

Ádám Balázs¹

A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA
ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI
A TŰZSZERÉSZFELADATOK
TECHNIKAI TÁMOGATÁSÁBAN²

ABSZTRAKT

A tanulmány fő célkitűzése teoretikus és empirikus módszerekkel egyaránt megvizsgálni korunk mesterséges intelligenciájának alkalmazhatóságát a katonai műveletek egy szűk és egyedi spektrumában, a tűzszerész-tevékenységekben. A vizsgálat eredményeként elmondható, hogy a technológia képes lenne széles körű és hatékony támogatást nyújtani a tűzszerésműveleti feladatok végrehajtásában elsősorban hazai körülmények között, közszolgálati tevékenységek során. Egy ilyen jellegű képesség kialakítása azért is kulcsfontosságú, mert napjaink másik talán legtöbbet kutatott hadtudományi kérdéskörével, a drónok katonai alkalmazásával összhangban a drónok mint fizikális platformok a szoftverek szélesebb körű felhasználhatóságát teszik lehetővé. Kulcsszavak: tűzszerész, mesterséges intelligencia, robbanótestek, felismerő rendszer, aknagránát

- ¹ Tűzszerésztiszt, MH 1. Tűzszerész és Folyamőr Ezred, e-mail-cím: adam.balazs@uni-nke.hu
- ² A publikáció az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-1-I-NKE-93 kód-számú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

BEVEZETÉS

Hazánk területén számos alkalommal zajlottak olyan fegyveres konfliktusok, ahol a hadianyag felhasználása a korábbiakhoz képest soha nem látott mértéket öltött. Ilyen konfliktusok voltak a szabadságharcok, az Oszmán Birodalommal vívott harcok vagy az első világháború, illetve a hazánk területén keresztülhaladó második világháború is. Tűzszerészszerempontból csak azok a konfliktusok relevánsak, ahol robbanóanyagot vagy pirotechnikai anyagot (akár lőport) alkalmaztak. A fegyveres konfliktusok közül a második világháború hagyta hátra a legnagyobb lábnyomot a hadianyag-szennyezettség tekintetében. Évente akár több mint 30 000 darab³ hatástalanításra váró eszköz is előkerül, zömében az utóbb említett harcok következtében.⁴ Az előtalált eszközök egy része természetesen nem jelent veszélyt környezetére, mert működése már végbement, vagy alaprendeltetéséből fakadóan csak külsőre egyezik meg az éles eszközökkel. Itt fontos megemlíteni, hogy ezen eszközök ismertetőjegyeinek pontos azonosítása magas szintű szakmai felkészültséget kíván, így bárki, aki robbanótestnek tűnő eszközt lát vagy talál, ne nyúljon hozzá, haladéktalanul értesítse a rendőrséget!

Felsőfokú tanulmányaim idején a hadtörténelem iránti szeretetemből és érdeklődésemből fakadóan fémkereső műszeres terepkutatásokat végeztem több, egykori második világháborús helyszínen. Ezek egyik járulékos eredményeként testközelből ismerkedtem meg azzal a folyamattal, amely egy feltételezett robbanótestet az előtalálás helyétől egészen a robbantógödör aljáig kísér. Ezen folyamat során a rendőrségnek és a Magyar Honvédség (MH) kijelölt szakcsapatának gördülékeny és rugalmas együttműködése szükséges. A Nemzeti Közszerológiai Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai vezetői szakirány elvégzését követően első tiszti beosztásba jelenlegi nevén az MH 1. Tűzszerész és Folyamőr Ezredhez (MH 1. TFE) kerültem, ahol tűzszerészosztályos fokozatot szereztem. Az itt eddig eltöltött idő tovább erősítette bennem azt a feltételezést, mi-

³ EMBER 2020.

⁴ EMBER 2020.

szerint egy mesterséges intelligencián (MI)⁵ alapuló szoftver nagyban elősegítené és hatékonyabbá tenné a korábban említett két állami szervezet együttműködését.

A hadtudomány kiemelt kutatási területeinek egyike az ország és természetesen az állampolgárok védelme.⁶ A tűzszerészkatonák mindennapos tevékenysége ezeket a fő célítúzéseket valósítja meg nap mint nap. Éppen ezért fontos ezeknek a mindennap végrehajtott éles műveleti feladatoknak a támogatása, a kor és a technikai lehetőségek legmagasabb szintű alkalmazásával. Ilyen művelettámogató szoftver lehetne egy MI-alapú képfelismerő program, amely képes felismerni képekről a beleprogramozott eszközök pontos típusát. Egy ilyen vagy ehhez hasonló program hatékonyan tudná segíteni az aknamezők drónos légi felderítését is,⁷ valamint más közszolgálati és missziós jellegű drónos tűzszerész-szaktevékenységeket is.⁸ Az MI alkalmazása az ország és az állampolgárok védelme céljából nem egyedülálló. A világ számos országának katonai és rendvédelmi szervei alkalmaznak már ilyen fejlett technológiát feladat-végrehajtásuk közvetett vagy közvetlen támogatására.⁹

A kutatás megindításához szükséges volt hiteles információkat szerezni a képi adatbázis összeállításával és az MI-programozás lehetséges módjaival kapcsolatosan. Szükséges volt olyan szabad felhasználású online platformok keresése, amelyekkel programozói tudás nélkül, grafikus modellek segítségével lehet programozni. A kutatás során számos tesztelési folyamatra volt szükség, ugyanis nincsen két ugyanolyan képi adatbázis, és ezért neurális háló sem. Rengeteg tesztelést kellett elvégezni a képi adatbázis összeállításával kapcsolatosan. Ilyenek voltak például a képek hátterei, a fényképezési szögek, a színes vagy fekete-fehér képek, továbbá a felvételek területeinek eszközökkel való kitöltöttsége és az eszközrészletek megörökítésének integrálása okán végzett tesztek. Az általam használt programozó MI-algoritmusban ennél már jóval kevesebb állítási lehetőség

⁵ *Artificial intelligence* – AI.

⁶ BODA et al. 2016a; BODA et al. 2016b.

⁷ KOVÁCS–EMBER 2021; KOVÁCS–EMBER 2022a.

⁸ EMBER–KOVÁCS 2020; KOVÁCS–EMBER 2022b.

⁹ NÉMETH–VIRÁGH 2022; NÉMETH–VIRÁGH 2023.

volt. Itt leginkább a rétegek számával és az újratanulások mértékével kellett teszteléseket végezni.

