

Ádám Balázs¹ 

Mesterséges intelligencia a tűzserézfeladatokban – a Tűzserész Támogató Információs Rendszer működése és fejlesztési lehetőségei IV. rész²

Artificial Intelligence in Explosive Ordnance Disposal Tasks – The Operation and Developability of the EOD Support Information System Part IV

A Mesterséges intelligencia a tűzserézfeladatokban című négyrészes cikksorozat fő célja a Mesterséges Intelligencia Alapú Tűzserész Támogató Információs Rendszer bemutatása. A cikksorozat záró, IV. részében bemutatom a rendszer képi adatbázisának felépítését az egyes kategóriák, csoportok és alcsoportok ismertetésével. Szó esik az adatbázis tanulóhalmozát alkotó képek elkészítési technikájáról és az elkészült neurális hálók felismerési pontosságáról, annak fejlesztési lehetőségeiről. Továbbá a Mesterséges Intelligencia Alapú Tűzserész Támogató Információs Rendszer rövid, közép- és hosszú távú fejlesztési céljairól.

Kulcsszavak: tűzserész, mesterséges intelligencia, robbanótestek, felismerőrendszer, aknagránát

The main goal of the four-part article series entitled Artificial Intelligence in EOD Tasks is to present the EOD Support Information System Based on Artificial Intelligence. In the final Part IV of the series of articles, I present the structure of the image database of the system with the

¹ MH 1. Tűzserész és Folyamőr Ezred, szakaszparancsnok, e-mail: adam.balazs@mil.hu

² A publikáció az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-1-I-NKE-93 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

description of the individual categories, groups and subgroups. We are talking about the technique of creating the images that make up the database's learning set, and the recognition accuracy of the completed neural networks, as well as their development potential. Furthermore, about the short-, medium- and long-term development goals of the EOD Support Information System Based on Artificial Intelligence.

Keywords: EOD, artificial intelligence, explosive ordnance, recognition system, mortar rounds

Bevezetés

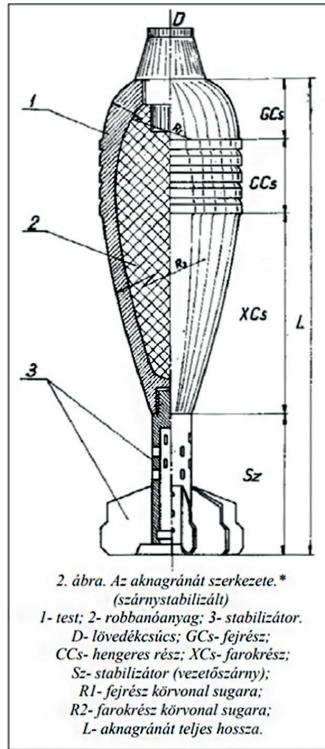
A mesterséges intelligencia vagyis az MI³ napjaink legtöbb számítógép-alapú katonai fejlesztésében megtalálható, a technológia felhasználási lehetőségeinek teljes spektrumával.⁴ Éppen ezért minden fegyvernem és szakcsapat, valamint speciális szakfeladatot ellátó alegység törekszik a MI implementálására saját tevékenysége támogatása érdekében. A tüzserész-szakfeladatok MI-alapú támogatásának egyik lehetősége a Mesterséges Intelligencia Alapú Tüzserész Támogató Információs Rendszer lenne. Az ezen rendszer bemutatását célzó cikksorozat utolsó részében ismertetem a neurális hálók tanításához szükséges képi adatbázis felépítését, az abban lévő eszközök típusait és az adatbázis elkészítésének metodikáját. Továbbá az elkészült neurális hálók hatékonysági vizsgálatának eredményeit is. Befejezésként a rendszer rövid, közép- és hosszú távú fejlesztésének lehetőségeit és kitűzött céljait mutatom be.

