

Drónok alkalmazhatóságának lehetőségei a rendőrségen

Possibilities of the applicability of drones in the police

DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.53793/RV.2022.2.2](https://doi.org/10.53793/RV.2022.2.2)

Absztrakt

Jelen tanulmányban körüljáróm a pilóta nélküli légi járművek – népszerű nevükön drónok – rendőrségi alkalmazásainak újabb lehetőségeit. Az alkalmazások bemutatása érdekében fontos a drónok technológiájának ismertetése, ezért szót ejtek a drónok történetéről, típusairól, repülési jellemzőiről. A drónok rendőrségi felhasználása a fedélzetükön lévő szenzorok által szolgáltatott mérések, valamint a fedélzeti kamerák képeinek feldolgozásán alapul. Kitérek a drónok eredményes alkalmazása mögött álló informatikai háttérre, a mesterséges intelligenciára, a képfeldolgozásra és a térinformatikára is. A tanulmányban részletesen írok az eltűnt emberek keresésének technikai lehetőségeiről, kiemelve a drónrajok alkalmazását ezen a területen. Ennek keretében az egyik keresési eljárás alapjait is bemutatom, mely a hiperbolikus navigációra épül.

KULCSSZAVAK: DRÓNRAJ, KÉPFELDOLGOZÁS, MESTERSÉGES INTELLIGENCIA, TÉRINFORMATIKA, HIPERBOLIKUS NAVIGÁCIÓ

Abstract

In this paper I will present the new possible police applications of unmanned aerial vehicles, also known as drones. For this, it is important to present the technological background of drones, so I will talk about their history, their types, and their flight characteristics. Police usage of drones are based on processing the signals of their onboard cameras and sensors, thus I will also talk about the informatics background of effective application of drones, such as artificial intelligence, image processing and geoinformatics. The paper details the technical possibilities of searching for a missing person, in particular the usage of drone swarms. For this I will present the basic of a search algorithm based on hyperbolic navigation.

KEYWORDS: MOBILE NETWORK, DRONE SWARM, IMAGE PROCESSING, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, GEOINFORMATICS, HYPERBOLE

Bevezetés

Napjainkban a pilóta nélküli légi járművek, angol nevük rövidítése alapján UAV-k (Unmanned Aerial Vehicle) vagy népszerű nevükön drónok egyre elterjedtebbek, egyre több alkalmazási területen találkozunk velük.

Az UAV-k nem napjaink találmánya, de az utóbbi évtizedek technikai innovációi esetükben is jelentős újításokat hozott. Ez járult hozzá szinte robbanásszerű elterjedésükhöz, amit az eladási statisztikák is mutatnak. A statisztikai adatok alapján a 2017. évben közel 170 ezer kereskedelmi célú drónt vásároltak, ami 58%-os növekedést jelent a 2016. évi adatokhoz viszonyítva (Békési–Seres 2020).

A drónok utóbbi években tapasztalt nagymértékű elterjedése a jogalkotóknak és a hatóságoknak is ad feladatokat, ide tartozik többek között a repülések szabályozása, a drónnal végrehajtható jogsértések szankcionálásának beemelése a jogrendbe. A drónok engedély nélküli használata a légiközlekedésre is veszélyforrást jelenthet. A drónok jelentette veszély miatt a honvédség helikopterei ellenőrzött légtéren kívül nem repülhetnek 500 láb alatt (Szórád 2022).

A drónok előnyeire, azok alkalmazhatóságára különböző országok rendőrségei is felfigyeltek. Sok esetben kisméretű, nehezen észlelhető drónokat alkalmaznak megfigyelésekre. Az előnyök mellett hátrányaik is vannak ezeknek a drónoknak, például kisebb hatótáv, kisebb sebesség, ezért a nagyobb teljesítményű drónoknak és helikoptereknek is megvan a helye a rendőri munkában.

A pályázati munkámban igyekszem áttekintést adni a drónok fejlődéséről, jelenlegi felhasználásáról. A felhasználás bemutatása során kitérek a képfeldolgozási eljárásokra is, és a feldolgozott adatok térinformatikai rendszerrel történő megjelenítésére. Pályázati munkám második részében néhány lehetséges, jövőbeli rendőrségi alkalmazási lehetőséget mutatok be, tekintettel a mobil rádiótelefon-hálózat fejlődésére és a mesterséges intelligencia legújabb eredményeire.

Komoly fejlődési lehetőséget látok több drón egyidejű, összehangolt használatában is. Újszerű eljárásnak gondolom a drónrajokkal történő kereséseket, ezen belül is a hiperbolákra épülő módszert. Ennek a módszernek a kidolgozásakor a hiperbolikus navigációból merítettem ötletet.

Történeti áttekintés

A pilóta nélküli légi járművek története több mint 100 éves múltra tekint vissza. A legkorábbi feljegyzések szerint a pilóta nélküli légi járműveket háborús célra használták: 1849 júniusában a Velencét ostromló osztrák erők gyújtó ballonokat vetettek be a város felgyújtására.

A motoros repülőgépek megjelenése és a rádió feltalálása új lendületet adott a távirányított légi járművek fejlesztésének. Eredetileg a fejlesztések katonai lövészeteken használt célrepülőgépekre irányultak. Az első távirányítású repülőgépet az Egyesült Királyságban fejlesztették ki és 1917. március 21-én repült először. A két világháború között több országban is folytak kísérletek pilóta nélküli repülőgépekkel.

A második világháború a robotrepülőgépek fejlődésének is jelentős lökést adott. A háború során több távirányítású repülőgép mellett megjelent az önirányítású V-1 pilóta nélküli repülőgép, mely már sugárhajtással rendelkezett.

A hidegháború újabb fejlesztési spirált indított meg a repülőgépek, helikopterek területén is. Ez kiterjedt a pilóta vezette és a pilóta nélküli repülőeszközökre egyaránt. A keleti és a nyugati blokkban is jelentős fejlesztések folytak felderítő, illetve robbanóeszközök célba juttatására alkalmas robotrepülőgépekkel. Itt említeném meg az 1970-es években az Amerikai Egyesült Államokban kifejlesztett hagyományos és nukleáris töltettel is felszerelhető nagy hatótávolságú manőverező robotrepülőgépet (Tomahawk-ot), melyet napjainkig több háborúban is sikeresen alkalmaztak.

A mikroelektronikai forradalom is nagy hatással volt a pilóta nélküli légijárművekre. A szenzorok és kamerák méreteinek csökkenése, az egyre nagyobb teljesítményű

fedélzeti számítógépek megjelenése következtében a drónokat egyre szélesebb körben lehetett használni.

Jelentős volt a drónok navigációs képességének növekedése is. Ezt a globális műholdas navigációs rendszerek elterjedése tette lehetővé. Elsőként az Amerikai Egyesült Államok, utána a Szovjetunió/Oroszország (GLONASS), majd Kína (BeiDou) és végül az Európai Unió (Galileo) fejlesztett ki globális műholdas helymeghatározó rendszert. Továbbiakban a globális műholdas navigációs rendszerekre a Global Navigation Satellite System (GNSS) névvel hivatkoznak. A különböző rendszerek jelei egyidejű vételére közös vevőkészüléket fejlesztettek ki, amivel nagyobb pontosság érhető el, mint csak az egy rendszert vevő készülékkel. A jelenleg alkalmazott GNSS vevők – típustól függően – centiméteres pontosságú navigációt is biztosíthatnak. Jelenleg szinte minden drónt felszerelnek GNSS vevővel. A műholdas navigációs rendszerek ugyanakkor könnyen zavarhatóak. A rendőrségi alkalmazású drónok esetében erre fel kell készülni, ezért a drónok vásárlásakor a tehetetlenségi navigációs rendszerrel is ellátott drónokat célszerű előnyben részesíteni.

A 2000-es évek elején a különböző nemzetek hadsereiben megjelentek a nagy hatótávolságú, jelentős repülési idővel rendelkező felderítő, majd a precíziós fegyverekkel irányított csapásra képes pilóta nélküli repülőgépek. Ezeket akár másik földrésről műholdas adatátvitellel irányíthatják. A robotrepülőgépek a XXI. században folytatott háborúknak már jelentős szerepet kaptak, további alkalmazásuk lehetőségei beláthatatlanok.

A merevszárnyas eszközök mellett megjelentek a forgószárnyas drónok is. Ezeknek is jelentős a hadi alkalmazása, főleg felderítés területén.