Minden egyes tesztelési folyamatnak az volt a célja, hogy olyan neurális háló képződjön le az egyedi beállítások mentén, amely minden alapvető célkitűzésnek eleget tesz. Ezek a célkitűzések a következők voltak:

- ♦ olyan képi adatbázis létrehozása konvencionális katonai robbanótestekről, amely alkalmas lehet neurális háló programozására;
- ♦ olyan neurális háló létrehozása, amely képes katonai eredetű konvencionális robbanótestek csoportokba sorolására előre meghatározott paraméterek alapján;
- ♦ és olyan neurális háló létrehozása, amely képes ezekben a csoportokban egyes konkrét eszközök pontos felismerésére legalább 70%-os pontossággal. Így a kutatás fő célja volt:

„a Magyarországon legnagyobb számban fellelhető robbanóeszközökről rendelkezésre álló információk, műszaki paraméterek vizsgálata és rendszerezése a fejlesztésre tervezett szoftver tanításának támogatása érdekében. Egy MI-alapú robbanótest-azonosító szoftver elméleti alapjainak és lehetőség szerint prototípusának kidolgozása, amely tovább fejlesztve alkalmassá tehető a tüzserészezred [MH 1. Tüzserész és Folyamőr Ezred – Á. B.], valamint a rendőrség kapcsolódó szakfeladatainak hatékony támogatására.”¹⁰

A KÖZSZOLGÁLATI TŰZSZERÉSZ- TEVÉKENYSÉGEK SZABÁLYOZÁSA

A Magyarország területén előtalált katonai eredetű robbanótestek hatástanítási feladataival a MH 1. TFE van megbízva és azokra kizárólagosan felhatalmazva. A Honvédség irányában rögzített jogok és kötelezettségek a 142/1999. (IX. 8.), a tüzserészeti mentesítési feladatok ellátásáról szóló kormányrendeletben vannak rögzítve. Ez a jogszabály kiterjed minden műveleti feladatot végző katonai tüzserészre és a mentesítési feladatokban

¹⁰ ÁDÁM 2023a.

közreműködő személyekre és szervezetekre. Bárki, aki katonai jellegű, robbanóanyagot tartalmazó eszközt vagy annak látszó tárgyat talál, valamint ilyenről tudomása van, azt köteles bejelenteni a rendőrségnek. A hatósági folyamat részeként a rendőrség munkatársai a helyszínre érkeznek (hitelesítik a bejelentést), majd felveszik a kapcsolatot a MH Tűzszerész Ügylettel. A MH Tűzszerész Ügyleten szolgálatot teljesítő katonai tűzszerészek nyilvántartásba veszik a bejelentést, és beszerzik a művelet-végrehajtáshoz szükséges egyéb információkat (elhelyezkedés, méret, jelölések, darabszám, megközelíthetőség stb.). Ezt követően jelentést tesznek a szervezet ügyeletes tűzszerészparancsnokának, aki a meglévő információk alapján döntést fog hozni a bejelentés kategóriáját illetően.¹¹ „A” kategóriába kell sorolni az esetet, amennyiben az eszköz elhelyezkedését illetően:

- „lakóépületben;
- oktatási, nevelési, szociális, egészségügyi vagy más közintézmény területén;
- vízi vagy szárazföldi útvonalon, közforgalmú repülőtéren;
- közterületen;
- vízi létesítmény belső védőterületén lelték fel és a vízszolgáltatást akadályozza;
- illetve az egyéb helyen talált robbanótest sürgős tűzszerész mentesítése alapos okból indokolt.”¹²

„A” kategória esetében a tűzszerészjárőrt soron kívül kell kirendelni a helyszínre. Minden más esetben „B” kategóriájú lesz a bejelentés. Ilyenkor 30 napon belül kell a helyszínre történő kirendelést megtenni.¹³

Az eszközhöz kikerkező tűzszerészjárőr a műveleti eljárások alapján tevékenykedik, megtisztítja az eszközt és meghatározza annak pontos típusát, hogy alkalmazták-e azt, és más releváns információkat. Ezeket a paramétereket figyelembe véve és konzultálva az ügyeletes tűzszerészparancsnokkal a járőrparancsnok döntést hoz, hogy az eszköz szállítható

¹¹ DARUKA 2014.

¹² 142/1999. (IX. 8.) Korm. rendelet.

¹³ 142/1999. (IX. 8.) Korm. rendelet.

állapotban van-e. Amennyiben igen, úgy központi gyűjtőhelyre szállítják, és később semmisítik meg biztonságos körülmények között. Amennyiben az eszköz nincsen szállítható kondícióban, úgy a helyszínen vagy a helyszín közvetlen közelében fogják az ártalmatlanítást elvégezni a tűzszerészkatónák.

Katonai tűzszerészfeladatok térítés ellenében is végezhetők, és azokra fel lehet kérni az MH 1. TFE-t az alábbi esetekben:

- ♦ „megrendelésre olyan terület, objektum tűzszerészeti átvizsgálása, amely a megrendelő feltételezése szerint robbanótestet tartalmaz;
- ♦ robbanótestek azonosítása oly anyaghalmazból (pl. fémhulladék, építési törmelék), amely a megrendelő feltételezése szerint robbanótestet tartalmazhat;
- ♦ nagyobb mennyiségű, robbanóanyagot tartalmazó (pl. pirotechnikai eszköz) hatástalanítását megrendelésre;
- ♦ tűzszerészeti feladatok ellátását segítő tevékenységre történő felkészítés;
- ♦ szakértői feladatok ellátása.”¹⁴

ROBBANÓTESTEK MAGYARORSZÁG TERÜLETÉN

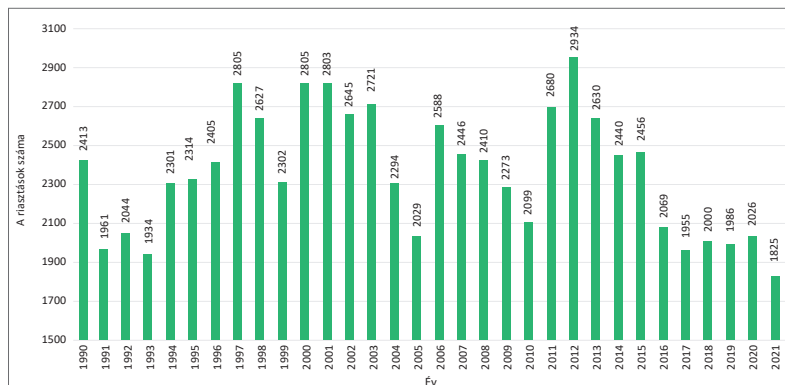
Vajon szennyezett hazánk területe katonai eredetű hadianyaggal? Röviden és tömören: igen! Leginkább a második világháború következményeként. Csupán Budapest szovjet ostroma 102 napig tartott. A harcok során olyan megerődített védelmi állásokat alakítottak ki, mint a Margit-, az Attila-, a Karola-vonal vagy a Gizella-állás, ahol a német–magyar védő csapatok hosszabb-rövidebb időre feltartóztatták az előrenyomuló szovjet csapatokat. Az elhúzódó harcok területén az itt eltöltött idővel egyenesen arányosan nőtt a hadianyag felhasználása is.¹⁵ Mivel Magyarország teljes területe hadszíntér volt, így az ország minden térsége szennyezett ezekkel a halált okozó veszélyes eszközökkel.

¹⁴ 142/1999. (IX. 8.) Korm. rendelet.

¹⁵ VÖRÖS–DARUKA 2012: 23.

2021-ben összesen 1825¹⁶ bejelentés érkezett az MH Tűzszerész Ügyletre, ahogyan az 1. ábrán is látható. A korábbi évekhez képest ez alacsonyabb szám, de amit több évtized statisztikái is megerősítenek, hogy valójában ritkaságnak számít az évenkénti 2000-nél kevesebb bejelentés. Természetesen a kiugróan magas számú évekhez általában társul valamilyen nagyobb volumenű, akár országos szintű építkezés vagy fejlesztés is (például autópálya), amely nagy mennyiségű földmunkával jár.

