

Mesterséges intelligencia a tűzszerész feladatokban – Tűzszerész Támogató Információs Rendszer működése és fejlesztési lehetőségei IV. rész

Artificial intelligence in explosive ordnance disposal tasks – The operation and developability of the EOD Support Information System Part IV

Összefoglalás: A Mesterséges intelligencia a tűzszerész feladatokban című négyrészes cikksorozat fő célja a Mesterséges Intelligencia Alapú Tűzszerész Támogató Információs Rendszer bemutatása. A cikksorozat záró, IV. részében bemutatásra kerül a rendszer képi adatbázisának felépítése az egyes kategóriák, csoportok és alcsoportok ismertetésével. Szó esik az adatbázis tanulóhalmazát alkotó képek elkészítési technikájáról és az elkészült neurális hálók felismerési pontosságáról, annak fejlesztési lehetőségeiről. Továbbá a Mesterséges Intelligencia Alapú Tűzszerész Támogató Információs Rendszer rövid, közép és hosszútávú fejlesztési céljairól.

Kulcsszavak: tűzszerész, mesterséges intelligencia, robbanótestek, felismerő rendszer, aknagránát

Abstract: 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, the structure of the image database of the system with the 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

1. Bevezetés

A mesterséges intelligencia vagyis az MI² napjaink legtöbb számítógép alapú katonai fejlesztésében megtalálható, a technológia felhasználási lehetőségeinek teljes spektrumával.³ Éppen ezért minden fegyvernem és szakcsapat, valamint speciális szakfeladatot ellátó alegység törekszik a MI implementálására saját tevékenységük támogatása érdekében. A tűzszerész szakfeladatok MI alapú támogatásának egyik lehetősége a Mesterséges Intelligencia Alapú Tűzszerész Támogató Információs Rendszer lenne. Ezen rendszer bemutatását célzó cikksorozat utolsó részében ismertetésre kerül a neurális hálók tanításához szükséges képi adatbázis felépítése, az abban lévő eszközök típusai és az adatbázis elkészítésének metodikája. Továbbá az elkészült neurális hálók hatékonysági vizsgálatának eredményei is. Befejezésként

¹ MH 1. Tűzszerész és Folyamőr Ezred, szakaszcsoport, e-mail: Adam.Balazs@uni-nke.hu, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0597-4528>

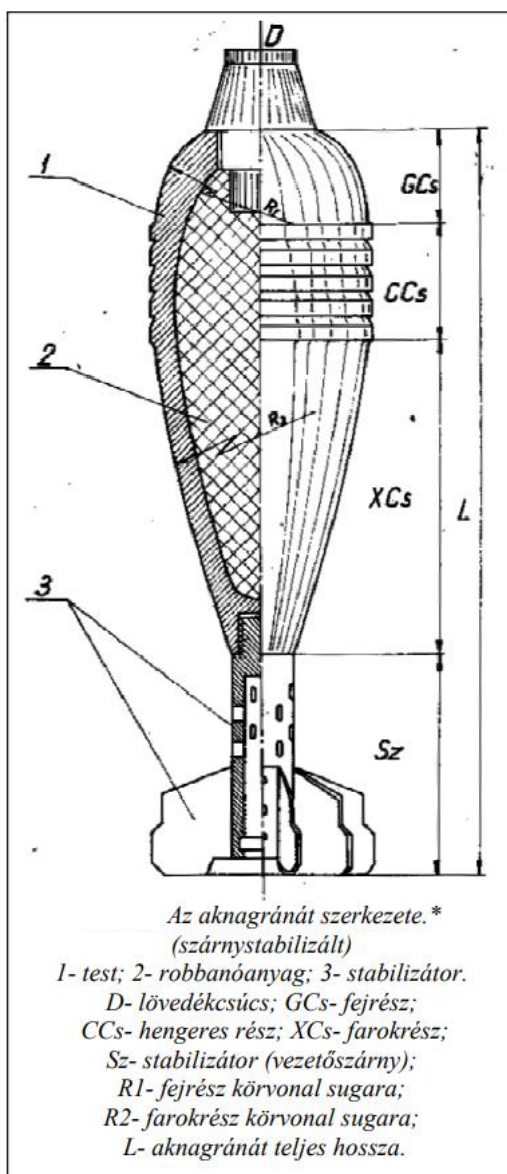
² Angol megnevezése: Artificial Intelligence – AI.

