

Pánya Nándor

A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVEK VIZSGÁLATA AUTONÓMIA SZEMPONTJÁBÓL

Az elmúlt évek során a katonai és civil felhasználók részéről egyaránt növekedett az igény, hogy olyan eszközöket rendszeresítsenek, alkalmazzanak, amelyek segítségével meggyorsíthatják, automatizálják, illetve pontosabban, akár nagyobb távolságban és lehető legrövidebb idő alatt, a legkisebb költség ráfordításával végezzék, végeztessék el feladataikat. Nehéz az autonómia szót definiálni mind mérnöki mind jogi értelemben is, talán még ennél is nehezebb meghúzni a határt egy automatikusan működő és egy autonóm gép között. A cikkben autonómia szempontjából kiragadott példákon keresztül végig követem a drónok fejlődését, hogyan fejlődnek az automata rendszerekből a jövő autonóm technikájává, kategóriákba sorolom őket, autonómia szempontjából és bemutatom, hogyan változhat egy drón döntéshozó képessége a jövőben.

Kulcsszavak: drón, UAV, automatika, autonómia, OODA-Loop

BEVEZETÉS

A drónok forradalmasították a hadviselést, és hamarosan a civil életre is egyre nagyobb hatást gyakorolnak. A hadiipari fejlesztések eredményei a civil társadalmak számára kétszeres hasznot is jelent. Egyrésztől növelheti biztonságát, másrésztől a mindennapi életéhez megkönnyítéséhez szükséges eszközök megjelenését is biztosíthatja. Napjaink hadseregeinek kulcsfontosságú elemei az UAV¹-k, mint például a Predator, a Reaper, vagy a Global Hawk, melyek képességeiről még sci-fi írók álmodni se mertek régen. Ám ez még csak a kezdet, mivel legtöbbjük még mindig rendelkezik a földi állomáson települt pilótával. Mérnöki nyelvre fordítva ezek az eszközök „csupán” automatizáltak.

Valószínűsíthető, hogy a jövőben a robotok képesek lesznek az automatizált szintről eljutni az autonómiáig, vagyis végrehajtani különböző feladatokat emberi beavatkozás nélkül is. Például: képessé válhatnak a börtönőr, ápoló, mentős vagy taxi sofőr munkájának az ellátására is a jövőben. Napjainkban az emberek még részét képezik annak a zárt szabályozási rendszernek, („huroknak”) amely biztosítja ezeknek a berendezéseknek a működését. Az emberek döntenek el, hogy mikor kell a drónoknak felszállniuk, hova kell eljutniuk és ott milyen feladatokat kell végrehajtaniuk. De eljőhet az az idő is, amikor az emberekre már nem lesz szükség ezen döntések meghozatalához [1][2][6][7].

GÉPEK PROBLÉMAMEGOLDÁSA, A KÜLÖNBSÉG AUTONÓMIA ÉS AUTOMATIKA KÖZÖTT

A gépek működésének és a „hurok” megértése

Ahhoz hogy megértsük mi a különbség autonómia és automatika között először meg kell értenünk, hogy hoz döntéseket egy gép. Az „OODA Loop” egy kimondottan hatékony eszköz a

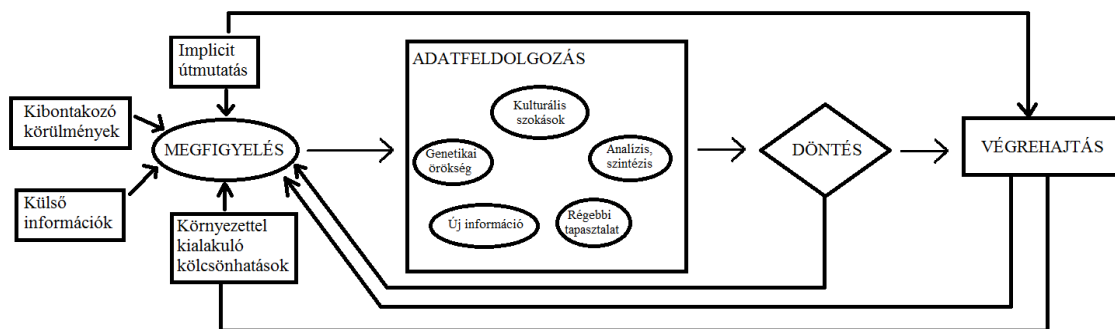
¹ Unmanned Aerial Vehicle – pilóta nélküli repülőgép

bonyolultabb rendszerek, mint például a drónok megértéséhez, a mérnökök, hadseregek és a civil élet egyaránt használja.

Egy egyszerű példát hozva, miért voltak jobbak az F-18-as vadászrepülőök, mint a MiG-15-ösök a koreai háborúban? John Boyd, hadtudományi szakértő szerint a harcokban az előny annál a pilótánál volt, aki gyorsabb és pontosabb döntéseket tudott hozni, mint az ellenség, ezzel ki-zökkentve az ellenséget a „hurokból”.

Boyd szerint az emberi döntés hozatal négy lépésből állt: megfigyelés (Observation), feldolgozás (Orient), döntés (Decision) és cselekvés (Act), vagyis a személy először megfigyeli a körülötte lévő világot, információt gyűjt az érzékszervei segítségével, feldolgozza a begyűjtött információt, majd mérlegeli a lehetséges kimeneteket és döntést hoz, végül pedig végrehajtja a meghozott döntést [20].

Az OODA Loop-nak (1. ábra) megvannak a hibái, mivel ezek a részek teljesen le vannak egyszerűsítve, mivel mind az emberi, mind a robot információ feldolgozása időben átfedi egymást. A hurok nem egy tisztán lineáris folyamat, mivel folyamatos visszacsatolás van a részek között, ettől függetlenül ezt használjuk, hogy megértsük egy rendszer működését [1][2].