A bejelentési statisztikákat időpont és helyszín alapján is csoportosíthatjuk. Előbbi tekintetében a legnagyobb számú bejelentés tavasszal, a tavaszi munkák megkezdése során szokott érkezni, ezt követi egy stagnáló nyár, illetve egy nyárhoz képest emelkedett őszi időszak, amely megint csak az őszi mezőgazdasági munkáknak köszönhető.¹⁷ Területi eloszlásban a legszenyvezetteb vármegyék közé tartozik Fejér és Pest, illetve a főváros, Budapest. A legkevesebb bejelentés Békés, Nógrád, Zala és Tolna vármegyéből szokott érkezni. A területi eloszlás a korábban már említett történelmi eseményekkel, egészen pontosan a területen vívott harcok időtartamával egyenesen arányos.¹⁸



1. ábra: A tűzszerészriasztások éves eloszlása

Forrás: EMBER 2023: 24.

¹⁶ KOVÁCS–EMBER 2023: 189.

¹⁷ KOVÁCS–EMBER 2023: 190.

¹⁸ EMBER 2020.

A MESTERSÉGES INTELLIGENCIÁBAN REJLŐ LEHETŐSÉGEK

Talán nem állítunk valótlanúságot, ha azt mondjuk, hogy napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő informatikai területe az MI. Gondoljunk csak a ChatGPT¹⁹ alkalmazására a mindennapi élet során, vagy más olyan programokra, amelyek révén az általuk irányított eszköz önállóan képes feladatokat végezni. De beszélhetnénk az orvosi diagnosztika egyes MI-alapú szoftvereiről²⁰ vagy a katonai alkalmazást tekintve a robbanóanyag-gyártás modern eljárásainak²¹ minőségbiztosítási elemeiről is. A fejlesztés igénye nemcsak az ipar részéről jelenik meg, hanem napjaink információs társadalmának minden rétegéből. Éppen ezért nem haladhatunk el a technológia adta lehetőségek mellett tűzszerésvonatkozásban sem. Ki kell aknázni, fel kell térképezni azokat a technológia adta konstruktív megoldásokat, amelyeket a tűzszerész-szakfeladatok során általánosan vagy egy-egy apró probléma megoldására, esetleg a végrehajtás támogatására lehetne alkalmazni.

Annak ellenére, hogy a kutatási terület nagyon felkapott, a mesterséges intelligencia szókapcsolatnak nemzetközileg is elfogadott egységes megfogalmazása máig sem ismert. Nyelvtanilag értelmezve a mesterséges szó egyértelműen valami külső emberi beavatkozás eredményeként létrejött dolgot feltételez.²² Az intelligencia szó pedig „fejlett értelmi, megértő ítélőképesség-et”²³ jelent. A szókapcsolat együttes értelmezése már ennél nehezebb feladat, Négyesi Imre készített a témában kutatást, amelyről bővebben a lábjegyzetben jelzett cikkben lehet olvasni.²⁴

Az MI-k fizikálisan is mérhető kognitív tulajdonságaik alapján, mint a döntéshozatal vagy a tudatosság, három fő csoportra oszthatók. A gyenge vagy más néven keskeny MI²⁵ lényege, hogy képes önállóan feladatokat végezni, de saját maga fejlesztésére már nem képes, így nem tudja új felada-

¹⁹ ChatGPT. Online: <https://openai.com/index/chatgpt/>

²⁰ NÉMETH–VIRÁGH 2022; NÉMETH–VIRÁGH 2023.

²¹ DARUKA 2022b.

²² Mesterséges szócikk.

²³ Intelligencia szócikk.

²⁴ NÉGYESI 2017.

²⁵ *Artificial narrow intelligence.*

tok végrehajtását önállóan megtanulni (napjaink MI programjainak nagy része ilyen). Az erős vagy más néven általános MI²⁶ lényege, hogy képes magát önállóan fejleszteni, így az idő múlásával új feladatok végzésére is alkalmassá teszi magát. Ezek az MI-k már képesek a humán értelemben vett intelligencia megvalósítására, de alapvetően napjaink szoftverei még nem ilyen fejlettek. A szuper, más néven tudatos MI²⁷ már képes összetett problémákat elemezni, érzelmeket kifejezni. Egy ilyen szoftver meghaladja jelen korunk emberi kognitív tudását minden értelemben és feladatban.²⁸

A gépi tanulás (a technológia részterülete) során matematikai modellek segítségével történik az adatelemzés és az MI döntéshozatalának kialakítása. A matematikai algoritmusok segítségével minták keresése történik egy tanuló-halmazban, amelyből adatmodellek generálódnak. Később az MI ezekből a modellekből képes előrejelzéseket jelezni és következtetéseket levonni. A gépi tanulás három formája ismert, a felügyelt tanulás, a nem felügyelt tanulás és a megerősítéses tanulás.²⁹ Terjedelmi okokat figyelembe véve a tanítási módszerek részletes bemutatására jelen tanulmányban nincs mód, de a hivatkozott publikációban további információkat lehet találni a témáról.³⁰

MESTERSÉGES INTELLIGENCIA-ALAPÚ TŰZSZERÉSZTÁMOGATÓ INFORMÁCIÓS RENDSZER

Az MI-k jelenlegi fejlettségi szintjéhez igazodva egy ilyen alapokon nyugvó művelettámogató rendszer elsősorban a helyszínre először érkező rendőrség és a később helyszínre érkező MH 1. TFE közös munkáját tudná elősegíteni. Az együttműködés megkönnyítése érdekében a rendőrfőkapitánynál lévő szolgálati telefonra lehetne telepíteni a kifejlesztésre váró alkalmazást, amellyel képet készítve az eszközről az MI kategorizálni tudná azt (a hazai tűzszerezési eljárások alapján 8 főcsoportba soroltam minden eszköztípust). Így az MH Tűzszerezési Ügyletre már előszűrt információk kerülnének. Megfelelő neurális hálók kapcsolatok segítségével, amennyiben szükséges, a főcsoportokon belül

²⁶ *Artificial general intelligence.*

²⁷ *Artificial super intelligence.*

²⁸ JAJAL 2018.

²⁹ *Mi a gépi tanulás?* [é. n.]; *What Is Machine Learning?* 3 *Things You Need to Know* [é. n.].

³⁰ ÁDÁM 2023b.

