



1. ábra. A Magyar Honvédség ANDROS F-6A típusú kerekes futóművű tüzserészrobotja

Dr. Gyarmati József* – Simó Réka**

Autonóm terepjáró járművek katonai felhasználásának lehetőségei I. rész

AZrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretein belül a Magyar Honvédség modernizációja már kezdetét vette, a további fejlesztések és innovatív kutatások generációs ugrást tehetnek lehetővé, technológiai szempontból [1]. Az autonóm rendszerek használata, a harcmező digitalizálásának kutatása fókuszterületeknek számítanak [2]. A 21. századi hadviselésbe az autonóm rendszerek kiválóan illeszkednek, létjogosultságukat látványosan szemlélteti, hogy a jelentősebb hadiiparral

rendelkező országok, az Amerikai Egyesült Államok, Kína és Oroszország is jelentős figyelmet fordítanak az autonóm járművek, valamint a drónok kutatására és fejlesztésére. Ezeket az eszközöket katonai műveletek során alkalmazzák egyre szélesebb spektrumban, és egyre jobb eredményeket felmutatva. A meghatározó szerepet képviselő országok közül Oroszországban már 2014 óta laboratóriumi keretek között is folynak kutatás-fejlesztési munkák [3]. A Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program

ÖSSZEFOGLALÁS: Az autonóm terepjáró járművek alkalmazását elsősorban az élőerő-vesztések csökkentésének és katonai robotokkal történő felváltásának igénye tette szükségessé magasabb kockázatú harcászati helyzetekben, katonai műveletek során. Az élőerő megóvásán túl az autonóm rendszerektől a katonai feladatok és műveletek hatékonyabb végrehajtását várják. A tanulmány a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztviselői Kar, Haditechnika Tanszékén több éven át folytatott kutatás eredményeit ismerteti.

KULCSSZAVAK: robotika, autonóm terepjáró jármű, UGV, Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program, NKE

ABSTRACT: The use of autonomous off-road vehicles was necessitated primarily by the reduction of manpower losses and the replacement of the soldier by robots in higher-risk tactical situations during military operations. In addition to protecting manpower, autonomous systems are expected to carry out military tasks and operations more effectively. The article gives a description of the results of several years research carried out at the Department of Military Technology of the Faculty of Military Sciences and Officer Training of the National University of Public Services.

KEY WORDS: robotics, autonomous off-road vehicle, UGV, Zrínyi 2026 Defence and Development Programme, NUPS

* Okl. mk. alezredes (PhD) NKE Hadtudományi és Honvédtisztviselői Kar, Haditechnikai Tanszék, tanszékvezető. ORCID: 0000-0001-7594-2383

** NKE Hadtudományi és Honvédtisztviselői Kar. ORCID: 0000-0003-0986-2363



során jelentős gyártó- és fejlesztő-kapacitásokkal bővült a hazai hadiipar is, illetve fejlődött a hazai haditechnikai kutatás-fejlesztés intézményi háttere és együttműködése a katonai felsőoktatással [7, 8]. Jelen tanulmány egy a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztviselőképző Kar, Haditechnika Tanszékén több éven át folytatott kutatás eredményeit ismerteti [5, 6].

AZ AUTONÓM JÁRMŰ FOGALMA, A CIVIL ÉS A KATONAI KÖRNYEZET

A robot fogalma a Nemzetközi Szabványügyi Hivatal (ISO8373:1996) meghatározása szerint: „Automatikusan vezérelt, újra programozható sokoldalú beavatkozásra képes eszköz, amely három vagy több tengelyű mozgás végzésére képes. A robot lehet rögzített vagy helyváltoztatásra képes” [9]. Ez a fogalmi meghatározás nem igaz minden, jelen tanulmányban bemutatott robotra, járműre, hiszen ezek többsége nem automatikusan vezérelt, hanem kezelő(k) által irányított és fedélzetükön vezérlőberendezés található. Többségük az újra programozhatóság képességével sem rendelkezik. Az előző meghatározástól már pontosabb definíciónak tekinthető a következő értelmezés: „... olyan hajtott, helyváltoztatásra képes mobil eszköz, amelynek nincs emberi személyzet a fedélzetén” [9]. További meghatározások szerint a „... katonai robot egy olyan mesterségesen létrehozott szerkezet, amely képes emberi jelenlétet helyettesíteni, és a katona helyett végre tud hajtani bizonyos feladatokat” [10]. „Ezek a járművek olyan elektromechanikus berendezések, amelyek képesek különféle összetett mozgásokra. Mozgásuk előzetes tervezését fejlett szenzorrendszerek segítik, valamint speciális számítógépes hardware-rel és szoftveres formában megjelenő logikai feltételekkel képesek végrehajtani navigációs feladataikat, és elviselni a környezeti behatásokat és változásokat. A személyzet nélküli rendszerek képesek az előírt feladatot teljesen, vagy annak egy részét önállóan, autonóm módon elvégezni” [11]. A legtöbb meghatározás az autonóm technológia bizonyos részeire koncentrálna definiálja ezeket a járműveket. „Vezető nélküli járművek azok a közlekedési eszközök, amelyekben az olyan fő koordinációs funkciók, mint a gyorsítás, fékezés és a kormányzás önállóan, humán erő nélkül mennek végbe. Ezek lehetnek részben függetlenek az emberi beavatokzástól, illetve teljesen elkülönültek” [12].

Az autonóm járművek fedélzetén nem tartózkodik emberi személyzet, a jármű korlátozott emberi beavatkozással, vagy annak hiányában vezetett, digitális technikák és szenzorrendszerek felhasználásával közlekedik. Az önvezető járművek alkalmazásának a fő célja az emberi élet védelme, a katona tehermentesítése, tevékenységének segítése és kiegészítése, valamint annak helyettesítése. A szakirodalom többféleképpen nevezi meg ezeket az eszközöket: robot, autonóm jármű, autonóm robotjármű, önvezető autó.

