a kapott felderítési adatokat [39; 72. o.]



és így is csak 19-én hajnalban érkezett a városba. [42; 128–129. o.]

(Folytatjuk)

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [39] Lovik Károly, Jagits József, Dr. Kapy Rezső, Hunt Béla, Dr. Gábor Aron, Koroda Miklós: 6 haditudósító a vörös fronton Stádium Sajtóvállalat Részvénytársaság, Budapest;
- [40] Zsedényi Zoltán. A gyorsadtest hadműveletei Oroszországban 1941 / Előadás az Országos Tiszti kaszinóban/ Budapest, 1942. III. 20, Kézirat, HIM HL 6577.;
- [41] Erdeős László A Magyar Honvédelem egy negyed százada II 1919–1944, Attraktor, Máriabesnyő – Gödöllő, 2007, 442 o.;
- [42] Várhalmi Iván. A m. kir. honvédség erőfeszítése a gépesítés területén 1920-tól – 1941. 06.-ig. A Kárpát-csoport, majd az I. gyorsadtest hadműveletei a Szovjetunióban 1941-ben Magánkiadás, 2012;
- [43] Vattay Antal (vitéz): Az 1. lovasdandár a Szovjet elleni háborúban. Magyar Katonai Szemle XII. évf. 1942. 7. szám;
- [44] Dr. Lengyel Ferenc. Az I. M. Kir. Gyorshadtest hadműveletei a Szovjetunió elleni háborúban (1941. július 9 – november 15.), Hadtörténelmi jegyzet, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, Hadtörténelmi Tanszék, 1994.;
- [45] Zentay István. „Egy nemzetnél sem vagyunk alábbvalók!” (Hadinapló), Budapest: a Vitézi Rend Zrínyi Csoport kiadása, 1942.;
- [46] Andaházi Szeghy Viktor. A magyar királyi honvédség részvétele a Szovjetunió elleni támadásban (1941. június – december), Belvedere, Szeged, 2016.

JEGYZETEK

- 16 A Barbarossa hadművelet (németül Fall Barbarossa vagy Unternehmen Barbarossa) a második világháború során a Harmadik Birodalom által a Szovjetunió ellen 1941. június 22-én indított támadó hadművelet fedőneve volt.
- 17 Carl-Heinrich Rudolf Wilhelm von Stülpnagel (Berlin, 1886. január 2. – Plötzensee, 1944. augusztus 30.) nemesi származású német katonatiszt, 1939-től gyalogsági tábornok, a második világháborúban a Wehrmacht hadtest, majd a 17. hadseregparancsnoka a keleti fronton. 1942-től a megszállt Franciaország katonai kormányzója. Kapcsolatot tartott a katonai ellenállással, aktívan részt vett a Hitler elleni összeesküvésben; annak kudarca után elfogták és kivégezték.
- 18 A parancsnok emlékezetében vélhetően még ott éltek a Kárpátokon való, egy menetvonalon való „előretörés” emlékei – a szerző.

Haditechnika folyóirat összesített tartalomjegyzék, 57. évfolyam, 2023.