meghatározatlan szintű alcsoportok hozhatók létre, amelyeken belül el lehet helyezni a konkrét eszközöket. Ennek lényege, hogy a tűzszerésműveletek irányításáért felelős szervezeti elem a tervezésükhöz szükséges mértékben tud információt kapni. Sok esetben nem lenne szükséges a pontos eszköztípus meghatározása, egy főcsoport és azon belül még egy alcsoport meghatározása teljesen elégséges lehet. Egy ilyen telefonos applikáció további előnye, hogy az eszköz beépített GPS-adóvevőjének köszönhetően nem kellene manuális módon címet vagy koordinátát továbbítaniuk a rendőröknek az MH Tűz-szerész Ügyelet irányába, hiszen ezek az adatok az MI eredményével együtt érkeznének be. Ezenkívül a feltételezett robbanótest környezetéről is lehetne képeket csatolni, segítve ezzel a tűzszerészek általi felkutatást például egy erdős-bokros területen, ahol a látóhatár kicsi. A felsorolt integrált modulok haszna abban jelenne meg, hogy az ilyen módon beszerzett felderítési adatok segítségével az előtalált eszközök veszélyességi fokának meghatározása és kategorizálása egyszerűsödne a tűzszerész-művelettervezés során. Ezzel a támogatással az elintézendő helyszínek sorrendjének meghatározása válna hatékonyabbá, figyelembe véve az egyes járőröknél lévő robbanóanyag-készlet mennyiségét (bizonyos robbanóanyag-fogyás esetén lennének olyan eszközök, amelyeket a járőr a helyszínen még fel tudna robbantani, ha azok nem szállíthatók, de lennének már olyan, általában nagyobb tömegű eszközök is, amelyeket egy járőr nem lenne képes ártalmatlanítani a rendelkezésére álló mennyiségű robbanóanyaggal). A valós idejű művelettervezés során jelentkeznek olyan helyzetek is, amelyekben egyik folyó feladatról kell át-irányítani tűzszerészjárórt egy másik, magasabb prioritású helyszínre. Ekkor a döntés-előkészítés szempontjából fontos a minél nagyobb mennyiségű és pontosságú felderítési adat. Az MI fontos fejlesztési iránya lenne még a robbanótestek és az NRT-k (nem robbanó testek) megkülönböztetése, ugyanis az éves átlag bejelentésszámok nagyjából 10%-a³¹ NRT szokott lenni. Erőforrás-menedzsment tekintetében az erre a 10%-ra elköltött anyagi forrásokat és időtényezőt más fontosabb feladatok végrehajtására lehetne átcsoportosítani. Ehhez természetesen rendkívül kifejtett, sokszor bizonyított, megbízható és nagyon pontos felismerő rendszerre van szükség, amelynek a fejlesztése sok időt vesz igénybe.

³¹ EMBER 2020.

Objektumfelismerés vagy képelemzés, merül fel a kérdés teljesen jogosan. Napjaink MI-kutatásainak központi elemei ezek, mégis gyakran színonimaként kezelik a két területet. Az objektumfelismerést elsősorban azokra az algoritmusokra használjuk, amelyek valós idejű vagy korábbi videófelvételeken képesek előre betanított objektumokat, tárgyakat beazonosítani és felismerni.³² A képelemzés³³ ezzel szemben fényképeken lévő tárgyakat tud azonosítani és felismerni elemzés útján. Ennek eredményeként, százalékos valószínűséggel társítva mondja meg egy képről, hogy azon az előre betanított alakzatok, eszközök közül melyiket véli leginkább azonosítani.³⁴ Mivel a kutatás célkitűzése a hazai közszolgálati tevékenységet támogató szoftver fejlesztése, így a már megtalált eszközöket kell azonosítani, nem pedig eszközöket megtalálni, ezért a kutatás során a képelemzést alkalmaztuk. Amennyiben a célfeladat aknamező vagy ahhoz hasonló területek felderítése lenne, egyértelműen az objektumfelismerés módszerét kellene alkalmazni.

A képelemzés elvi működése mögött rejlő konvolúciós matematikai modellt terjedelmi megfontolásokból nem mutatjuk be, de a témáról részletesebb leírás található a hivatkozott publikációban.³⁵

KÉPI ADATBÁZIS

A képelemző szoftverek alapját jelentő konvolúciós neurális hálók tanítási folyamatához szükség van egy tanulóhalmazra, amely jelen esetben egy képi adatbázisban manifesztálódik. Ennek a képi adatbázisnak megfelelően strukturálnak, pontosnak, megfelelő minőségűnek és részletességűnek, valamint hiteles forrásból származónak kell lennie. A matematikai modellből kifolyólag az adatbázisban elhelyezett eszközök mindegyikéről közel azonos számú fényképet kell feltölteni, mivel ha bizonyos eszközcsoportok között jelentős eltérés van, akkor a túltanítás jelensége lép fel, amely a felismerés valószínűségének arányát el fogja tolni a több képpel rendelkező halmaz irányába, így hamis eredményt produkálva.

³² Régens 2019.

³³ *Image processing*.

³⁴ *Image Processing Definition, Examples and Application* [é. n.].

³⁵ ÁDÁM 2023c.



2. ábra: 36M 81 mm-es magyar aknavető gránát

Forrás: a szerző felvétele

A kutatás során kísérleti és demonstrációs jelleggel készítettem több neurális hálót a 2. ábrán is látható aknagránát-típusú eszközökről (természetesen a teljesség igénye nélkül). Alapelv volt, hogy minél több kép készüljön ezekről a robbanótesttípusokról, így két háttér előtt (fehér és növényzet) összesen 7 különféle szögből készültek képek. Az adatbázis növelése érdekében az alapfényképek mellé, ahol a kép kitöltési aránya körülbelül 20% volt, készültek még kivágott részletképek is a jellegzetesebb eszközrészekről, ebben az esetben a képek kitöltési aránya 70–80% között mozgott. Ezekkel a vágott képekkel az is cél volt, hogy ha egy helyszínen csak a robbanótest részlete látható, mert túl koszos, vagy csupán egy része van a felszínen, akkor is hatékonyan működjön a felismerő rendszer. A meglévő adatbázis hitelessége nem megkérdőjelezhető, mivel minden kép a MH 1. TFE kiképzési kabinetjében készült. Az itt található eszközök valaha élesek voltak, de a hatástalanításuk során minden robbanóanyagot eltávolítottak belőlük, pontosan megegyeznek a még éles társaikkal.

Már korábban említettem, hogy a konvolúciós neurális hálók tanításához az adatbázisnak logikusan felépítettnek kell lennie, ebből a célból a Mesterseges Intelligencia Alapú Tűzszerész Támogató Információs Rendszerben a robbanótesteket 8 főcsoportba soroltam. A főcsoportokba tartozó eszközök

rendeltetésükből fakadóan rendkívül eltérő felépítéssel, alakkal, méretekkel és egyedi azonosító jelekkel rendelkeznek.³⁶ A főcsoportokon belül alcsoportokat hoztam létre, amelyekben legtöbbször űrméret alapján történt a további csoportosítás. Az alcsoportok szintjei korlátlanul növelhetők, azoknak felső korlátja nincsen. De fontos rendezőelv ezek kialakításában, hogy az adott csoportok olyan tulajdonságokat takarjanak, amelyek kihasználással lehetnek a tűzszerész-művelettervezésre.

1. táblázat: A képi adatbázis hierarchiája

1. Aknagránátok	1.1. Kis űrméretű (5–6 cm)	
	1.2. Kis űrméretű (8 cm)	
	1.3. Közepes űrméretű (12 cm)	
2. Tüzérségi gránátok	2.1. Páncéltörő gránátok	2.1.1. Kis űrméretű (–75 mm)
		2.1.2. Közepes űrméretű (75–155 mm)
		2.1.3. Nagy űrméretű (155– mm)
	2.2. Repeszgránátok	2.2.1. Kis űrméretű (–75 mm)
		2.2.2. Közepes űrméretű (75–155 mm)
		2.2.3. Nagy űrméretű (155– mm)
	2.3. Romboló gránátok	2.3.1. Kis űrméretű (–75 mm)
		2.3.2. Közepes űrméretű (75–155 mm)
		2.3.3. Nagy űrméretű (155– mm)
	2.4. Repesz-romboló gránátok	2.4.1. Kis űrméretű (–75 mm)
		2.4.2. Közepes űrméretű (75–155 mm)
		2.4.3. Nagy űrméretű (155– mm)
3. A kézi tüzérség eszközei	3.1. Aktív hajtóművel	
	3.2. Hajtómű nélkül	

³⁶ A 8 főcsoport a magyar szakmai gyakorlat által bevett osztályozási rendszer alapján különül el. Ilyen szakmai gyakorlatokat ismertet bombák esetében például: DARUKA 2014.