³ NÉMETH-VIRÁGH 2023: 2–6

a rendszer rövid-, közép- és hosszútávú fejlesztésének lehetőségei és kitűzött céljai kerülnek bemutatásra.

2. Képi adatbázis

A képfelismerő, vagy konvolúciós neurális hálózatok tanulási folyamatának elengedhetetlen részét, kiindulási alapját jelenti egy megfelelő minőségű, részletességű, pontos és hiteles forrásból származó képi adatbázis. Az adatbázissal szemben támasztott követelmény továbbá, hogy minden eszközről (felismerendő tárgyról) közel azonos számú képet tartalmazzon. Ezzel elkerülhető a túltanítás jelensége, ami akkor jön létre, ha egy 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.



1. ábra: Aknagránát szerkezete (LÓDI 2010: 59)

Ezt elkerülendő minden eszközről azonos számú és háttérrel rendelkező fotó került felhasználásra. 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 kerültek a képek feltöltésre. Eredeti fotóként, amelyen a céltárgy hozzávetőleg 20%-át foglalta csak el a teljes képfelületnek, illetve egy kivágott formátumban, amelyen a céltárgy kitöltési arány már 70–80% volt.

1 Aknagranátok	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 Repesz gránátok	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 Kézi tüzérség eszközei	3.1 Aktív hajtómóvel	
	3.2 Hajtómő nélkül	
4 Puskagranátok és gránátvetők	4.1 Puskagranátok	
	4.2 Gránátvetők	
5 Kézigránátok	5.1 Gömbölyded	
	5.2 Hengeres	
	5.3 Nyéllel ellátott	
6 Bombák	6.1 Szabadeséső bombák	
	6.2 Fékezett bombák	
	6.3 Laser-vezérléső bombák	
7 Aknák	7.1 Gyalogsági aknák	7.1.1 Földfelszín alá helyezett aknák
		7.1.2 Irányított hatású repesztöltetek
	7.2 Harckocsi aknák	
	7.3 Vízi aknák	
8 Rakéták	8.1 Föld-föld	
	8.2 Föld-levegő	
	8.3 Levegő-föld	
	8.4 Levegő-levegő	

2. ábra: Képi adatbázis felépítése

Az adatbázis hitelességéhez kétség sem férhet, ugyanis minden fotó az MH 1. Tűzszerész és Folyamőr Ezred (a továbbiakban: Tűzszerész Ezred) laktanyájának tűzszerész kiképző termében készült, ahol több ezer hatástalanított, mára kiképzési anyag, makett szerepet betöltő ártalmatlan robbanótest található. A kutatás keretében ezeknek a robbanótesteknek egy szűkebb csoportja, az aknagranátok kerültek befotózásra, 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 a máig földben szunnyadó társaiktól, hogy nincs bennük robbanóanyag, illetve pirotechnikai anyag. A hiteles képi adatbázis létrejöttének támogatásához ezúton is szeretnék köszönetet mondani a Tűzszerész Ezred vezetésének.

A Mesterséges Intelligencia Alapú Tűzszerész 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 készítettem egy olyan mappaszerkezetet, amelyben a tűzszerész szakmában 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 a 2. ábra alapján. A kategóriákon belül csoportokat különböztettem meg, amelyek az űrméretre vagy a kialakítás sajátosságára utalnak elsősorban. Ezek viselik a kategória és a saját, kategórián belüli számukat is. A további alcsoportokra történő bontás már nem történt meg mindegyik csoportban, ahol mégis van ilyen, annak a száma viseli a kategória, a csoport és a 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 alcsoport számok mellé. Ezt az elvet folytatva minden egyes robbanótestről készült kép is kaphat egy hivatkozási számot, így azoknak felső határa nincsen. A tanulóhalmazba készített és a tesztképek között az a különbség, hogy a tesztképek száma elé egy T betű kerül, ezzel ezeknek a fotóknak a száma is korlátlanul növelhető.

Az aknagránátokról készült képek 3 fő csoportba kerültek besorolásra 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 találhatók az alcsoportok, amelyek már az aknagránátok pontos, rendszeresített nevét jelentik. Tehát az aknagránátok képi adatbázisa kétszintes felépítéssel rendelkezik (3. ábra).

