

Kegyés Tamás,¹ Süle Zoltán,² Abonyi János³

Az információmenedzsment szerepe az ABV-védelemben⁴

The Role of Information Management in CBRN Protection

Az atom-, bio- és vegyi (ABV-) incidensek felderítése kiemelt fontosságú feladat, amely évtizedek óta intenzíven kutatott téma. A folyamatos technológiai, adatfeldolgozási és automatizálási vívmányok újabb és újabb fejlesztési potenciált nyitnak az ABV-védelem terén is, amely napjainkra komplex, interdiszciplináris tudományterületté vált. Ennek megfelelően kémikusok, fizikusok, meteorológusok, katonai szakértők, programozók és adattudósok egyaránt közreműködnek a kutatásokban. A hazai ABV-védelmi képességek hatékony növelésének a kulcsa is abban rejlik, hogy megfelelően strukturált koncepció mentén folyamatos és célirányos fejlesztés történjen. Kutatásunk célja, hogy áttekintést adjunk a modern ABV-védelmi technológiák főbb komponenseiről, ezen belül összefoglaljuk az ABV-felderítés, illetve a döntéstámogatási lépések koncepcionális követelményeit, és bemutattjuk az információmenedzsment szerepét és legújabb lehetőségeit a folyamatokban.

Kulcsszavak: ABV-védelem, információmenedzsment, döntéstámogató rendszer, ABV-architektúra

The detection of chemical, biological, radiological and nuclear (CBRN) incidents is a high priority and has been an intensively researched topic for decades. Ongoing technological, data processing and automation advances are opening up new development potentials in the field of CBRN protection, which has become a complex, interdisciplinary field. Accordingly, chemists, physicists, meteorologists, military experts, programmers and data scientists are all involved in the researches. The key to effective enhancement of domestic CBRN defence capabilities also lies in continuous and directed development along a well-structured concept. The aim of our research is to provide an overview of the

¹ ELKH-PE Komplex Rendszerek Figyelemmel Kísérése Kutatócsoport, e-mail: kegyes.tamas@mik.uni-pannon.hu

² Pannon Egyetem Műszaki Informatikai Kar, e-mail: sule.zoltan@mik.uni-pannon.hu

³ ELKH-PE Komplex Rendszerek Figyelemmel Kísérése Kutatócsoport, e-mail: janos@abonyilab.com

⁴ A közlemény a TKP2021-NVA-10 számú projekt keretében az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a 2021. évi Tématerületi Kiválóság Program pályázati program finanszírozásában valósult meg.

main components of modern CBRN defence technologies, including a summary of the conceptual requirements for CBRN reconnaissance and decision support steps, and to present the role and recent opportunities of information management in these processes.

Keywords: *CBRN protection, information management, decision support system, CBRN architecture*

Bevezetés

Az atom-, bio- és vegyi (ABV-) védelmi tevékenységeket eleinte a nagyhatalmak hadászati potenciálja, illetve azok folyamatos, bár változó intenzitású fenyegetései indukálták. Napjainkban sokkal inkább az államok által nem kontrollálható terrorista csoportok jelentenek fenyegetést, de tovább bővíti az ABV-katasztrófák bekövetkezésének veszélyét az iparosodott, politikai, gazdasági és kulturális ellentétekkel terhelt időszakunk is.⁵ Bár Magyarországon is több évtizedes múltja van az ABV-védelemnek, azonban a gyorsan változó világunkban újabb és újabb fejlesztési irányok nyílnak. Ezek közül többre vonatkozóan készültek már rövid, közép- és hosszú távú megvalósítási tervek, azonban végrehajtásuk egyéb prioritások mellett hosszú és időigényes folyamat.⁶

A célunk, hogy a napjainkban elérhető szakmai és tudományos eredményekre alapozva áttekintést nyújtsunk a modern ABV-védelem koncepcionális követelményeiről, ezáltal támogatva a célirányos és magas potenciált rejtő fejlesztési beruházások meghatározását. Munkánk során a releváns hazai és nemzetközi szakirodalom feltárásán túl rendszereztuk az ABV-védelem funkcionális komponenseit, azonosítottuk azok hatékonyságnövelő lehetőségeit, feltártuk az adott műveletekhez kapcsolódó legjobb gyakorlatokat közvetlenül az ABV-védelem területéről, illetve az ekvivalens problémák esetén közvetve az ipari és termelési területekről is.

Cikkünk második fejezetében ismertetjük az ABV-védelem felépítését, ezen belül áttekintjük az ABV-felderítés eszközeit, azok jelenlegi potenciálját a „rég típusú” eljárásrendhez képest. Ezt követően bemutatjuk az információmenedzsment szerepét és lépéseit a nyers adatok feldolgozásában, majd meghatározunk néhány alapvető fontosságú célfüggvényt, amelyek lehetővé teszik az iparban széleskörűen alkalmazott optimalizációs technológiák felhasználását az ABV-felderítés területén is. A harmadik fejezetben áttekintjük a gépi tanulás alkalmazási lehetőségeit az ABV-védelmi folyamatokban, valamint ismertetjük a modelleknek az adatokra és azok feldolgozására vonatkozó előkövetelményeit, és a legjobb gyakorlatokon keresztül bemutatjuk a gépi tanulás nyújtotta hatékonyságnövelő képességeket. A negyedik fejezetben megvizsgáljuk a döntéstámogató rendszerek új fejlesztési irányait, különös tekintettel a hálózati döntéstámogatás tulajdonságaira. Röviden összefoglaljuk a hálózati és a hierarchikus megközelítések főbb különbségeit, kiemelve a jelentősebb eltéréseket eredményező aspektusokat. Az ötödik fejezetben javaslatot teszünk egy lehetséges ABV-védelmi rendszer magas szintű architektúrájára, bemutatunk egy prototípus-víziót, majd azonosítjuk

⁵ JUHÁSZ 2001.

⁶ BEREK-SZABÓ 2012; SZABÓ 2017.

a főbb tervezési feladatcsoportokat. Végül a hatodik fejezetben összefoglaljuk az eredményeinket és a konklúziókat, valamint kiemelünk néhány magas potenciállal kecsegtető kutatási témát, amelyek tovább javíthatják az ABV-felderítési képességeket.