4. Puskagránátok és gránátvetők	4.1. Puskagránátok	
	4.2. Gránátvetők	
5. Kézigránátok	5.1. Gömbölyded	
	5.2. Hengeres	
	5.3. Nyéllel ellátott	
6. Bombák	6.1. Szabadesésű bombák	
	6.2. Fékezett bombák	
	6.3. Lézervezérlésű bombák	
7. Aknák	7.1. Gyalogsági aknák	7.1.1. Földfelszín alá helyezett aknák
		7.1.2. Irányított hatású repesztöltetek
	7.2. Harckocsiaknák	
	7.3. Vízi aknák	
8. Rakéták	8.1. Föld-föld	
	8.2. Föld-levegő	
	8.3. Levegő-föld	
	8.4. Levegő-levegő	

Forrás: a szerző szerkesztése

A kategóriák számozása 1-től 8-ig az 1. táblázat alapján történt. Az alcsoportok számozása hasonlóan generálódott, de abban megjelenik a felettük lévő csoport/csoportok azonosítószáma is. Az utolsó alcsoportokon belül helyezkednek el a konkrét eszközök, amelyek ugyancsak kapnak referenciaszámot. A képi adatbázisban egy eszközről készült összes kép kaphat az előző elv alapján sorszámot a könnyebb nyilvántartás érdekében, de természetesen a kialakítás miatt ezen képek száma korlátlan. Az aknagránátok főcsoportban 3 alcsoport található, eszközüzméret alapján ezek az 5–6 cm-es, a 8 cm-es és a 12 cm kategóriák. Ezen belül már a konkrét eszközök találhatóak a 2. táblázat alapján.

2. táblázat: Az aknagránátok csoportosítása

1.1. Kis űrméretű (5–6 cm)	1.1.1. Wgr. 36 (német)
	1.1.2. 39M (magyar)
	1.1.3. Md. 35 (román)
	1.1.4. O-822 (szovjet)
1.2. Kis űrméretű (8 cm)	1.2.1. Wgr. 34 (német)
	1.2.2. 36M (magyar)
	1.2.3. 57-V-003 (magyar)
	1.2.4. Md. 35 (román)
	1.2.5. O-832 (szovjet)
	1.2.6. O-832D (szovjet)
	1.2.7. O-832DU (szovjet)
	1.2.8. Sz-832 (szovjet)
1.3. Közepes űrméretű (12 cm)	1.3.1. Wgr. 42 (német)
	1.3.2. 43M (magyar)
	1.3.3. Román repesz-romboló (román)
	1.3.4. OF-843 (szovjet)

Forrás: a szerző szerkesztése

Minden aknagránátról közel azonos mennyiségű, körülbelül 30 db kép került az adatbázisba (az alcsoportok között volt számbeli eltérés, de azon belül az eszközök között már nem). Az eszközökről, a korábban tárgyalt módon, több szögből készültek képek fehér és természetes (növényzet) háttérrel. Minden eszköz esetében részletfotók készültek a gyújtószerkezetről, a hengeres részről és a stabilizátorrésztől is, ezek a részben fedett aknagránátok esetében próbálják segíteni a pontos felismerést. A körülbelül 30 db kép eszközönként rendkívül kevésnek minősül. Azért használtam csupán ilyen méretű tanulóhalmazt, hogy vizsgálatom eredményeként meghatározhatassam, képes-e egyáltalán a technológia a kis képmennyiség ellenére a hagyományos katonai robbanótestek megkülönböztetésére, és ha igen,

akkor milyen hatékonysággal. A szakirodalom még a 100 képet is kevésnek tartja, az 500 felvételt már jobb minőségű tanulóhalmazként emlegetik, de a legjobb felismerési aránnyal rendelkező neurális háló képzéséhez a 10 000 körüli képmennyiség lenne az ideális. Alapvetés, hogy a nagyobb, részletesebb adatbázissal magasabb felismerési pontosságot lehet elérni.³⁷

A NEURÁLISHÁLÓ-KOMPONENSEK JELLEMZÉSE ÉS A MEGHATÁROZÁSI PONTOSSÁG MÉRÉSE

A kutatás leginkább kézzelfogható és legnagyobb értékkel bíró eredménye az a három neurális háló, amelyeket az aknagránátok főcsoport három alcsoportjára, egészen pontosan az 5–6 cm-es, a 8 cm-es és a 12 cm-es *Munka1* készítettem. Ahhoz, hogy meghatározzam, melyik *epochs* és *batch size*³⁸ párosítás a leghatékonyabb, az adott alcsoportra vonatkozóan vizsgálatokat kellett végezni a felismerés pontosságáról. Az *epoch* szám 100 és 10 000 között változott, *batch size* esetében alapvetően 16-tal dolgoztam, de helyenként a 32-t is teszteltem.

A mérési napló eredményeit a 3., a 4. és a 5. táblázat tartalmazza. A legmagasabb és a második legmagasabb felismerési arányt minden táblázatban zöld és sárga színnel jelöltem. A mérési naplóból jól kirajzolódik, hogy egyik esetben sem volt 15%-nál nagyobb eltérés a legmagasabb és a legalacsonyabb felismerési arány között. Ezzel azt állíthatjuk, hogy alapvetően csak kis-mértékben befolyásolja a felismerés pontosságát az *epochs* és *batch size* értékek változtatása. Az eredményekből egyértelműen látszik még, hogy nagyobb számú felismerendő kategória esetén a pontos felismerési arány is romlik, ez talán nem is meglepő, viszont kivágott, átszerkesztett és módosított képek tanulóhalmazhoz adásával jelentősen növekedett a felismerési pontosság,

³⁷ ROSENBACHER 2022.

³⁸ „A batch size lényege, hogy egy tanulási ciklusban meghatározott számú képet tanítunk be a neurális hálónak. Ha a tanulóhalmaz 80 képet tartalmaz és a batch size 16, akkor $80 \div 16 = 5$ batch-be lesz szétosztva a 80 kép. Ha mind az 5 batch átment a tanulás folyamatán, akkor kész egy epoch. Ha az 5 batch kétszer is átmegy a tanulási folyamaton, akkor kész kettő epochs és így tovább.” ÁDÁM 2024.

és már elérte a célul kitűzött legalább 70%-os arányt. Mindezekből arra lehet következtetni, hogy elsősorban a tanulóhalmaz növelésével lehet pontosabb neurális hálót generálni, így a továbbiakban érdemes lesz a 10 000 darabos eszközönkénti fotóra törekedni. Valamint érdemes lesz az *epochs* és *batch size* optimalizálása is majd minden egyes hálót illetően.

Felhasználás tekintetében javaslom, hogy akár ezzel, akár más MI-alapú felismerő rendszerrel próbál meg valaki robbanótestet vagy maradványt azonosítani, az legalább három képet azonosíttasson egy ilyen rendszerrel, és ha mind a három eredmény egybehangzó, akkor fogadja csak el az eredményt meghatározónak.