Az 5–6 cm-es eszközökből 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, másik fele természetes környezetben talaj háttérrel készült. Alapvetően az eszközök tetejéről (gyújtóról), oldaláról és a végéről (stabilizátorszárnyról) készültek a képek merőleges vagy közel 45°-os szögben. A gyakorló adathalmazban a teljes alakú képek mellett részletképek is találhatók az egyes jobban azonosítható és felismerhető részletekről, mint a fej- és hengeres részek, illetve a stabilizátor részről.

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)

3. ábra: Aknagránátok csoportosítása

A 8 cm-es csoportban az előzőhöz hasonlóan négy különböző nemzet aknagránátjai találhatók, de azok közül többféle rendeltetésű is bekerült az adatbázisba. Ebben a csoportban 32 db kép került bele a tanulóhalmazba minden eszközről. Itt is hasonló elvek alapján körülbelül azonos szögekből készültek a fotók. Illetve egy fekvő 45°-os oldalsó szögből 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 a másik két csoporthoz képest.

A 12 cm-es aknagránátoknál négy eszköz került kiválogatásra négy különböző nemzet egykori hadrendjéből. Itt minden eszközről 30 db kép került kiválogatásra, hasonló elvek mentén, ahogy az az előzőknél történt. Viszont az eszközök fizikai méretei, 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.

4. Neurális háló és komponenseinek jellemzése, a meghatározás pontosságának mérése

A kutatás fő eredményeként létrehoztam három olyan neurális hálót a képi adatbázis felhasználásával, amelyek az aknagránátok kategória csoportjában (5–6 cm, 8 cm, 12 cm) képesek különböző pontossággal felismerni az abban található eszközöket. Mindegyik kategória neurális hálóját többször, eltérő epochs és batch size⁴ paraméterekkel tanítottam, így a tesztképek segítségével meg tudtam határozni a vizsgált párosítások közül a kategóriához legjobban illő arányokat. Epochs számban 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000 és 10000 értékekkel dolgoztam, alapvetően 16-os batch size-al. Három esetben, 200, 1000 és 5000 értékeknél 32-es batch size-al 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

⁴ 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.

padlón vagy tanteremi asztalon ferdeszögből készült, illetve kültéri helyszínen, falevelekkel és növényzettel néhol fedett, eltérő szögekből készített fotók is a tesztalmaz részét képezték.

	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
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
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
Helyesség aránya	83.3%	50%	100%	85.7%	79.2%
Epochs 500					
Helyes/helytelen	5/1	2/4	5/0	6/1	18/24
Helyesség aránya	83.3%	33.3%	100%	85.7%	75%
Epochs 1000					
Helyes/helytelen	5/1	4/2	5/0	6/1	20/24
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
Helyesség aránya	83.3%	33.3%	100%	85.7%	75%
Epochs 2000					
Helyes/helytelen	5/1	4/2	5/0	6/1	20/24
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
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
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
Helyesség aránya	83.3%	33.3%	100%	71.4%	70.8%

4. ábra: Mérési eredmények 5–6 cm-es aknagránátok esetén

Az 5–6 cm-es csoportban 4 db eszköz⁵ 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 eredményt⁶ két hálóval is sikerült elérni, továbbá csupán eggyel kevesebb helyes megoldás is három esetben született. Ezzel stabilan elérve a kitűzött minimum 70%-os célt (4. ábra). 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.

⁵ Ezek a korábbiakban pontosan meghatározásra kerültek.

⁶ A legmagasabb sikeres arányt zöld színnel, a második legmagasabb arányt sárga színnel jelöltem az ábrákon.

	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
Helyesség aránya	40%	60%	60%	60%	60%	0%	40%	40%	47.4%
Epochs 200									
Helyes/helytelen	1/4	4/1	3/2	3/2	3/2	0/3	4/1	2/3	20/38
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
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
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
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
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
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
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
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
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
Helyesség aránya	100%	100%	60%	80%	60%	100%	80%	80%	81.6%

5. ábra: Mérési eredmények 8 cm-es aknagránátok esetén

A 8 cm-es aknagránátok közül 8 db eltérő típus képei kerültek bele a neurális háló tanulóhalmazába.⁷ Mivel itt kétszer annyi eszközt kellett beazonosítani a mesterséges intelligenciának, így a mérési eredmények is jelentősen alacsonyabb pontosságról adnak számot. Az alap képekkel 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 tesztalmazt, a legpontosabb és a legkevésbé pontos háló között csupán 7,8%-os az eltérés. Mivel a kapott legjobb arány messze alul marad a kitűzött 70%-os céltól el kellett gondolkodni azon, hogyan lehetne fejleszteni és pontosabbá tenni a hálót. Mivel a tanulóhalmaz képein nem kívántam változtatni, így a tesztalmaz képeit vettem górcső alá. Mivel a felismerés és összehasonlítás során a tesztképből is a beolvasás során négyzet alakú kép keletkezik, ezért a tesztalmaz 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.