A katonai felhasználású autonóm járművek többféle feladatra és eltérő környezetben is alkalmazhatók. Ennek megfelelően másfajta elvárásokat kell támasztani az eltérő területen alkalmazott járművekkel szemben védelemben és támadásban, különféle helyzetekben kell helyt állniuk. Az autonóm rendszerekkel működő eszközöket nem csak a szárazföldön alkalmazzák. A munkavégzés szempontjából három környezettípus különböztethető meg:

- UAV¹ (Unmanned Aerial Vehicle),
- UUV² (Unmanned Underwater Vehicle),
- UGV³ (Unmanned Ground Vehicle).



2. ábra. A logisztikai robot élelmiszert, ruházati anyagot és orvosi felszerelést szállít a Magyar Honvédség Egészségügyi Központban

Az UGV-khez hasonló elven működő járművek az AGV⁴-k (Automatic/Automated Guided Vehicle). Ezeket a járműveket általában raktárakban és ipari üzemekben alkalmazzák, logisztikai feladatok elvégzésére.

Az UGV-khez hasonlóan ezek a járművek is kezelő nélküliek, számítógép vagy egy program által vezéreltek. Előre kijelölt útvonalon mozognak, a pályákon való közlekedésben felhasználhatnak padlóban elhelyezett huzalt, felfestett jelöléseket, esetleg mágneses anyagokat is. Nagyobb terhek emelésére is képesek, több műszakban is alkalmazhatók [11].

Civil környezetben már több helyen is bizonyítottak az autonóm rendszerek. Ha az autonóm gépjárműtechnológiát vesszük alapul, akkor megállapíthatjuk, hogy azok közlekedés közben, széles körben képesek bizonyos részfeladatok elvégzésre. Érzékelik az akadályokat, felismerik a jármű közvetlen környezetében fellelhető tárgyakat, más járműveket, gyalogosokat, segítik a parkolást. „Azt mondhatjuk, hogy azokat a közúti gépkocsikat, amelyek képesek a környezetük fejlett érzékelésére, valamint humán vezető nélküli, szabályozott haladásra, autonóm közúti járműnek hívhatjuk (ezen autókat gyakran vezetők nélkülinek, önvezetőnek, vagy robotjárműnek is nevezik)” [13]. A közúti járművek szabványos környezetben közlekednek. Az úthálóza-

tok logikus felépítésűek, a jelrendszerek egységesek, könnyen felismerhetők. Ezzel szemben a katonai járművek jellemzően terepen közlekednek, rombolt úthálózatokon haladnak, harcérintkezésben is bevetésre kerülnek. A terepviszonyok állandóan változnak, a hőmérséklet és a talajviszonyok sem állandóak [4]. Emiatt a katonai alkalmazású autonóm járművek fejlesztése és rendszerbe állítása, valamint működtetése nehezebb feladat.

AZ AUTONÓM JÁRMŰVEK POLGÁRI ALKALMAZÁSA

Az autonóm közúti járművek fejlesztése és a használatukkal kapcsolatos kérdések a tudományos életben egyre nagyobb szerepet kapnak. Műszaki megvalósíthatóság szempontjából a járműipari vállalatok és az egyetemek járnak a kutatások és fejlesztések élén.

Az autonóm járművek, autonóm rendszerekkel működő járművek is a közlekedés részei. A jogszabályokat, a közlekedési rendszereket és a közlekedés résztvevőit is fel kell készíteni azokra a változásokra, amelyeket az autonóm járművek egyre erőteljesebb terjedése okoz a közeljövőben [14, 15].

A közúti használatban lévő autonóm járműveknek fejlett szenzor- és kamerarendszereikkel képeseknek kell lenniük a közlekedési táblákat és az útburkolati jeleket felismerni, ezek alapján a közlekedési szabályokat betartani. Figyelembe kell venni azonban azokat a helyzeteket, amikor az adott útszakaszon az útburkolati jelek nincsenek kiváló állapotban. Előfordulhat úthiba, útfelújítás, szélsőséges időjárási körülmény is, ezek pedig olyan tényezők, amelyek negatívan hatnak az önvezető járművek közlekedésére. Továbbá a főutakról letérve az alacsonyabb rendű útvonalakon sokszor hiányos felfestésekkel és nem megfelelő minőségű, állapotú közlekedési táblákkal kerülhet szembe a jármű [16].

Az Ipar 4.0, vagyis a negyedik ipari forradalom meghatározó elemének számít az M2M⁵, a gépek közötti kapcsolat. A gépek emberi közbeavatkozás nélkül is képessé váltak az egymás közötti kommunikációra, az információkat a mesterséges intelligencia segítségével képesek feldolgozni. A V2V⁶ rövidítés a járművek közötti kapcsolatot jelöli, az ilyen kapcsolattal rendelkező járművek képesek egymás észlelésére, valamint információ- és adatszereire. [17]. A mai középkeletűnek tekinthető polgári használatú gépjárművek már 40-50 ECU⁷ segítségével közlekednek. Ide sorolhatók olyan berendezések és rendszerek, amelyek többek között a jármű biztonságát növelik, a gépjárművezetőt segítik, de a jármű alapvető működését is befolyásol-

hatják. Ilyen rendszereknek tekinthetők a menetstabilizáló rendszer, valamint a gépjárművezetés-támogató rendszer is. A legújabb gépjárművek már képesek a V2V, vagy a V2I⁸ kommunikációra is. Az ilyen és ehhez hasonló rendszereknek az eredményeképpen egyre több adat áll rendelkezésre a közúti közlekedéssel kapcsolatban, a közlekedésszervezés szempontjából pedig ezeknek az ismereteknek az intelligens felhasználásával további lehetőségek nyílnak meg például a forgalmi előrejelzések terén. Az autonóm járművek intelligens rendszereit kihasználva a jövőben olyan hálózatokat is ki lehet alakítani, amelyek intelligens közlekedési infrastruktúrákkal is képesek lesznek az együttműködésre [13].