Képi adatbázis

A képfelismerő vagy konvolúciós neurális hálózatok tanulási folyamatának elengedhetetlen részét, kiindulási alapját jelenti a megfelelő minőségű, részletességű, pontos és hiteles forrásból származó képi adatbázis. Az adatbázissal szemben támasztott követelmény továbbá, hogy minden eszközzől (felismerendő tárgyról) közel azonos számú képet tartalmazzon. Ezzel elkerülhető a túltanítás jelensége, amely akkor jön létre, ha adott tárgyról arányaiban nagyon sok, egy másik tárgyról arányaiban kevés kép kerül az adatbázisba. Így a kiépült neurális hálózat arányai eltolódnak, és az mindenben azt a tárgyat fogja felismerni, amelyikről a jelentősen több kép készült.

³ Artificial Intelligence – AI.

⁴ NÉMETH–VIRÁGH 2023: 2–6.



1. ábra: Aknagránát szerkezete

Forrás: LŐDI 2010: 59.

Ezt elkerülendő minden eszköztől azonos számú és háttérrel rendelkező fotót használtam fel. Alapelvként szolgált a minél nagyobb adatbázis létrehozása, amely szűrése irodai körülmények között sokkal kedvezőbb, mint több fényképezés leszervezése. Az aknagránátok kategóriájába tartozó eszközökről kép készült: oldalról, előlről, hátulról, felülről és ezeket kiegészítve eltérő, ferde szögekből, összesen 7 állásból.

Háttérként is kétféle textúra jelent meg a képeken, egy teljesen fehér „műteremi” és egy természetesebb, füves növényzettel borított talaj. Az adatbázis és a későbbi tanítási folyamat során kétféle formában töltöttem fel a képeket. Eredeti fotóként, amelyen a céltárgy hozzávetőleg 20%-át foglalta csak el a teljes képfelületnek, illetve kivágott formátumban, amelyen a céltárgy kitöltési arány már 70–80% volt.

1. táblázat: Képi adatbázis felépítése

1. Aknagránátok	1.1. Kis űrméretű (5–6 cm)	
	1.2. Közepes űrméretű (8 cm)	
	1.3. Nagy 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	
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

Az adatbázis hitelességéhez kétség sem férhet, ugyanis minden fotó az MH 1. Tüzérsész és Folyamőr Ezred (a továbbiakban: Tüzérsész Ezred) laktanyájának tüzérszézkiképző termében készült, ahol több ezer hatástalanított, mára kiképzési anyag, makettszerpet betöltő ártalmatlan robbanótest található. A kutatás keretében ezeknek a robbanótesteknek egy szűkebb csoportját, az aknagránátokat fotóztam be, természetesen nem a teljesség igényével (1. ábra). Bár ezek az eszközök oktatási célokat szolgálnak, egykor élesek voltak, így a hatástalanítási eljárás következményeként csak annyival térnek el máig földben szunnyadó társaiktól, hogy nincs bennük robbanóanyag, illetve pirotechnikai anyag.

A Mesterséges Intelligencia Alapú Tüzérsész Támogató Információs Rendszer alapját a már sokszor tárgyalt képi adatbázis jelenti. Ahhoz, hogy megfelelő hatásfokkal működjön a rendszer, az eszközök fotóinak logikus és egyértelmű csoportosítására van szükség az adatbázisban. Ennek érdekében olyan mappaszerkezetet készítettem, amelyben a tüzérsézsakmában is

bevált osztályozási rendszer egyes elemeit használtam fel. Így minden robbanótestet 8 db kategóriába soroltam. Az egyes kategóriákba tartozó eszközök között rendeltetés-, forma-, méret- és felépítésbeli különbségek vannak, amelyek alapján nagyon pontosan elhatárolhatók egymástól. A kategóriákat 1-től 8-ig számoztam az 1. táblázat alapján.

A kategóriákon belül csoportokat különböztettem meg, amelyek az űrméretre vagy a kialakítás sajátosságára utalnak elsősorban. Ezek viselik a kategória számát és saját, kategórián belüli számukat is. A további alcsoportokra történő bontás már nem történt meg mindegyik csoportban, ahol mégis van ilyen, az alcsoport viseli a kategória, a csoport és saját, csoporton belüli számát is. Az alcsoporton belül helyezkednek el a konkrét robbanótestek, amelyek az előző rendszer alapján újabb számot kapnak a kategória-, csoport- és esetleges alcsoportszámok mellé. Ezt az elvet folytatva minden egyes robbanótestről készült kép is kaphat hivatkozási számot, így azoknak felső határa nincsen.