Tanulmányok

Németh András – Virágh Krisztián: Mesterséges intelligencia és haderő – Katonai alkalmazási lehetőségek VII. rész	1/2–6	Földi Ferenc: A Gepárd nagy űrméretű puska fejlesztésének története V. rész <i>35 év a honvédség szolgálatában</i>	6/10–12
Ocskay István: Harckocsi-generációk I. rész	1/7–13	Koch Máté: Mesterséges intelligencia és szimuláció II. rész	6/13–15
Varga Béla: A gázturbinás repülőgép-hajtóművek fejlesztési irányai I. rész	1/14–21	Farkas Zoltán: A világ legütőképesebb harckocsijai III. rész	6/16–19
Németh András – Virágh Krisztián: Mesterséges intelligencia és haderő – További katonai alkalmazási lehetőségek VIII. rész	2/2–5	Vasáros Gábor László: Orosz zászlóaljharccsoportok szerepe az elmúlt 8 év tapasztalatainak tükrében II. rész	6/20–25
Ocskay István: Harckocsi-generációk II. rész	2/6–13	Benke Bálint Péter: A megtévesztés új korszaka <i>A mesterséges intelligencia fejlődésének hatása a dezinformációs kampányokra</i>	6/26–33
Varga Béla: A gázturbinás repülőgép-hajtóművek fejlesztési irányai II. rész	2/14–18	Nemzetközi haditechnikai szemle	
Földi Ferenc: A Gepárd nagy űrméretű puska fejlesztésének története I. rész <i>35 év a honvédség szolgálatában</i>	2/19–23	Óze Zoltán: A nukleáris fenyegetettség napjainkban	1/22–27
Guth-Orji Ágnes: A Covid19-fertőzés repülésbiztonsági aspektusai I. rész <i>A bioszenzorok alkalmazásának lehetőségei a fáradtságmérésben</i>	2/24–28	Filipovics Alex: Az elektromos és hibrid hajtásláncú személy- és tehergépjárművek alkalmazásának lehetőségei a Magyar Honvédségben II. rész	1/28–34
Balajti István: Az ELM-2084 MMR többfeladatú légtérelenőrző, légvédelmi és tűzérési felderítőradar	3/2–10	Hegedűs Ernő – Hennel Sándor – Végvári Zsolt: A Bayraktar drónok I. rész	1/35–39
Varga Béla: A gázturbinás repülőgép-hajtóművek fejlesztési irányai III. rész	3/11–14	Kelecsényi István: A szerb haderőfejlesztés I. rész <i>Stit 2022 (Pajzs 22) haditechnikai bemutató Batajnica, Szerbia</i>	1/40–46
Földi Ferenc: A Gepárd nagy űrméretű puska fejlesztésének története II. rész <i>35 év a honvédség szolgálatában</i>	3/15–20	Ocskay István: Integrált, moduláris, vezető nélküli szárazföldi járműrendszerek bemutatója Versailles-ban <i>Az iMUGS PESCO program folytatása Franciaországban</i>	2/29–31
Guth-Orji Ágnes: A Covid19-fertőzés repülésbiztonsági aspektusai II. rész <i>A bioszenzorok alkalmazásának lehetőségei a fáradtságmérésben</i>	3/21–26	Filipovics Alex: Az elektromos és hibrid hajtásláncú személy- és tehergépjárművek alkalmazásának lehetőségei a Magyar Honvédségben III. rész	2/32–37
Varga Béla: A gázturbinás repülőgép-hajtóművek fejlesztési irányai IV. rész <i>A hajtóműfejlesztésekkel kapcsolatos kihívások</i>	4/2–7	Kelecsényi István: A szerb haderőfejlesztés II. rész <i>Stit 2022 (Pajzs 22) haditechnikai bemutató Batajnica, Szerbia</i>	2/38–44
Földi Ferenc: A Gepárd nagy űrméretű puska fejlesztésének története III. rész <i>35 év a honvédség szolgálatában</i>	4/8–11	Ocskay István: Integrált, moduláris, vezető nélküli szárazföldi járműrendszerek bemutatója Németországban <i>Az iMUGS PESCO program záróeseménye</i>	3/27–32
Farkas Zoltán: A világ legütőképesebb harckocsijai I. rész	4/12–16	Hegedűs Ernő – Hennel Sándor – Végvári Zsolt: A Bayraktar drónok II. rész	3/33–36
Vasáros Gábor László: Orosz zászlóaljharccsoportok szerepe az elmúlt 8 év tapasztalatainak tükrében I. rész	5/2–4	Bakos Tamás: Katonai műszaki-technikai újdonságok a MILENG COE 2022-es ipari napján I. rész	3/37–43
Varga Béla: A gázturbinás repülőgép-hajtóművek fejlesztési irányai V. rész <i>A hajtóműfejlesztésekkel kapcsolatos kihívások</i>	5/5–8	Lesták Tamás: Az orosz légierő alkalmazása az orosz-ukrán háborúban I. rész <i>A bevetett harceszközök teljesítménye a konfliktus eddigi szakaszaiban</i>	4/17–22
Földi Ferenc: A Gepárd nagy űrméretű puska fejlesztésének története IV. rész <i>35 év a honvédség szolgálatában</i>	5/9–14	Tóth András: Az orosz-ukrán háború páncélos tapasztalatai tapasztalatai I. rész	4/23–27
Farkas Zoltán: A világ legütőképesebb harckocsijai II. rész	5/15–19	Bakos Tamás: Katonai műszaki-technikai újdonságok a MILENG COE 2022-es ipari napján II. rész	4/28–32
Koch Máté: Mesterséges intelligencia és szimuláció I. rész	5/20–24	Hegedűs Ernő – Hennel Sándor – Végvári Zsolt: A Bayraktar drónok III. rész	4/33–37
Szabolcsi Róbert: Humán operátorok tevékenységének matematikai modellezése I. rész	6/2–9	Lesták Tamás: Az orosz légierő alkalmazása az orosz-ukrán háborúban II. rész	