3. táblázat: Mérési napló az 5–6 cm-es aknagránátokhoz

	Wgr. 36	39M	Md. 35	O-822	Összesen
A tesztképek száma	6	6	5	7	24
Epochs 100					
Helyes/helytelen	3/3	5/1	5/0	6/1	19/24
A helyesség aránya	83,3%	83,3%	100%	85,7%	79,2%
Epochs 200					
Helyes/helytelen	5/1	1/5	5/0	6/1	17/24
A helyesség aránya	83,3%	16,6%	100%	85,7%	70,8%
Epochs 200 Batch size 32					
Helyes/helytelen	5/1	3/3	5/0	6/1	19/24
A helyesség aránya	83,3%	50%	100%	85,7%	79,2%
Epochs 500					
Helyes/helytelen	5/1	2/4	5/0	6/1	18/24
A helyesség aránya	83,3%	33,3%	100%	85,7%	75%
Epochs 1000					
Helyes/helytelen	5/1	4/2	5/0	6/1	20/24
A helyesség aránya	83,3%	66,7%	100%	85,7%	83,3%

	Wgr. 36	39M	Md. 35	O-822	Összesen
Epochs 1000 Batch size 32					
Helyes/helytelen	5/1	2/4	5/0	6/1	18/24
A helyesség aránya	83,3%	33,3%	100%	85,7%	75%
Epochs 2000					
Helyes/helytelen	5/1	4/2	5/0	6/1	20/24
A helyesség aránya	83,3%	66,7%	100%	85,7%	83,3%
Epochs 5000					
Helyes/helytelen	5/1	1/5	5/0	6/1	17/24
A helyesség aránya	83,3%	16,6%	100%	85,7%	70,8%
Epochs 5000 Batch size 32					
Helyes/helytelen	5/1	4/2	5/0	5/2	19/24
A helyesség aránya	83,3%	66,7%	100%	71,4%	79,2%
Epochs 10000					
Helyes/helytelen	5/1	2/4	5/0	5/2	17/24
A helyesség aránya	83,3%	33,3%	100%	71,4%	70,8%

Forrás: a szerző szerkesztése

4. táblázat: Mérési napló a 8 cm-es aknagránátokhoz

	Wgr. 34	36M	57-V-003	Md. 35	O-832	O-832D	O-832D U	Sz-832	Összesen
A teszt-képek száma	5	5	5	5	5	3	5	5	38
Epochs 100									
Helyes/helytelen	2/3	3/2	3/2	3/2	3/2	0/3	2/3	2/3	18/38
A helyesség aránya	40%	60%	60%	60%	60%	0%	40%	40%	47,4%

	Wgr. 34	36M	57- V-003	Md. 35	O-832	O- 832D	O- 832D U	Sz-832	Összesen
Epochs 200									
Helyes/ helytelen	1/4	4/1	3/2	3/2	3/2	0/3	4/1	2/3	20
A helyesség aránya	20%	80%	60%	60%	60%	0%	80%	40%	52,6%
Epochs 200 Batch size 32									
Helyes/ helytelen	3/2	3/2	3/2	2/3	3/2	0/3	3/2	1/4	18/38
A helyesség aránya	60%	60%	60%	40%	60%	0%	60%	20%	47,4%
Epochs 500									
Helyes/ helytelen	1/4	3/2	3/2	3/2	3/2	1/3	4/1	1/4	19/38
A helyesség aránya	20%	60%	60%	60%	60%	33,3%	80%	20%	50%
Epochs 1000									
Helyes/ helytelen	3/2	3/2	3/2	2/3	3/2	0/3	3/2	2/3	19/38
A helyesség aránya	60%	60%	60%	40%	60%	0%	60%	40%	50%
Epochs 1000 Batch size 32									
Helyes/ helytelen	1/4	3/2	3/2	3/2	3/2	0/3	3/2	2/3	18/38
A helyesség aránya	20%	60%	60%	60%	60%	0%	60%	40%	47,4%
Epochs 2000									
Helyes/ helytelen	1/4	3/2	3/2	3/2	3/2	0/3	4/1	2/3	19/38
A helyesség aránya	20%	60%	60%	60%	60%	0%	80%	40%	50%

	Wgr. 34	36M	57- V-003	Md. 35	O-832	O- 832D	O- 832D U	Sz-832	Összesen
Epochs 5000									
Helyes/ helytelen	2/3	3/2	3/2	2/3	3/2	0/3	3/2	2/3	18/38
A helyesség aránya	40%	60%	60%	40%	60%	0%	60%	40%	47,4%
Epochs 5000 Batch size 32									
Helyes/ helytelen	2/3	3/2	3/2	3/2	3/2	0/3	4/1	3/2	21/38
A helyesség aránya	40%	60%	60%	60%	60%	0%	80%	60%	55,2%
Epochs 10000									
Helyes/ helytelen	1/4	3/2	3/2	2/3	3/2	0/3	4/1	2/3	18/38
A helyesség aránya	20%	60%	60%	40%	60%	0%	80%	40%	47,4%
Epochs 5000 Batch size 32 (vágott képek)									
Helyes/ helytelen	5/0	5/0	3/2	4/1	3/2	3/0	4/1	4/1	31/38
A helyesség aránya	100%	100%	60%	80%	60%	100%	80%	80%	81,6%

Forrás: a szerző szerkesztése

5. táblázat: Mérési napló a 12 cm-es aknagránátokhoz

	Wgr. 42	43M	ROM 12	OF-843	Összesen
A tesztképek száma	5	6	5	5	21
Epochs 100					
Helyes/helytelen	4/1	5/1	5/0	4/1	18/21
A helyesség aránya	80%	83,3%	100%	80%	85,7%

	Wgr. 42	43M	ROM 12	OF-843	Összesen
Epochs 200					
Helyes/helytelen	4/1	4/2	5/0	3/2	16/21
A helyesség aránya	80%	66,7%	100%	60%	76,1%
Epochs 200 Batch size 32					
Helyes/helytelen	5/0	4/2	5/0	4/1	18/21
A helyesség aránya	100%	66,7%	100%	80%	85,7%
Epochs 500					
Helyes/helytelen	4/1	5/1	5/0	3/2	17/21
A helyesség aránya	80%	83,3%	100%	60%	81%
Epochs 1000					
Helyes/helytelen	5/0	5/1	5/0	2/3	17/21
A helyesség aránya	100%	83,3%	100%	40%	81%
Epochs 1000 Batch size 32					
Helyes/helytelen	5/0	5/1	5/0	4/1	19/21
A helyesség aránya	100%	83,3%	100%	80%	90,5%
Epochs 2000					
Helyes/helytelen	5/0	5/1	5/0	3/2	18/21
A helyesség aránya	100%	83,3%	100%	60%	85,7%
Epochs 5000					
Helyes/helytelen	4/1	5/1	5/0	4/1	18/21
A helyesség aránya	80%	83,3%	100%	80%	85,7%
Epochs 5000 Batch size 32					
Helyes/helytelen	5/0	5/1	5/0	4/1	19/21
A helyesség aránya	100%	83,3%	100%	80%	90,5%
Epochs 10000					
Helyes/helytelen	4/1	4/2	5/0	4/1	17/21
A helyesség aránya	80%	66,7%	100%	80%	81%

Forrás: szerző szerkesztése

POTENCIÁLIS FEJLESZTÉSI LEHETŐSÉGEK

Teljesen egyértelmű, hogy a Mesterséges Intelligencia Alapú Tűzszerész Támogató Információs Rendszer rendszerbe állításához még rengeteg fejlesztésre van szükség. Ezeket a fejlesztéseket időtartam szerint rövid, közép- és hosszú távú célként azonosíthatjuk.