A forgószárnyas drónok elterjedésének a világszerte sem szab határt. Az űrkutatás legújabb eredményei közé tartozik, hogy a NASA legújabb marsjárója drónt is vitt magával, amely 2021. április 19-én repült első alkalommal a Mars légkörében. Ez a drón 1,8 kg súlyú és koaxális rotorral rendelkezik.

A haditechnikai fejlesztések előbb-utóbb átszivárognak a civil szférába. Így volt ez a pilóta nélküli légijárművek esetében is. A felhasználók felismerték a drónok előnyeit és elkezdtek alkalmazni az élet legkülönbözőbb területein. A civil felhasználásra a forgószárnyas drónok terjedtek el. Az első alkalmazás a légi fényképezés, filmezés volt. A drónokkal készített felvételek több esetben kiváltották a hagyományos légi fényképezést, légi megfigyelést. A drónok több területen is alkalmasabbnak bizonyultak a helikopternél, repülőgépnél. Például szabadon élő vadállatok megfigyelésében, felmérésében, védett területek megfigyelésében a kis méret és a csendes működés kifejezetten előnyt jelent. A katasztrófavédelmi

feladatoknál is előnyösebb lehet a drón alkalmazása a helikopternél, mert a személyzet nincs kitéve a környezeti ártalmaknak (pl. füst, mérgezgáz, radioaktív sugárzás stb.). A repülési profilból adódóan a drónnal készült képek segítséget adhatnak épületfelméréshez, építkezés monitorozásához stb. A képek utófeldolgozásával, elemzésével újabb lehetőségek nyílhatnak meg. A hőkamerával történő megfigyelés többek között alkalmas épületek energetikai felmérésére, ipari diagnosztikára (pl. távvezetékek fizikai állapotfelmérésére, energiavesztés vizsgálatára). A drón fedélzetén más szenzorok is elhelyezhetők, például földmérő, meteorológiai, illetve katasztrófavédelmi mérőberendezések. Idővel a megfigyelések, mérések mellett további alkalmazások is megjelentek. Ezek a teljesség igénye nélkül: precíziós növényvédelem (növényvédőszer, műtrágya célzott kijuttatása), drón show (látványelemek bemutatása), távvezeték építésére szolgáló vezetékhúzó drón, csomagszállítás, életmentő eszközök (pl. defibrillátor) szállítása. A szabadidős tevékenységek területén is egyre jelentősebb helyet foglal el a drónok használata.

A fejezet végén összefoglalom a pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának főbb előnyeit a pilóta vezette légi járművekkel szemben:

- a légi jármű személyzetének élete, testi épsége nincs veszélyben egy esetleges harci érintkezésnél, illetve szennyezett légterekben repülve;

- a légi jármű fedélzetén a hajózó személyzet – hosszú idejű repülések alkalmával a csere személyzet – elhelyezéséről, létfenntartásáról (légkondicionáló rendszer stb.), veszély esetén a légi jármű vészelhagyásáról (pl.: katapultülés) nem kell

gondoskodni, amely jelentős súly és helymegtakarítással jár;

- műszaki paraméterekben, a túlterhelést és a vibrációt tekintve is tágabb határok a megengedettek;

- méretük miatt közelebbi, illetve rejtett megfigyeléseket is lehet végezni;

- rugalmasabban, olcsóbban használhatóak;

- jelentős részüknek irányítása annyira egyszerű, hogy rövid idő alatt, akár néhány napos tanfolyam alatt el lehet sajátítani.

Pilóta nélküli légi járművek összehasonlítása

Az idők folyamán a pilóta nélküli légi járműveknek sok típusát hozták létre. Ezeknek paraméterei egymástól nagyon különbözőek. Gondolok a drónok tömegére, a hasznos teher tömegére, a drónnal teljesíthető repülési időre, repülési távolságra, elérhető maximális repülési magasságra. A drónokat mindegyik paraméter szerint lehetne osztályozni. Ebben a fejezetben a drónok egyfajta, alapvető felépítésük szerinti osztályozását mutatom be.

A drónok néhány kivételtől eltekintve a levegőnél nehezebb légi járművek. Ezeket a légi járműveket két nagy csoportra osztjuk: merevszárnyas és forgószárnyas repülő eszközök csoportjára. A pilóta nélküli légi járművek esetében a két csoport összehasonlítását az alábbi táblázatban foglalom össze (1. sz. táblázat).

	Forgószárnyas	Merevszárnyas
Repülési sebesség	kisebb, a felépítésükből adódóan maximum kb. 300 km/h	nagyobb, a sebesség a meghajtástól függ, elérheti a 900-1000 km/h-t, egyes típusok a hangsebességet is átléphetik
Függés (lebegés)	igen	nem
Hatósugár, hatótáv, repülési idő	kisebb, a repülési idő általában ½-1 óra közötti	nagyobb, akár több ezer km, a repülési idő egyes típusoknál meghaladhatja a 24 órát
Meghajtás	legtöbb esetben elektromos	általában robbanómotoros vagy gázturbinás légcsovaros, illetve gázturbinás sugárhajtású
Fel-, leszállóhely, repülőtér	a fel- és leszállás függőlegesen történik, repülőtérre nincs szükség	kisebb, 15 kg alatti drónok kézből indíthatóak, 15-150 kg közöttiek mobil platformról, a nehezebb drónok fel- és leszállásához repülőtér szükséges

1. sz. táblázat: A pilóta nélküli légi járművek két csoportjának összehasonlítása

Forrás: Saját szerkesztés

A táblázatból látszik, hogy a forgószárnyas drónok kisebb hatótávolsággal és repülési idővel rendelkeznek. Ez adódik a nagyobb fajlagos teljesítmény-szükségletükből a merevszárnyas repülőeszközökhöz képest, valamint az elektromos meghajtás energiáját tároló akkumulátorok kisebb energiasűrűségéből a benzinhoz, illetve a kerozinhoz képest.

Merevszárnyas drónok szinte kizárólag a hadi alkalmazások területén találhatók. A polgári életben a pilóta vezette repülőgépeket részesítik előnyben azoknál a feladatoknál, melyek forgószárnyas drónokkal nehezen, vagy egyáltalán nem oldhatók meg.

Általában a forgószárnyas drónok – a helikopterektől eltérő módon – méretük és teherbírásuk függvényében 4, 6, 8 forgószárnyal rendelkeznek. A rotorok a legtöbb típusnál fix bekötésűek, nem állíthatók az állásszögük, szemben a helikopterek rotorjaival. A drón manőverezése az egyes rotorok sebességének változtatásával történik, ami lényegesen egyszerűbb technológia az állásszög változtatáson alapuló irányításhoz képest. A forgószárnyas drónok általában elektromos motorokkal rendelkeznek, maximális repülési idejük ½-1 óra körül van. A repülési időt jelentősen csökkenti, ha a drón nagy sebességgel

repül. Sok típus nem képes autonóm repülésre, irányítójának folyamatosan vizuális kapcsolatban kell lennie a drónnal.

A merevszárnyas drónok mérete, tömege általában jelentősebb a forgószárnyas drónokénál. Ez nagyobb hasznos terhet is jelenthet. Ebből eredően több szenzort lehet elhelyezni fedélzetükön. A hatótávolságuk, illetve repülési idejük is lényegesen nagyobb a forgószárnyas drónokhoz képest, elérheti a 24 órát is. Egyes típusok műholdas kapcsolattal, akár másik földrészről is irányíthatóak.

A legkisebb forgószárnyas drónok a mini kategóriába tartoznak, 500 gramm alatti tömegűek. Ezek a drónok egyaránt alkalmazhatóak szabadban és zárt térben is. A rájuk szerelt kamera alkalmas HD minőségű videófelvétel, valamint 10 megapixel feletti felbontású fénykép készítésére. Vezérlésük mobiltelefon alkalmazással történik. Alkalmazási távolságuk 1 km vagy e feletti. Ebben a kategóriában a legtöbb drónt úgy alakítják ki, hogy akár zsebben elférjen (pl. több rotoros kivétel esetében a forgószárnyakat tartó konzolok behajthatóak). Az alábbi képen egy főrotoros és farokrotoros mini drón látható (1. sz. kép).



1. sz. kép: Black Hornet mini drón

Forrás: <https://www.aironline.nl/weblog/2019/11/07/pd-100-black-hornet-de-vliegende-verrekijker-van-de-nederlandse-strijdkrachten/>

A légi járművek alkalmazása nagyban függ az időjárástól. A nagyméretű, több ezer méter magasan is repülni képes merevszárnyú drónok bonyolult időjárási

körülmények között is alkalmazhatóak. A nagyobb repülési magasság hátránya, hogy a felhőzet megnehezítheti a vizuális megfigyelést. A kisméretű,

alacsony repülési magasságú drónok jobban ki vannak téve az időjárásnak. Esőben, jegesedést előidéző időjárási körülmények között sok típus nem, vagy csak korlátozottan használható.