<i>A bevetett harceszközök harcászati jellemzése és műveletei</i>	5/25–29	Éles Péter: Felesleges lövészlőszeretek szétszereléssel történő hatástalanítása	3/68–72
Tóth András: Az orosz–ukrán háború páncélos tapasztalatai tapasztalatai II. rész	5/30–35	Répás József – Pogány Viktor: IoT forensics módszertan alkalmazásának vizsgálata magas automatizáltságú járművek szakértői vizsgálatában	4/43–49
Ocskay István: <i>A londoni Future Armoured Vehicles Situational Awareness 2023 konferencia</i>		Végyvári Zsolt – Sebők István: A Lynx harcjármű fegyverzete és védelmi rendszerei	4/50–56
A legkorszerűbb érzékelő eszközrendszerek	5/36–39	Tóth Péter – Szeleczi Szilveszter: Előretolt légi irányítás páncélozott járműből	4/57–61
Lesták Tamás: Az orosz légierő alkalmazása az orosz–ukrán háborúban III. rész		<i>Az ERIP-projekt</i>	
<i>A légi indítású rakétafegyverek és a földfelszíni légvédelmi tevékenység</i>	6/34–38	Hegedűs Ernő: Szálerősítéses anyagok 3D-s nyomtatásának hadiipari alkalmazási lehetőségei I. rész	
Gulyás Attila: Hálózati szolgáltatások biztosítása	6/39–42	<i>UAV-k és könnyű járművek a haderőben és a katonai logisztikában</i>	4/62–66
Ocskay István: A vezető nélküli szárazföldi járművek tesztelése Észországban	6/43–46	Porkoláb Imre – Hannel Sándor – Hegedűs Ernő: A Védelmi Innovációs Kutatóintézet, a NATO DIANA és a hazai védelmi célú innováció új rendszere I. rész	5/47–50
Úrtechnika			
Bartóki-Gönczy Balázs: Gondolatok a világűrjog és -politika oktatásának fontosságáról		Szerényi-Salamon Tímea – Somogyi Zoltán: A Magyar Honvédség légi tűzoltó képességének fejlesztési lehetőségei	5/51–56
<i>A UniSpace program</i>	1/47–48	Hegedűs Ernő: Szálerősítéses anyagok 3D-s nyomtatásának hadiipari alkalmazási lehetőségei II. rész	
Kis Árpád: Az űridőjárás jelenségei és az emberi tevékenységre gyakorolt hatásai	2/45–50	<i>UAV-k és könnyű járművek a haderőben és a katonai logisztikában</i>	5/57–64
Kis Árpád: A geomágneses viharok anatómiája és következményei	3/44–50	Horváth Gábor: Forradalmasított hadviselés: Neumann János haditechnikai hagyatéka	5/65–69
Doucha Lilla: Threatened Security Provider – NATO's Opportunities and Challenges in Space	4/38–42	Porkoláb Imre – Hannel Sándor – Hegedűs Ernő: A Védelmi Innovációs Kutatóintézet, a NATO DIANA és a hazai védelmi célú innováció új rendszere II. rész	6/52–56
Kis Árpád: A lökéshullám jelensége és jelentősége	5/40–46	Ozsváth Sándor: Elbit Skylark I-LEX pilóta nélküli felderítő repülőgép rendszeresítése a Magyar Honvédségben	6/57–60
Frey Sándor: A kínai űrprogramokról Budapesten – szakmai értesülés első kézből	6/47–51	Hegedűs Ernő: ADAM-technológiájú 3D-s fémnyomtatás	