1. ábra A Boyd féle OODA Loop²

Vetítsük le az OODA Loop-ot egy emberre, aki egy úton sétál, amíg bele nem botlik egy nagy sziklába, amelyen valahogy át kell jutnia. Emberünk először megfigyeli a környezetet, felhasználva a legtöbb érzékszervét. Szemével felbecsüli a szikla magasságát (át tudja-e ugrani), a sűrűségét (el tudja-e tolni) és megvizsgálja az utat a szikla mindkét oldalán. Ezután feldolgozza a begyűjtött információt, amivel meghozhatja majd a döntést. Mivel túl magas átugrani és túl nehéz eltolni ezeket a lehetőségeket elveti, de elég tér van, hogy elmenjen a szikla mellett. Emberünk meghozza döntését. Visszafordulhatna és segítséget is hívhatna, de mivel elég helyet lát hogy megkerülje a sziklát. A lábai mozgásával végrehajtja a műveletet és folytatja útján tovább.

Ez a leírás túl részletesnek és túl kidolgozottnak tűnhet, de pont ez a lényeg. Ezek a feladatok összetettek és mind elméleti mind fizikai munkát alkalmaznak, mégis átlagos helyzetben egy emberi lény tudat alatt képes végrehajtani az egész hurkot azonnal, minden gond nélkül.

Ha most megnézzük, hogy egy gép hogyan viselkedne hasonló helyzetben rájövünk hogy ez a folyamat sokkal bonyolultabb számára. Először is a megfigyeléshez nem csak egy eszköz kell

² szerkesztette a szerző (MS WORD) https://en.wikipedia.org/wiki/OODA_loop#/media/File:OODA.Boyd.svg (2016.02.17)

ami képes képet juttatni a gép központjában, fel is kell mérnie és kategorizálnia a sziklát és a közvetlen környezetét.

A gép érzékelő részeitől függően ez a folyamat lehet bonyolult vagy egyszerű. Hiányos vagy pontatlan megfigyelés kihat az egész hurokra, rosszul mérheti fel a környezetét, rossz döntést hozhat és ezzel kudarcra ítéli a küldetését.

Ezután a gépnek fel kell dolgozni a begyűjtött információkat. Összegezni az adatokat és egy valós képet alkotni a körülötte lévő világról nem könnyű feladat. Nagyon fontos a feldolgozás sebessége, lehet hogy lassítania kell vagy megállnia, de ez azzal járhat hogy nekiütközik a sziklának.

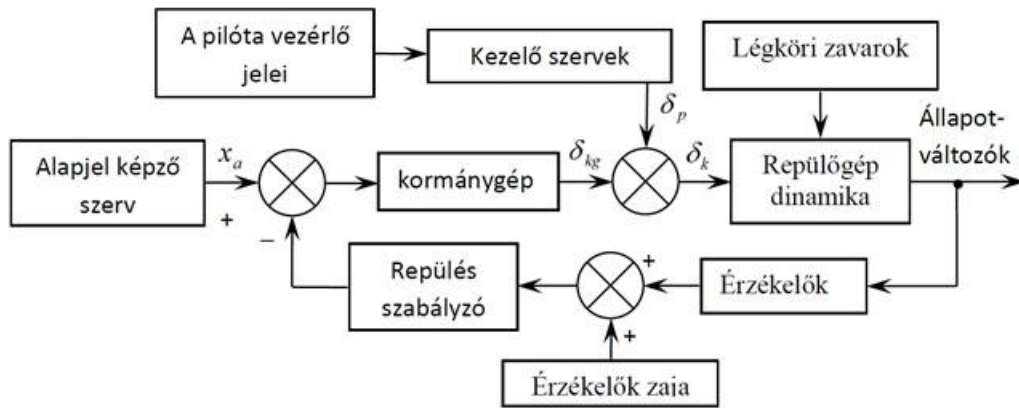
Eddig se volt könnyű dolga gépünknek, de a döntés meghozatala a legnehezebb része a huroknak. A döntéshozó berendezése lehet olyan kezdetleges, hogy ha akadályba ütközik egyszerűen megáll és hívja az irányító személyt aki majd meghozza helyette a döntést. Vagy lehet olyan előre beprogramozott megoldás is hogy elfordul balra 90°-al megtesz 10 métert majd visszafordul a kiinduló állapotba. Ha ezután is akadályt érzékel megismétli az eljárást. De látjuk, hogy ez nem a legjobb megoldás mivel a döntést a lehető leggyorsabban, leghatásosabban és legbiztonságosabban kell meghoznia.

A cselekvés része nagyban függ a gép felszerelésétől. Ha repülni képes akkor az embernél egyszerűbben átjuthat a fent említett sziklán ha például átrepül fölötte. Ha rendelkezik kar-szerű kiegészítővel és a hozzá szükséges erővel, akkor akár eltolhatja az útból az akadályt. Látjuk hogy a beépített technológia szab csak határt a lehetséges cselekvéseknek.

Minél több dolgot tud végrehajtani a gép egyedül automatikusan annál kevesebb szüksége van emberi irányításra, annál inkább felvetődik a kérdés hogy ezt a komplex kifinomult működést nevezhetjük-e autonómnak [1][2][18].

Az automatikus repülésszabályzó rendszer működése

Mielőtt megnéznénk a különbséget az automatika és az autonómia között, nézzük meg hogyan is néz ki egy UAV-ba épített repülésszabályzó rendszer. Az elektronikai és számítástechnikai fejlettségünknek köszönhetően képesek vagyunk az ember számítási sebességét meghaladó rendszert alkotni. Szemléltetésnek a 2. ábra bemutatja a rendszer felépítését. A repülésszabályzó rendszer egy MIMO (Multi input, Multi output) rendszer, amely tervezése, méretezése, összetett, mérnöki feladat [3][11][12][14][15][21]. A mérőeszközök, mint például a bedöntés, bólintás és szögsebesség mérőadók, magasság-, állásszögadók biztosítják a rendszer működését, amelyek a pillanatnyi bejövő adatokat alakítják át elektromos impulzussá, és továbbítják a részegységekhez. A repülő eszköz mozgásának térbeli változása (eltekintve a külső és belső zavaroktól, zajoktól) a kezelő személy utasítása, vagy a repülést szabályozó rendszertől érkező jelek kezdeményezhetik. A bemenő alapjel lehet értéktartó (konstans) vagy értékkövető (időben előre meghatározhatóan differenciál). Ha automatikus repülést terveznek az adott változókat, mint a repülési magasság, sebesség, vagy irány előre kiszámítják és beprogramozzák, hogy a felmerülő külső hatásokra bekövetkező változásokat a repülésszabályozó rendszer tudja kompenzálni. Leggyakrabban az eltérés elvét vagy a kompenzáció elvét alkalmazzák ilyenkor, de előfordulhat az is hogy a kettő együttes használata a leghatékonyabb.