A tanulóhalmazba készített és a tesztképek között az a különbség, hogy a tesztképek száma elé T betű kerül, ezzel ezeknek a fotóknak a száma is korlátlanul növelhető. Az aknagránátokról készült képeket 3 fő csoportba soroltam be az űrméretük alapján. Ezek a csoportok az eszközök átmérője szerint az 5–6 cm-es, a 8 cm-es és a 12 cm-es. A fő csoporton belül található az alcsoportok, amelyek már az aknagránátok pontos, rendszeresített nevét jelentik. Tehát az aknagránátok képi adatbázisa kétszintes felépítéssel rendelkezik (2. táblázat).

Az 5–6 cm-es eszközből négy különböző nemzet robbanóteste került bele a képzési adathalmazba. Minden egyes eszközről 28 db fénykép került be az adatbázisba. Ennek közel a fele egységes fehér háttér előtt, a másik fele természetes környezetben, talajhátterrel készült. Alapvetően az eszközök tetejéről (a gyújtóról), oldaláról és végéről (a stabilizátorszárnnyról) készültek a képek merőleges vagy közel 45°-os szögben. A gyakorló adathalmazban a teljes alakú képek mellett részletképek is található az egyes jobban azonosítható és felismerhető részletekről, mint a fej- és hengeres részek, illetve a stabilizátorrészeiről.

2. táblázat: 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. Közepes 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. Nagy űrméretű (12 cm)	1.3.1. Wgr. 42 (német)
	1.3.2. 43M (magyar)
	1.3.3. Román repeszromboló (román)
	1.3.4. OF-843 (szovjet)

Forrás: a szerző szerkesztése

A 8 cm-es csoportban az előzőhöz hasonlóan négy különböző nemzet aknagránátjai találhatóak, de azok közül többféle rendeltetésű is bekerült az adatbázisba. Ebben a csoportban 32 db kép került a tanulóhalmazba minden eszközzel. Itt is hasonló elvek alapján körülbelül azonos szögekből készültek a fotók. Illetve egy fekvő 45°-os oldalsó szögéből is készült fénykép, ennek az adathalmaz bővítése volt a célja, ugyanis ebben a csoportban nyolc, tehát kétszer annyi eszközt kell tudnia megkülönböztetni a neurális hálónak, mint a másik kettőben.

A 12 cm-es aknagránátoknál négy eszközt válogattam ki négy különböző nemzet egykori hadrendjéből. Itt minden eszközzel 30 db képet válogattam ki, hasonló elvek mentén, mint az előzőknél. Viszont az eszközök fizikai mérete, illetve tömege jelentősen megnehezítette a munkát a képi adatbázis készítése során. A nagyságrendileg 80 cm hosszú eszközök mozgatása és pozicionálása nehézkes volt, illetve kiemelt figyelmet követelt, hogy az egységes fehér háttérből se lógjon ki az eszköz a fényképezés során.

A neurális háló és komponenseinek jellemzése, a meghatározás pontosságának mérése

A kutatás fő eredményeként létrehoztam három olyan neurális hálót a képi adatbázis felhasználásával, amely az aknagránátok kategória csoportjában (5–6 cm, 8 cm, 12 cm) képes különböző pontossággal felismerni az abban található eszközöket. Mindegyik kategória neurális hálóját többször, eltérő *epochs*- és *batch size*⁵ paraméterekkel tanítottam, így a tesztképek segítségével meg tudtam határozni a vizsgált párosítások közül a kategóriához legjobban illő arányokat. *Epochszámban* a 100, a 200, az 500, az 1000, a 2000, az 5000 és a 10 000 értékkel dolgoztam, alapvetően 16-os *batch size*-zal.