Az 1. táblázat szemlélteti, hogy a polgári gépjárműtechnika milyen autonóm elemekkel rendelkezik, és hogyan halad a teljes fokú autonómia felé. Az elsőtől a harmadik szintig követelményként fogalmazható meg, hogy a gépjárművezetőnek minden pillanatban képesnek kell lennie arra, hogy átvegye a jármű felett az irányítást, hiszen meghibásodás vagy probléma felmerülésekor ő a döntéshozó személy. Ez a három szint már az önvezetés szintjeinek felel meg, hiszen a beépített autonóm rendszerek segítik a jármű vezetőjét, helyette számos művelet elvégeznek. Ide tartoznak többek között a gyalogosokat felismerő rendszerek, a sávtartó automatika. Ezeket a feladatokat egyszerre is képes a rendszer végrehajtani, de külön-külön is működőképese. Autonóm járműveknek nevezhetők azok a járművek, amelyek elérik a negyedik és ötödik szintet. A negyedik szintet elérve a beépített technológia segítségével bizonyos közlekedési körülmények között, ötödik szinten pedig a járművezetőtől független közlekedés valósulhat meg, gépi irányítás és döntések alapján [18].

Polgári alkalmazásban lévő autonóm szárazföldi járművek, közúti használatuk mellett alkalmasak katasztrófavédelmi feladatok ellátására, pl.: kutatás-mentésre, robbanóanyag hatástalanításra [9]. Az önjáró eszközök mezőgazdasági használata is elterjedt.

A ZALAZONE TESZTPÁLYA

A zalaegerszegi ZalaZone önvezető jármű tesztpályán olyan környezetet alakítottak ki, amely többek között biztosítja az autonóm járművek közúti, városi alkalmazásának vizsgálatát, az ehhez köthető kutatás-fejlesztési egységeket, laborokat. Az önvezető autók tesztelése egy 250 hektáros területen valósul meg. A Smart City Zone lehetőséget teremt arra, hogy az autonóm járműveket forgalmi szituációkban tesztelhesék. A városi környezetet szemléltetve

1. táblázat. Az autonóm gépjárművek kategóriái [18]

Szint	SAE ⁹ autonómia szint	Kormányzás, gyorsítás, lassítás	Vezetési környezet figyelése	Automatikus rendszer képessége vezetési módokat tekintve
0.	Nincs automatizáltság	Humán járművezető	Humán járművezető	–
1.	Gépjárművezetés támogatása	Humán járművezető és automata rendszer	Humán járművezető	Egyes vezetési módok
2.	Részleges automatizáltság	Humán járművezető	Humán járművezető	Egyes vezetési módok
3.	Feltételes automatizáltság	Automata rendszer	Automata rendszer	Egyes vezetési módok
4.	Magas szintű automatizáltság	Automata rendszer	Automata rendszer	Egyes vezetési módok
5.	Teljes automatizáltság	Automata rendszer	Automata rendszer	Minden vezetési mód



körforgalmakat, eltérő sávszámú útvonalakat, keresztezések és épületeket építenek. A városi körülmények kiegszülnek felüljáróval, alagúttal, különböző meredekségű domborzati viszonyokkal. Ezeket a járműveket az alapvetően kis sebességű városi közegen túl, tesztelni lehet a magasabb sebességet igénylő útvonalakon is [19]. A ZalaZone Járműipari Tesztpályán már próbára tették autonóm járműveket, amelyek az 5G-s adatkapcsolat felhasználásával, forgalmi helyzetben is jól vizsgáztak. A tesztpálya megnyitóján bemutatott technológia egyelőre kereskedelmi forgalomban nem alkalmazott rendszeren alapul [20].

Az Autóipari Próbapálya Kft. területén katonai alkalmazású autonóm járművek tesztelése is megvalósulhat. A terepi körülményeket imitáló pálya mellett kutatóbázis segítené a hazai kutatás-fejlesztést. Az autonóm katonai járművek tesztelése nehéz terepi és városi körülmények között egyaránt történhet. A próbapályán többek között elemezni lehetne a járművek mozgékonyág-vizsgálatát, fárasztóvizsgálatokat lehetne végrehajtani, valamint a járművezetői képességeknek is teret nyújthatna a próbapálya [21].

AZ AUTONÓM RENDSZEREK CSOPORTOSÍTÁSA

Az autonóm járművek alkalmazási területeinek vizsgálatához különböző szempontok szerint szükséges értékelni és kategorizálni azokat a jellemzőket, amelyek befolyásolják a járművek működését és működtetését. Elengedhetetlen meghatározni az autonómiájuk fokát, kommunikációs csatornájukat a jármű és a vezető között. Fontos összehasonlítani a kommunikáció és az autonómia foka közötti kapcsolatot is, továbbá a járműveket csoportosítani kell méretük és szállíthatóságuk alapján.

AZ AUTONÓMIA FOKA SZERINTI CSOPORTOSÍTÁS

Az önvezető katonai járművek osztályozása autonómiai fokozat szerint:

- alacsony fokú autonómia,
- közepes fokú autonómia,
- magas fokú autonómia [9].