A repülőipar évtizedek óta igyekszik a repülőgépek és a helikopterek hasznos tulajdonságait egy légijárműben ötvözni (pl. Jak-38, Harrier, F-35B, V-22 Osprey). Természetesen drónok esetében is történtek hasonló kezdeményezések. Jelenleg már kaphatók olyan forgószárnyas drónok, melyek merevszárnyakkal is rendelkeznek és vízszintes irányú légszavart meghajtásuk is van. Kísérletek folynak tiltrotoros UAV-k (Bell Helicopter Eagle Eye) fejlesztésére is.

A jövőben várható a drónok további fejlődése, többek között irányításuk, méretük, illetve teherbírásuk terén is. Kísérleteznek emberek szállítására alkalmas drónokkal is. A mesterséges intelligencia fejlődésével alkalmazási lehetőségeik, valamint autonóm irányítási képességük növekedni fog.

Képfeldolgozás

A drónokkal készült képek feldolgozásával, a képek részleteinek kiemelésével bővebb információkat nyerhetünk. A képfeldolgozás lehetőséget ad arra, hogy a nyers képeken nem, vagy csak a gyakorlott szem által látható emberek, tárgyak, objektumok jól kivehetőek legyenek. Ebben a fejezetben a képfeldolgozás lehetőségeit mutatom be.

A legtöbb drón rendelkezik fedélzeti kamerával. A nagyobb teljesítményű drónokra szenzortorony is felszerelhető, melyben általában különböző objektívvel ellátott és más-más hullámhossztartományban működő, illetve maradékfény erősítésű kamerákat helyeznek el. A szenzortorony sok esetben lézertáv mérőt is tartalmaz. A torony forgatható, így a kamerák és a lézertáv mérő a drón repülési irányától eltérő irányba is állítható. Az esetek jelentős részében egy szerviztoronyba az azonos hullámhosszt érzékelő kamerából is kettő, különböző objektívvel ellátott kamerát szerelnek be. Ez azt jelenti, hogy a látható fényt érzékelő, a maradékfényt erősítő, valamint az infravörös kamerából nagylátószögű és nagy nagyítású optikával szereltet is elhelyeznek. A szenzortoronyba szerelt lézertáv mérő az operátor, illetve a mesterséges intelligencia által megjelölt emberek, tárgyak távolságát megmérheti, ezáltal a drón helyzetének ismeretéből azok földrajzi koordinátáját ki lehet számítani.

A fizikusok több mint 100 éve leírták, hogy az abszolút 0 foknál melegebb testek fényt bocsájtanak ki. Ez a fény az élőlények esetében 8-14 μm hullámhosszú infravörös tartományba esik. Magas hőmérsékletű testek esetében (például izzó fém, csillagok) a kibocsájtott fény

a látható, sőt az ultraibolya tartományba esik. Az infravörös fényt megfelelő kamerával akár az éjszaka sötétjében is lehet észlelni, így láthatóvá lehet tenni a megfigyelt terület hőmérsékleti képét. Az infravörös fény hullámhosszából lehet következtetni a képen lévő személyek, állatok, objektumok felületi hőmérsékletére is. A hőmérsékletre vonatkozó adatokat a kép mesterséges színezésével még jobban ki lehet emelni. A hullámhossz alapján a képet szűrni is lehet.

A képfeldolgozás egyik módja a kompozit kép előállítás. A kompozit képen azt a színes képet értjük, melynek a színcsatornái (zöld, sárga, piros) más-más hullámhosszra érzékeny kamerával készült képet tartalmaznak. A teljes vagy a szűrt infravörös képből, valamint a látható tartományban működő, illetve éjszakai maradékfény erősítésű kamerával készült képből is elő lehet állítani kompozit képet. Az így kapott képek lényegesen több információt tartalmazhatnak a csak egy tartományban készült képekénél.

A látható és az infravörös tartományban készült képekből több lépésben hozható létre kompozit kép. Az első lépésben a két képet fedésbe kell hozni, ezért a képeken eltolásokat és széleik levágását kell elvégezni. A két kép bitmélységét egymáshoz kell igazítani. A látható és az infravörös tartományban készült színes képeket át kell konvertálni szürkeárnyaltos képpé. A szürkeárnyaltos kép formátuma azonos a színes kép formátumával, de a kép mind a három színcsatornája azonos pixelinformációkat tartalmaz. A látható fényt vagy a maradékfényt érzékelő kamera szürkeárnyaltos képének három színcsatornája közül az egyik információit kell kicserélni az infravörös tartományban készült szürkeárnyaltos kép információira, valamint egy másik színcsatorna információit törölni kell. Így jön létre a látható és az infravörös tartományban készült két képből a mesterséges színezésű kompozit kép.

A drónnal készített képek részleteit jobban láthatóvá tehetjük a képek kontrasztjának növelésével. Ezt a kép intenzitástartományának és intenzitásviszonyainak lineáris és nemlineáris módosításával tehetjük meg. Ezek közé tartozik a kép hisztogramjának széthúzása, illetve kiegyenlítése. Lehetőség van a kép szegmentálására és az egyes szegmensek hisztogramjának külön-külön történő módosítására is (adaptív hisztogram módosítás), mellyel a kép részletgazdagsága tovább növelhető.

A képfeldolgozás során a képek közötti változások kiemelésére is van lehetőség. Azonos területről két különböző időpontban készült kép abszolút differenciáját képezve (a két képet kivonva egymásból), a kapott képen csak az eltérések válnak láthatóvá.

A drónokkal készült képek egy másik lehetséges feldolgozása a 3 dimenziós modell készítése. Az adott tárgyat, tárgyakat, azok geometriájától függően

függőlegesen, vízszintesen pásztázva vagy spirál, illetve kör mentén repülve készülhet nagy átfedésű képekből álló fotósorozat. A kapott képeket szoftver alakítja át 3 dimenziós modellé.

A képek feldolgozása három lépésben történik. Az első a képsorozat jellemzőinek azonosítása, összehangolása. A második a pontfelhő létrehozása, optimalizálása, ehhez segítség lehet az esetlegesen elhelyezett referenciapontok alkalmazása. A harmadik a sűrű pontfelhő létrehozása képkalkoló módszerrel.

A program az egyes képeket feldolgozva létre hozza az ún. ritka pontfelhőt, annak érdekében, hogy az objektum(ok) behatárolható(ak) legyenek. A ritka pontfelhő a közös kulcspontokat rögzíti. Ezt követi a pontfelhő sűrítése és a végleges modell megalkotása.

A 3 dimenziós modellalkotást rendszeresen alkalmazzák az építőiparban, építési területek térképezésében és épületek rekonstrukciójának tervezésekor.

A drónok rendőrségi alkalmazásának lehetőségei hazánkban

A drónok típusválasztéka nagyon széles, ezért az alkalmazási lehetőségek bemutatása előtt szükséges néhány általános elvet áttekinteni.

A rendőrségnek szélsőséges időjárási körülmények között is el kell látnia feladatait. Például a vízirendészeti feladatokat segítő drónokat viharban is be kell tudni vetni. Téli időjárás esetén egy eltűnt felkutatása kiemelt feladat lehet a kihülés veszélye miatt, mint nyáron. A téli alkalmazásokat korlátozhatja a korai sötétedés is, ezért célszerű a rendőrségnek éjszaka, illetve bonyolult időjárási körülmények között használható drónokat is beszerezni.

A drónokkal végzett megfigyeléseknek az esetek többségében megfelelő a forgószárnyas drón, azonban lehetnek olyan feladatok, melyre a merevszárnyas alkalmasabb. A forgószárnyas drónokat csak lokálisan, viszonylag kis terület megfigyelésére lehet használni. Ez adódik a rövid repülési időből és a viszonylag alacsony sebességből. A merevszárnyas drónok lényegesen hosszabb repülési ideje és nagyobb sebessége globális megfigyeléseket tesz lehetővé. A nagyobb reptülési magasság lehetővé teszi, hogy a drónok szenzorai, kamerái egyidejűleg nagyobb területet figyeljenek meg. Ezeknek a drónoknak azonban hátránya is van. Egy adott terület folyamatos megfigyelése csak holdingban, vagyis hurok pályán repülve valósítható meg. Szintén a merevszárnyú drónok hátrányára írható, hogy sok típus kiszolgálásához, fel- és leszállásokhoz komolyabb infrastruktúra, repülőtér szükséges.