Hazai tükör			
Zentay Péter – Hegedűs Ernő – Végyvári Zsolt: A 3D-s nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei II. rész		<i>Technológiai jellemzők és alkalmazási lehetőségek a hadiiparban, a haderőben és a katonai logisztikában, különös tekintettel az UAV-kra és a könnyűjárművekre</i>	6/61–66
<i>3D-s nyomtatott alkatrészek mechanikai tulajdonságainak minőségjavítási lehetőségei</i>	1/49–55	Haditechnika történet	
Rohács József: A személyrepülőgépek biztonsága II. rész	1/56–61	Somkutas Róbert: A német alárendeltségbe léptetett magyar királyi I. gyorshadtest tevékenysége I. rész	1/72–75
Tóth Péter – Szeleczi Szilveszter: A tábori infokommunikációs rendszerek centruma, a HIK-központ	1/62–66	Somkutas Róbert: A német alárendeltségbe léptetett magyar királyi I. gyorshadtest tevékenysége II. rész	2/73–75
Farkas Csaba PhD – Nagy Attila – Csák Attila: A Protar légvédelmi célrepülőgép fejlesztése Magyarországon II. rész	1/67–71	Somkutas Róbert: A német alárendeltségbe léptetett magyar királyi I. gyorshadtest tevékenysége III. rész	
Ádám Balázs – Ember István: Honvédségi járművek a közszolgálati tűzszerező szakfeladatok rendszerében	2/51–56	Áttelepülés Kolimájára, és megindulás a „sztálini betonon”	3/73–75
Zentay Péter – Hegedűs Ernő – Végyvári Zsolt: A 3D-s nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei III. rész		Horváthné Tóth Zsuzsanna – Horváth Tibor: Mueller Othmár Robbantástechnikai Különgyűjtemény	4/67–70
<i>A gyártási hibák hatásának mérséklése, hibaküszöbölési megoldások</i>	2/57–62	Somkutas Róbert: A német alárendeltségbe léptetett magyar királyi I. gyorshadtest tevékenysége IV. rész	4/71–75
Terék Tamás – Éles Péter: Egy magyar hadiipari cég: a Gestamen I. rész	2/63–67	<i>Előre a sztálini úton</i>	5/70–72
Horváth Gábor: A helyfüggetlen toronyirányítás, mint a reziliens katonai légiforgalmi szolgáltatás eszköze	2/68–72	Sarus Ferenc: A Mészáros hadigőzös I. rész	
Kovács Zoltán – Ember István: Új nehézgép a Magyar Honvédségben: WiSENT 2HU	3/51–57	Somkutas Róbert: A német alárendeltségbe léptetett magyar királyi I. gyorshadtest tevékenysége V. rész	5/68–72
Végyvári Zsolt: Modern haditechnika, új konstrukciós megoldások és szerkezeti anyagok, megújuló képzés	3/58–67	<i>Irány a Sztálin-vonal!</i>	6/67–70
		Sarus Ferenc: A Mészáros hadigőzös II. rész	
		Somkutas Róbert: A német alárendeltségbe léptetett magyar királyi I. gyorshadtest tevékenysége VI. rész	6/71–73
		<i>A 17. német hadsereg alárendeltségében</i>	
		Az ötvenhetedik évfolyam 2023. évi tartalomjegyzéke	6/74–75