2. ábra Az automatikus repülésszabályozó rendszer blokkvázlata³

„Az eltérés elve alapján működő, a 2. ábra szerinti értéktartó robotpilóta rendszerben az alapjel képző létrehozza a stabilizálni kívánt alapjellel arányos jelet. A robotpilóta érzékelői mérik a repülőgép pillanatnyi helyzetének megfelelő repülési paramétereket. Ha a repülőgép pillanatnyi és a kívánt repülési helyzete nem egyezik meg, akkor a különbségképző szerv előállítja a hibajelet. A hibajel jelformálás, illetve erősítés után kormánygépre kerül, amely ledolgozza a hibajellel arányos jelet, és jelet ad az összegzőre. Az összegző kimenő jele, olyan módon téríti ki a megfelelő kormányfelületet, hogy az azon ébredő légerő és nyomaték a repülőgépet a kívánt repülési helyzetbe hozza. A szabályozási folyamat mindaddig tart, amíg a hibajel zérussal lesz egyenlő.

Robotpilótákkal szemben támasztott általános követelmények az alábbiak:

- a repülőgép kormányozhatóságának és előre megadott stabilitásának biztosítása az x, y, és a z tengely körül;
- a zavaró hatásokkal szembeni érzéketlenség;
- speciális feladatok biztosítása:
 - az automatikus le-, és felszállás;
 - repülési sebesség stabilizálása;
 - repülési magasság stabilizálása;
 - süllyedés, emelkedés végrehajtása;
 - műszer szerinti sebesség és „M” szám automatikus stabilizálása;
 - a repülőgép bármely helyzetből vízszintes repülési helyzetbe történő visszaállítása;
- üzembiztos, pontos működés az előre megadott hőmérsékleti, magassági és relatív nedvesség tartományon belül;
- minimális energia felhasználással működjön;
- minél kisebb súllyal és méretekkel rendelkezzen”⁴ [4][5][6][8][9][10][13][22].

Az autonómia és automatika közti különbség

Felmérhető egy gép autonómia szintje az alapján, hogy hogyan hajtják végre az OODA hurkot, minél jobb a megfigyelő, feldolgozó, döntő és végrehajtó képessége annál inkább nevezhetjük

³ Dr. Szegedi Péter: Repülésszabályozó rendszerek szabályozóinak számítógépes analízise és szintézise, (PhD értekezés) Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2005, 3.1. ábra, 54. o.

⁴ Szegedi Péter: Rendszerek szabályozóinak számítógépes analízise és szintézise, (PhD értekezés) Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2005. 54–55. o.

autonómnak. Bár mind az automatika és autonómia azt jelenti hogy „képes egy folyamatot végrehajtani emberi beavatkozás nélkül” sokkal több a különbség, mint a hasonlóság. Az automata rendszerek nem képesek önmaguk irányítására, és önálló döntések meghozására. Ellentétben autonóm entitások (pl.: az emberek vagy gépek) képesek önállóan dolgozni és végrehajtani a saját céljaikat. Egy automatizált folyamat során elvégezhetők azok a rutin (lépésről-lépésre leírt, előzetesen definiált) feladatok amelyeket emberek végeznek (pl.: futószalag munka), de még így is szükség lehet emberi beavatkozásra. Míg egy autonóm folyamat akár felül is múlhatja az emberi munkát, nem csak helyettesítheti azt az előre meghatározott helyzetekben.

Az automatika mind elődje, mind szerves része az autonómiának. Úgy definiálják az autonóm rendszereket, hogy „függetlenek a vezérléstől” és rendelkeznek olyan tulajdonságokkal, mint például: (1) az automatika, vagyis képesség a külső beavatkozás nélküli működésre. (2) szükséges egy döntéshozó képesség, vagyis képesség a saját céljai végrehajtására, és (3) egy igazán autonóm rendszer képes tanulni, tapasztalatot levonni a múlt cselekményeiből, eseményeiből és ezeket a jövőben felhasználni a cselekvéseihez.

Látható, hogy nem egyértelműen határozható meg a határ az automatikus és autonóm rendszerek között, könnyebb megközelíteni az autonómiát úgy, mint tulajdonságok összességét, amelyek több rendszerre is igazak.

Három főtulajdonság befolyásolja azt, hogy egy rendszer autonóm vagy csupán automatikus: (1) a szükséges kezelői beavatkozás gyakorisága, (2) a gép képessége hogy a környezeti változótól függetlenül tudjon működni, (3) a gép asszertációs szintje, vagyis kreatív döntéshozó és kockázatfelmérő képessége ami szükséges a küldetése végrehajtásához. Néhány példa az egyes tulajdonságok szélsőségeinek bemutatására:

- Ha teljes autonómiával rendelkezik egy gép akkor az indítása után önállóan képes döntést hozni, hogy hogyan küzdje le az akadályt és érjen célba. Ha egyáltalán nem rendelkezik autonómiával (pl.: egy RC távirányítású eszköz), akkor a kezelő vezeti végig az úton és kezeli az útközben felmerülő akadályokat. A kettő között félúton lévő gép képes önállóan haladni, amíg akadályba nem ütközik és igényli a kezelői beavatkozást.
- Egy teljesen autonóm gép képes felmérni a környezetét és a beérkezett adatokat önállóan értékelni, elemezni, míg a másik végletnél a gép, vagy nem képes érzékelni a környezetét, vagy a beérkező információkat nem képes feldolgozni.
- Miután akadályba ütközik egy gép felméri a lehetséges megoldásokat és annak kockázati tényezőit. Tegyük fel, hogy a legjobb megoldásnak is 80% az esélye. Ennél a pontnál egy magas asszertációval rendelkező gép úgy dönt, hogy mindenképpen mennie kell tovább és cselekszik, míg egy kisebbel rendelkező gép leáll és kezelői beavatkozást igényel [1][2].