Az ABV-védelem felépítése

Az ABV-védelem rendkívül szerteágazó feladatok és lépések sorozata, azonban a tudományos konszenzus alapján öt főbb funkcionális területre bontható.⁷

- Felderítés: az ABV-incidens vagy -szennyezés érzékelése, kiterjedésének meghatározása, valamint az időbeli változásának nyomon követése. Az ABV-felderítés főbb feladatai a kimutatás, az azonosítás és a monitorozás. A kimutatás a levegőben lévő mérgező anyag érzékelését jelenti. Ez történhet kémiai vagy fizikai úton, humán vagy gépi közreműködéssel, egy vagy több szenzor felhasználásával, mechanikus vagy digitális érzékelőkkel, illetve ezek különböző kombinációjával. A főbb érzékelési eljárások az alábbiak:
 - hordozható kézi érzékelők;
 - okosszenzorok;
 - pilóta nélküli járművek;
 - földi/légi/vízi megfigyelő eszközök;
 - elektronikus adatforrások;
 - humán érzékelés.

A modern katonai szenzorhálózatok jellemzően lényegesen nagyobbak és komplexebbek, mint a civil szenzorhálózatok,⁸ azonban az elmúlt évtizedek jelentős fejlesztései ellenére ezen érzékelők még mindig költségesek. Ezzel szemben a civil felhasználásban már megjelentek az alacsony költségű érzékelők, amelyek tömeges alkalmazásával figyelemre méltó eredményeket értek el.⁹

A méréseket végző érzékelők tekintetében a statikus, fix telepítésű szenzorokkal szemben egyre inkább teret nyernek a mobil érzékelők. Ezeknek három fajtáját különböztetjük meg:

- Nem vezérelt szenzorokat leginkább mozgó járművekre telepítenek.¹⁰
- Központilag vezérelt szenzorok esetén a megvizsgálandó területre lehet irányítani az eszközt, vagyis dinamikus, a környezeti mérések eredményeitől függően irányított megoldást alakítanak ki.¹¹
- Autonóm vezérlésű szenzorok alkalmazásakor központi irányítás nélkül, de a mérési eredményektől függően lokális irányítású érzékelőket használnak.¹²
- Információmenedzsment: az ABV-felderítési adatok összegyűjtése, feldolgozása és továbbítása, amibe beletartoznak az információátviteli és -kiaknázási

⁷ BEREK 2016.

⁸ ISLAM et al. 2009.

⁹ ZHANG–MADHANI–BERG 2005.

¹⁰ MADHANI–TAUIL–ZHANG 2005.

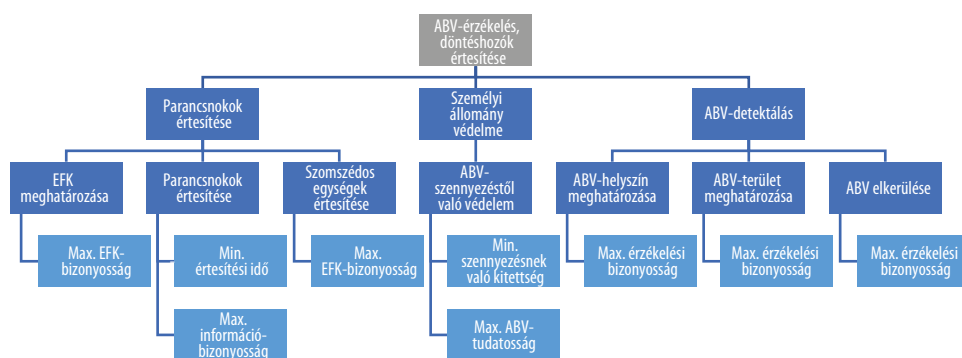
¹¹ KON et al. 2012.

¹² BOUHAMED et al. 2020.

lépések is. Az utolsó évtizedekben lezajló informatikai forradalom során gyökeresen megváltozott a felhasználható eszköztár. A korábban elképzelhetetlen adatbőség és számítási kapacitás lehetőséget kínál arra, hogy az ABV-védelemben közreműködő személyi állomány helyett mind több műveletet gépi úton végezzenek el az emberi teljesítményt jelentősen meghaladó precizitással, megbízhatósággal és alacsony feldolgozási idővel. Azonban a szenzorokban képződő adatok feldolgozó rendszerek felé való továbbítása kapcsán számos követelménynek kell megfelelni:

- Hibamentesség: a mérési adatokat mindennemű megváltozási lehetőség kiiktatásával, a szenzor mérési pontosságával kell beküldeni.
- Alacsony késleltetési idő: a mérési időpillanattól számított legrövidebb időn belül kell továbbítani az adatokat.
- Energiahatékonyság: az alacsony késleltetési idő kritériumával szemben a folyamatos adatkapcsolat rendkívül energiaigényes lehet, ezért a – jellemzően akkumulátorral működő – szenzorok üzemidejének növeléséhez az adatküldési gyakoriság optimalizálása szükséges.
- Biztonság: a rendszer jellegéből fakadóan az adatok eltéríthetlensége és megmásíthatatlansága alapvető fontosságú.
- Üzembiztonság: az érzékelési rendszer csak folyamatos működés mellett tudja ellátni legfőbb célját, így ennek biztosítása is kiemelt jelentőségű.

A mérési adatok központi összegyűjtését követően az információ kinyerése és a döntéstámogató műveletek elvégzése következik, amely az ABV-védelem legkritikusabb pontja.¹³ Az 1. ábra egy ABV-védelmi döntéstámogató eszköz funkcionális felépítését ismerteti. Ennek alapján az elsőbbségi felderítési követelmények (EFK) relevanciájának bizonyosságára, az értesítési időkre, a szennyezésnek való kitettség mértékére és az érzékelési bizonyosságra vonatkozóan megfogalmazhatók egzakt célfüggvények, amelyek megnyitják az utat az ipari, gazdasági és kutatási területeken már sikeresen alkalmazott optimalizációs eljárások felhasználása előtt.



1. ábra: ABV döntéstámogató eszköz funkcionális felépítése

Forrás: Cascio et al. 2019

¹³ Cascio et al. 2019.

- Fizikai védelem: az ABV-szennyezéssel veszélyeztetett állomány, valamint egyes tárgyi vagy gépi eszközök megóvása.
- Veszélykezelés: az ABV-szennyezés alóli mentesítési műveletek elvégzése.
- Egészségügyi ellenintézkedések és biztosítás: az állomány által elszenvedett ABV-ártalmaknak megfelelő orvosi ellátás biztosítása.

Cikkünk további részében elsősorban az információfeldolgozó és a döntéstámogató folyamatok hatékony szervezését tekintjük át. Ennek előfeltétele az ABV-felderítés módszereinek megismerése, így az alábbiakban ezt mutatjuk be részletesebben.