Rövid távú fejlesztésként az aknagránátok főcsoport alcsoportjainak neurális hálói fölé, vertikálisan kellene egy másik hálót elhelyezni, amely képes különbséget tenni az űrméretek között, ezzel máris többszintűvé alakulna a neurális hálók rendszere. Szükséges lenne egy olyan neurális hálók fejlesztésére alkalmas grafikus szoftver, amelynek segítségével csekély programozási ismeretek birtokában is lehet hatékonyan fejleszteni. Ilyen alternatíva lehet például a MATLAB,³⁹ amely egy programozási és numerikus számítási program, amelyet előszeretettel használnak szinte a világon hasonló feladatokra. A szoftver kapcsán fontos még, hogy képes legyen offline végezni a feladatokat az információbiztonság érdekében. A MATLAB másik nagy előnye, hogy képi előfeldolgozást lehet rajta végezni, ez a képek elfordításában, torzításában és egyéb alakításokban jelenik meg, amivel rövid idő alatt nagy méretűre lehet növelni a meglévő képek segítségével a tanulóhalmazt, közelítve ezzel a javallott 10 000 kép/eszköz értéket. A neurális hálók kezeléséhez már készítettem egy Android-alapú felhasználói szoftvert, amely kezdetlegesen, de képes használni a neurális hálókat, és a telefon kamerájával rögzített felvételeken eszközöket azonosítani. Ennek fejlesztése már rövid távon is eredményes lehet.

Középtávú fejlesztésként további fő- és alcsoportok eszközeiről lehetne adatbázisokat feltölteni, illetve a meglévő csoportokat igény szerint bővíteni további robbanótestekkel. Az ilyen nagy adatbázisok kezeléséhez és MI-programozásához szükséges a megfelelő hardverigény is, éppen ezért érdemes lenne beszerezni egy olyan nagy teljesítményű szerverszámítógépet, amely alkalmas a neurális hálók programozására, illetve vezetékek nélkül kommunikálni szolgálati mobiltelefonokkal. Ez azért kulcsfontosságú,

³⁹ MATLAB [é. n.].

mivel a növekvő képességű MI egyre nagyobb tárhelyre tartana igényt, így javaslok a szolgálati mobilkészülékeket csak mint kezelői interfészt alkalmazni, vagyis a képkészítésen kívül csak eredménymegjelenítő szerepe legyen. A felismerés ebben az esetben a szerverszámítógép kapacitását venné igénybe, amely ugyanazon a vezetékek nélküli csatornán közölné az eredményt, amelyen a forrást kapta. További középtávú fejlesztés lehet az NRT-k, illetve a tényleges robbanótestek vagy robbanótest-maradványok megkülönböztetésének képessége. A MH Tűzserész Ügyletre beérkező bejelentések körülbelül 10%-a⁴⁰ valójában nem robbanótest. Az ezekre az eszközökre elpazarolt erőforrásokat (leginkább az időt) más feladatok végrehajtására lehetne összpontosítani. Vagy csupán megvárni, amíg ezeknek az NRT-helyszíneknek a száma egy adott régióban megnő, és azt egy tűzserészjárárral összegyűjteni.

Hosszú távú cél lehet minden alcsoport, főcsoport és a főcsoportokat átfogó neurális hálók elkészítése, az összes szükséges eszköz feltöltése a rendszerbe. Azért szükséges az algoritmusok ilyen típusú többszintes rendszerbe foglalása, mert egyrészt, ha egy nagy neurális hálóban lenne akár több száz eszköz, akkor alacsony lenne a felismerés valószínűsége. Másrészt, új eszközök integrálását a rendszerben könnyedén el lehet végezni, mivel csak az alcsoport neurális hálóját kell frissíteni. Harmadrészt, műveleti érdekből egy eszköz pontos típus szerinti beazonosítása nem feltétlenül szükséges, az alcsoport meghatározása már elégséges lehet a tervezéshez, de ezzel a struktúrával azt sokkal pontosabban határozza meg az MI. A leghosszabb távú cél lehet talán más kutatások eredményeivel egyesíteni a rendszert, amely már autonóm hatástalanítási folyamatokban is részt vehetne.

ÖSSZEGLÉS

A tanulmányban bemutattam azokat a törvényi és szervezeti kereteket, amelyek között hazánk robbanótest-mentesítése zajlik. Felvetéseket fogalmaztam meg az MI és a tűzserészfeladatok kapcsolódásának lehetőségeiről,

⁴⁰ EMBER 2020.

amelyeket később tudományos háttérrel alátámasztott kísérletekkel próbáltam igazolni vagy cáfolni. Bemutattam a technológiában rejlő potenciált, és fő eredményemnek mondhatom, hogy megalkottam három olyan neurális hálót, amely képes konvencionális katonai alkalmazásból hátramaradt robbanótestek felismerésére.

A neurális hálók jelen kondíciók között is elérik a 70%-os felismerési pontosságot, amely rendkívül kecsegtető lehet a jövő kutatásai szempontjából. Ennek ismeretében biztosan állíthatom, hogy egy ilyen jól strukturált és a feladatokhoz optimalizált MI-rendszer képes hatékony támogatást nyújtani a hazai közszolgálati tűzszerésműveletek tervezéséhez és végrehajtásához. Jelenlegi ismereteimmel és tapasztalatommal érdekes kutatási területnek találok a külföldön, missziós területen végzett, leginkább IEDD-⁴¹ feladatok kapcsán hasonló szoftverek fejlesztésének lehetőségeit is. De ugyanezen elv mentén a hazai kritikus infrastruktúrák IED⁴² elleni védelmében is lehetne hasonló felismerő MI-ket alkalmazni (figyelembe véve a legújabb elkövetési trendeket)⁴³ megerősítésként a robbanóanyag-detektálás más műszeres eszközei mellett. Fontos eredmény az Android-alapú applikáció is, amely ugyancsak arról ad számot, hogy kevés informatikai ismerettel is lehet a neurális hálókat használó keretprogramot készíteni, megfelelő szaktudás birtokában ez sem lehet probléma.

Saját kutatásaimat egy felhőalapú szoftverben végeztem, de egy katonai alkalmazásra szánt program fejlesztése ilyen fejlesztői környezetben nem történhet, ezért olyan szoftverek használatát javaslom, amelyek függetlenek a felhőalapú szolgáltatásoktól, de még akár az internettől is. Kézenfekvő megoldás lehet a MATLAB, amely segítségével a tanulóhalmazban található képek száma megtöbbszörözhető szoftveres torzítás segítségével. A képanyag bővítése kapcsán érdemes lenne kipróbálni 3D-modellekből kinyert források alkalmazását is, mivel egy 3D-modellezett gránátról néhány kattintással lehet ezres nagyságrendben fényképeket nyerni. A képi adatbázis fizikális és informatikai védelme is nagyon fontos, de az itt leírt

⁴¹ *Improvised explosive device disposal* – improvizált robbanóeszközök hatástalanítása.

⁴² *Improvised explosive device* – improvizált robbanóeszköz.

⁴³ DARUKA 2022a.

független platformokkal ez is megoldott. A tanulóhalmaz kapcsán másik fontos kritérium a hitelesség. E szempontból hazánk tűzszerészkatonái kivételes helyzetben vannak, mivel rendelkeznek egy olyan kiképzési kabinettel, ahol több ezer egykor éles, mára már veszélytelen eszköz megtalálható. Ezeket használva biztosított a hiteles adatbázis.