AZ AUTONÓMIA SZINTJEI

A drónok fejlődésével párhuzamosan alakultak ki az azokat besoroló rendszerezések. Thomas Sheridan 10 lépcsőfokos besorolása az 1. szinten lévő automatikustól a 10. szinten lévő teljesen autonómig sorolja be a gépeket. A 2–5. szinteken a döntéshozatalt az ember végzi, míg a 6–9. szinteken a gép meghozza a döntést és változó mennyiségű vétó jogot és információt ad csak az embernek.

Az előző fejezetben említett három főtulajdonságban elért szinttől függően mérhető lesz a gép „intelligenciája és tudata”. Egyes gépek, amelyek csak egy funkciót tudnak ellátni és azt is csak emberi támogatással, mint például egy mosógép vagy egy futószalagon dolgozó gépkar, de a jövőben lehetnek majd olyan drónok, amelyek önállóan képesek lesznek megtalálni és likvidálni bármilyen célpontot emberi beavatkozás nélkül. A legtöbb rendszer azonban a két véglet közé fog esni.

Szint	Leírás
1	A gép nem segít az ember csinál mindent.
2	A gép több lehetőséget ajánl fel.
3	A gép egy leszűkített listát ajánl fel.
4	A gép egy lehetőséget javasol.
5	A gép cselekszik ha az ember jóváhagyja.
6	Az automatikus végrehajtás előtt ad vétó jogot az embernek.
7	Cselekvés után mindenképpen tájékoztatja az embert.
8	Cselekvés után, ha az ember kéri kap tájékoztatást.
9	Cselekvés után ha a gép úgy gondolja tájékoztatja az embert.
10	A gép mindent önállóan csinál, az ember teljes kihagyása.

1. táblázat: Sheridan féle autonómia szintek⁵ [1]

A Sheridan féle felosztás (1. táblázat) nem foglalkozik vele, hogy egy drón képes más teljesítményt nyújtani az OODA Loop különböző részein, ezeket egyszerűen átlagolja. Például lehet, hogy egy gép tökéletesen felméri a környezetét, de szüksége van emberi beavatkozásra döntéshozásnál.

A Légierő Kutató Intézete (AFRL – Air Force Research Laboratory) elkészítette saját 11 lépésű beosztását, amibe már ezt a jelentős tényrt számításba vették. Emellett az AFRL beosztásában azt is figyelembe vették, hogy vannak olyan helyzetek, ahol egy kezelő több járművet kezel egyszerre, így a többgépes rendszerek autonómiáját is figyelembe veszi.

Szint	Leírás
0	Kézi távirányítás
1	Egyszerű automatika
2	Automata funkciók és feladatvégzés
3	Előre programozott feladatvégrehajtás
4	Fél-automata küldetés végrehajtás egyszerű döntés hozatallal
5	Összetett, küldetés függő gondolkodó képesség
6	Feladathoz dinamikusan alkalmazkodás
7	Több-küldetésre összehangolt gondolkodó képesség
8	Emberszerű önállóság vegyes csapatban
9	Gép által vezetett önálló csapatok
10	Önálló együttműködés

2. táblázat Army Science Board Study⁶ [17]

⁵ szerkesztette a szerző (MS WORD)

⁶ szerkesztette a szerző (MS WORD)

Szint	Leírás
0	Távírányított jármű
1	Előre eltervezett küldetés végrehajtása
2	Változtatható küldetés végrehajtása
3	Határozott válasz a valós idejű hibákra/eseményekre
4	Hibára/eseményre alkalmazkodó
5	Több jármű valós idejű koordinációja
6	Több jármű valós idejű együttműködése
7	Harctér ismerete
8	A harctér egyéni megismerése
9	A harctér rajban való megismerése
10	Teljes autonómia

3. táblázat Az autonómia 11 szintje az AFRL szerint⁷ [1]

Néhány példa annak szemléltetésére, hogy egyes szintek mit is takarnak pontosan:

Szint	Megfigyelés	Feldolgozás	Döntés	Cselekvés
0	Repülés irányítási érzékelők és fedélzeti kamera	Adat továbbítás, táv-irányítású parancsok	Nincs	Távírányított
5	Helyi érzékelők külső célpontok érzékelésére	Csapat felismerés	Fedélzeti útvonal tervező, optimalizál a jelenlegi és előrelátható feltételeknek megfelelően, ütközés elkerülés	Külső parancs csapatos végrehajtása, ütközés elkerülés.
10	A harctéren minden-nel tudatos	A szükségesnek megfelelően koordinál	Képes teljes függetlenségre	Minimális irányítást igényel.

4. táblázat Példák az AFRL besorolására (0., 5., 10. szint)⁸ [1]

Az AFRL besorolásából látható, hogy egy rendszer autonómia szintjét az OODA Loop különböző részein elért teljesítménye alapján jól lehet jellemezni. Például egy gép eléri a 10. szintet megfigyelésben, de lehet hogy csak az 5. szintet döntéshozásban, vagyis el tudja kerülni az ütközéseket de komolyabb gondok megoldására akkor is kell a kezelő beavatkozása.

A gépek autonómiájának korlátozására többféle lehetőség létezik.