⁷ Ezek a korábbiakban pontosan meghatározásra kerültek.

	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
Helyesség aránya	80%	83.3%	100%	80%	85.7%
Epochs 200					
Helyes/helytelen	4/1	4/2	5/0	3/2	16/21
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
Helyesség aránya	100%	66.7%	100%	80%	85.7%
Epochs 500					
Helyes/helytelen	4/1	5/1	5/0	3/2	17/21
Helyesség aránya	80%	83.3%	100%	60%	81%
Epochs 1000					
Helyes/helytelen	5/0	5/1	5/0	2/3	17/21
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
Helyesség aránya	100%	83.3%	100%	80%	90.5%
Epochs 2000					
Helyes/helytelen	5/0	5/1	5/0	3/2	18/21
Helyesség aránya	100%	83.3%	100%	60%	85.7%
Epochs 5000					
Helyes/helytelen	4/1	5/1	5/0	4/1	18/21
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
Helyesség aránya	100%	83.3%	100%	80%	90.5%
Epochs 10000					
Helyes/helytelen	4/1	4/2	5/0	4/1	17/21
Helyesség aránya	80%	66.7%	100%	80%	81%

6. ábra: Mérési eredmények 12 cm-es aknagránátok esetén

A módosítások alkalmazásával sikerült elérni a mesterséges intelligencia 81,6%-os pontosságát (5. ábra legalsó sorai), amely jelentős, 26,4%-os növekedést jelentett. A képek kivágásával és az eszközök kinagyításával tehát a pontosság jelentős emelkedését lehet elérni, amit nem csak ennél a csoportnál vagy kategóriánál lehet alkalmazni, hanem az minden robbanótest felismerésénél általános érvényű szabállyá válik.

A 12 cm-es csoportban 4 db eszköz⁸ 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 eredmények 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

⁸ Ezek a korábbiakban pontosan meghatározásra kerültek.

hálók között (6. ábra). Újra a sebesség kritériumát választva a végleges háló 1000 epochs és 32 batch size értékekkel készült.

A készített neurális hálók tehát elérik a kívánt 70%-os pontossági határt. De ahol a tesztalmaz első képeivel nem is, a nagyított képek segítségével már bőven a határ fölé emelhető az azonosítás pontossága. Mivel a neurális hálózat tanulóhalmazába 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 eszközzel felismerendő fotót készíteni a hossz tengelyére merőleges irányból érdemes. Ez igaz a részletek fényképezésére is. Valamint javasolt a robbanótest környezetének lehető leghomogénebbé tétele. Vagyis, ha talajban található az eszköz, akkor a nem talaj részecskéket, növényi részeket, eszközöket célszerű eltávolítani a fényképező látószögéből.

A kutatás során szerzett tapasztalataim alapján a felhasználás során javaslom, 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.

5. Fejlesztési lehetőségek

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

Rövidtávú fejlesztési lehetőségként kínálkozik az aknagránátok kategóriára egy komplex neurális háló tanítása, amely a különböző vizsgált űrméretek eszközei között lenne képes különbséget tenni. Ezzel egy robbanótest típusának pontos beazonosítása többszintű neurális hálókkal lenne lehetséges. Rövidtávú fejlesztésekre már lehetne alkalmazni a MATLAB⁹ 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 fehérítési 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.¹⁰ A neurális hálók igénybevételéhez létre lehet hozni egy Android operációs rendszerhez készített alkalmazást is, amely a programot még felhasználóbaráttá teszi.

⁹ A MATLAB egy programozási és numerikus számítási platform, amelyet mérnökök és kutatók milliói használnak adatok elemzésére, algoritmusok fejlesztésére és modellek létrehozására.

¹⁰ *Deep Learning for Computer Vision*, [é. n.]