Három esetben, a 200, az 1000 és az 5000 értéknél 32-es *batch size*-zal is betanítottam a neurális hálót. A háló teszteléséhez különböző számú képet használtam fel, amelyek a két fényképezés során készültek. Ezek között volt olyan, amelyik a padlón vagy tanteremi asztalon ferdeszögből készült, illetve kültéri helyszínen, falevelekkel és növényzettel néhol fedett, eltérő szögekből készített fotók is a tesztalalmaz részét képezték.

3. táblázat: Mérési eredmények 5–6 cm-es aknagránátok esetén

	Wgr. 36	39M	Md. 35	O-822	Összesen
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%

⁵ 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 átmegey a tanulási folyamaton, akkor kész kettő *epochs* és így tovább.

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%
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

Az 5–6 cm-es csoportban 4 db eszköz⁶ megkülönböztetése volt a cél. Ahogy az az eredményekből is szemléletesen látszik, viszonylag kis szórása lett a különböző *epochs* és *batch size* értékek párosításának. Ez a szórás számszerűen 12,5%. A legsikeresebb 83,3%-os 20/24-es eredményt⁷ két hálóval is sikerült elérni, továbbá csupán eggyel kevesebb helyes megoldás is három esetben született. Ezzel stabilan elérve a kitűzött minimum 70%-os célt (3. táblázat). Mivel a két legsikeresebb háló közül ki kell választani egyet, így az 1000 *epochs* és 16-os *batch size* kombinációt használom a továbbiakban, mivel ez gyorsabban tanítható.

4. táblázat: Mérési eredmények 8 cm-es aknagránátok esetén

	Wgr. 34	36M	57-V-003	Md. 35	O-832	O-832D	O-832DU	Sz-832	Összesen
Tesztképek 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%

⁶ Ezeket a korábbiakban pontosan meghatároztam.

⁷ A legmagasabb sikeres arányt zöld színnel, a második legmagasabb arányt sárga színnel jelöltem az ábrákon.

	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%
	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

A 8 cm-es aknagránátok közül 8 db eltérő típus képei kerültek bele a neurális háló tanulóhalmazába.⁸ Mivel itt kétszer annyi eszközt kellett beazonosítani a mesterséges intelligenciának, így a mérési eredmények is jelentősen alacsonyabb pontosságról adnak számot. Az alapképekkel 55,2%-os 21/38-as arányt ért el az 5000 *epochs* és 16-os *batch size* párosítású háló. Bár jelentősen több kép alkotta a tesztalmezt, a legpontosabb és a legkevésbé pontos háló között csupán 7,8%-os az eltérés.

Mivel a kapott legjobb arány messze elmarad a kitűzött 70%-os céltől, el kellett gondolkodni azon, hogyan lehetne fejleszteni és pontosabbá tenni a hálót. Mivel a tanulóhalmaz képein nem kívántam változtatni, így a tesztalmezt képeit vettem górcső alá. Mivel a felismerés és az összehasonlítás során a tesztképből is a beolvasás során négyzet alakú kép keletkezik, ezért a tesztalmezt képeit is kivágtam négyzet alakúra, továbbá ezzel együtt levágtam a felesleges háttérelemeket. Ezzel a folyamattal elértem, hogy az azonosítani kívánt eszköz alkotja a tesztképek legnagyobb felületét.

5. táblázat: Mérési eredmények 12 cm-es aknagránátok esetén

	Wgr. 42	43M	ROM 12	OF-843	Összesen
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%
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%

⁸ Ezeket a korábbiakban pontosan meghatároztam.

	Epochs 10000				
Helyes/helytelen	4/1	4/2	5/0	4/1	17/21
A helyesség aránya	80%	66,7%	100%	80%	81%

Forrás: a szerző szerkesztése

A módosítások alkalmazásával sikerült elérni a mesterséges intelligencia 81,6%-os pontosságát (a 4. táblázat legalsó sorai), amely jelentős, 26,4%-os növekedést jelentett. A képek kivágásával és az eszközök kinagyításával tehát a pontosság jelentős emelkedését lehet elérni, amely technikát nemcsak ennél a csoportnál vagy kategóriánál lehet alkalmazni, hanem az minden robbanótest felismerésénél általános érvényű szabállyá válik.