Például:

1. Megszabhatjuk, hogy melyik funkciók automaták és csak bizonyos funkciókat enged teljesen autonóm működni. (egy UAV lehet autonóm a repülési útvonalának végrehajtásában, hova, mikor, hogyan repül, de rakétaindításra csak kezelő adhat közvetlen parancsot).
2. A kezelő szabja meg, hogy mikor lehet a gép autonóm, vagyis dinamikusan határozza meg a gép feladatait. (váltogatni lehet az autonómia szintjeit a feladattól függően)

Habár az Egyesült Államok harci drónjai mutatnak autonóm és automatikus tulajdonságokat is, elsősorban automata rendszerek. A Global Hawk felderítő repülőgép képes fel-, és leszállni közvetlen emberi beavatkozás nélkül, a kezelőnek csak az indító gombot kell megnyomnia. Azonban hiányzik az a képesség, hogy önállóan irányítsa a kameráit olyan célpontokra, amik bizonyos szempontokból érdekesebbek lehetnek. A Predator és a Reaper is három repülési móddal rendelkezik, amelyeket a kezelő választ ki: manuális repülés (távírányítás), fél-autonóm

⁷ szerkesztette a szerző (MS WORD)

⁸ szerkesztette a szerző (MS WORD)

megfigyelt repülés, és előre beprogramozott repülés. A jelenleg alkalmazott pilóta nélküli repülő rendszerek esetén, a fejlettségüktől függetlenül az ember állítja be az eszközök autonómiájának a szintjét [1][2][18][19].

DRÓN HADVISELÉS: MÚLT, JELEN, JÖVŐ

A kutatást csak a haderőben alkalmazott drónokra terjesztettem ki, természetesen emellett a pilóta nélküli eszközöket használnak a bűnüldözésben, a légi (szárazföldi) kutató-mentő akciókban, az egészségügyben, a sportban és a hétköznapi életünkben is [1][2].

A múlt drónjai

A múlt században fejlesztett pilóta nélküli járműveket elsősorban céllovászetten használták amerikai pilóták a második világháború alatt. Az egyik leghíresebb ilyen UAV a **Dennymite**, amit az első világháborús pilótáról, későbbi Hollywood-i sztárról, Reginald Denny-ről neveztek el. A németeknek is voltak szárazföldi robotjaik például a robbanószerekkel ellátott „földi torpedó” a **Góliát**, amit ellenséges harckocsik és bunkerek pusztítására alkalmaztak. Németország rendelkezett pilóta nélküli repülő géppel is, a **Fritz** névre keresztelt távirányított, szárnyakkal ellátott bombával [1].



3. ábra Ryan Firebee felszállás közben⁹

Ezeket a repülő eszközöket kezdetben felderítésre, megfigyelésre használták, mint például a vietnámi háborúban a **Ryan Firebee II-t**, (3. ábra) ami 1400 km-es hatótávolsággal rendelkezett, illetve több mint egy órát volt képes a levegőben tartózkodni. Egy másik távirányítású repülőgép a **Lighting Bug** amit az amerikai hadsereg 1964 és 1975 között használt Délkelet Ázsiában. Mindkét távirányított eszköz térbeli mozgását a kezelő egy földi állomáson elhelyezett monitoron keresztül tudta követni, kontrolálni.

A hidegháború alatt jelentős mértékben fejlődött a számítástechnika, így az automatizálással kapcsolatos technológiák fejlődése is megindult. Kezdetben a robotikával kapcsolatos fejlesztési programok nehezen indultak, például az USA **Aquila** programja. Az 1979-ben indult projekt célja egy ellenséges terület fölött átrepülő és azt felderítő repülő eszköz megalkotása. 8 évvel később az 1 milliárd dolláros projekt csak pár kezdetleges prototípust tudott felmutatni.

⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Ryan_Firebee#/media/File:BQM-34F_launch_Tyndall_AFB_1982.JPG (2016.02.17)

A fejlődés tehát fokozatos volt, az első igazán sikeres katonai UAV-nak az öbölháborúban bevetett **Pioneer**-t tekinthetjük, amely felderítési és kárfelmérési feladatokat hajtott végre. Egy szimbolikus mérőöldkő volt, amikor is egy katona pilóta nélküli eszköznek adta meg magát (iraki katonák fehér lepedőket és fehérneműt lengetve megadták magukat egy Pioneernek).

A technológia kezdetleges állapota korlátokat szabott a távirányított harci rendszereknek. Az irányíthatóság (vagyis, hogy az eszköz képes legyen követni egy mozgó célpontot, vagy ki tudjon térni a pályájáról, ha szükséges) az, ami megkülönbözteti a modern pilóta nélküli fegyvereket az egyszerű lövedékektől.

Jelentős előrelépés volt 1920-ban mikor Carl Norden a frissen felfedezett informatikai vívmányoknak köszönhetően felfedezte a Norden bombacélzót. Ez a rendszer segítette a bombázók célzását azzal, hogy automatikusan lőtte ki a bombát/rakétát, mikor számításai szerint a legjobb volt az időzítés, hogy a célpontot eltalálja. 1945. augusztus 6-án a Hiroshimára ledobott „Little Boy” nevű uránium bombát is ez segítette célba.

A precíziós célzásnak nagy ugrást jelentett a lézercélzó és a cirkáló rakéta felfedezése, talán ez a 20. század legfontosabb fejlődése a pilóta nélküli technológiában. A lézer-irányított bombákat nem egy ember irányítja, hanem a kezelő „megvilágítja” lézerrel a célpontot, és a bomba a lézercélzó berendezésével a cél irányába fordul. Régebbi modelleknél a célon kellett tartani a lézert, napjaink technológiájánál nem szükséges ez sem.

A cirkáló rakéták sokkal kifinomultabb fegyverek, mivel a lézer-irányított bombákkal ellentétben ezek képesek saját fedélzeti rendszereiket használva önálló repüléssel eljutni a kijelölt célponthoz. Az első ilyen rakéta a német Fiesler Fi.103, amelyet a második világháború idején használtak. A korai cirkáló rakétákból hiányzott a precíziós célzás, vagyis a találati esélyük limitált volt, amíg a technológia vívmányai lehetővé nem tették a Tomahawk rakéta megalkotását, amit az öbölháborúban használtak először.