A merevszárnyas drónok egyik alkalmazási lehetősége a szerb-magyar államhatár ellenőrzése lehet. A szerb-magyar határ 174 km hosszú, ezért átfogó ellenőrzéséhez célszerű lehet jelentős repülési idejű és sebességű merevszárnyas drónokat használni. A drónok azonban nem csak felderítésre és megfigyelésre használhatóak. Alkalmasak lehetnek az embercsempészek autóinak levegőből történő követésére a földi erők beérkezéséig. Az automatikus személy-, illetve tárgykövetést a mesterséges intelligencia rendszerek segítik.

A merevszárnyas drónok másik alkalmazási területe a nagy kiterjedésű vízfelületek, nagy tavaink feletti folyamatos járőrözés, a vízi forgalom megfigyelése lehet, mivel repülési tulajdonságaik alkalmassá tehetik a helikopteres járőrözés segítségére.

Magyarországi eset még nem ismert, de a nemzetközi gyakorlatban használt eljárás a drónok elfogása, amely képesség fejlesztésére hazánkban is fel kell készülni. A drónokkal többfajta szabálysértés, bűncselekmény hajtható végre. Ezek közé tartozik például a csempészés, a zárt légterek megsértése, a tiltott adatszerzés. Bűncselekmény, szabálysértés megakadályozása, elkövetésük megszakítása érdekében szükség lehet a jogsértő drón elfogására, repülésének zavarására, amire napjainkban több lehetőség is rendelkezésre áll. A teljesség igénye nélkül felsorok néhányat. Az egyik a rádiófrekvenciás zavarás. Ez kiterjedhet a GNSS műholdak, illetve a drón vezérlésére használt frekvenciatartományra. A GNSS műholdak jeleinek zavarása esetén a drón nem tud tájékozódni. Hamis GNSS jelek sugárzásával a drón eltéríthető, leszállítható. A drónpilóta és a drón közötti jelátvitel zavarásával is meg lehet bénítani a drónt. Nagytestű ragadozó madarak felhasználásával is történtek kísérletek drónok elfogására. A drónok hálóval történő elfogását emlitem utoljára. Ez esetben a hálót egy vagy több drón viszi a levegőben. A hálót súlyok tartják függőleges helyzetben. A hálót tartó elfogó drón(ok) úgy manőverez(nek), hogy az elfogni kívánt drón a hálóba repüljön.

Továbbiakban a drónokkal végrehajtható közlekedérendészeti feladatokat részletezem. Jelenleg is használ drónokat a rendőrség a forgalom ellenőrzésére, a szabálytalankodók kiszűrésére.

A statisztikák szerint a balesetek harmadát a megengedett sebesség túllépése okozza, ezért a rendőrség fontos feladata a járművek sebességének ellenőrzése. Erre is lehetőséget nyújthatnak a drónok. A nagyobb drónok teherbírása megengedi, hogy a fedélzetükre telepítsenek sebességmérő készüléket. A pontos mérési adatok miatt elengedhetetlen a drón sebességének hiteles meghatározása, ami történhet műholdas navigációval.

A balesetek helyszínelésének gyorsabb lebonyolításában is adhatnak segítséget a drónok. A

levegőből készített nagy átfedésű képek alapján 3 dimenziós modell készíthető a baleset helyszínéről az előző fejezetben említett módszerrel. A modell készítését gyorsíthatja, illetve a modellt pontosíthatja, ha a helyszínelést végző rendőr a földön referencia pontokat helyez el.

A drónok a veszélyes árut szállító járművek ellenőrzését is segíthetik. Ezek az ellenőrzések a társszervekkel közösen hajthatók végre. Az ellenőrzésekkel csökkenthető a jogsértések száma, baleset, illetve környezetszennyezés észlelése esetén azonnal riaszthatók a katasztrófavédelem egységei. A veszélyes árut szállító jármű drónnal történő részleges ellenőrzése a forgalom zavarása nélkül nemcsak egy kiválasztott ponton, hanem a jármű útja során többször is végrehajtható.

A közbiztonság megerősítését is segíthetik a levegőben járőröző drónok. Szabadban lévő, nem őrzött tárgyakat sok esetben lopnak el, ilyen például a falopás is. Ezen lopások esetében a bűncselekmény észlelésében, illetve a lopott tárgyakat vivő emberek követésében segíthetnek a drónnal végzett ellenőrzések.

A mini, 500 gramm alatti, akár néhány dekagramm súlyú drónok jól használhatóak zárt térben, bűnügyi helyszíneken. A helyszín összejárása, összetaposása nélkül a drónnal készült felvételekből fel lehet mérni a nyomokat, azok elhelyezkedését. A drónokkal készített nagy átfedésű képek alapján 3 dimenziós modell is készíthető. A többi nyomot (pl. vércseppek, sérültek elhelyezkedése stb.) behelyezve a modellbe, akár VR szemüveget használva utólag is át lehet tekinteni a helyszínt.

A mini drónok alkalmazása természetesen a szabadban is lehetséges. Ezek a drónok méretüknél fogva sokkal nehezebben észrevehetőek nagyobb társaiknál. Így személyek követésénél, rajtaütések tervezésénél az előzetes felderítéshez (pl. menekülési útvonalak feltárása), valamint a rajtaütések során a műveletterület ellenőrzés alatt tartásában is kaphatnak szerepet. További lehetőséget rejt az események képi rögzítése, azok későbbi elemzése, hasonló akciók pontosabb megtervezése, valamint rajtaütés esetén a bűnös tevékenység igazolása céljából.

A kamerák nyers, illetve már feldolgozott képeit informatikai hálózaton célszerű lehet megosztani az adott műveletbe bevont más szervekkel, a parancsnokokkal a döntéshozatal könnyítése érdekében, valamint a feladatot végrehajtó egységekkel is.

A továbbiakban a rádiótelefonok jeleit is felhasználó keresési módszert mutatok be eltűnt emberek megtalálása érdekében, valamint ismertetem a mesterséges intelligencia és a térinformatika alkalmazásának egyes lehetőségeit is.

Eltűnt emberek keresése

Lehetnek olyan helyzetek, mikor eltévedt emberek kérnek segítséget, illetve idő, tájékozódásra képtelen emberek kóborolnak el. Az ilyen személyek keresésére több lehetőség van. A drónok alkalmazása felgyorsíthatja a területek átvizsgálásával végrehajtott kereséseket. A drónok sebességük miatt lényegesen nagyobb területet tudnak átvizsgálni a gyalogosan haladó embernél, illetve a drónok jól alkalmazhatóak erdős, hegyes, lápos, nehezen járható terepviszonyok esetén is. Földrengés sújtotta területen, összedőlt házak környezetében is van lehetőség a drónok alkalmazására.

A legkézenfekvőbb módszer a vizuális keresés. Ebben az esetben a drónok fedélzeti kamerái által szolgáltatott képek alapján történik az eltűnt, eltévedt ember keresése. Segíthetnek a kutatásban az előző fejezetben ismertetett infravörös tartományban működő kamerák, illetve a valós időben készülő kompozit képek is.

Sztereókamerával szerelt minidrón barlangokban, veszélyes, például katasztrófa sújtotta, magas sugárzású, mérgezőanyagokkal telített zárt helyen történő keresésekhez jelenthet segítséget. A VR szemüvegen át nézve a drón által szolgáltatott képet, a drón könnyebben irányítható, a felderítendő tér jobban bejárható.

A drónnal végzett keresés kiterjedhet a rádiótelefonok keresésére is. A mai világban szinte mindenki hord magánál mobiltelefont. Magától értetődik, hogy az eltévedt emberek telefonon kérnek segítséget. A személyek keresése során elégséges lehet működő telefonjuk helyzetének meghatározása.

A telefonos keresés a mobilhálózat működésére épül. A telefonszámok fontos tudni, hogy egy adott rádiótelefon melyik torony hatósugarában van. Ha hívják az adott telefont, akkor a telefonszám arra a toronyra küldi a hívást, amely hatósugarában van az adott telefon. Ezt a műszaki lehetőséget fel lehet használni a telefonok keresésére, de az így végzett helymeghatározás pontossága sok esetben nem megfelelő. A telefonszám által szolgáltatott helymeghatározási adatok nagy területet ölelhetnek fel.

A rádiótelefon helyzetének pontosabb meghatározása történhet egy vagy több drónnal. A több drónnal történő együttes keresést későbbi fejezetben mutatom be.