A gépi tanulás alkalmazási lehetőségei az ABV-megoldásokban

Napjainkban sorra jelennek meg újabb és újabb technológiák és módszerek, amelyek jelentős teljesítményjavulást és hatékonyságnövekedést eredményeznek az ipar és a gazdaság számos területén. Többek között a mesterséges intelligencia, a gépi tanulás, a robotok, az okoseszközök, az önvezető járművek, a drónok, a virtuális-valóság-megoldások, a nanotechnológia és a szintetikus organizmusok különböző alkalmazásai és felhasználásai olyan mértékben alakítják át életünket, hogy a negyedik ipari forradalomként hivatkoznak rájuk. Mindezen lehetőségek kiaknázása az ABV-védelem területén is elkezdődött, és a jelentős kihasználatlan potenciál miatt, vélhetően tartósabb folyamattá válik. Ebben a fejezetben áttekintjük az új technológiák alkalmazásainak számos „jó gyakorlatát” az ABV-védelem területén.

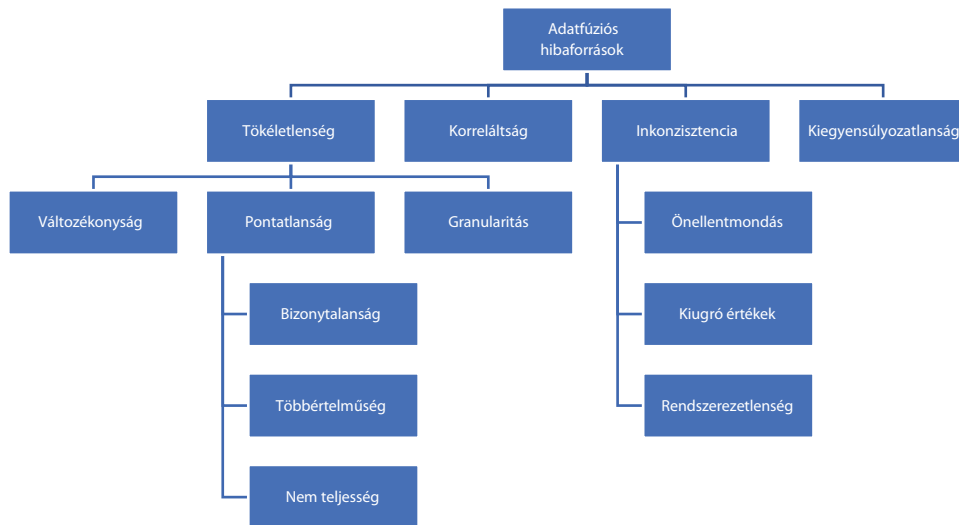
A gépi tanulási rendszerek használata során négy egymásra épülő réteget különböztetünk meg. Az első rétegben szerepelnek a forrásadat-előállítási műveletek. Ahhoz, hogy megfelelően ki lehessen aknázni a gépi tanulás nyújtotta lehetőségeket, elsősorban megfelelő mennyiségű, minőségű, terjedelmű és gyakoriságú adat szükséges, amelyeket össze kell kapcsolni, majd integrálni.

A gépi tanulási megoldások második rétegét az adattárolási, adatfeldolgozási és adat-előkészítési lépések alkotják. Mivel a különböző gépi tanulási módszerek bemeneti adataira vonatkozó előkövetelményei eltérők, így az adatstruktúrák és gépi tanulási módszerek kölcsönösen korlátozhatják egymást. A jól strukturált adatokhoz korlátozott autonómiájú felügyelt tanulási módszerek alkalmazhatók. A kép- és hangadatok esetében a megerősítéssel tanulási módszerek használhatók, amelyek adaptív öntanuló funkciója a szituációs tapasztalathoz tud igazodni. A természetes nyelvi feldolgozó algoritmusok mindenféle hangfelismerésre, hangértelmezésre és hangorientáció vizsgálatára alkalmasak. A big data jellegű, nagy mennyiségű adat feldolgozását igénylő műveleteket leginkább neurális hálózatokkal lehet támogatni. Ezenfelül a mechanikus érzékelők okoseszközökkel (*Internet of Things*, IoT) integrálhatók, így az adatáramlás felgyorsítható, és sok esetben a távoli vezérlés is biztosítható.¹⁴

A gépi tanulási rendszerek harmadik rétegébe az adatfúziós és a modellalkotási feladatok tartoznak. Az ezzel foglalkozó szakemberek szerint a kifejlesztett modellek csak annyira lehetnek pontosak, amennyire a forrásadatok megfelelőek, így

¹⁴ AHMED 2022.

nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy milyen fontos a legmagasabb adatminőségre való törekvés. A 2. ábra bemutatja az adatfúziós hibaforrások típusait.¹⁵ Ezek közül a mérési tökéletlenség típusai lényegében elkerülhetetlenek, amire a mérőeszközök minősítése során meghatározott várható mérési hibamérték figyelembevételével lehet felkészülni. Továbbá a mérőeszközök telepítési tervezésével és a mérőeszközök megfelelő kiválasztásával elérhető, hogy a mérési hibák a kívánt toleranciasávon belül maradjanak. Nagyrészt szintén tervezési kérdés a korreláltsági és kiegyensúlyozatlansági hibák kezelése, míg az inkonzisztencia fennállásának azonosítása és kiküszöbölése az adatfeldolgozási folyamatok validációs lépéseiben kezelhető.



2. ábra: Az adatfúziós hibaforrások típusai

Forrás: KHALEGI et al. 2013

Az adatfeldolgozási folyamatnak mindenképpen érdemes tartalmaznia egy robotizált adaptív programozási keretrendszert, amely képes korrigálni az adatok sokféleségét, tökéletlenségét, pontatlanságát és egyéb hibaforrásait.

A gépi tanulási módszerek rendkívül szerteágazók, de az alábbiakban bemutatjuk az ABV-védelem kapcsán már sikeresen alkalmazott és magas potenciállal rendelkező megoldásokat:

- **Okoseszközök (IoT), szenzorhálózatok:** Az ABV-érzékelés hagyományosan a humán személyzet által működtetett specifikus céleszközökkel történt. Ezzel a vizsgált szennyezéstípusok már alacsony koncentráció esetén is kimutathatók, azonban a személyzetnek a vizsgálati területre való kivonulása, a mérések elvégzése és az esetleges laboratóriumi kiértékelések jelentős átfutási időt követeltek egy olyan helyzetben, amikor minden perc számíthat. Ráadásul az ilyen érzékelési feladatra képes humán egységek száma is korlátozza az ABV-érzékelési képességeket.

¹⁵ KHALEGI et al. 2013.