A **Tomahawk** rakéták célpontjait még indítás előtt meg kell határozni, és felszállás után nem lehet más célpontot kijelölni. Emellett a Tomahawk csak már előre feltérképezett, és a memóriájába programozott útvonalon tudott repülni. Habár kevés szüksége volt emberi kezelőszemélyzetre a környezeti változókat, mint az időjárás vagy terepakadályok csak alacsony mértékben tudta kezelni.

A legtöbbjük távirányított volt, mint a második világháborús Góliátok vagy Fritzek vagy az öbölháború Pioneerje. Ha a kommunikációs kapcsolat megszakadt az irányító és a drón között egyszerűen lezuhantak. Azok a gépek, amelyek nem igényeltek állandó emberi irányítást, mint a Tomahawk, nem rendelkeztek azzal a képességgel, hogy idegen terület felett navigáljanak, vagy indítás után lehetetlen volt módosítani az útvonalukat. A még korábbi modelleket csak lövészetre céltárgyként, vagy irányított rakétaként az ellenség pusztítására használták [1][2].

Napjaink drónjai

A fentiekben láthattuk, hogy a 20. században is voltak pilóta nélküli távirányított járművek, de 2001. szeptember 11-től terjedt csak el a katonai drónok használata. A múltban kommunikációs és navigációs problémákkal küszködtek, napjaink új technológiai egyre hatékonyabbá teszik a drónokat.

A politikai és kulturális tényezők is segítik a drón technológia fejlődését és alkalmazását a katonai műveletekben. A terroristák, a világháborúk konvencionális hadviselésével ellentétben egyenruhát nem viselő, nehezen felkutatható és azonosítható ellenségek. A drónok sokkal eredményesebben és hatékonyabban alkalmazhatók az állandósult (akár napi 24 órás) felderítő, megfigyelő feladatokra. Fegyverzetük is optimális a városi harcshíntérhez, a Predator kisebb Hellfire rakétája nem okoz akkora kárt és nem indítható olyan távolságból, de precíziós csapásokra jobban használható. Az sem elhanyagolható hogy mivel pilótáik a földi irányító állomáson, távol a bevetés helyszínétől vannak, a bevetések nem veszélyeztetik a katonák testi épségét, és mivel nincs szükség a pilóta létfenntartó rendszereire a fedélzeten használatuk kisebb költséggel jár, mint egy vadászrepülőgépnek.

A fent említett 8 méter hosszú és 500 kg tömegű **Predator** 24 órát is eltölthet a levegőben. Egy célpont fölött hosszasan képes lebegni, 3 km távolságból is le tud olvasni egy rendszámtáblát és meg tudja figyelni az alatta lévő területet bármilyen időjárásban.

Eleinte felderítő küldetésekre vetették be a Balkánon, de a World Trade Center elleni terrortámadás után felszerelték lézercélzott Hellfire rakétákkal. Ettől függetlenül a felderítő képességei még mindig nélkülözhetetlenek, képes valós idejű képet közvetíteni a földön lévő katonáknak. A földi irányító állomáson tartózkodó kiszolgáló személyzet egy pilótából, két kezelőből áll és összesen 82 ember kell a technikai támogató csapattal együtt a drón repültetéséhez.



4. ábra MQ-9 Reaper a levegőben¹⁰

A **Reaper** (4. ábra) kétszer olyan gyorsan és kétszer olyan magasra tud repülni több mint 1,5 tonna hasznos teherrel, mint elődje a Predator. A Reaper viszont nem képes szűk körön őrjáratolni a cél fölött és a repülési időtartama is csak 18 óra, ami két 450 kg-os külső üzemanyag tartállyal kiegészítve 42 órára növelhető.

Hiába van mind a Predator mind a Reaper fejlett érzékelő és támadó felszereléssel felszerelve, gyakorlatilag ezek is csak távirányított gépek. Három módon lehet őket repültetni: távirányítás-

¹⁰ [https://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-9_Reaper#/media/File:MQ-9_Reaper_in_flight_\(2007\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/General_Atomics_MQ-9_Reaper#/media/File:MQ-9_Reaper_in_flight_(2007).jpg) (2016.02.17)

sal, fél-autonóm megfigyelt repüléssel, és előre programozott repüléssel. Mindegyik mód folyamatos emberi beavatkozást igényel, és a drónok nem képesek összetett akciókat javasolni a kezelőszemélyzetnek, vagy önállóan kifinomult döntést hozni.

Vannak fegyvertelen felderítő drónok is, mint például a nagy magasságú, nagy hatótávolságú **Global Hawk**, amely 28 órát is képes eltölteni 20 km-es magasságban, valamint éjjel-nappal bármilyen időjárásban felmérni az alatta lévő területet. A 13,5 tonnás drón üzemeltetése egy kisebb hadsereget igényel, de gombnyomásra képes fel és leszállni, közben önállóan tud repülni és felderíteni.

Persze az előzőekben bemutatottaktól eltérően léteznek kisebb drónok is, mint a kézből indítható **Raven**, amely 7–10 km-es hatótávolsággal rendelkezik és irányítható joystickkal vagy programozható GPS alapú útra is. A kevesebb mint 1 méter hosszú és 2 kg tömegű Raven indításához egyszerűen a katonának fel kell emelnie és feldobnia, a felszállási technikája hasonlít egy papír repülőjéhez. A maximum 90 perces repülései alatt be lehet programozni célpont követésére, lebegésre, vagy ha elveszti a célpontot a hazatérésre.

A **Wasp III** a Raven-hez hasonlít a legjobban, ugyanúgy kézből indítható, de 5 kilométert is meg tud tenni, ugyanúgy programozott, vagy irányított módon [1][2].