Az egy drónnal végzett keresés esetében két lehetőség is van. Az egyik mérési módszerrel a telefonszám helymeghatározási adatait lehet pontosítani. Ebben az esetben a drónon el kell helyezni egy rádió iránymérő berendezést, amivel a keresőjelre érkező válaszjel irányát tudjuk mérni. A drón pontos pozíciójából, a mérési eredményből és a telefonszám adataiból a keresett mobiltelefon helyzete pontosan

meghatározható. A válaszjel időbeli hosszából adódóan csak fix antennákkal (pl. adaptív antenna) szerelt iránymérő berendezés adhat eredményt.

A másik lehetőség, hogy a drón kis, néhány tíz méter hatósugarú, a torony működését utánzó rádió adó-vevőt visz magával. A rádió a tornyokhoz hasonlóan keresőjeleket tud sugározni. A hatósugarában lévő telefonok válaszjeleit feldolgozza és továbbítja a kezelőnek. Ezen jelek alapján lehet a telefont megtalálni. Itt is fontos lehet az irány mérése a telefon gyors megtalálásához. A módszer előnye, hogy földrengés során a leomló házak alá szorult, lavina által betemetett embert is meg lehet találni akkor is, ha az adott helyen nincs térerő. Ezt a keresési módszert a svájci hegyimentők már alkalmazzák is lavinákban eltűnt személyek keresésére. A keresést jól lehet használni abban az esetben is, ha az eltűnt ember sérülései, betegsége miatt a telefonját nem tudja használni.

Az 5. generációs mobiltelefonhálózatok lehetőségei

A rádiótelefonhálózat fejlődése, az 5. generációs hálózat (5G) megjelenése tovább növeli a drónok távirányításának lehetőségeit, hiszen rövid válaszidővel nagy átviteli kapacitást tesz lehetővé. Várhatóan az 5G elterjedésével megnő azoknak a drónoknak a száma is, melyek irányításához a pilótának nem kell rálátnia a drónra. Ez a bűnözőknek is nagy lehetőséget adhat, hiszen a drónokkal végrehajtott jogsértések esetén a lebukás veszélye csökken. A drónnal végrehajtott jogsértések számának növekedésével a korábban említett elfogások jelentősége is növekedhet.

Az 5G megjelenése a rendőrség számára is biztosíthat előnyöket. A rendőrségi drónpilótának nem kell a bevetés helyszínén tartózkodnia, távolról is irányíthatja a drónt. Ugyanakkor fel kell készülni arra is, hogy a bűnözők a drón működését akadályozhatják, ezért a GNSS navigáció mellett célszerű tehetetlenségi navigációt is beépíteni. Az 5G adatátvitel megszakadása esetére biztonsági intézkedéseket, műszaki megoldásokat (pl. automatikus visszatérés, alternatív, redundáns vezérlés) is ki kell dolgozni.

A mesterséges intelligencia alkalmazása

A mikroelektronika, a számítógépek fejlődése, a számítási kapacitás növekedése az utóbbi években széleskörben elérhetővé tette a mesterséges intelligencia-alkalmazásokat.

A mesterséges intelligencia algoritmusai is jelentősen fejlődtek. Például a döntési fák mellett megjelentek a neurális hálózatok, melyeket jelenleg már széles körben használnak. Speciális processzorok is kifejlesztésre kerültek, melyek hardver szinten támogatják a neurális hálózatokat. Ezek a processzorok sokféle típusú és méretű számítógépbe kerültek beépítésre, a drónok fedélzetén is alkalmazható egylapkás számítógépektől a nagy teljesítményű szerverekig.

A mesterséges intelligencia több területen is jelen van a dróntechnológiában, ezek közül kettőt említek meg. Az egyik az autonóm irányítás javítása, a másik a szenzorok jeleinek, a kamerák által rögzített képek feldolgozása. A képfeldolgozó algoritmus meg tudja különböztetni a felvételeken lévő álló, illetve mozgó részeket, objektumokat. Az algoritmus felismeri az embereket, az emberek testrészeit, a tárgyakat, hasonlóképpen, mint manapság a legtöbb fényképezőgépben lévő arcfelismerő algoritmus, valamint a testmozgással irányítható játékkonzolok.

A képfeldolgozás segítheti az operátorok munkáját. A drónok által szolgáltatott online videófelveteleket az algoritmus automatikusan feldolgozza, és előre meghatározott esetekben (pl. záróvonal átlépése) jelez az operátornak, drónpilótának. Az automatizmusok révén több drón repülését is irányíthatja egyetlen drónpilóta, ezáltal csökkenhet az élőerő alkalmazásának szükséglete, illetve a drónok számának növelésével a rendőri jelenlét is növelhető.

A mesterséges intelligencia egyik felhasználása lehet a közlekedésrendészeti alkalmazás, a forgalom ellenőrzésére. A drón kamerájának képen az algoritmus online módon felismeri a járműveket, a járművek fajtáit. Ezáltal automatikusan ki tud szűrni sok szabálytalanságot, például, ha autópályán teherautó előz egy másik járművet, vagy egyirányú utcában, körforgalomban, autópályán a forgalommal szemben halad egy jármű. Hasonlóan lehetségessé válhat a közlekedési lámpa és fénysorompó piros jelzését figyelmen kívül hagyók kiszűrése is.

Az automatikus járműfelismerés a sebességméréshez is adhat segítséget, mert a különböző járműtípusok esetén eltérő a megengedett legnagyobb sebesség. A járművek fajtáját felismerve ezeket az eltérő sebességhatárokat is figyelembe tudja venni a drón. Szintén az automatikus járműfelismerés segíthet annak észlelésében, ha megkülönböztető jelzést használó járműnek nem biztosít elsőbbséget a forgalom többi résztvevője. A drónokkal végrehajtott fokozott forgalomellenőrzés visszatartó erejű lehet a közlekedésben résztvevők számára.

A mesterséges intelligencia segítheti a közrendvédelem munkáját is. A tömegeket vonzó rendezvényekre, sportmérkőzésekre, koncertekre

gyülekező, illetve ott jelenlévő emberekről készült videók, képek mesterséges intelligenciával történő elemzése fontos adatokat szolgáltat. Ily módon lehetséges a tömeg mozgásának elemzése, a közbiztonságra veszélyes tárgyak felismerése. Az emberek azonosításában is segíthet a mesterséges intelligencia. A drónnal készült képeket arcfelismerő alkalmazásba betáplálva, például körözött személyek megtalálását is segítheti. A kapott adatok alapján a rendőri erők a megfelelő helyre irányíthatóak.

A határvédelemben is segíthet a mesterséges intelligencia azáltal, hogy a drónnal készült videókból fel tudja ismerni az embereket. Az emberek mozgását érzékelve, az általuk vitt eszközök (például létrák) automatikus felismerésével jelezni tud a drónpilótának, operátornak.

A vízirendészetet is segítheti a mesterséges intelligenciával történő képfeldolgozás. A megfigyelt vízterület felett járőröző drónok által készített képeket feldolgozva lehetőség van a vízijárművek nyomankövetésére. Automatikus riasztást adhat a rendszer, ha egy úszó ember, matrac, vízibicikli vagy egyéb, kedvtelést szolgáló vízi sporteszköz a parttól jelentősen eltávolodik. A drónok segítségével a tevékenységirányítás folyamatosan adatokat kaphat a vízijárművek elhelyezkedéséről, mozgásáról és azok típusairól. Ez segíthet viharjelzés esetén a vízen tartózkodás ellenőrzésében, illetve viharban a mentés megszervezésében.

Télen a jégen való tartózkodás ellenőrzésében is segíthetnek a drónok. A drónokkal történő járőrözés során a képfeldolgozó algoritmusokkal meg lehet határozni az emberek tartózkodási helyét a befagyott természetes vizek jégén. Abban az esetben, ha valaki nem a megengedett helyen tartózkodik, akkor a program riaszthatja a tevékenységirányítási központot.

A mesterséges intelligenciát használó drónok képesek lehetnek személyek, járművek követésére is. Ezt a tulajdonságukat akár bűnügyi, közlekedésrendészeti, határrendészeti területen is lehet használni.

Az embercsempészek elfogásakor több esetben előfordult, hogy rendőri ellenőrzés észlelésekor az embercsempészek megálltak, kiszálltak az autójukból, és elmenekültek az illegális határátlépőket magukra hagyva. Ilyen esetben a rendőri erőket megosztja a migránsok elfogása, őrzése és az embercsempész üldözése. Sok esetben az embercsempész el is tud menekülni. A drón használata ilyenkor is segítség lehet. Abban az esetben, ha a rendőrök észlelik az ellenőrzés alól kibúvó járművet, indíthatják a drónt. A drón kamerájának képe segítheti a migránsok és a csempészek mozgásának megfigyelését, azok elfogását. A mesterséges intelligenciával rendelkező drón képes lehet a menekülő embercsempészek önálló követésére is.