E kihívásokra hatékony választ nyújtanak az okoseszközök közé tartozó szenzorok, illetve az azokból felépülő szenzorhálózatok és szenzorklaszterek. A mögöttes elgondolás az, hogy az ABV-észlelési idő csökkentésével lehetőség nyílik a gyorsabb reagálásra. Ehhez leginkább a korai figyelmeztető rendszerek (*early warning systems*, EWS) kialakítása szükséges, amelyek akár alacsonyabb mérési pontosságú, de kiterjedtebb érzékelőkre, illetve az ezekből felépülő szenzorhálózatokra épülnek.¹⁶ Emellett egyre növekvő figyelmet kapnak a különböző érzékelési technológiákat ötvöző szenzorklaszterek.¹⁷ Mindkét esetben a mérési adatok feldúsítása a cél, amiből a feldolgozás során statisztikailag szignifikáns következtetések készíthetők, ráadásul a humán érzékeléshez képest alacsonyabb költségszinten és rövidebb észlelési idővel.

- **Szenzorfüzió:** A modern ABV-védelmi megoldásokban több különböző típusú szenzort használnak egymással párhuzamosan. Ezek közül vannak nagy hatótávolságú érzékelők, mint a radar, az infravörös, illetve az elektrooptikai eszközök, valamint rövid hatótávolságú érzékelők, mint a Raman-spektrométerek, továbbá a pontérezékelők, mint az ionmobilitás-spektrométerek (IMS) és a kémiai ágens elemző eszközök. Az ABV-felderítés egyik kritikus pontja az, hogyan sikerül a különböző mérési eredmények integrálása a minél pontosabb helyzetértékeléshez. A szenzorfüziós technikák alkalmazásával kidolgoztak egy alacsony paraméterszámú aggregációs modellt, amely a szennyezési felhő kiterjedését a különböző típusú szenzorok mérési eredményeit ötvözve becsli meg.¹⁸ Az ABV-védelmi információáramlás sértetlenségét biztosítva az esetleges mérési hibákat nem eliminálja, hanem a megbízhatósági indikátorok kis értékeivel jelzi annak alacsony bizonyosságát. A módszer könnyen automatizálható és valós idejű adatfeldolgozást tesz lehetővé, azonban a modell előzetes paraméterezése szükséges. A modellbe a humán megfigyelések a pontszerű mérőeszközök mintájára integrálhatók.
- **Szennyezési felhők dinamikájának modellezése:** A légkörbe jutó és az onnan kiülepedő szennyező anyagok általában nem koncentráltan, hanem hosszú távon, nagy területen fejtik ki hatásukat, így a döntési folyamatok során nélkülözhetetlen olyan módszerek alkalmazása, amelyek minél gyorsabban, a lehető legpontosabb képet szolgáltatják a katasztrófák várható következményeiről.¹⁹ A szennyezések légköri terjedésének meghatározásához különféle időjárási adatok szükségesek: a szél iránya, sebessége, változékonysága, napi menete, vertikális profilha; a hőmérséklet rétegződése; a relatív nedvesség és csapadék, valamint a légköri stabilitás. Ezen adatok alapvető fontosságúak a szennyezés dinamikájának meghatározásához, ami jól mutatja azt is, hogy az érzékelési rétegben nem elegendő csupán a szennyezés meglétét és mértékét mérni, hanem további, például időjárási szenzorálás is szükséges. A mért értékek, valamint az előrejelzési modellek adatai alapján a szinoptikus szakemberek állítják elő a talajmenti meteorológiai információkat tartalmazó kódolt üzenetet

¹⁶ MARINELLI et al. 2015.

¹⁷ LAWRENCE–KUHNE–SWINDLE 2020.

¹⁸ LUNDBERG–PAFFENROTH–YOSINSKI 2010.

¹⁹ VIENGDAVANH 2012.

(CDM), de az előrejelzett mezők alapján emberi beavatkozás nélkül, algoritmusok segítségével is készülhetnek az üzenetek.²⁰

Számos automatizált ABV-szennyezési modellező szoftver áll már éles használatban, amelyeknek jellemzően az alábbi funkcionálisai vannak: ABV-üzenetek készítése, küldése, fogadása, feldolgozása standardizált formátumban; adatátvitel különböző protokollok szerint; ABV-csapások és nem csapásból származó kibocsátások értékelése, sugárdózis és a sugárszint kiszámítása, térinformatikai megjelenítés, gyakorlatok tervezése, beépített veszélyhelyzet-elhárítási kézikönyv.²¹ A feldolgozások során változatos, az adott részfeladatra optimalizált gépi tanulási modelleket használtunk fel, amelyek részletes bemutatása túlmutat jelen cikk keretein. Amit viszont fontos kiemelni, hogy a szennyezési felhők dinamikájának és kiterjedésének közel valós idejű gépi modellezése olyan számítási és előtanulási kapacitásokat mozgósít, amelyek a humán szakértők számára elérhetetlenek.

- *Szimulációs döntéstámogatás:* ABV-esemény bekövetkezésekor rendkívül komplex helyzetben kell meghozni a döntéseket, ami igen megterhelő a folyamatban részt vevő személyzet számára, mert bizonytalan, összetett és dinamikus változó helyzetre kell optimálisan reagálniuk. Mindezt fokozza az a lelki teher, hogy döntéseiken közvetlenül emberéletek múlhatnak. Ráadásul az ABV-események jelentős hatású, de kis valószínűséggel bekövetkező, ritka események, következésképpen nehezen tipizálhatók, és nem igazán hasonlíthatók össze egymással, mert más földrajzi helyen, eltérő körülmények között következnek be. Mindezen tényezők azt támasztják alá, hogy az ABV-védelem döntési folyamataiban a lehető legátfogóbb információkra van szükség, hogy a hibás döntések kockázatát minimalizálni lehessen.²²

Ehhez a rendelkezésre álló és a folyamat korábbi lépései során előállított adatokat és információkat felhasználva a rendszer sorrendezi a hatályos műveleti eljárásrend szabályait azok relevanciája alapján, és a döntések következményeire valószínűségi számításokat végez. Így az illetékes döntéshozó számára jelentős támogatást nyújt azáltal, hogy a megfelelő műveleti lépéseket azonosítja, és az egyes scenáriók bekövetkezési esélyeit számszerűsíti.

- *Virtuális ikerkörnyezet:* Az ABV-védelmi kiképzés általában fizikai gyakorlatként történik, ami alapvetően szükséges és hasznos, azonban időigényes és költséges is. Az ipari gyártóüzemek működésének elemzéséhez és optimalizálásához egyre nagyobb arányban használnak digitális ikerkörnyezetet (*digital twin*), amely tulajdonképpen az üzem virtuális mása. Ebben gyorsan és költséghatékonyan végezhető el a gyártósori változtatások komplex elemzése. Az ABV-védelemmel érintett területek teljes virtuális másának elkészítése sajnos minden realitáson túlnyúló feladat lenne, azonban a kiképzési gyakorlatok céljára már készítették virtuális ikerkörnyezeteket.²³ Ennek keretében virtuális valóság, kevert virtuális valóság és személyi számítógépes megoldásokat alakítottak ki,

²⁰ VIENGDAVANH 2012.