7. ábra: Előtalált 82 mm-es szovjet aknavetőgránátok a Múcsarnok előtt.¹¹ (Az MH 1. Tűzszerész és Folyamőr Ezred gyűjteményéből)

Középtávú cél lehet az egyes kategóriák eszközeiről történő képi adatbázisok létrehozása és az azokhoz tartozó MI-k programozása. A folyamatosan bővülő adatbázis segítségével korrigálhatni lehet a robbanótest felismeréséhez alkotott neuron háló 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 egy önálló mesterséges intelligencia szerver kialakítása, amin a programozásokat, valamint a képek felismerését lehetne végezni. Ez a számítógép vezeték nélküli hálózaton kapcsolódna a telefonon futó Android szoftver kompatibilis alkalmazáshoz, 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 neuronhálók és azok tárhelyigénye már lényegesen meghaladná a telefonok hardvereinek képességét. A megerősítéses tanuláson alapuló háló nem lehet cél, mivel az nem a képfelismerés bevett módszere, illetve a leggyakrabban előtalált robbanótestekről egy idő után többszörös mennyiségű kép keletkezne, amely eltolná a tanulóhalmaz arányait és ezzel akár egyre nagyobb pontatlanságot is eredményezhetne a felismerésben.

Egy 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), mint pl. a gránátokat és a konzervdobozokat, vagy a több száz kilós légi bombákat és az illegális szemétlerakásokból származó bojlereket. Mivel a Magyar Honvédség Tűzszerész Ügyeletre befutó feltételezett robbanótestekről érkező hívások átlagosan 10%-a¹² mégsem robbanótest, így ezeknek a NRT-knek az előszűrésével jelentős tűzszerész személyi, anyagi és technikai erőforrásokat lehetne

¹¹ 2021. április 22-én a budapesti Múcsarnok mellett, építési területen előkerült 75 darab 82 mm-es szovjet aknavetőgránát, a tűzszerész katonák későbbi megsemmisítés céljából elszállították az eszközöket.

¹² EMBER 2020a: 59–63

megspórolni. Ez az arány nem jelentéktelen, figyelembe véve az évi átlag 2000 riasztást, melyet a tűzserész szakemberek kezelnek.¹³ Megjegyzendő, hogy a szoftver ebben a képességben nem feltétlenül lenne alkalmas azonosítani az olyan robbanótesteket, melyek már nem tartalmaznak valamilyen okból robbanóanyagot, tehát technikai értelemben NRT besorolásúak, de alakjuk alapján beazonosíthatók. Ez természetesen a szakemberek feladatkörébe tartozó tevékenység.

Hosszútávú célként fogalmazható meg, hogy a létrehozott kategóriák, csoportok és alcsoportok mindegyike feltöltésre kerüljön az összesen akár több ezer különféle eszköz adataival. Ezesetben a már korábban leírt többszintű azonosítást kellene alkalmazni, amely használata több szempontból is előnyös. Egyrészt a neurális hálók rendszerének egyes hálói sokkal egyszerűbben ki lehet cserélni, ha új eszköz vagy új képek kerülnek a tanulóhalmazba, ezzel az újra programozás idejét is leredukálva. 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 alcsoportok eltérései, különbségei már eltörpülnének a kategóriák közöttiekhez képest. Harmadrészt a MI-k rendszerét szintenként is lehetne használni. Tehát ha a tűzserész műveletet irányító parancsnok információ igényét kielégíti a csoport vagy alcsoport meghatározása is, akkor a hálók rendszere ezt nagyobb pontossággal meg fogja tudni határozni, mint az eszköz pontos típusát. Leghosszabb távú cél lehet, hogy az elkészült programot integráljuk egy tűzserész robotra, hogy az önállóan is képes legyen egy robbanótest azonosítására és esetleg hatástalanítására az előre beprogramozott cselekvéssor végrehajtásával. Illetve tűzserész feladatokat támogató drónoknak a rendszerbe való integrálásával válhatna a feltételezett robbanótestek felderítése gyorsabbá és hatékonyabbá.¹⁴

6. Összegzés

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

Fő eredménynek tartom, hogy sikerült kidolgoznom egy olyan tűzserész műveleteket támogató képelemzésen alapuló szoftvert, valamint a mögötte lévő rendszerrelvet, amely képes beazonosítani és megnevezni az aknagránátok egyes típusait. A három ürmérethez 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 hálók 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 egy olyan prototípus, amely felhőalapú számítási kapacitás felhasználásával került fejlesztésre és tanításra. Ugyanakkor katonai célú rendszerek gyakorlatban történő megvalósítása és alkalmazhatósága szempontjából már a neurális hálók készítéséhez is célszerű lenne a felhő alapú felhasználói felületet egy 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 alapmodellt is lehet módosítani, így a „Teachable Machine” általános hálója helyett egy direkt robbanótestekre