A drónok autonóm irányításának elengedhetetlen része a mesterséges intelligencia. Az autonóm irányító egységet nem feltétlenül kell elhelyezni a drón fedélzetén. Ebben az esetben fontos a megbízható, gyors adatkapcsolat a drón és a földi telepítésű, mesterséges intelligencia-alkalmazást futtató számítógép között. A megfelelő szenzorokkal, kamerákkal, lidarral felszerelt drónok érzékelik a körülöttük lévő növényeket, tereptárgyakat, repülő madarakat, azokat ki tudják kerülni. A maradékfény erősítésű kamerák alkalmazása a drónok éjszakai tájékozódását is segítheti. Ezekkel az eszközökkel felszerelt drónok sötétedés után is használhatóak, ami főleg a téli időszakban növeli meg jelentősen alkalmazási idejüket. A migránsok mesterséges intelligencia-alkalmazást tevékenységükhöz. Ezen bűncselekmények felderítésében is fontos lenne a drónok sötétben történő alkalmazásának lehetősége.

Érdekességképpen a továbbiakban az autonóm irányításról hozok két polgári életből vett példát.

A Marson használt drón irányítása is autonóm módon történik a Föld és a Mars közötti nagy távolság miatt. A két bolygó átlagos távolságával számolva a rádiójelek több mint 20 perc alatt teszik meg az oda-visszautat, ami miatt lehetetlen a távirányítás. A drón akkumulátorának egy töltésével 90 másodpercig tud a Mars bolygó légkörében tartózkodni. A drónt saját számítógépe irányítja, nem a marsjáró fedélzetén lévő számítógépek.

Égértes lehet a Zürichi Egyetem mesterséges intelligencia kutatásokkal foglalkozó Dalle Molle Intézet, valamint az NCCR Robotics nevű társaság által fejlesztett, drónokba telepíthető mély neurális hálózatot használó szoftver. A program használatával a drón 80% feletti valószínűséggel képes, 1-2 méteres magasságban repülve az erdei ösvények követésére, a túrázók által hagyott nyomok felismerésére és a túrázók megtalálására (Nichols 2016).

Térinformatikai rendszerek

A drónok által készített képek feldolgozása során létrejövő adatok, valamint a szenzoroktól származó mérési adatok térképen történő ábrázolása segítséget nyújthat az információk áttekinthetőségéhez.

A legegyszerűbb megoldás, ha a drónok által készített képeket fedésbe hozzák a térképpel és „egymásra vetítve” ábrázolják. A drón által készített színes kép vagy a kép feldolgozása során kapott kompozit kép egyik színcsatornájára a térkép szürkeárnyalatos képét lehet felvinni.

A térinformatikai rendszerek egy részében más programoktól kapott adatok alapján lehetséges

különböző vizuális objektumokat megjeleníteni, azokat címkével megjelölni. Az adatok származhatnak mesterséges intelligenciával feldolgozott képekből is. A jelölések mutathatják az elkövetők, illetve a rendőri erők pozícióját. A rendőri erők helyzetének meghatározása a gépjárművekben lévő, illetve személyes felszerelésként viselt GNSS vevők által szolgáltatott adatok alapján lehetséges. Az adatok továbbításához az infrastruktúrát a mobiltelefon-hálózat, illetve a művelési területen kiépített vezeték nélküli digitális adatátviteli rendszer szolgáltathatja.

Az egyes időpontokban rögzített adatok alapján az elkövetők és a rendőri erők mozgása is ábrázolható. Ez segíthet többek között az illegális határátlépők útvonalainak felderítésében, ábrázolásában, a rendőri erők hatékonyabb irányításában.

Az adatok alapján számítógépes programmal létrehozható olyan mesterséges kép, mely a megfigyelő nézőpontjából ábrázolja az embereket, a tárgyakat, valamint a bűnözők, illetve a rendőri erők helyzetét, mozgását. A mesterséges képet akár gépjárműben, akár személyi felszerelésként viselt számítógép is létrehozhatja. A kapott kép monitoron, táblagépen, illetve kiterjesztett valóság szemüvegen is megjeleníthető.

Az alábbi képen 3 dimenziós térinformatikai rendszerrel megjelenített kép látható (2. sz. kép). A térben megjelenített térképrészletre címkékkel ellátott objektumokat vetítenek. Az így létrejött kép VR szemüvegen keresztül látható.



2. sz. kép: Térinformatika megjelenítése VR rendszerrel

Forrás: Chris Knight, „Businesses Can Learn From the Military in Embracing Chatbots and Mixed Reality,” June 12, 2018. <https://medium.com/@ChrisKnightcms/businesses-can-learn-from-the-military-in-embracing-chatbots-and-mixed-reality-197508b3c907>

A térinformatikai rendszerek más rendőri feladatokhoz is segítséget nyújthatnak, például baleset esetén szabadba kijutott veszélyes anyagok terjedésének követéséhez, mozgásának előrejelzéséhez.

Drónrajok bemutatása, alkalmazási lehetőségei

Az utóbbi időben egyre több rendezvényen lehet látni drónrajokat, több drón együttes repülését. A drónrajok legismertebb alkalmazása az úgynevezett drón show (3. sz. kép). Ilyenkor lámpával felszerelt drónok együttesen különféle 3 dimenziós alakzatokat jelenítenek meg az éjszakai égbolton. Sok esetben a

drónok repülési pályáját úgy határozzák meg, hogy a kirajzolt alakzatok, tárgyak megelevenedjenek.



3. sz. kép: Drón show a Szegedi Nemzetközi Repülőnapon

Forrás: Szerző felvétele

A drón show látványa sokakat vonz, ugyanakkor fontos tudni, hogy a drónrajok alkalmazása ennél sokkal bővebb lehetőségeket rejt magában. A drónrajok vezérlésére a mesterséges intelligencia legújabb eredményeit is szolgálatba állítják. A hazai egyetemeken is jelentős kutatások folynak madárrajok repüléseinek vizsgálatára és az eredmények drónrajokra történő adaptálására.

A drónrajokkal végzett megfigyelések előnyei közül kiemelném:

- több különböző pontban egyidejű mérések elvégzése;
- feladatvégrehajtás biztonsága (redundancia); az érzékelők hatótávolságának és felbontóképességének növekedése.

Több drónnal a megfigyelt terület különböző pontjain végzett egyidejű mérések, fényképfelvételek készítése jelentős időmegtakarítással járhatnak, ezenkívül az adott területről áttekintő adatokat, képeket nyújthatnak. Az egymás után végzett mérések idősorba rendezhetőek, amivel a megfigyelt terület változásait is ki lehet mutatni.

A rendőrség által végzett keresések, megfigyelések során is időmegtakarítást eredményezhet több drón egyidejű használata. Egyes drónokkal a kutatási terület egy-egy része fedhető le. Az optimális keresés érdekében ezeknek a területeknek az átfedéseit érdemes

minimalizálni. Ennek meghatározására célszerű optimalizáló programot használni. Ennél az alkalmazásnál a drónok egymástól távol és egymástól függetlenül repülnek, ezért azokat külön-külön kell irányítani. Annak érdekében, hogy az irányító(k) ne legyen(ek) nagyon leterhelve, fontos a drónok autonóm irányítása.

Nagy területek állandó megfigyelése a terület nagyságából adódóan sok esetben egy drónnal nem hajtható végre. Drónraj alkalmazásával folyamatos megfigyelés is biztosítható, ezért a mérési adatok idősorba is rendezhetőek. A drónok esetleges meghibásodása esetén tartalék drón használatával a megfigyelés folyamatossága kis időkieséssel biztosítható.

A drónrajok egy másik alkalmazása lehet a városok felett kialakult meteorológia viszonyok, mikroklímák felmérése. A drónok egy adott város felett egyidejűleg, több helyen mérhetik meg a meteorológiai, légszennyezési adatokat. Rajban repülő drónokkal meg lehet állapítani például a környezetet szennyező gázfelhők, a kémények által kibocsájtott szennyező anyagok elhelyezkedését, szétoszlását a légkörben, ezzel is hozzájárulva az élhetőbb környezet kialakításához.

Rádiótelefon keresése drónrajjal

Korábban már említettem a rádiótelefonok helyének egy drónnal történő meghatározását eltűnt személyek esetén. Ebben a fejezetben a több drónnal végrehajtott keresési eljárásokat mutatom be. Ez történhet olyan helyen is, ahol nincs térerő. Ilyenkor az egyik drónt olyan rádióval kell felszerelni, amellyel képes a rádiótelefon-tornyok által kisugárzott keresőjelek adására is.