²¹ VIENGDAVANH 2012.

²² DRURY–ULLAH–MADDEN 2018.

²³ ALTAN et al. 2022.

amelyeket több, a fizikai gyakorlatokat korábban teljesítő résztvevő bevonásával értékelték. Az eredmények alapján a virtuális ikerkörnyezetek fontos szerepet kaphatnak a jövőbeni ABV-védelmi kiképzések során.

A gépi tanulási rendszerek negyedik rétegét az információmegosztási műveletek alkotják. Az ABV-védelem vonatkozásában ez a meghozott döntéseken túl a folyamat megelőző részeiben keletkező származtatott és számított információkat is magában foglalja. Az elmúlt évek során ezen a területen is új megközelítések nyertek teret, amit önálló fejezetben tárgyalunk.

A döntéstámogató rendszerek új irányai

A vezeték nélküli hálózatok, az okoseszközök és a személyzet nélküli érzékelők széles körű elterjedése hasonló mértékben változtatja meg az információs rendszerek működését, mint negyed évszázada az internet. Ezen átalakulás során a hálózat és a hálózati működés az információs rendszerek uralkodó paradigmájává vált, és az általa lehetővé tett páratlan összekapcsolódottság gyökeresen megváltoztatta az egyének, a vállalatok, a kormányok és a társadalmak működését, kommunikációját. Ebben a fejezetben a hálózati döntéstámogató rendszerek (*network decision support system*, NWSS) felépítését mutatjuk be, kezdve azok alapvető tulajdonságaival:²⁴

- **Képlékeny hálózat heterogén elemekkel.** A koncepció lényege a strukturális felépítésen alapul. A hálózat csomópontjai egyaránt lehetnek személyek, érzékelők vagy szoftverágensek. A személyi csomópontok önállóan egyenként vagy csoportosan is alkothatnak egy egységet. Ez utóbbi jellemzően valamilyen szervezeti egységet jelent, például katonai egységet, bűnüldöző szervet, tűzoltókat vagy különféle helyi és kormányzati intézményi csoportokat. A hálózat személyi csomópontjai rendre tartalmaznak döntéshozókat, noha a hálózati intelligencia bizonyos alacsony szintű döntéseket meghozhat a szoftverágensek segítségével, így például a hálózat kezelését és ellenőrzését is. A hálózat képlékenysége annak folyamatos változásából fakad: a részt vevő személyek kikapcsolhatják a telefonjukat, az érzékelők lemerülhetnek vagy csendes üzemmódra válhatnak. A hálózati csúcspontok összekapcsoltsága is dinamikusan változik, így a hálózat pontos felépítése lényegében állandó változásban van.
- **Érzékelőbőség.** A hálózat a definíciója szerint tartalmazhat emberi és nem emberi komponenseket érzékelőként. A gépi szenzorok miniaturizálódása és számosságának robbanásszerű növekedése jelenti a hálózati döntéstámogató rendszerek kialakulásának legfőbb hajtóerejét, különös tekintettel a katasztrófaelhárítási, a honvédelmi és a katonai műveleti területeken.
- **Egyidejű ember–gép, gép–gép és ember–ember interakciók.** A személyzet nélküli érzékelők jelentősen megnövelik az ember–ember interakciókon túli együttműködési tevékenységek iránti követelményeket. A tradicionális döntéstámogató

²⁴ BORDETSKY–DOLK 2013.

rendszerek elsősorban az ember–gép interakciókra (*human-computer interaction*, HCI) fókuszáltak, de a szenzorok számosságának növekedésével ez kezelhetetlenné vált. Ember–szenzor kapcsolat szükséges, amikor az eszközt irányítani vagy vezérelni kell. Szenzor–ember kommunikáció indokolt akkor, ha az érzékelő valamilyen figyelemre méltó esemény bekövetkezését észleli. Szenzor–szenzor kapcsolat segítségével irányítható egy személyzet nélküli jármű. Végül az ember–ember interakciók továbbra is nélkülözhetetlen csatornát jelentenek az információáramlásban.

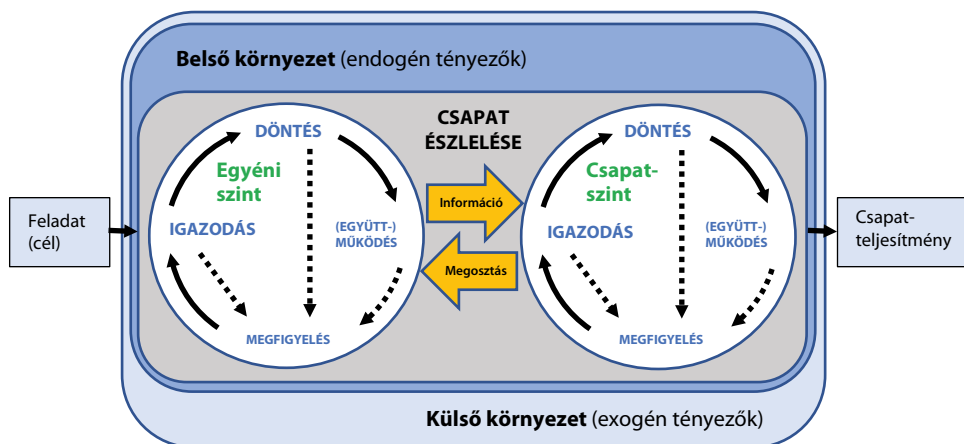
- *Nyitott, generatív és önszerveződő rendszer.* A hálózati döntéstámogató rendszerhez szabadon csatlakoztathatók újabb és újabb csúcspontok, ahogy az megfigyelhető számos internetalapú közösségi platformon is. A kialakuló rendszer generatív abban az értelemben, hogy egyszerű szabályok alapján működik, és hálózatelméleti módszerekkel leírható a viselkedése. Az így felépülő megoldások korábban jellemzően problémamegoldó fókusszal működtek, a koncepció újdonsága, hogy ez döntéstámogató céllal is hasznosítható. Mindazonáltal a polgári-katonai információmegosztási modell a kialakulóban lévő hálózat alapú parancsnoki és irányítási terület számára is hasznosítható egy információszűrő hálózatra épített új kockázatkezelési modell bevezetésével.²⁵
- *Tudásháló és kialakuló tudásfolyamatok.* A hálózati döntéstámogató rendszerekben többféle emberi és nem emberi közreműködő együttműködése által keletkezhet információ, amelyek feltárásával a különböző célok elérése megvalósíthatóvá válik, például a különböző típusú incidensek azonosítása vagy egy fizikai terület megfigyelése. A kialakuló hálózati tudás minősége központi jelentőségű a közreműködő emberek, szenzorok és szoftverágensek együttműködésének hatékonyságára és eredményességére nézve. Tudásmenedzsment szempontból bármilyen hálózat értelmezhető tudáshálóként is az egyes csomópontokban elérhető kollektív információ mérésével. Az információáramlás dinamikája a tudásfolyamok kialakulásával (*emerging knowledge processes*, EKP) fejlődhet, amelyek a tudásközpontok közötti áramlások fokozásával vagy fejlesztésével javíthatók. A hálózat képlékenységből fakadóan a tudásfolyamatokat változó közreműködői halmazok és azok változó kapcsolódási struktúrája jellemzi. A résztvevők információismereti profilja előzetesen nem ismert, azok a működés során az információáramlatok letisztulása után rajzolódni ki. A hálózati döntéstámogató rendszerek kulcsfontosságú tudásfolyama a szakértői visszanyúlás, ahol a döntéshozóknak lehetőségük nyílik akár emberi, akár gépi tudásbázishoz való hozzáférésre.
- *Agilis, együttműködő döntéshozatal a „végeken”.* A hálózati döntéstámogató rendszerek, különösen a vészhelyzeti reagálás vagy a harctéri taktikai hadműveletek esetén alkalmasak a decentralizált döntéshozatali folyamatok támogatására. Ezek gyakran kaotikusak, nem rendelkeznek előzetes forgatókönyvekkel, tele vannak nagy kockázatú helyzetekkel és erős időkényszerekkel, valamint nem teszik lehetővé a klasszikus hierarchikus döntési folyamatok alkalmazását sem. Ehhez igazodva a döntési folyamatokban együttműködő