Az első esetben a kezelő – számára biztonságos távolságból – közvetlenül, távvezérléssel irányítja a járművet. A robot csak azokat az utasításokat hajtja végre, amelyeket a kezelője közvetlenül meghatározott számára. Alacsony autonómiával rendelkező járművek a környezet változásait nem képesek érzékelni, de feladataik jellegéből adódóan ez nem is szükséges. Ezen a szinten az azonnali adattovábbítás alapfeltétel. A távvezérelt robotok látótávolságon belül képesek ezeket a feladatokat elvégezni. A járműnek mindig képesnek kell lennie arra, hogy az utasításokat fogadja, feldolgozza és elvégezze azokat, valamint, a működése közben szerzett információkat továbbítani tudja a kezelőnek. A közeljövőben olyan robotok alkalmazása valószínűsíthető, amelyek nem rendelkeznek önálló döntéshozó képességgel, hiszen nincs rá szükségük. Ilyen helyzet lehet egy tűzszerészeti feladat végrehajtása, mivel ennél az alkalmazásnál a távvezérlés megoldható. A távvezéreltség olyan szakképzett kezelőszemély részvételét követeli meg a végrehajtás alatt, aki ért a technikához, a harcászathoz vagy feladattól függően, az adott művelethez. Alacsony autonómiával rendelkező, távirányított járművek használata során nagy kockázattal járnak az olyan helyzetek, amikor akár rövid időre is, de megszakad a kapcsolat a jármű és kezelője között. Ebben az esetben biztonsági okokból a járműnek képesnek kell lennie az eggyel magasabb fokú

autonóm működésre. Az, hogy pontosan mit jelent ilyen esetben az eggyel magasabb fokú autonómia, alkalmazási területeként eltérhet [22].

Abban az esetben, amikor a jármű már képes bizonyos részfeladatokat önállóan ellátni, közepes fokú autonómia határozható meg. A kezelő kijelöli az elvégzendő feladatot a jármű számára, részletesen meghatározza azokat az ismereteket, amelyek a végrehajtáshoz szükségesek. Ezeknek az információknak a birtokában a járműnek képesnek kell lennie arra, hogy elvégezze a feladatot, ám bármilyen akadály, esetleg meghibásodás esetén a kezelőnek be kell avatkoznia. Közepes fokú autonómiával rendelkező járművek szenzorok felhasználásával már képesek arra, hogy érzékeljék a környezetük változásait. Gyakorlati alkalmazás során ez a szint pl. jelentheti azt, amikor egy önvezető jármű számára kijelölnek egy útvonalat, amin végig kell haladnia, de előre nem látható akadállyal szembesül, azt pedig nem lesz képes elhárítani.

Az autonómia legmagasabb szintjén az önvezető jármű önállóan végez el feladatokat, ekkor a feladatszabás után tervez, útvonal kijelölést, időszámvetést készít. Végrehajtja a feladatot, probléma esetén pedig önállóan megoldja azt. Magas fokú autonómiával rendelkező önvezető járművek képesek a kezelőjük irányítása nélküli helyváltoztatásra, munkavégzésre, érzékelik környezetük változását, adatokat és információkat képesek továbbítani kezelőjük, és más járművek számára [23]. Ezen a szinten járműcsoportok is képesek az együttműködésre, akár egyszerre, akár külön feladatrendszerekként. Elgondolkodtató, hogy ha növeljük a jármű autonómiájának fokát, akkor a kezelőnek nem kell feltétlenül magas szaktudással rendelkeznie, így megfelelő önállóság esetén elég lenne, ha csak felügyelné a folyamatokat. Magas fokú autonómiával rendelkező járművek működésében nagy szerepet kap a mesterséges intelligencia. Ezek a járművek alkalmazkodnak a megváltozott környezethez, és önálló döntéshozó képességgel rendelkeznek.

Összességében elmondható, hogy az autonóm járműveknek folyamatosan kommunikálniuk kell kezelőjükkel, magas fokú autonómia esetén a kommunikáció lehetősségek folyamatosnak kell lennie. Nehéz terepen is elvárható a hatékony navigáció. A feladataik függvényében, a járműveknek képeseknek kell lenniük arra, hogy más robotokkal, járművekkel kommunikáljanak és együttműködjenek [23]. A jövőben az autonóm járművek autonómiájának növelése várható, ez azt jelenti, hogy a kezelő egyre nagyobb biztonságból tudja majd irányítani a járművet, valamint hogy egyre kevesebb folyamatban kell részt vennie. Ebben az esetben egyetlen kezelő több járművet is képes irányítani, feladata az utasítások kiadása, információk vizsgálata és a folyamatos ellenőrzés.

A KÖZVETLEN ÉS AZ AUTONÓMIA FOKA KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉS

A kommunikációnak is több szintje van, amely összefügg az autonómia fokával. A szárazföldi robotok napjainkban többségében távvezéreltek, kommunikációjuk több csatornán keresztül is megvalósítható. Infravörös jelekkel, rádióval keresztül, és vezetéken keresztül is kommunikálhat a jármű és kezelője [23].

Alacsony fokú autonómia esetében valós idejű kommunikációt kell megvalósítani azonnali információcserével és végrehajtással. Jó példa erre a tűzszerészeti alkalmazás, amelynek során elengedhetetlen, hogy a robot azonnal és pontosan elvégezze a kezelő utasításait. Ugyanakkor, a kezelőnek is állandóan valós idejű adatokat kell kapnia a robottól, csak így lesz képes pontosan irányítani annak tevékenységét.

A következő szinten is folyamatos kommunikáció szükséges, de nem feltétlenül kell mindig erős jelnek lennie, hiszen csak hiba, akadály esetén szükséges a kommunikáció a kezelő és a jármű között.

Magas fokú autonómia esetén nem feltétel a jó minőségű jeladás, mivel a jármű önállóan tervez, szervez, irányít, problémát old meg. Fontos azonban kiemelni, hogy a kommunikáció sosem szűnhet meg teljesen. A kezelőnek mindig tisztában kell lennie azzal, hogy a jármű hol van, milyen tevékenységet végez, ez ellenőrzési és egyben biztonsági szempont [24].

A kommunikáció gyenge pontja a rendszernek, hiszen akár egy terepakadály is korlátozhatja a jó minőségű jeladást, de nem ez az egyetlen veszélyforrás. A mai kommunikációs csatornák észlelhetők, megfigyelhetők, a nem megfelelő titkosítás esetén adatszérés történhet, legrosszabb esetben akár a jármű feletti irányítás is átvehető. Emiatt nagyon lényeges követelmény, hogy az autonóm járművek alkalmazása közben megvalósítható legyen a helyzethez megfelelően kódolt és titkosított adatátvitel.