Kutatásom eredményei, remélem, alapot nyújtanak más későbbi, MI-alapú tűzszerész-művelettámogatással foglalkozó programmal kapcsolatos kutatásnak. Jelenleg talán a legjobban kutatott ilyen jellegű terület az akna-mezőök légi, drónos felderítése, lokalizációja.

Szeretnék köszönetet mondani az MH 1. TFE vezetésének és kiképzőinek, akik segítségével nélkül nem jöhetett volna létre a kutatás alapját jelentő képi adatbázis.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- 142/1999. (IX. 8.) Korm. rendelet a tűzszerészeti mentesítési feladatok ellátásáról. Intelligencia. In *Bárczi* Géza – Ország, László szerk. (1962): *A magyar nyelv értelmező szótára*. Budapest: Akadémiai Kiadó. Online: <https://bit.ly/41rNpKE>
- Mesterséges. In *Bárczi* Géza – Ország, László szerk. (1962): *A magyar nyelv értelmező szótára*. Budapest: Akadémiai Kiadó. Online: <https://bit.ly/41miYpj>
- ÁDÁM Balázs (2023a): Mesterséges intelligencia a tűzszerészfeladatokban: A tűzszerész-feladatok keretei hazánkban I. rész. *Műszaki Katonai Közöny*, 33(2), 23–35. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.2.2>
- ÁDÁM Balázs (2023b): Mesterséges intelligencia a tűzszerészfeladatokban: A mesterséges intelligencia által nyújtott lehetőségek, 2. rész. *Műszaki Katonai Közöny*, 33(3), 15–27. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.3.2>
- ÁDÁM Balázs (2023c): Mesterséges intelligencia a tűzszerészfeladatokban – Tűzszerész Támogató Információs Rendszer szoftveres alapjai, 3. rész. *Műszaki Katonai Közöny*, 33(4), 49–61. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.4.4>
- ÁDÁM Balázs (2024): Mesterséges intelligencia a tűzszerészfeladatokban – Tűzszerész Támogató Információs Rendszer működése és fejlesztési lehetőségei IV. rész. *Műszaki Katonai Közöny*, 34(1), 31–45. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2024.1.3>
- BODA József et al. (2016a): A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, 16, 1–23. Online: www.med.u-szeged.hu/download.php?docID=90702

- BODA József et al. (2016b): Fókusz és együttműködés. A hadtudomány kutatási feladatai. *Honvédségi Szemle*, 144(3), 3–19. Online: <https://kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/honvszemle/article/view/263/255>
- DARUKA Norbert (2014): Robbanótestek I. – Amit a bombákról tudni érdemes. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24(4), 68–82. Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2014_4_5_Robbanotestek%20I.%20-%20Amit%20a%20bombakrol%20tudni_1.pdf
- DARUKA Norbert (2022a): Advanced Tools for the Explosive Materials Identification. In KOVÁCS Tünde Anna – NYIKES Zoltán – FÜRSTNER, Igor (szerk.): *Security-Related Advanced Technologies in Critical Infrastructure Protection*. Berlin: Springer. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, 455–469. Online: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-024-2174-3>
- DARUKA Norbert (2022b): Critical Infrastructure Protection in the Production and Use of Explosives Industry Products. In KOVÁCS Tünde Anna – NYIKES Zoltán – FÜRSTNER, Igor (szerk.): *Security-Related Advanced Technologies in Critical Infrastructure Protection*. Berlin: Springer. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, 297–313. Online: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-024-2174-3>
- EMBER István (2020): A lőszermentesítés szerepe az építőiparban. *Építőanyag*, 72(2), 59–63. Online: https://epitoanyag.org.hu/wp-content/uploads/2020/05/10.14382_epitoanyag-jsbcm.2020.9.pdf
- EMBER István (2023): *A tűzszerész biztosítás kihívásai, a katonai eredetű robbanótestek azonosításának és hatástalanításának korszerű módszerei a 21. században*. PhD-értekezés. Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi Doktori Iskola. Online: https://hdi.uni-nke.hu/document/hdi-uni-nke-hu/o.%20%C3%89rtekez%C3%A9s_Ember%20Istv%C3%A9n.pdf
- EMBER István – KOVÁCS Zoltán (2020): Drones Above EOD Operators During Their Public Duty. In BEŇOVSKÝ, Marián (szerk.): *Zborník prednášok trhacia technika 2020*. Banská Bystrica: Slovenská spoločnosť pre trhacie a vŕtacie práce, 90–97. Online: <https://download.sstv.sk/Zbornik2020.pdf>
- JAJAL, Tannya D. (2018): Distinguishing Between Narrow AI, General AI and Super AI. *Medium*, 2018. május 21. Online: <https://medium.com/aiden-global/distinguishing-between-narrow-ai-general-ai-and-super-ai-a4bc44172e22>
- KOVÁCS Zoltán – EMBER István (2021): Aknafelderítés légi eszközökkel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 31(4), 5–20. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2021.4.1>
- KOVÁCS Zoltán – EMBER István (2022a): Landmine Detection with Drones. *Revista Academiei Forțelor Terestre/Land Forces Academy Review*, 27(1), 84–92. Online: <https://doi.org/10.2478/raft-2022-0012>

- KOVÁCS Zoltán – EMBER István (2022b): Mini drónok lehetséges alkalmazása tűzseréssz műveletekben. *Haditechnika*, 56(2), 18–23. Online: <https://kiadvany.magyarhonvedseg.hu/index.php/HT/issue/view/112/139>
- KOVÁCS Zoltán – EMBER István (2023): A közszolgálati tűzserésszet aktuális kihívásai. In GÖCZE István – PADÁNYI József (szerk.): *Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában*. Budapest: Ludovika, 185–202.
- MATLAB [é. n.]. Online: www.mathworks.com/products/matlab.html
- Mi a gépi tanulás? [é. n.]. Online: <https://azure.microsoft.com/hu-hu/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-machine-learning-platform/#benefits>
- NÉGYESI Imre (2017): A mesterséges intelligencia és a hadsereg I. *Hadtudományi Szemle*, 10(2), 23–34. Online: http://epa.oszk.hu/02400/02463/00035/pdf/EPA02463_hadtudomanyi_szem-le_2017_2_023-034.pdf
- NÉMETH András – VIRÁGH Krisztián (2022): Mesterséges intelligencia és haderő – Polgári alkalmazási lehetőségek V. rész. *Haditechnika*, 56(5), 2–7. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.5.01>
- NÉMETH András – VIRÁGH Krisztián (2023): Mesterséges intelligencia és haderő – Katonai alkalmazási lehetőségek VII. rész. *Haditechnika*, 57(1), 2–6. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.57.1.01>
- Régens (2019): *Objektum felismerő (képfelismerő) AI megoldásunk*. 2019. január 23. Online: www.regens.com/hu/-/objektum-felismeres-kepfelismeres-mesterseges-intelligenciaival-bemutato-video
- ROSENBAKER, Jacob (2022): How Many Images Do You Need to Train a Model? *Roboflow*, 2022. március 24. Online: <https://blog.roboflow.com/images-train-model/>
- VÖRÖS Mihály – DARUKA Norbert (2012): Tűzserésszek a közszolgálati feladatok ellátásában. *Sereg Szemle*, 10(2), 22–33. Online: https://honvedelem.hu/files/files/33676/seregszemle_2012_2.pdf
- What Is Deep Learning? 3 Things You Need to Know [é. n.]. Online: www.mathworks.com/discovery/deep-learning.html