²⁵ CHLEBO–CHRISTMAN–JOHNSON 2011.

résztevők szervezete jellemzően ellaposodik, és a döntéshozatal nem központi, hanem a „végeken” történik meg agilis módon.

- **Számítógépes modellezés és kísérletezés.** Az olyan generatív hálózatok elemzésére, mint amilyenek a döntéstámogató hálózatok is, leginkább számítógépes modelleket használnak. Ennek keretében egy virtuális környezetben szimulálják a hálózat működését, és az eredmények alapján finomhangolhatók a hálózati szabályok, elősegítve a hatékonyabb tudásáramok kialakulását.

A nem megfelelően kontrollált döntéshozatal könnyedén hibás lépésekhez vezethet.²⁶ Ahhoz, hogy jól működő információmegosztási protokollt lehessen kialakítani, érdemes figyelembe venni annak szerepét. Napjainkban már általános jelenség, hogy különböző méretű csapatokat vagy szervezeti egységeket használnak szervezeti célok eléréséhez. A csapatok egymástól kölcsönösen függő tagokból állnak, akik változatos interakciós folyamatokon keresztül koordinálják a munkájukat. Ezek az interakciós folyamatok kulcsfontosságúak a helyzetfelismerés és -értékelés elvégzésében akár dinamikus változó környezetben is. A pontos, időszerű, megfelelően megosztott információk létfontosságúak a csapatfeladatok elvégzéséhez, különösen olyan akciócsoportoknál, amelyek összetett vagy időérzékeny műveleteket hajtanak végre. A csapatok észlelési folyamatmodelljét mutatja a 3. ábra.²⁷ E megközelítés erőssége, hogy a két irányú információmegosztási platform segítségével lehetőséget nyújt bizonyos döntések alacsonyabb szintű meghozatalához, amelynek kontrollálását az adott csapat végzi.



3. ábra: A csapatészlelési folyamat modellje

Forrás: MULLINS 2021

²⁶ MULLINS 2021.

²⁷ MULLINS 2021.

A modern ABV-védelmi keretrendszer prototípusmodellje

Ebben a fejezetben bemutatunk egy modern ABV-védelmi keretrendszert, amely jelentősen épít a lengyel mintára,²⁸ illetve a páneurópai EU-Sense projekt megállapításaira,²⁹ de azoktól több ponton is eltér. Hangsúlyozzuk, hogy a következőkben ismertetett keretrendszer egy prototípusmodell, amely – ha az igények indokolják – rugalmasan bővíthető további modulokkal, emellett a felépítéséből fakadóan a fejlesztések könnyen szakaszolhatók. Az alábbiakban áttekintjük a keretrendszer főbb komponenseit:

- *ABV szennyezésérzékelő réteg:* tartalmazza a fix telepítésű és a mozgó szenzorokat, valamint a humán megfigyelőket is. Jellege és típusa szerint heterogén felépítésű. Célja a vizsgálat alá vont területre vonatkozó adatgyűjtés.
- *ABV szenzorvezérlő réteg:* az érzékelés hatékonyságának maximalizálására törekedve irányítja a mozgatható szenzorokat, hogy megfelelő lefedettségű feltárást biztosítson a kapcsolódó folyamatokhoz.
- *ABV adatintegrációs réteg:* az érzékelőkből érkező nyers adatok összegyűjtésére, egységesítésére és tárolására szolgál.
- *ABV szenzorfüzión réteg:* a különböző érzékelőkből származó adatok összesítését és integrálását, majd a szennyezés fennállásának, jellegének, típusának és mértékének meghatározását végzi. A működtetéséhez előzetes paraméterezés és kalibráció szükséges. Ebbe a rétegbe beágyazhatók további adatminőség-ellenőrzési és validációs lépések is.
- *ABV monitoring és változásokövető réteg:* a szennyezés időbeli változásának és térbeli mozgásának dinamikai meghatározását végzi.
- *ABV szimulációs előrejelzési réteg:* a meteorológiai, a földrajzi és a szennyezésdinamikai adatok felhasználásával a szennyezés várható kiterjedését és eloszlását jelzi előre. Fejlettebb verzióban a különböző műveleti scenáriókra vonatkozóan is értékeléseket készít, amelyből a közbeavatkozás várható hatásait, illetve azok humán és gépi erőforrásokon várható következmények kiértékelését végzi döntéstámogatási célból.
- *ABV információmenedzsment-réteg:* az érzékeléstől a releváns szabályozások vonatkozó részeinek meghatározásán, valamint a döntéstámogatási célú származtatott és kalkulált információkon és a meghozott döntéseken át az elvégzett és a folyamatban lévő műveletekig bezárólag a teljes ABV-védelmi megoldást átfogó információtovábbítási és -megosztási réteg. Felépítését tekintve minél magasabb fokon automatizált, szigorú jogosultságkezelést megvalósító, beépített naplózási funkciót biztosító platform és kommunikációs protokoll.
- *ABV-védelmi, gépi tanulási szolgáltatások:* olyan kötött és kötetlen módon használható eljárások és szolgáltatások halmaza, amelyek a meglévő információkból a felhasznált modelleken keresztül származtatott következtetéseket és kiterjesztéseket készítenek objektív, reprodukálható módon. Mivel napjainkban a számítási kapacitások lehetővé teszik, ezért a humán képességeket messze meghaladó komplexitású problémák megoldásában, az emberi feldolgozási