A legegyszerűbb megoldás, ha a drónokat olyan vevőkészülékkel szerelik fel, mely képes a rádióadás irányát is meghatározni. Ebben az esetben két drón alkalmazásával háromszögelési eljárással meg lehet határozni a telefon helyét. Természetesen ehhez a drónokat el kell látni nagy pontosságú GNSS vevővel. A drónoknak egymástól jelentős távolságra kell elhelyezkedniük szintén a pontosság miatt. A mérésnél, illetve a drónok irányításánál a domborzati viszonyokat is figyelembe kell venni. A mobiltelefon helyének megállapítása a drónok helyének meghatározásától és az iránymérés pontosságától függ.

Újszerű eljárásnak gondolom a másik keresési lehetőséget, mely a hiperbolikus navigáción alapul. Ezt a keresést akkor lehet alkalmazni, ha a drónok nem iránymérő rádióvevővel rendelkeznek. Ebben az esetben három drónra van szükség. Az eljárás akkor adja a legnagyobb pontosságot, ha a telefon a három drón által meghatározott síkon fekszik. Három drón által mért adatok alapján három pár hiperbola írható fel és ezek metszéspontjában található a keresett rádiótelefon.

A hiperbolikus navigációt a II. világháborúban fejlesztették ki a szövetséges bombázógépek pontosabb navigációja érdekében. A háború után újabb, továbbfejlesztett rendszereket telepítettek a tengeri és a légi navigáció megkönnyítésére. A hidegháborúban a szemben álló felek globális, az egész Földre kiterjedő rendszereket is üzemeltettek. Napjainkra a nagy pontosságú műholdas és tehetetlenségi (inerciális) navigációs rendszerek elterjedése miatt a hiperbolikus navigáció jelentősége csökkent. Jelenleg ezekkel a rendszerekkel már csak ott lehet találkozni, ahol a műholdas navigációt rendszeresen zavarják.

Hiperbolikus keresési eljárás matematikai háttere

A keresési eljárás megértéséhez ismerni kell a hiperbola definícióját: a hiperbola azon pontok halmaza, melyek két fix ponttól mért távolságának különbsége állandó. A két fix pont két, egymással

szimmetrikus hiperbolát határoz meg. A két pont a hiperbolák fókuszpontjai. A keresési eljárás távolság különbségen alapul. A távolság különbség hiperbola párt határoz meg. Három pontból történő mérés esetén három hiperbola párt kapunk, melyek metszéspontjában van a keresett pont.

A mérést végző drónokat ebben a keresési módszerben is el kell látni nagy pontosságú navigációs berendezéssel, hogy egymástól, valamint a rádiótelefon-toronytól mért távolságokat pontosan meg lehessen határozni, viszont nem szükséges a drónokat iránymérő rádióvevővel felszerelni. A mért időkülönbségből távolságot tudunk számolni, hiszen ismerjük az elektromágneses sugárzás terjedési sebességét.

A fejezet további részében bemutatott számítások esetében a mérést végző drónok egy képzeletbeli egyenlő oldalú háromszög csúcaiban vannak. A mérés során a drónokra felszerelt rádióvevők veszik a torony által sugárzott keresőjelet, és a mobiltelefon által a keresőjelre küldött választ is. Mivel a rádiótelefonnak idő kell, hogy feldolgozza a torony jelét és válaszoljon rá, ezért a telefon válaszjele minden esetben később fog megérkezni a drónokhoz, mint a torony jele. A két jel időkülönbsége pontosan mérhető. A drónok toronytól mért távolságának pontos ismeretéből és a rádiójel terjedési sebességéből ki lehet számolni, hogy az adott drónhoz beérkező válaszjel és a torony által kiküldött keresőjel adásának ideje között mennyi a különbség. Három drón esetén jelöljük ezeket az időket rendre T_A , T_B , T_C betűkkel. Jelöljük rendre t_A , t_B , t_C betűkkel azokat az időket, amik alatt a válaszjel a telefontól a drónokig eléri. Jelöljük T -vel a torony által kibocsájtott keresőjel adásának ideje és a telefon válaszjelenek adása közötti időt. A T időt nem ismerjük, de látni fogjuk, hogy a hiperbolák számítása szempontjából szükségtelen is ismerni, csak a levezetés miatt vezettem be.

A T_A , T_B , T_C időket fel tudjuk írni a t_A , t_B , t_C idők, valamint a T idő segítségével:

$$\begin{aligned} T_A &= T + t_A \\ T_B &= T + t_B \\ T_C &= T + t_C \end{aligned}$$

A számításhoz szükségünk van azokra az időkülönbségekre, melyek a telefon által kibocsájtott rádiójel drónok által történt vételének időkülönbsége. Legyenek:

$$\begin{aligned} t_{AB} &= |t_A - t_B| \\ t_{AC} &= |t_A - t_C| \\ t_{BC} &= |t_B - t_C| \end{aligned}$$

Az egyenletek összevonva kapjuk:

$$t_{AB} = |T_A - T - (T_B - T)|$$

$$\frac{x_1^2}{a_1^2} - \frac{y_1^2}{b_1^2} = 1$$

Egyszerűsítés után:

$$t_{AB} = |T_A - T_B|$$

Hasonlóképpen megkapjuk t_{AC} , t_{BC} időket is:

$$\begin{aligned} t_{AC} &= |T_A - T_C| \\ t_{BC} &= |T_B - T_C| \end{aligned}$$

Ha két időkülönbség 0, akkor a rádiótelefon a képzeletbeli háromszög súlypontjában található. Ha egy időkülönbség 0, akkor a rádiótelefon annak a két drónt összekötő egyenesnek a felezőpontjára állított képzeletbeli merőlegesen van, melyek méréseinek időkülönbsége 0. A merőlegese egyenes a drónok által meghatározott síkon van.

Az előzőekben leírt időkülönbségek alapján ki tudjuk számolni, hogy mekkora távolságot tesz meg a rádiójel. Ily módon megkapjuk a hiperbolák számításához szükséges távolságokat, amiből számítható a hiperbolák valós, más néven nagytengelyének hossza. Mind a három hiperbola párt külön-külön Descartes-féle koordinátarendszerben ábrázoljuk. A koordinátarendszerek origói annak a képzeletbeli egyenlő oldalú háromszög oldalainak felezőpontjában vannak, melyek csúcaiban a drónok függenek. A koordinátarendszerek x tengelyei a háromszög oldalaira illeszkednek, az y tengelyei a háromszög köré írható kör középpontja felé mutatnak. A mérési adatok alapján kapott hiperbolák nagytengelyeinek hosszának felét az alábbi képletekkel számíthatjuk ki (az alábbi három képletben c betűvel a fénysebességet jelöltem):

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{c \cdot t_{AB}}{2} \\ a_2 &= \frac{c \cdot t_{AC}}{2} \\ a_3 &= \frac{c \cdot t_{BC}}{2} \end{aligned}$$

Legyen a drónok által alkotott háromszög oldalhosszúsága zh. Ekkor a hiperbolák képzetes, vagy kistengely felének hosszát így kapjuk:

$$\begin{aligned} b_1 &= \sqrt{h^2 - a_1^2} \\ b_2 &= \sqrt{h^2 - a_2^2} \\ b_3 &= \sqrt{h^2 - a_3^2} \end{aligned}$$

A rádiótelefon helyének kiszámításához az egyik koordinátarendszerben meg kell határozni azon koordináták halmazát, melyek kielégítik a hiperbola

egyenletét.

Az (x_1, y_1) koordinátájú pont koordinátáit meg kell határozni a másik két koordinátarendszerben:

$$\begin{aligned} x_2 &= \left(x_1 + \frac{1}{2}h\right) \cos(-120^\circ) \\ &\quad + \left(y_1 - \frac{\sqrt{3}}{2}h\right) \sin(-120^\circ) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_2 &= -\left(x_1 + \frac{1}{2}h\right) \sin(-120^\circ) \\ &\quad + \left(y_1 - \frac{\sqrt{3}}{2}h\right) \cos(-120^\circ) \end{aligned}$$

$$x_3 = \left(x_1 - \frac{1}{2}h\right) \cos 120^\circ + \left(y_1 - \frac{\sqrt{3}}{2}h\right) \sin 120^\circ$$

$$y_3 = -\left(x_1 - \frac{1}{2}h\right) \sin 120^\circ + \left(y_1 - \frac{\sqrt{3}}{2}h\right) \cos 120^\circ$$

Az (x_1, y_1) koordináták akkor adják meg a rádiótelefon helyzetét, ha a fenti egyenletekkel kapott (x_2, y_2) és (x_3, y_3) koordináták kielégítik az

$$\begin{aligned} \frac{x_2^2}{a_2^2} - \frac{y_2^2}{b_2^2} &= 1 \\ \frac{x_3^2}{a_3^2} - \frac{y_3^2}{b_3^2} &= 1 \end{aligned}$$

egyenleteket.