A 12 cm-es csoportban 4 db eszköz⁹ pontos azonosítása volt a cél. Az eredményekből látszik, hogy a legnagyobb pontosságot az 1000 epochs és 32-es batch size, továbbá az 5000 epochs és 32-es batch size kombináció alkalmazásával értem el. A minimális és maximális 90,5%-os mérési eredmény között a legnagyobb az eltérés a csoportok között, amely 14,4%-ot jelent. Mivel itt is két esetben is 19/21-es helyességi arányt sikerült elérnem, választanom kellett a hálók között (5. táblázat). Újra a sebesség kritériumát választva a végleges háló 1000 epochs- és 32 batch size értékkel készült.

A készített neurális hálók tehát elérik a kívánt 70%-os pontossági határt. De ahol a teszt-halmaz első képeivel nem is, a nagyított képek segítségével már bőven a határ fölé emelhető az azonosítás pontossága. Mivel a neurális hálózat tanulóhalmazaiiban több kép is van a robbanótestek egyes részleteiről, így a felhasználás során érdemes az eszköz egésze mellett az egyes részletekről – mint a fejrész vagy a stabilizátorszárny – is képet készíteni. A nagyobb pontosság elérése céljából az eszközről felismerendő fotót készíteni a hossz tengelyére merőleges irányból érdemes. Ez igaz a részletek fényképezésére is. Javasolt a robbanótest környezetének lehető leghomogénebbé tétele, vagyis ha talajban található az eszköz, akkor a nem talajrészecskéket, a növényi részeket, az eszközöket célszerű eltenni a fényképező látószögéből.

A kutatás során szerzett tapasztalataim alapján a felhasználás során javasolom, hogy minden eszközzel 3 különböző kép készüljön, és amennyiben mindegyik esetében a felismerés azonos robbanótestet jelöl meg, akkor az elég nagy valószínűséggel tényleg a jelzett robbanótest lesz. Amennyiben ez nem lehetséges (például ha csak adott része látszik ki a talajból), akkor is érdemes több képet készíteni különböző szögekből.

Fejlesztési lehetőségek

A fejlesztés és a továbblépés lehetőségei több csoportra oszthatók, az azok megvalósításához szükséges idő tekintetében. Így beszélhetünk rövid, közepes és hosszú távú fejlesztési lehetőségekről. Ezen feladatok elvégzéséhez részben már adottak a feltételek.

Rövid távú fejlesztési lehetőségként kínálkozik az aknagránátok kategóriára egy komplex neurális háló tanítása, amely a különböző vizsgált úrméretek eszközei között lenne képes

⁹ Ezeket a korábbiakban pontosan meghatároztam.

különbséget tenni. Ezzel a robbanótestek típusának pontos beazonosítása többszintű neurális hálókkal lenne lehetséges. Rövid távú fejlesztésekre már lehetne alkalmazni a MATLAB¹⁰ programozási nyelvet, amely segítségével grafikusán, programozási ismeretek széles tárháza nélkül is képes valaki megbízható neurális hálót készíteni. Illetve a MATLAB Image Processing Toolbox segítségével a hálókészítésen kívül a képek előfeldolgozása is sokkal egyszerűbbé válhat. A képek előfeldolgozása alatt olyan változtatások értendők, mint a képek szinkontrasztja, a tárgyak éleinek erősebb kontúrúvá tétele vagy a fehéritési eljárások, amelyek egyértelműen és bizonyítottan javítják a neurális hálók felismerési pontosságának eredményeit a tanulóhalmaz képein keresztül. Továbbá a meglévő képek gépi „torzításával” és forgatásával újabb képhalmazok állíthatók elő a programban.¹¹ A neurális hálók igénybevételéhez létre lehet hozni egy Android operációs rendszerhez készített alkalmazást is, amely a programot még felhasználóbarátabbá teszi.