CONTENTS

STUDIES

Mathematical modelling of human operators' activities, Part 1	2
History of the development of the 'Gepárd' large-calibre rifle, Part 5	10
Artificial Intelligence and simulation, Part 2	13
The world's most powerful tanks, Part 3	16
Russian Battalion Tactical Groups and the past 8 years of experience, Part 2	20
The new era of deception <i>The impact of the development of artificial intelligence on disinformation campaigns</i>	26

INTERNATIONAL MILTECH REVIEW

The use of Russian air power in the Russian-Ukrainian war, Part 3 <i>Air-launched missile weapons and surface-to-air air defence</i>	34
Providing network services	39
Testing unmanned land vehicles in Estonia	43

SPACE ACTIVITIES

On Chinese space programmes in Budapest – first hand professional information	47
---	----

DOMESTIC SURVEY

The Defence Innovation Research Institute, the NATO DIANA and the new system of domestic defence innovation, Part 2	52
The deployment of Elbit Skylark I-LEX unmanned reconnaissance airplane in the Hungarian Defence Forces	57
Potential applications of ADAM metal printing technology in the defence industry <i>3D process for the production of UAVs and light vehicles</i>	61

MILTECH HISTORY

The 'Mészáros' war steamer, Part 2	67
The activities of the 1st Royal Quick Reaction Corp subordinated to Germany, Part 5 <i>The offensive target is the Stalin-line</i>	71
Table of contents of the volume 57th, 2023	74

INHALTVERZEICHNIS

STUDIEN

Mathematische Modellierung der Aktivität menschlicher Bediener, Teil I.	2
Die Entwicklungsgeschichte der Großkalibergewehre von Gepárd, Teil V.	10
Künstliche Intelligenz und Simulation, Teil II.	13
Die stärksten Panzer der Welt, Teil III.	16
Die Rolle der russischen Bataillonskampfgruppen im Lichte der Erfahrungen der letzten 8 Jahre, Teil II.	20
Ein neues Zeitalter der Täuschung <i>Die Auswirkungen der Entwicklung der künstlichen Intelligenz auf Desinformationskampagnen</i>	26

INTERNATIONALE WEHRTECHNISCHE RUNDSCHAU

Die Anwendung der russischen Luftwaffe im russisch-ukrainischen Krieg, Teil III. Luftgestützte Raketenwaffen und bodengestützte Luftverteidigungsaktivitäten	34
Versicherung von Netzwerkdiensten	39
Testen selbstfahrender Landfahrzeuge in Estland	43

RAUMFAHRTTECHNIK

Über die chinesischen Raumfahrtprogramme in Budapest – Fachinformationen aus erster Hand	47
--	----

HEIMATSCHAU

Das Forschungsinstitut für Verteidigungsinnovation, der NATO DIANA und das neue System der inländischen Verteidigungsinnovation, Teil II.	52
Das unbemannte Aufklärungsflugzeug "Elbit Skylark I-LEX" in der Ungarischen Streitkräfte	57
Anwendungsmöglichkeiten der ADAM-Fotodrucktechnologie in der Militärindustrie <i>3D-Prozess bei der Produktion von UAVs und leichten Fahrzeugen</i>	61

GESCHICHTE FÜR WEHRTECHNIK

Der Dampfkriegsschiff "Mészáros", Teil II.	67
Die Aktivitäten unter deutscher Befehlsführung des 1. Königliche Schnelle Korps, Teil V. <i>Angriffsziel ist die Stalin-Linie</i>	71
Inhaltsverzeichnis des siebenundfünfzigsten Jahres 2023	74