Az önvezető járművek feladatvégrehajtása közben fel kell készülni olyan helyzetekre, amikor a járművel megszakad a kommunikációs kapcsolat. Ezek a helyzetek bármely alkalmazás során nehézségeket okozhatnak a járműnek és a környezetének, ennek függvényében a járműveknek másképp kell reagálnia ezekre a körülményekre. Fontos, hogy előre meghatározott módon cselekedjen a jármű, jellemzően kivárja a kapcsolatfelvételt – ezt nevezhetjük biztonsági résznek is –, amelynek elérése teljesen autonóm üzemmódban történik. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy egy távirányított jármű a kommunikáció rövid idejű megszüntetésével is teljesen autonóm járművé válhat. Emiatt szinte minden távirányított járműnek rendelkeznie kellene autonóm funkciókkal is [25].

AZ ÖNVEZETŐ JÁRMŰVEK MÉRET SZERINTI CSOPORTOSÍTÁSA

Az önvezető jármű mérete alapvetően az alkalmazási terület követelményeitől függ. A méret meghatározza a jármű szállításának módját. Befolyásolja azt is, hogy milyen terepakadályokat képes leküzdeni. A tanulmányban két méretet emelünk ki.

A kis méretű járművek (midi robotok) méret szerint mértékű nagyságrendben belüliek. Előnyük, hogy szűk helyekre is bejutnak, rejtve tudnak maradni, mivel nehezen észrevehetők. Könnyen szállíthatók, akár a katona kezében, valamint egy hátizsákban is elférnek. Méretükből adódóan alkalmazásuk több hátrányt is felvet. Terepen nehezen mozognak, makroakadály-leküzdő képességük nem megfelelő. Alkalmazásukat még az is korlátozza, hogy nagy méretű energiatároló és döntéshozó egység nem építhető be a járművekbe, emiatt hatótávolságuk lecsökken. A felsorolt hátrányok ellenére felderítésre többségében kis méretű járműveket alkalmaznak, megoldásként pedig ezeket az eszközöket nagyobb méretű és jobb terepjáró képességű járművek szállítják. Erre az alkalmazásra később visszatérünk [26].

A makro, normál méretű járművek a legtöbb esetben olyan, már használatban lévő járművek, amelyeket átalakítottak, felszerelték szenzorokkal, autonóm vezetéssel, irányítást segítő berendezésekkel. Hamarabb észrevehetők mint a midi robotok, ezáltal felderítésük is könnyebb, de a terepjáró képességük megfelelőbb. Hatótávolságuk nagyobb, mivel nagyobb energiatároló egység fér el bennük. Felépítvényüket változatosabban lehet kialakítani, különböző fegyverrendszerekkel is felszerelhetők [9].

INFORMÁCIÓFELDOLGOZÓ KÉPESSÉG, TÉRINFORMATIKAI ADATBÁZISOK, NAVIGÁCIÓ

Az önvezető járművek a közvetlen környezetük állapotát mérik fel, az itt bekövetkező változásokra és akadályokra kell reagálniuk. Információfelvétel képességük szempontjából érzékelniük kell a tereptárgyakat, személyeket, állatokat, más járműveket és minden olyan terepi tényezőt, amellyel a feladatvégrehajtás során kapcsolatba kerülhetnek. Az információfeldolgozó képesség lehetővé teszi, hogy az autonóm járművek ezeket az adatokat megfelelő módon kezeljék, megszüntessék, továbbá jelezzék, hogy a feladat során mi jelenthet akadályt, problémát. Tanulási képesség – a tanulmány szerzőinek véleménye szerint – csak a legmagasabb fokú autonómiával rendelkező járművektől várható el, mivel ebben a kategóriában követelmény az önálló munkavégzés [23].

Az autonóm járművek irányítását és feladatvégrehajtását is nagymértékben befolyásolja az eszközök környezete. Fontos, hogy a jármű és kezelője is rendelkezzen adatokkal és információkkal a jármű közvetlen környezetéről. A térinformatika és rendszerei helyhez kötött információk begyűjtésével és feldolgozásával foglalkozik. A térinformatációs adatbázisokat az önvezető járművek is felhasználhatják, így a járművek számára átjárhatatlan útszakaszok és a statikusnak nevezhető tereptárgyak és akadályok is előre meghatározhatók. Az önvezető járművek adatokkal is kiegészíthetik ezeket az adatbázisokat, esetleg létre is hozhatják azokat. Az autonóm szárazföldi járművek adatgyűjtésre is alkalmasak, feltérképezhetnek például veszélyes terepszakaszokat, aknákat helyett határozhatják meg, és a LIDAR¹⁰ rendszer felhasználásával épületek modelljének elkészítésére is képesek. Ezek az adatok mind hozzájárulnak ahhoz, hogy a jármű kezelője a meghatározott területről, a térinformatikai rendszerekkel pontosabb képet kaphasson [27].

A terepen történő mozgáshoz és feladatvégrehajtáshoz felhasznált digitális térképeknek és térinformatikai adatbázisoknak folyamatosan frissülniük kell. Az autonóm katonai járművek rendszerint rombolt területen, változókéony időjárási körülmények között kerülnek alkalmazásra. A frissítések azért fontosak, hogy a járművek mindig a terep aktuális állapotát tudják értékelni, annak megfelelően határozzák meg útvonalukat. Megoldás lehet ilyen helyzetekben a felderítésre is alkalmazott UAV-k felhasználása. Az együttműködés folyamatos is lehet, ha az UAV az alkalmazott UGV felépítményéről indul [26].