2. ábra: Előtalált 82 mm-es szovjet aknagránátok a Múcsarnok előtt¹²

Forrás: az MH 1. Tüzserész és Folyamőr Ezred gyűjteménye

Középtávú cél lehet az egyes kategóriák eszközeiről történő képi adatbázisok létrehozása és az azokhoz tartozó MI-k programozása. A folyamatosan bővülő adatbázis segítségével korrigálni lehet a robbanótest felismeréséhez alkotott neuronháló-modellek tulajdonságait, hogy azok megbízhatóbban és pontosabban működjenek. Középtávú célként már megjelenhet a *transfer learning* beépítése is a folyamatokba, amelynek célja, hogy a rendszer az egyik felismerési probléma megoldása során megszerzett ismereteket tárolja, és egy másik, de kapcsolódó felismerési probléma megoldása során azokat előhívja, megbízhatóbbá téve ezzel a felismerést. Érdemes lenne önálló mesterségesintelligencia-szervert kialakítani, amelyen a programozásokat, valamint a képek felismerését lehetne végezni. Ez a számítógép vezeték nélküli hálózaton kapcsolódna a telefonon futó Android-kompatibilis alkalmazáshoz,

¹⁰ A MATLAB egy programozási és numerikus számítási platform, amelyet mérnökök és kutatók milliói használnak adatok elemzésére, algoritmusok fejlesztésére és modellek létrehozására.

¹¹ *Deep Learning for Computer Vision* [é. n.]

¹² 2021. április 22-én a budapesti Múcsarnok mellett, építési területen előkerült 75 darab 82 mm-es szovjet aknavetőgránát, a tüzserészkatonák későbbi megsemmisítés céljából elszállították az eszközöket.

aminek köszönhetően a telefon erőforrásait nem használná a felismerő rendszer, az csak adatrögzítő és grafikus megjelenítő szerepet töltené be. Az alkalmazás szempontjából elengedhetetlen egy külső erőforrás használata, ugyanis az egyre növekvő neuronháló és azok tárhelyigénye már lényegesen meghaladná a telefonok hardvereinek képességét. A megerősítéssel alapuló háló nem lehet cél, mivel az nem a képfelismerés bevett módszere, illetve a leggyakrabban előtalált robbanótestekről egy idő után többszörös mennyiségű kép keletkezne, ami eltolná a tanulóhalmaz arányait, és ezzel akár egyre nagyobb pontatlanságot is okozhatna a felismerésben.

További középtávú cél lehet a fémszemét és a robbanótestek megkülönböztetésének képessége. Ezzel a neurális háló képes lenne a valódi robbanótesteket megkülönböztetni az egyébként veszélytelen fémhulladéktól (nem robbanó test – NRT), például a gránátokat és a konzervdobozokat, vagy a több száz kilós légi bombákat és az illegális szemétlerakásokból származó bojlereket. Mivel a Magyar Honvédség Tűzserész Ügyletre befutó feltételezett robbanótestekről érkező hívások átlagosan 10%-a¹³ mégsem robbanótest, így ezeknek a NRT-knek az előszűréssel jelentős személyi, anyagi és technikai tűzserész-erőforrásokat lehetne megspórolni. Ez az arány nem jelentéktelen, figyelembe véve az évi átlag 2000 riasztást, amelyet a tűzserészszakemberek kezelnek.¹⁴ Megjegyzendő, hogy a szoftver ebben a képességben nem feltétlenül lenne alkalmas azonosítani az olyan robbanótesteket, amelyek már nem tartalmaznak valamilyen okból robbanóanyagot, tehát technikai értelemben NRT besorolásúak, de alakjuk alapján beazonosíthatók. Ez természetesen a szakemberek feladatkörébe tartozó tevékenység.