A címképünkön: Skylark LEX pilóta nélküli felderítő repülőgép indítása (Forrás: MH Bomemissa Gergely 2. Felderítőezred)
Borító 2: Fent, középen: Orosz Mikojan-Gurjevics MiG-31K típusú nehéz elfogó vadászrepülőgép 9-S-7760 (Kh-47M2) Kindzsál, hiperszonikus, aeroballisztikus rakétafüggesztménnyel Lent: Az ukrán légierő Szuhoj Szu-27 (Flanker) vadászbombázó repülőgépe (Forrás: Shutterstock)
Borító 3: Fent, bal oldal: A CharismaTec kutatóközpont ARTUS PTAone járműve a speciális futóművének képességeit demonstrálja Fent, jobb oldal: A megmérettetés könnyed hangulatban zajlott: a 4x4 kerék meghajtású spanyol SR-001 UGV kezelővel a tehertérben halad Lent: A Rheinmetall Mission Mastere önállóan halad a sűrű aljnövényzettel benőtt észterdőben (Fotók: Ocskay István)
Poszter: A 2024-es poszternaptárunkon a Leopard 2A7HU harckocsi gyári fotója látható (Forrás: KMW)

Szerzőink figyelmébe

A szerkesztőség két független lektorral ellenőrizteti a beküldött kéziratokat és plágiumellenőrzésnek veti alá azokat. A cikkeknek tartalmaznia kell: egy max. 6-10 soros összefoglalást és 5 kulcsszót magyar és angol nyelven is, illetve a cím angol nyelvű fordítását. Lapunk szerzőinek nevénél lábjegyzetben fel kell tüntetni: a szerző Orcid azonosítóját (www.orcid.org oldalon kérhető), továbbá a szerző munkahelyét, intézményi kötődését, (illetve tudományos fokozatát – ha ilyenrel rendelkezik). A kéziratot csak a felhasználó irodalmak megjelölésével fogadjuk el. Ha a hivatkozott irodalmi forrás rendelkezik DOI azonosítóval, azt kérjük feltüntetni. A hivatkozásokra vonatkozó szabály, hogy egyetlen olyan forrás se szerepeljen a felhasználó irodalom jegyzékében, amelyre a szerző a törzsszövegben nem hivatkozik. A szerzői jogra (copyright) vonatkozó jogok és kötelezettségek, továbbá a tisztelőtől a kiadói szerződésben kerülnek szabályozásra. A cikkeket a haditechnika@hmzrinyi.hu e-mail-címre várjuk. A Haditechnika folyóirat cikkeit a szerkesztőség feltölti a Magyar Tudományos Művek Tárába, emellett az elmúlt több mint 50 év lapszámai elérhetők az MTA REAL-J repozitóriumban: <http://real-j.mtak.hu/view/journal/Haditechnika.html>

Előfizetés

Éves előfizetési díj 5940 Ft.

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága, 1008 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél,

e-mailen: hirlapelőfizetes@posta.hu, faxon: 303-3440,

Stúdió könyvesbolt

1138 Bp., Népfürdő u. 15/D, telefon/fax: 359-1964, 359-6461, HM Zrínyi Nonprofit Kft.

Ügyfélszolgálat – Könyv- és térképbolt Budapest II., Fillér u. 14.

Levélcíme: 1276 Budapest 22, Pf. 85 telefon: +36 30-388-4034

e-mail: ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu További információ: 06 80/444-444

A folyóirat 2005-2015 közötti példányai megrendelhetőek a Zrínyi webshopban (www.hmzrinyi.hu/termekek/magazinok).

A Haditechnika megvásárolható

Lira Könyvárúhá, Récsei Center 1146 Bp., Istvánmezei út 6., telefon: 411-1543

Stúdió könyvesbolt

1138 Bp., Népfürdő u. 15/D, telefon/fax: 359-1964, 359-6461

HM Zrínyi Nkft.

Ügyfélszolgálat

Budapest II., Fillér u. 14.

Nyitvatartás: H.–P. 9:00–16:30 óra ugyfelszolgalat@hmzrinyi.hu





HONVÉDELMI
MINISZTERIUM



ÉS TE KÉSZEN ÁLLSZ?



WWW.IRANYASEREG.HU