¹³ EMBER 2020b: 32–42

¹⁴ KOVÁCS–EMBER 2022b: 18–23; EMBER–KOVÁCS 2020: 90–97

készített hálót lehetne programozni. A megbízható és biztonságos működéshez, a valós műveleti alkalmazásokhoz egy további fontos szempont a képi adatbázisok védelmének biztosítása, amely a fenti szoftverplatform, és privát hálózati infrastruktúra segítségével szintén biztosítható.



8. ábra: A tűzszerész szakfeladatok „záróakkordja” az előtalált eszközök megsemmisítése.¹⁵ (Az MH 1. Tűzszerész és Folyamőr Ezred gyűjteményéből)

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

Kutatási eredményeim példaként történő felhasználásával a tűzszerész szakfeladatok más elemeinek támogatása is megvalósulhatna MI, pontosabban annak objektum felismerés és képelemzés típusainak alkalmazásával, ha aknamezők légi eszközökkel történő felderítése,¹⁶ vagy a Közel-Keleti műveleti területeken a csapataink ellen egyik leggyakrabban használt eszközök, az improvizált robbanó eszközök¹⁷ egyes főbb alkotó elemeinek azonosítása lenne a cél. És mi más is lehetne a hadtudományi kutatások elsődleges célja, mint a katonáink feladatvégrehajtásának és a magyar lakosok életkörülményeinek biztonságosabbá tétele.¹⁸

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

¹⁵ A tűzszerész szakfeladatok végrehajtásának utolsó mozzanata az előtalált robbanótestek végső ártalmatlanítása. 2022. augusztus 11-én tűzszerész katonák megsemmisítést hajtottak végre, amelyet a Magyar Honvédség Parancsnoka is megszemlélt.

¹⁶ KOVÁCS–EMBER 2021: 5–20; KOVÁCS–EMBER 2022a: 84–92

¹⁷ Angol megnevezése: Improvised Explosive Device – IED. TOMOLYA–PADÁNYI 2012: 34–67; KOVÁCS 2012: 37–52

¹⁸ FÖLDI–PADÁNYI 2015: 29–46

Ez 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.



Felhasznált irodalom

- 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://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/static/pdfjs/web/viewer.html?file=https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/10134/tasks.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- 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://epitoanyag.org.hu/wp-content/uploads/2020/05/10.14382_epitoanyag-jsbcm.2020.9.pdf
- EMBER István (2020b): The role and the risks of explosive ordnance decontamination in Hungary. *SCIENCE & MILITARY (VEDA A VOJENSTVO)*, 16(1), 32–42. Online: http://ak.aos.sk/images/repozitar/sam/sam_1_2021/sam_1_2021_5.pdf
- EMBER István – KOVÁCS Zoltán (2020): Drones Above EOD Operators During Their Public Duty. In MARIÁN Beňovský (szerk.): *ZBORNÍK PREDNÁŠO TRHACIA TECHNIKA 2020*. Banská Bystrica: Slovenská spoločnosť pre trhacie a víťacie práce, 90–97. Online: <http://download.sstv.sk/Zbornik2020.pdf>
- 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://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/5786/4843>
- KOVÁCS Zoltán – EMBER István (2022a): Landmine detection with drones. *Revista Academiei Fortelor 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 tűzszerész műveletekben. *HADITECHNIKA*, 56(2), 18–23.
- LÖDI Antal (2010): *Katonai robbanótestek alapismerete, szerkezete*. Jegyzet.
- NÉMETH András – VIRÁGH Krisztián (2023): Mesterséges intelligencia és haderő – Katonai alkalmazási lehetőségek VII. rész. *HADITECHNIKA*, 57(1), 2–6.
- TOMOLYA János – PADÁNYI József (2012): A terrorizmus jelentette kihívások. *Hadtudomány*, 22(3–4), 34–67. Online: https://www.mhht.eu/hadtudomany/2012/3_4/HT_2012_3-4_Tomolya_Padanyi.pdf