A jövő drónjai

Jelenleg folyó az autonómiával kapcsolatos kutatásokban a negyedik és az afeletti szintű drónok fejlesztésén dolgoznak a mérnökök, kutatók. A stratégiák pedig azt vizsgálják, hogy hogyan, milyen feladatok ellátására vonják be a pilóta nélküli eszközöket segítve a katonák feladatteljesítését.



5. ábra Phantom Eye¹¹

A prototípus státuszban lévő Phantom Eye (5. ábra) teljesített egy 28 perces teljesen autonóm repülést, mely során autonóm módon felszállt, repült és leszállt. A DARPA (Defense Advanced Research Project Agency) olyan technológián dolgozik, ami lehetővé teszi a drónoknak hogy 5 évet is a levegőben töltsenek. A következő generációs Reaperek (Avenger) képesek lesznek felismerni és kategorizálni embereket és emberi készítésű tárgyakat, és még az apróbb változásokat is felismeri, mint például a lábnyomokat, vagy a lenyírt fűvet.

¹¹ <https://i.kinja-img.com/gawker-media/image/upload/mpsvuxsxhhtmihgolj8q.jpg> (2016.02.17)

A drón technológia eljut majd egy olyan pontra, ahol a gépek képesek lesznek jogi és katonai irányelveknek megfelelő döntéseket hozni. A parancsnokoknak elég lesz elmondani (beprogramozni) egy drónnak, hogy mihez van joga és mihez nincs, mint napjainkban a katonáknak megadják a fegyverhasználati rendszabályokat.

Nem csak a nagyobb drónok megalkotása a cél, a nano-drónok fejlődése is zajlik. A hajszál méretű drónok várhatóan kötelékben fognak dolgozni, de az elérhető katonai fejlesztések alapján csak találgatni tudunk, hogy mire lesznek képesek. Mivel több nano-drón irányítása emberileg lehetetlen, magasabb autonómiára lesz szükségük, mint napjaink drónjainak. A kezelőjük kiadja a feladatot és a nano-drónok egymással kommunikálva önállóan hajtják majd végre azt.

A jövő drónjai felül múlják majd az embereket is sok szempontból. Gyorsabb és pontosabb megfigyelést, adatfeldolgozást, döntést és cselekvést fognak tudni végrehajtani, az emberek az irányító pozícióból átkerülhetnek megfigyelőkké, akik csak szükség esetén avatkoznak be. Az önálló cselekvőképesség azért is jó, mert így a drón nem kerül veszélyes helyzetbe, ha megszakad a kapcsolata az irányítójával. A rakétaelhárító rendszerek már napjainkban is rendelkeznek autonómiával, mivel egy ember nem lenne képes időben reagálni egy váratlan ellenséges légi támadásra [1][2].

Besorolás az AFRL táblázatba

Szint	Példák	Leírás
0	Ryan Firebee II, Lighting Bug, Pioneer	Távírányított jármű
1	Tomahawk rakéta, Predator, Reaper	Előre eltervezett küldetés végrehajtása
2	Global Hawk	Változtatható küldetés végrehajtása
3+	Phantom Eye, Avenger, egyéb jövőbeli drónok	Határozott válasz a valós idejű hibákra/eseményekre

5. táblázat A felsorolt példák táblázatban¹²

Az 1980-as évek előtt a drónokat távírányítású légi járművekként kezelték, semmilyen autonómiával nem rendelkeztek, annyi különbség volt a vadászrepülőgépektől, hogy pilótaik egy földi állomáson voltak elhelyezve. A cirkáló rakéták megjelenésével, mint például a Tomahawk, felfedezték a lehetőséget az eszközök előre beprogramozására, így egyszerűbb feladatokat már önállóan képesek voltak végrehajtani. Az első jelentős autonómiával rendelkező drónnak a Predatorot tekinthetjük, sok harcszintéren bizonyította a fejlettségét.

A Global Hawk felderítő drón az U2-es felderítő repülő munkáját vette át, gyakorlatilag ugyanazt a feladatot hajtja végre, csak fedélzeti pilóta nélkül. A jövőben például a Phantom Eye és az Avenger is feltételezhetően magasabb szintű autonómiát fog elérni, de ezek is távol maradnak még a tiszta autonómiától, mivel csak az olyan eseményekre lesznek képesek reagálni (és lehet, hogy nem is egyből) amit előtte beléjük programoztak.

¹² Készítette a szerző

ÖSSZEFOGLALÁS

A drón technológia rohamos fejlődése az elmúlt években, napjainkban és a jövőben is folytatódni látszik. A fejlesztések érthető okokból szigorúan titkosak és elérhetetlenek a nagyközönségnek. A kutatási tendenciákból megállapíthatók, hogy ezek a drónok nagyobb autonómiával rendelkezhetnek, mint amit jelenleg mutatnak.

Az a kérdés hogy az ember benne van a hurokban vagy sem fekete-fehér világszemlélet. Mi döntjük el mikor van szükség emberi beavatkozásra és mikor hagyjuk a drónt önállóan cselekedni. Csak a technológia szab határt mikor és milyen mértékben veszik át az autonóm drónok a veszélyes vagy megterhelő katonai feladatokat. Gordon Johnson a Pentagon Összhaderőnemi parancsnoka szerint „Nem éhesek, nem fáradnak el, nem felejtik el a parancsaikat, nem zavarja őket, ha a mellettük lévőket lelövik. Jobb munkát fognak végezni, mint az emberek? Igen.”