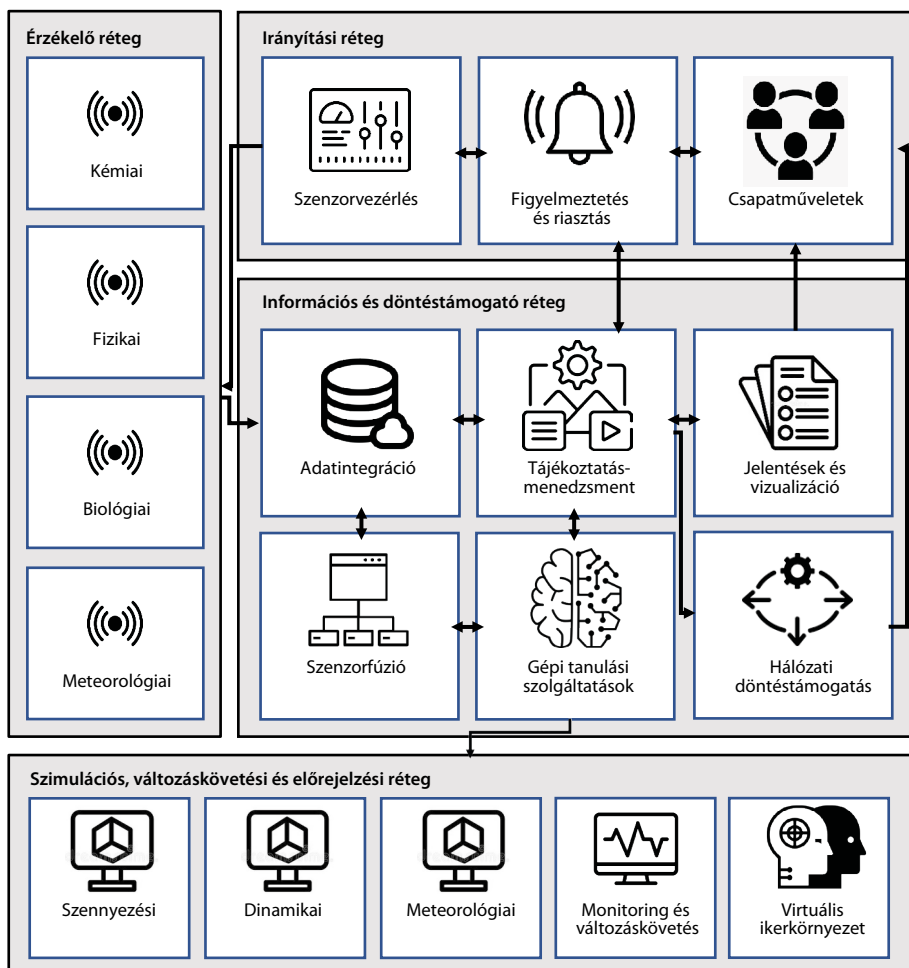
²⁸ TARAPATA et al. 2021.

²⁹ GAWLIK-KOBYLIŃSKA et al. 2021.

idők töredéke alatt képesek elvégezni a rájuk delegált lépéseket. Tekintettel arra, hogy a folyamat számos pontján felhasználhatók a gépi tanulás képességei, ezért a javasolt architektúrában központi szolgáltatásként szerepelnek.

- *ABV vizualizációs és jelentésszolgálati réteg:* az információtovábbítás hatékonyságának maximalizálására optimalizált réteg, amely a standard formátumokon és a szabályzatokban meghatározott jelentéseken túl dinamikus, önkiszolgáló információs felülettel is rendelkezik.
- *ABV figyelmeztetési és riasztási réteg:* az ABV-védelmi folyamatban érintett teljes állományra kiterjedő információs mechanizmus.

Végül az általunk javasolt ABV-védelmi rendszer architektúrális felépítését és a fentebb megadott komponensek összefüggéseit és kapcsolatait mutatja a 4. ábra.



4. ábra: Javasolt ABV-védelmi keretrendszer

Forrás: a szerzők szerkesztése

Összefoglalás

A közelmúltban számos területen történtek olyan technológiai és működésszervezési áttörések, amelyek hatékony segítséget nyújthatnak az ABV-védelem továbbfejlesztésében. Az ABV-érzékeléshez használt szenzortechnikákon túl legalább olyan fontos a hibrid (emberi-gépi) érzékelési hálózat információmegosztási és döntéstámogató rétegeinek megfelelő tervezése. Ennek eléréséhez javasolt az egyirányú információs csatornák többirányúvá tétele, validációs és kontrollmechanizmusok beépítése, az információfolyamok gördülékenységének támogatása, a gépi szenzorok és számítógépes mesterséges ágensek integrálása. Bemutattuk a hálózati döntéstámogató rendszerek jellemzőit, amelyek rámutatnak arra, hogy a statikus műveleti forgatókönyveken túl milyen struktúrával lehet hatékonyan reagálni a váratlan helyzetek kezelésére annak érdekében, hogy a kollektív tudás alapján optimális döntések születhessenek.

Mindezen lehetőségek önállóan is képesek az ABV-védelem egy-egy feladatát továbbfejlesztetni, azonban a hatékonyságnövelési potenciáljuk magasabb fokú kihasználásához érdemes a teljes rendszerre vonatkozó fejlesztési koncepciót követni. Ezt elősegítendő átfogó javaslatot tettünk egy modern ABV-védelmi keretrendszerre vonatkozóan, amelyre modulárisan felfűzhetők az egyes komponenseket érintő fejlesztések. Ezek közös célja az érzékelési, feldolgozási és reagálási idők jelentős csökkentése, az információkiaknázási lépések megbízhatóságának és integráltságának növelése, az automatizált műveletek által az ABV-védelmi műveletek kapacitásainak kiterjesztése és legfőképp a döntések hatékony támogatása, valamint a szűk keresztmetszetek feloldása.