Hosszú távú célként fogalmazható meg, hogy a létrehozott kategóriák, csoportok és alcsoportok mindegyikét feltöltsük az összesen akár több ezer különféle eszköz adataival. Ez esetben a már korábban leírt többszintű azonosítást kellene alkalmazni, amely használata több szempontból is előnyös. Egyrészt a neurális hálók rendszerének egyes hálóit sokkal egyszerűbben ki lehet cserélni, ha új eszköz vagy új képek kerülnek a tanulóhalmazba, ezzel az újraprogramozás idejét is redukálva. Másrészt pontosabb azonosítást tesz lehetővé, mivel ha az összes eszköz egy hálón keresztül lenne betanítva, akkor az valószínűleg csak a kategóriák között tudna különbséget tenni, ugyanis a csoportok és az alcsoportok eltérései, különbségei már eltörpülnének a kategóriák közöttiekhez képest. Harmadrészt a MI-k rendszerét szintenként is lehetne használni. Tehát ha a tűzserészműveletet irányító parancsnok információigényét kielégíti a csoport vagy az alcsoport meghatározása is, akkor a hálók rendszere ezt nagyobb pontossággal meg fogja tudni határozni, mint az eszköz pontos típusát. A leghosszabb távú cél lehet, hogy az elkészült programot tűzserészrobotra integráljuk, hogy az önállóan is képes legyen a robbanótestek azonosítására és esetleg hatástalanítására az előre beprogramozott cselekvéssor végrehajtásával. Illetve tűzserészfeladatokat támogató drónoknak a rendszerbe való integrálásával válhatna a feltételezett robbanótestek felderítése gyorsabbá és hatékonyabbá.¹⁵

¹³ EMBER 2020a: 59–63.

¹⁴ EMBER 2020b: 32–42.

¹⁵ KOVÁCS–EMBER 2022b: 18–23; EMBER–KOVÁCS 2020: 90–97.

Összegzés

A cikksorozatban bemutatam a Tüzérsész Ezred felépítését, feladatrendszerét és feltártam azokat a vezetéstámogatási területeket, amelyekben a mesterséges intelligencia alkalmazásával előrelépés érhető el a tüzérsézek biztonsága, illetve a műveletvezetés támogatása érdekében. Vizsgáltam továbbá a mesterséges intelligencia egyes alapelemeit, amelyek megértése elengedhetetlen a komplex rendszer kialakításához.

Fő eredménynek tartom, hogy sikerült kidolgoznom azt a tüzérsézműveleteket támogató képelemzésen alapuló szoftvert, valamint a mögötte lévő rendszerelvet, amely képes beazonosítani és megnevezni az aknagránátok egyes típusait. A három úrmérethez tartozó három neurális háló mérési eredményeit figyelembe véve azok jelentősen nagyobb felismerési pontosságot értek el, mint a célul kitűzött 70%. A teljes rendszer felismerési spektrumának a három neurális háló csak egy része, de annak eredményei nagyon biztatók a jövőbeni fejlesztésekre és a bővítés lehetőségére vonatkozóan. Kidolgoztam a neurális háló és a képi adatbázisok egymásra épülő rendszerének elméleti hátterét, így a további fejlesztésekhez már „csak” több tízezer fényképpel kell feltölteni a képi adatbázis vonatkozó részeit.

Az elkészült program olyan prototípus, amelyet felhőalapú számítási kapacitás felhasználásával fejlesztettem és tanítottam. Ugyanakkor katonai célú rendszerek gyakorlatban történő megvalósítása és alkalmazhatósága szempontjából már a neurális háló készítéséhez is célszerű lenne a felhőalapú felhasználói felületet platformfüggetlen megoldásra cserélni. A piacon több ilyen szoftver is elérhető, de a felhasználói szempontokat figyelembe véve a MATLAB és annak a kifejezetten az MI-fejlesztésekre optimalizált moduljai (*toolboxok*) kínálják a leghatékonyabb megoldást. Ezzel már a neurális háló alapmodelljét is lehet módosítani, így a „*Teachable Machine*” általános hálója helyett direkt robbanótestekre készített hálót lehetne programozni. A megbízható és biztonságos működéshez, a valós műveleti alkalmazásokhoz további fontos szempont a képi adatbázisok védelmének biztosítása, amely a fenti szoftverplatform és privát hálózati infrastruktúra segítségével szintén biztosítható.