3. ábra. A felderítő helikopter-UAV az alkalmazott UGV felépítményéről indul, és valós idejű információkkal segíti annak terepi mozgását, illetve harcát [26]



Autonóm eszközök és járművek alkalmazásakor biztonsági veszélyforrásként kell tekinteni a hibásan feldolgozott adatokra és az informatikai egységek meghibásodásaira, hiszen ezeket közvetlenül nem lesz képes a kezelő, illetve a katona helyesbíteni. Terepen történő katonai alkalmazásban lévő eszközök informatikai egységeit úgy kell beépíteni a rendszerbe, hogy azok a szélsőséges környezeti hatásoknak ellenálljanak, és pontos információkat szolgáltatásnak kezelőik felé. A civil informatikai rendszerek igénybevételének nagyságrendje jelentősen kisebb a katonai járművekbe épített komputertechnika alkalmazásánál, ennek ellenére fontos követelmény, hogy a lehető legkisebb meghibásodási aránnyal üzemeljenek. Egy autonóm szárazföldi jármű és a kezelője között követelményként kell meghatározni az azonnali helyreállításra, kézi beavatkozásra. Ez a jármű irányíthatósága és tevékenységének felügyelete miatt lényeges. A járművek informatikai egységeinek megbízhatóan kell működniük, váratlan helyzetekben is képesnek kell lenniük nagy mennyiségű adat feldolgozására. Meghibásodáskor a legtöbb alkalmazás esetén nincs lehetőség az azonnali helyreállításra, kézi beavatkozásra. Egy-egy, működés szempontjából lényeges informatikai egység meghibásodása – legyen az akár átmeneti – biztonsági kockázatot is jelenthet [25].

A járművek navigációjára, akadály-felismerésre leggyakrabban GPS-t alkalmaznak. A műholdas globális helymeghatározó rendszer hátránya, hogy épületeken belül vagy zárt, fedett területen nem használható – emiatt, a szerzők véleménye szerint nem a legmegbízhatóbb navigációs forma. A GPS rendszert kiegészítve egy LIDAR rendszerrel, vagy lézershakkerrel már pontosabb adatok határozhatók meg.

ALKALMAZOTT SZENZOROK

Egy autonóm járművet akkor leszünk képesek irányítani, ha feltérképezzük a körülötte lévő környezetet, területet és útvonalat. Adatokra van szükségünk a felszínről, növényzetről, tereptárgyokról. Ha egy önvezető jármű magas fokú autonómiával rendelkezik, akkor ezeket az adatokat önállóan is képes feldolgozni.

A jármű és azon keresztül a kezelője is a szenzorok segítségével érzékeli a külvilágot. Az akadályfelismerés, a helymeghatározás, a navigáció és az információgyűjtés nem valósulhat meg szenzorok nélkül. Azokat az információkat, amelyeket a szenzorok érzékelnek, továbbítani kell a kezelőnek, aki megvizsgálva és kielemezve az adatokat, további döntéseket hozhat, emellett a fejlett mesterséges intelligenciával rendelkező járművek önmaguktól is képesek megszerezni ezeket az adatokat.

Az elektronikus vezérlőegységek (ECU) egyre nagyobb mértékben váltják ki a mechanikusan működtetett vezérlést és szabályozást a gépjárművekben. A közelmúltban fejlesztett és gyártott polgári használatú gépjárművekben is egyre több szenzor található. A gépjárműtechnikában alkalmazott szenzorok elektromos jelekké alakítják át az érzékelt kémiai és fizikai értékeket. Polgári használatú járművekben a szenzorok többféle feladatot látnak el:

- vezérlést és szabályozást végeznek,
- biztosítják a járműveket lopás ellen,
- felügyelik a járművet fedélzeti diagnosztika segítségével,
- információs szenzorokkal megkönnyítik a vezető feladatát.

A polgári használatú gépjárművek rendszereiben is elterjedtek, de még nagyobb jelentőséggel bírnak az autonóm járművek tekintetében azok a szenzorok, amelyek a jármű közeli és távolabbi környezetét érzékelik. A polgári közle-

kedést megkönnyítik és biztonságosabbá teszik, a magas fokú autonómiával rendelkező járműveknek azonban elkerülhetetlen lenne a használata ezek nélkül az érzékelők nélkül. A járművek környezetét érzékelő szenzorok lehetnek:

- ultrahang szenzorok,
- képszenzorok,
- közel-tartományú radarszenzorok,
- távoli-tartományú radarszenzorok.

Az ultrahang szenzorok a civil használatú járművek parkolásában nyújtanak segítséget, az akadályok érzékelésével. Ha a képszenzorokat infravörös sugárzókkal kiegészítve alkalmazzák, azok képesek lesznek rossz látási viszonyok között és éjjel is az útszakasz megfigyelésére. A közel-tartományú radarszenzorok felismerik a jármű körüli tárgyakat, a távoli-tartományú radarszenzorok pedig akár 150 m-es távolságban képesek az adott terület és útszakasz vizsgálatára [28].

Az autonóm járművekbe épített szenzorok érzékelhetik a jármű belső változásait és a környezet változását is. Azok a szenzorok, amelyek a járművek fedélzetén találhatók és a környezet változásaira reagálnak, az alábbi feladatokra használhatók:

- akadályfelismerés,
- helymeghatározás,
- információgyűjtés.

Információgyűjtésre alkalmazott szenzorok a jármű feladatellátásához szorosan kapcsolódó információkat gyűjtöttek be a környezetből. Az információszerzés érdekében alapvetően egy kamerarendszer beépítése szükséges a jármű fedélzetére. Feltétel, hogy a kezelő a kamerát a megfelelő irányba tudja forgatni, így kép és videó rögzítése és azonnali közvetítése is megvalósulhat. Olyan helyzetekben, amikor a célterület nem látható megfelelően, például éjszaka vagy árnyékolt helyen, ezt a területet külön meg kell világítani, vagy hőkamera alkalmazása szükséges. Ez a megoldás a feladat és a jármű szerkezeti kialakításának függvénye. Felderítési feladatok ellátása közben feltétel, hogy a jármű rejtve maradjon, emiatt hőkamera használata javasolt. Ennek a kameratípusnak a használata azonban sokkal költségesebb, mint egy egyszerű fényforrás felszerelése.