Irodalomjegyzék

- AHMED, Nizam Uddin (2022): Integrating Machine Learning in Military Intelligence Process: Study Of Futuristic Approaches Towards Human-Machine Collaboration. *National Defence College E-Journal*, 2(1), 59–89.
- ALTAN, Burak – GÜRER, Servet – ALSAMAREI, Ali – DEMİR, Damla Kivilcim – DÜZGÜN, H. Şebnem – ERKAYAOĞLU, Mustafa – SURER, Elif (2022): Developing Serious Games for CBRN-e Training in Mixed Reality, Virtual Reality, and Computer-Based Environments. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 77, 103022. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.103022>
- BEREK Tamás (2016): LCD-3 széria, mint lehetséges hatékony eszköz az alegységek ABV védelmi felszerelés rendszerében. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26(1), 68–79.
- BEREK Tamás – SZABÓ Sándor (2012): Az ABV mentesítő állomás Force Protection koncepciója. *Hadmérnök*, 7(3), 89–99.
- BORDETSKY, Alex – DOLK, Daniel (2013): *A Conceptual Model for Network Decision Support Systems*. In *46th Hawaii International Conference on System Sciences*. Wailea, 1212–1221. Online: <https://doi.org/10.1109/HICSS.2013.32>
- BOUHAMED, Omar – GHAZZAI, Hakim – BESBES, Hichem – MASSOUD, Yehia (2020): A UAV-Assisted Data Collection for Wireless Sensor Networks: Autonomous

- Navigation and Scheduling. *IEEE Access*, 8, 110446–110460. Online: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3002538>
- CASCIO, Jordan – HALE, Morgan – OWENS, Amy – SWANN, Shafer – WELIVER, Andrew – JIMÉNEZ, José (2019): Creating a Decision Support Tool for the Stryker NBC RV. In *Proceedings of the Annual General Donald R. Keith Memorial Conference*. West Point, NY: Department of Systems Engineering United States Military Academy, 124–129.
- CHLEBO, Paul Jr. – CHRISTMAN, Gerard J. – JOHNSON, Roy A. “AI” (2011): Enhancing Collective C2 in the International Environment: Leveraging the Unclassified Information Sharing Enterprise Service. In *16th International Command and Control Research and Technology Symposium*, 1–49.
- DRURY, Brett – ULLAH, Ihsan – MADDEN, Michael G. (2018): An Information Retrieval System for CBRNe Incidents. In *ECML PKDD 2018 Workshops*. Cham: Springer, 211–215. Online: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-13453-2>
- GAWLIK-KOBYLIŃSKA, Małgorzata – GUDZBELER, Grzegorz – SZKLARSKI, Łukasz – KOPP, Norbert – KOCH-ESCHWEILER, Helge – URBAN, Mariusz (2021): The EU-SENSE System for Chemical Hazards Detection, Identification, and Monitoring. *Applied Sciences*, 11(21), 10308. Online: <https://doi.org/10.3390/app112110308>
- ISLAM, Mohd. Noor – JANG, Yeong-Min – CHOI, Sun-Woong – PARK, Sang-Joon (2009): Key Technology Issues for Military Sensor Networks. *Information and Communications Magazine*, 26(3), 41–51.
- JUHÁSZ László (2001): *Az ABV-felderítés béke és háborús feladatainak összehangolása a hazai gyakorlat és a NATO-elvek alapján*. PhD-disszertáció.
- KHALEGHI, Bahador – KHAMIS Alaa – KARRAY, Fakhreddine O. – RAZAVI, Saiedeh N. (2013): Multisensor Data Fusion: A Review of the State-of-the-Art. *Information Fusion*, 14(1), 28–44. Online: <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2011.08.001>
- KON, Kazuyuki – IGARASHI, Hiroki – MATSUNO, Fumitoshi – SATO, Noritaka – KAMEGAWA, Tetsushi (2012): Development of a Practical Mobile Robot Platform for NBC Disasters and Its Field Test. In *2012 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR)*. IEEE. Online: <https://doi.org/10.1109/SSRR.2012.6523894>
- LAWRENCE, Kaitlin – KUHNE, Wendy – SWINDLE, Ashlee (2020): *Development of FRET clusters for CBRN Detection*. LDRD Report. Online: <https://doi.org/10.2172/1651109>
- LUNDBERG, Scott – PAFFENROTH, Randy – YOSINSKI, Jason (2010): Algorithms for Distributed Chemical Sensor Fusion. *Signal and Data Processing of Small Targets*, 7698, 60–71. Online: <https://doi.org/10.1117/12.849588>
- MADHANI, Sunil – TAUIL, Miriam – ZHANG, Tao (2005): Collaborative Sensing Using Uncontrolled Mobile Devices. In *2005 International Conference on Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing*. IEEE, 2005. Online: <https://doi.org/10.1109/COLCOM.2005.1651206>
- MARINELLI, William J. – SCHMIT, Thomas – RENTZ DUPUIS, Julia – MULHALL, Phil – CROTEAU, Philly – MANEGOLD, David – BESHAY, Manal – LAV, Marvin (2015): Cooperative Use of Standoff and UAV Sensors for CBRNE Detection. In *Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, and Explosives (CBRNE) Sensing XVI*. 9455. Baltimore: SPIE. Online: <https://doi.org/10.1117/12.2177023>

- MULLINS, Steven J. (2021): Information Sharing Patterns in Action Teams: Understanding Cognitive Interactions in Dynamic Environments. In *25th International Command and Control Research and Technology Symposium, EasyChair Smart CFP*. Southampton, 1–23.
- SZABÓ Sándor (2017): *Az új generációs mentesítő rendszerek hatása a hazai ABV mentesítő képesség átalakítására*. PhD-disszertáció. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem.
- TARAPATA, Zbigniew – ANTKIEWICZ, Ryszard – NAJGEBAUER, Andrzej – PIERZCHAŁA, Dariusz (2021): Risk Analysis and Alert System for CBRN Threats: Features and Functions. In *Proceedings of the 37th International Business Information Management Association Conference*, Córdoba, Spain.
- VIENGDAVANH Róbert Manivanh (2012): *Az atom-, biológiai- és vegyvédelem meteorológiai vonatkozásai*. Szakdolgozat. Budapest: ELTE.
- ZHANG, Tao – MADHANI, Sunil – BERG, Eric van den (2005): Sensors on Patrol (SOP): using Mobile Sensors to Detect Potential Airborne Nuclear, Biological, and Chemical Attacks. In *MILCOM 2005, IEEE Military Communications Conference*, IEEE 2005. Online: <https://doi.org/10.1109/MILCOM.2005.1606107>