3. ábra: A Tüzérsész-szakfeladatok „záróakkordja” az előtalált eszközök megsemmisítése¹⁶

Forrás: az MH 1. Tüzérsész és Folyamőr Ezred gyűjteménye

¹⁶ A tüzérsész-szakfeladatok végrehajtásának utolsó mozzanata az előtalált robbanótestek végső ártalmatlanítása. 2022. augusztus 11-én tüzérsézkatonák megsemmisítést hajtottak végre, amelyet a Magyar Honvédség parancsnoka is megsemmisített.

A fentiek alapján a jövőben mindenképpen folytatni szeretném kutatásaimat. Tervezem újabb eszközcsoportokról és konkrét eszközökről további képeket feltölteni a felismerőrendszerbe, ezáltal megvalósítva a tanulóhalmaz bővítését, majd megvizsgálva annak felismerési pontosságára gyakorolt hatását. A képi előfeldolgozás eszköztárának felhasználása segítségével szeretnék további javulást elérni a szoftver hatékonyságában.

Kutatási eredményeim példaként történő felhasználásával a tűzserész-szakfeladatok más elemeinek támogatása is megvalósulhatna MI, pontosabban annak objektumfelismerési és képelemzési típusainak alkalmazásával, ha aknamezők légi eszközökkel történő felderítése¹⁷ vagy a közel-keleti műveleti területeken a csapataink ellen gyakran használt eszközök, az improvizált robbanóeszközök¹⁸ egyes főbb alkotóelemeinek azonosítása lenne a cél. És mi más is lehetne a hadtudományi kutatások elsődleges célja, mint katonáink feladat-végrehajtásának és a magyar lakosok életkörülményeinek biztonságosabbá tétele?¹⁹

Ezúton is szeretném megköszönni a Tűzserész Ezred vezetőinek, kiképzőinek és állományának, hogy lehetőséget és támogatást kaptam a képi adatbázis elkészítéséhez, amely nélkül a kutatás nem jöhetett volna létre.

Felhasznált irodalom

- Deep Learning for Computer Vision* [é. n.]. Online: <https://www.mathworks.com/solutions/deep-learning/deep-learning-computer-vision.html>
- EMBER István (2020a): A lőszermentesítés szerepe az építőiparban. *Építőanyag*, 72(2), 59–63. Online: <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.9>
- EMBER István (2020b): The Role and the Risks of Explosive Ordnance Decontamination in Hungary. *Science & Military (Veda A Vojenstvo)*, 16(1), 32–42. Online: <https://doi.org/10.52651/sam-a.2021.1.32-42>
- EMBER István – KOVÁCS Zoltán (2020): Drones Above EOD Operators During Their Public Duty. In BEŇOVSKÝ, Marián (szer.): *Zborník Prednášo Trhacia Technika 2020*. Banská Bystrica: Slovenská spoločnosť pre trhacie a výtacie práce, 90–97. Online: <http://download.sstvp.sk/Zbornik2020.pdf>
- FÖLDI László – PADÁNYI József (2015): Tasks and Experiences of the Hungarian Defence Forces in Crisis Management. *Bilten Slovenske Vojske*, 17(1), 29–46. Online: <https://bit.ly/3yaFuql>
- KOVÁCS Zoltán (2012): Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22(2), 37–52. Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012_2_03%20IED-k%20f%C5%91bb%20t%C3%ADpusai%20-%20Kov%C3%A1cs%20Z.pdf
- 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 tűzserész műveletekben. *Haditechnika*, 56(2), 18–23. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.2.04>
- LŐDI Antal (2010): *Katonai robbanótestek alapismerete, szerkezete*. Jegyzet.

¹⁷ KOVÁCS–EMBER 2021: 5–20; KOVÁCS–EMBER 2022a: 84–92.

¹⁸ Angol megnevezése: Improvised Explosive Device – IED. TOMOLYA–PADÁNYI 2012: 34–67; KOVÁCS 2012: 37–52.

¹⁹ FÖLDI–PADÁNYI 2015: 29–46.

- 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>
- TOMOLYA János – PADÁNYI József (2012): A terrorizmus jelentette kihívások. *Hadtudomány*, 22(3–4), 34–67. Online: https://www.mhtt.eu/hadtudomany/2012/3_4/HT_2012_3-4_Tomolya_Padanyi.pdf