További szenzorok is elhelyezhetők az autonóm felderítő járművek fedélzetén. A feladatok függvényében ilyenek lehetnek pl. az akusztikai szenzorok, amelyek rezgéseket mérnek a levegőben és a talajban. Ezeknél a járműveknél gyakori a lézershakker használata távolságmérésre, továbbá a szennyezett területeken vegyi felderítő szenzorok is alkalmazhatók [9].

AZ AUTONÓM JÁRMŰVEK MEGHAJTÁSA, HORDOZÓ PLATFORMJA/MECHANIKÁJA

Az autonóm járművek meghajtása jellemzően elektromos vagy belső égésű motor alkalmazásával történik. A belső égésű motorral ellátott jármű bizonyos helyzetekben előnytelen a zaj-, hő- és égéstermék-kibocsátás miatt, például felderítési feladatokra, valamint belső terekben sem ajánlott ilyen járművek alkalmazása. Az elektromos motorok hatásfoka 95%-os, működésük halkabb, mechanikai felépítésük egyszerűbb, jelentősen kisebb a hőkibocsátásuk mint a belsőégésű motoroknak.

Ezeknek a járműveknek fontos tulajdonsága a helyváltoztató képesség. Megkülönböztethetünk lánctalpas, kereken gördülő, lépegető vagy sikló mozgást végző járműveket. Az autonóm járműveket, eltérő típusaik szerint többféle járószerkezettel gyártják. A kerekes szerkezetűek alkal-



4. ábra. A tűzszerezőrobot kerek futóművét lánctalpas futóművel egészítették ki a kedvezőbb lépcsómászó-képesség elérése érdekében [10]

5. ábra. A Magyar Honvédség Telemax típusú lánctalpas futóművű tűzszerezőrobotja



masak az épületekben történő közlekedésre, képesek kisebb akadályokon áthaladni, előnyük, hogy jól vezérelhetők és manőverezhetők. A lánctalpak használata is gyakori megoldás, speciális kialakítás esetén változtatható a jármű magassága is, amely egy jármű átvizsgálásánál pl. előnyös lehet [29].

Ennek megfelelően a járószerkezet megválasztása a ter-epviszonyok és a feladat függvénye. Előnyös olyan szerkezetű járművek használata, amelyeknek változtatható a járószerkezete. A lépegető mozgású járművek mechanikai felépítése bonyolult, emiatt ezek a járművek nehezebbek, mozgatásuk több energiát igényel.

A legegyszerűbb a kerek járószerkezet [9]. Emellett a kombinált futómű-kialakítás is alkalmazható, amelynek során – a kedvezőbb lépcsómászó-képesség elérése érdekében – a kerek futóművet lánctalppal egészítik ki (4. ábra).

(Folytatjuk)

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Porkoláb Imre. „Szervezeti innováció a Magyar Honvédségben: az ember-gép szimbiózisa a stratégiaelméletek tükrében”. *Haditechnika* 53, 1. sz. (2019): 2–8. <https://doi.org/10.23713/HT.53.1.01>;
- [2] Korom Ferenc. „Feladataink egy új, hatékony, modern haderő létrehozása érdekében.” *Honvédségi Szemle* 148, 1. sz. (2020): 3–4;
- [3] Trautmann Balázs „Fémharcosok” *Honvédelem.hu* 2016. <https://honvedelem.hu/hatter/femharcosok/>;