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] WILLIAM C. MARRA & SONIA K. MCNEIL: Understanding “the loop”: Regulating the Next Generation of War Machines, (online) url: http://www.harvardjllpp.com/wpcontent/uploads/2013/05/36_3_1139_Marra_McNeil.pdf (2016.02.17)
- [2] PETER W. SINGER Wired for War: The Robotics Revolution and Conflict in the Twenty First Century 110 (2009).
- [3] ÓVÁRI GYULA, KOVÁCS JÓZSEF, SZEGEDI PÉTER: Preliminary Design of Controller for the Lateral Motion of an Unmanned Aerial Vehicle, Proceedings of the 10th International Conference: Transport Means 2006, Kaunas, Litvánia, 2006. pp. 328–331.
- [4] SZEGEDI PÉTER: Repülésszabályozó rendszerek szabályozóinak számítógépes analízise és szintézise, (PhD értekezés) Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2005.
- [5] SZABOLCSI RÓBERT: Modern automatikus repülésszabályozó rendszerek, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Egyetemi Tankönyv, Budapest, 2011, (ISBN 978-963-7060-32-8)
- [6] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Gondolatok a jövőbeni fegyverek alkalmazási lehetőségeiről, XIV. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Szombathely, 2015. pp. 183–188. (ISBN: 978-963-359-053-9)
- [7] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Napjainkban fejlesztett fegyverrendszerek megjelenése a jövő hadszínterein, tudás alkalmazás és fejlesztés szempontjából, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2015/3: pp. 105–116. (online) url: http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2015_3/2015-3-08-0223_Bekesi_B-Szegedi_P.pdf (2016.02.17)
- [8] SZEGEDI PÉTER, BÉKÉSI BERTOLD: Sensors on Board of the Unmanned Aerial Vehicles, Proceedings of 19th International Scientific Conference Transport Means 2015., Kaunas, Litvánia, 2015. pp. 219–222.
- [9] KOLLÁTH GÁBOR, SZEGEDI PÉTER: A pilóta nélküli repülőeszközökön alkalmazott szenzorok, Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban, Debrecen, 2015. pp. 331–338. (ISBN: 978-963-7064-32-6)
- [10] SZEGEDI PÉTER, BÉKÉSI BERTOLD: Az UAV-on alkalmazható szenzorok, XIV. Természet-, Műszaki- és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Szombathely, 2015. pp. 175–182. (ISBN: 978-963-359-053-9)
- [11] SZABOLCSI RÓBERT, SZEGEDI PÉTER: Robustness Stability and Robust Performance of the Automatic Flight Control Systems, Academic and Applied Research in Military Science 1: (2) pp. 253–269. (2002).
- [12] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Preliminary Design of Controller of Longitudinal Motion of the Unmanned Aerial Vehicle Using LQR Design Method, Proceedings of the 10th International Conference: Transport Means 2006, Kaunas, Litvánia, 2006. pp. 324–327.
- [13] BLAKELOCK, J. H. Automatic Control of Aircrafts and Missiles, John Wiley & Sons, New York, 1965.
- [14] BÉKÉSI BERTOLD, SZEGEDI PÉTER: Analysis of the Basic Signal Tracking Possibilities of an Altitude Stabilizing System, Proceedings of the 12th International Conference, Transport Means 2008. Kaunas, Litvánia, 2008. pp. 103–106.
- [15] SZABOLCSI RÓBERT, SZEGEDI PÉTER: Pilóta nélküli repülőgép számítógépes analízise, Szolnoki Tudomány napi Konferencia METESZ, Szolnok 2002. november 6., Szolnoki Tudományos Közlemények VI.: (CD-ROM)

- [16] Human-Robot Interaction. A Research Portal for the HRI Community, (online) url: <http://humanrobotinteraction.org/autonomy/> (2016.02.17)
- [17] HUI-MIN HUANG: Autonomy Levels FOR Unmanned Systems (ALFUS), (online) url: <http://www.nist.gov/el/isd/ks/upload/ALFUS-BG.pdf> (2016.02.17)
- [18] RYAN W. PROUD, JEREMY J. HART, RICHARD B. MROZINSKI: Methods for Determining the Level of Autonomy to Design into a Human Spaceflight Vehicle: A Function Specific Approach, (online) url: <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20100017272.pdf> (2016.02.17)
- [19] KORONVÁRY PÉTER: A kreativitás rendszere – Tisztelgés Kenneth E. Boulding előtt, Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 2005/2/14, pp. 244–262.
- [20] KORONVÁRY PÉTER: Az amerikai „military leadership” elmélet rendszertana (PhD értekezés) Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Hadtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2008. 35. és 95. o.
- [21] SZEGEDI PÉTER: Szojka–III pilóta nélküli repülőgép repülésszabályozójának tervezése LQR módszerrel, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2005/1. pp. 87–102.
- [22] SZEGEDI PÉTER: A pilóta nélküli repüléshez kapcsolódva...: Tanulmány a pilóta nélküli légijárművek működésével és üzemeltetésével kapcsolatban. (Békési Bertold, Szegedi Péter szerk.) Szerzői kiadás, Szolnok, 2016. 80 p. (ISBN: 978-963-12-5224-8), (online), url: https://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/10148/Tanulmany_Szegedi_P%C3%A9ter.pdf?sequence=2&isAllowed=y (2016.03.30)

ANALYSIS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN TERMS OF AUTONOMY

In the last years demand has grown in both military and civilian life towards making machines, that could do their missions faster, more independently, more accurate and with more endurance, as cheap and safe as possible. It is hard to define autonomy in both engineering and ethical terms, and it is even harder to draw the line between automatic and autonomous machines. The article writes about the improvement of drones regarding autonomy, categorizes them by levels of autonomy bringing some examples from the past, the present and the near future, and shows how the drones may make their own decisions.

Keywords: drone, UAV, automatics, autonomy, OODA-Loop

PÁNYA Nándor
honvéd tisztjelölt
Nemzeti Közszerzői Egyetem
Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Katonai Repülő Intézet
Fedélzeti Rendszerek Tanszék
pnandi94@hotmail.com
orcid.org/0000-0002-8947-2762

PÁNYA Nándor
Officer Candidate
National University of Public Service
Faculty of Military Science and Officer Training
Institute of Military Aviation
Department of Aircraft Onboard System
pnandi94@hotmail.com
orcid.org/0000-0002-8947-2762



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-08-0322_Panya_Nandor.pdf