- [4] Laib Lajos, Sitkei György, Kománcsi György, Gedeon József, Kiss Péter, Szakács Tamás, Gyarmati József. *Terepen mozgó járművek*. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház, 2002;
- [5] Simó Réka: *Autonóm terepjáró járművek katonai felhasználásának lehetőségei*. ITDK pályamunka (Konzulens: Dr. Gyarmati József). Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Haditechnika Tanszék, 2019;
- [6] Simó Réka: *Autonóm terepjáró járművek speciális katonai felhasználásának lehetőségei*. Diplomamunka (Konzulens: Dr. Gyarmati József). Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Haditechnika Tanszék, 2020;
- [7] Gyarmati József, Vég Róbert László, Hegedűs Ernő, Gávay György Viktor. „A katonai felsőoktatás részvételének lehetőségei a kutatás-fejlesztési folyamatokban” *Műszaki Katonai Közöny* 28, 1. sz. (2018): 193. o.;
- [8] Kurcz Kristóf, Simó Réka, Sebők István, Hegedűs, Ernő. „Új fegyveripari cégekkel bővült a magyar hadiipar”. *Haditechnika* 54, 3. sz. (2020): 51–53. [https://doi.org/10.23713/HT.54.3.09.](https://doi.org/10.23713/HT.54.3.09;);
- [9] Kucsera Péter. *Autonóm működésszerű szárazföldi robotok védelmi célú alkalmazása*. Doktori (PhD) értekezés Budapest: NKE, 2009;
- [10] Gácsér Zoltán. „Tűzszersz és felderítő robotok a magyar haderőben” *Hadmérnök* 2, Robothadviselés 7. tudományos szakmai konferencia különszám (2007 nov.);
- [11] Menyhart József, Szabolcsi Róbert. „Autonóm felszíni járművek akkumulátorai üzemiállapotának vizsgálata szigmoid függvényvel” *Hadmérnök* 12, 4. sz. (2017. december): 44–51;
- [12] Varga Viktória. *A vezető nélküli járművek alkalmazásának lehetőségei a katonai közúti szállításokban*. Szakdolgozat Budapest. NKE, 2019, illetve: Varga, Viktória. „A vezető nélküli járművek alkalmazásának lehetőségei a katonai közúti szállításokban”. *Hadmérnök* 14, 2. sz. (2019): 87–98;
- [13] Varga István, Tettamanti Tamás. „A jövő intelligens járművei és az infokommunikáció hatása” *Híradástechnika* 71, 1. sz., (2016): 59–63;
- [14] Lados Mihály, Tóth Marcell László. „Autonóm járművek az okos városokban” *Tér – gazdaság – ember* 7, 1. sz. (2019): 159–173;
- [15] Lukovics Miklós, Udvari Beáta, Zuti Bence, Kézy Béla: „Az önvezető autók és a felelősségteljes innováció” *Közgazdasági Szemle* 65, 9. sz. (2018. szeptember): 949–974. [https://doi.org/10.18414/KSZ.2018.9.949.](https://doi.org/10.18414/KSZ.2018.9.949;);
- [16] Alapjázat. „Minden, amit az önvezető autókról tudnod kell”. Elérés 2020. szeptember 14. <https://alapjázat.hu/hasznos-infok/minden-amit-az-onvezeto-autokrol-tudnod-kell/>;
- [17] Szujó Krisztina. „Az autonóm járművek gazdasági és társadalmi hatásai” In: Reisinger A. – Kecskés P. – Buics L. – Berkes J. – Balassa B. (szerk.) *Kulturális gazdaság. Kautz Gyula Emlékkonferencia elektronikus formában megjelenő kötete*. Győr: Széchenyi István Egyetem, 2019;
- [18] Gyimesi Áron. „Az autonóm gépjárművek hatása a kormányzati költségvetésre és a foglalkoztatásra” *Tér – gazdaság – ember* 7, 1. sz (2019): 137–158;
- [19] Hegedűs Ernő, Szivák Petra. „Az »Autonóm on- és off-road járművek katonai alkalmazhatóságának lehetőségei« című tudományos konferenciáról – részletesen”. *Haditechnika* 53, sz. 4 (2019): 58–63. [https://doi.org/10.23713/HT.53.4.11](https://doi.org/10.23713/HT.53.4.11;);
- [20] PontMost. „Hol tart most az önvezető autózás?” *PontMost* (blog). Elérés 2020. szeptember 14. <https://pont-most.hu/gep/hol-tart-most-az-onvezeto-autozas/>;
- [21] Hegedűs Ernő. „MTA bizottságok kihelyezett ülése a ZalaZone járműipari tesztpályán: Az autonóm katonai járművek tesztelésének műszaki lehetőségei.” *Haditechnika* 54, 1. sz. (2020): 54–56. [https://doi.org/10.23713/ht.54.1.11](https://doi.org/10.23713/ht.54.1.11;);
- [22] Koleszár Béla. *Földi robottechnikai eszközök konstrukciós és alkalmazási kérdései, különös tekintettel a békefenntartó missziók biztonságának növelésére*. Doktori (PhD) értekezés. Budapest: NKE, 2011;
- [23] Kömlödi Ferenc. Autonóm mobil robotok. http://www.nhit-it3.hu/_ujsite2/images/tagandpublish/Files/it3-2-2-4-u.pdf;
- [24] Dr. Németh András, Dr. Hegedűs Ernő, Wippenhauser András, Simó Réka. „A katonai alkalmazású autonóm terepjáró járművek fejlesztésének egyes kérdései I. rész”. *Haditechnika* 53, sz. 4 (2019): 11–16. <https://doi.org/10.23713/HT.53.4.02.>;
- [25] Koleszár Béla. „A földi robottechnikai eszközök informatikai részegységeivel szemben támasztott speciális (terepi kivittelt igénylő) követelmények rendszerezése, elemzése” *Hadmérnök* 4, 4. sz. (2009. december): 205–215;
- [26] Németh, András, Ernő Hegedűs, András Wippenhauser, és Réka Simó. „A katonai alkalmazású autonóm terepjáró járművek fejlesztésének egyes kérdései II. rész”. *Haditechnika* 53, sz. 5 (2019): 2–7. [https://doi.org/10.23713/HT.53.5.01](https://doi.org/10.23713/HT.53.5.01;);
- [27] Árvai László. „Robottechnika és térinformatika” *Hadmérnök* 7, 2. sz. (2012. június): 230–241;
- [28] Robert Bosch GmbH. *Szenzorok a gépjárművekben*. Budapest: Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft., 2008;
- [29] Vizi Pál Gábor. Kutató robotok a haditechnikában – bombakereső robotok és különböző érzékelők. *Hadmérnök* 4, 1. sz. (2009. március): 284–298;
- [30] Koleszár Béla. „A robothadviselés etikai kérdései II.” *Katonai erkölcs. Hadmérnök* 5, 1. sz. (2010. március): 266–283;
- [31] Koleszár Béla. „A robothadviselés etikai kérdései III.” *Robotok helyett emberek? Hadmérnök* 5, 4. sz. (2010. december): 147–162.

JEGYZETEK

- 1 UAV (Unmanned Aerial Vehicle) – személyzet nélküli légi jármű.
- 2 UUV (Unmanned Underwater Vehicle) – személyzet nélküli víz alatti jármű.
- 3 UGV (Unmanned Ground Vehicle) – személyzet nélküli szárazföldi jármű.
- 4 AGV (Automatic/Automated Guided Vehicle) – Automatikus vezérlésű járművek.
- 5 M2M (Machine to Machine) – gépek közötti kapcsolat.
- 6 V2V (Vehicle to Vehicle) – járművek közötti kapcsolat.
- 7 ECU (Electronic Control Unit) – elektronikus vezérlésű egység.
- 8 V2I (Vehicle to Infrastructure) – jármű és infrastruktúra közötti kapcsolat.
- 9 SAE (Society of Automotive Engineers – Autóipari Mérnökök Társasága).
- 10 LIDAR (Light Detection and Ranging) – lézertávérzékelés.