Természetesen az ismerttetett számítás mellett más számításokat, algoritmusokat is kifejlesztettek a hiperbolikus navigáció széleskörű elterjedése miatt. A hiperbolikus navigáció nagyarányú elterjedése olyan vevőberendezések kifejlesztéséhez vezetett, amelyek a vett rádiójelekből automatikusan kiszámítják a koordinátákat.

Összefoglalás

Pályamunkámban bemutattam a pilóta nélküli légitársaságok fejlődését, műszaki lehetőségeit. Külön kitértem az egyes típusok alkalmazhatóságára.

A drónok a helikopterekénél és a repülőgépeknél rugalmasabban, könnyebben, gyorsabban és költségtakarékosabban bevethető légitársaságok. Természetesen a pilóta vezette légitársaságoknak is megvan a maguk helye. A drónoknak több alkalmazási lehetőségét mutattam be. Ezen alkalmazások alapja a drónok fedélzetén található különböző kamerákkal

készített fényképek, filmek, valamint a szenzorokkal végzett megfigyelések, mérések elemzése, felhasználása.

A drónok rendőrségi alkalmazása is egyre jelentősebb. Az alkalmazások bővítése fontos a közrend és a közbiztonság hatékonyabb védelme céljából. Pályamunkámban több új alkalmazást említek. A mesterséges intelligencia alkalmazásával a drónok irányítása részben vagy teljesen automatizálható, ami a drónpilóták munkaterhelését csökkenti. Fontos a megfigyelt adatok gépi feldolgozása is. Ebben is segíthet a mesterséges intelligencia, különösképpen a képfeldolgozás.

Pályamunkámban írtam az eltűnt emberek kereséséről, kiemelten a magukkal hordott rádiótelefonok megtalálásának módjairól. Nagy lehetőséget látok a hiperbolikus navigáción alapuló keresési eljárásban, amit részletesen kidolgoztam.

Összességében megállapítható, hogy a drónok rendőrségi alkalmazásában jelentős lehetőségek rejlenek. A leírt alkalmazások mellett még számos új lehetőség adódhat. A dróntechnológia, a drónok irányítására, valamint az észlelt adatok feldolgozására használt mesterséges intelligenciát is felvonultató algoritmusok napról-napra fejlődnek, ezáltal a későbbiekben további távlatok nyílhatnak meg, melyekkel magasabb szintre lehet emelni a rendőrség munkáját.

Irodalomjegyzék

Applying Hyperbolas: Navigation. Thinkwell's College Algebra, Chapter 5. Rational Functions and Conics, Subchapter 5.4, Hyperbolas.

<https://www.youtube.com/watch?v=rDNMgEBdvro>

[Letöltve: 2022. 06. 24.].

Bajáti, I. (2014) Az ikerdrónok zavarvédelme. *Hadmérnök*, IX. évfolyam 1. szám. pp. 137-152.

http://hadmernok.hu/141_14_balajtii.pdf [Letöltve: 2022. 06. 24.].

Békési, B.–Seres, J. (2020) Drónok alkalmazásának lehetőségei. *Repüléstudományi közlemények*, Vol. 32. No. 3. pp. 5-19. DOI: 10.32560/rk.2020.3.1

<https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/reptudkoz/article/download/5199/4364/16898> [Letöltve: 2022. 06. 24.].

Drón segíti az épülő távvezeték sodronyainak Duna feletti áthúzását. (2021) go2fly Hírek, 2021. 03. 02.

<https://go2fly.hu/dron-segiti-az-epulo-tavvezetek-sodronyainak-duna-feletti-athuzasat/> [Letöltve: 2022. 06. 24.].

Ember, I.–Kovács, Z. (2022) Minidrónok lehetséges alkalmazása tűzserész műveletekben. *Haditechnika*, Vol. 66. No. 2. pp. 18-24.

Hajagos, A. (2022) *Egy defibrillátort szállító drón segített megmenteni egy férfi életét Svédországban.* Euronews Hírek, 2022. 01. 10.

<https://hu.euronews.com/2022/01/09/egy-defibrillatort-szallito-dron-segitett-megmenteni-egy-ferfi-eletet-svedorszagban> [Letöltve: 2022. 06. 24.].

Képfeldolgozó eljárások áttekintés (2015). Orvosi képdiagnosztika 9. ea. ősz.

<https://docplayer.hu/114385391-Kepfeldolgozo-eljarasok-attekintes-orvosi-kepdiagnosztika-9-ea-osz.html> [Letöltve: 2022. 06. 24.].

Kun, K.–Török, Á. I. (2021) 3d digitalizálás ipari drón segítségével. *Gradus*, Vol. 8. No. 1. ISSN 2064-8014. pp. 235-241.

http://real.mtak.hu/125619/1/2021_1_ENG_003_Kun.pdf [Letöltve: 2022. 06. 23.].

Molnár, A. (2022) Adatfúziós távérzékelési eljárások kis méretű pilóta nélküli légi járművek alkalmazásával. *Haditechnika*, Vol. 66. No. 1. pp. 2-9.

Molnár, B. A. (2013) *Modellezés mélységképek és nem metrikus felvételek alapján.* PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék.

<https://repozitorium.omikk.bme.hu/bitstream/handle/10890/5585/ertekezes.pdf> [Letöltve: 2022. 06. 23.].

Németh, A.–Folkmann, V. (2004) Iránymérés adaptív antennarendszerrel. *Híradástechnika*, LIX. évfolyam. 2004/3.

<https://docplayer.hu/18978163-Iranymeres-adaptiv-antennarendszerrel.html> [Letöltve: 2022. 06. 24.].

Nichols, G. (2016) *Watch: In search of lost people, drones recognize and follow forest trails.* ZDNet, 2016.02.11.

<https://www.zdnet.com/article/watch-in-search-of-lost-people-drones-recognize-and-follow-forest-trails/> [Letöltve: 2022. 06. 24.].

Python: Intersection of two equations. Stack Overflow platform.

<https://stackoverflow.com/questions/51735124/python-intersection-of-two-equations> [Letöltve: 2022. 06. 24.].

Restás, Á. (2014) *A drónok közszolgálati alkalmazásának lehetőségei.*

https://korszov.org.hu/dokumentumok/UMK_2017/3/05_Dronok_a_kozszolgalatban.pdf [Letöltve: 2022. 06. 24.].

Szórád, T. (2022.) *Fejlődés hosszú távú cellal.* Air Base.

https://airbase.blog.hu/2022/03/30/fejlodes_hosszutavu_cellal [Letöltve: 2022. 06. 24.].

Trautmann, B. (2022) Modernizált drónok – átépített szabályok. *Aranyas*, 2022/8. pp. 25-29.

Yu, K.–Sharp, I.–Guo, Y.J. (2009) *Ground-Based Wireless Positioning. Appendix A: Hyperbolic Navigation.* John

- Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 978-0-470-74704-9. pp. 409-415.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9780470747988.app1> [Letöltve: 2022. 06. 24.].
- Képfeldolgozó eljárások áttekintés (2015). Orvosi képdiaosztika 9. ea. ősz.
<https://docplayer.hu/114385391-Kepfeldolgozo-eljarasok-attekintes-orvosi-kepdiaosztika-9-ea-osz.html> [Letöltve: 2022. 06. 24.].
- Kun, K.–Török, Á. I. (2021) 3d digitalizálás ipari drón segítségével. *Gradus*, Vol. 8. No. 1. ISSN 2064-8014. pp. 235-241.
https://real.mtak.hu/125619/1/2021_1_ENG_003_Kun.pdf [Letöltve: 2022. 06. 23.].
- Molnár, A. (2022) Adatfúziós távérzékelési eljárások kis méretű pilóta nélküli légi járművek alkalmazásával. *Haditechnika*, Vol. 66. No. 1. pp. 2-9.
- Molnár, B. A. (2013) *Modellezés mélységképek és nem metrikus felvételek alapján*. PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék.
<https://repozitorium.omikk.bme.hu/bitstream/handle/10890/5585/ertekezes.pdf> [Letöltve: 2022. 06. 23.].
- Németh, A.–Folkmann, V. (2004) Iránymérés adaptív antennarendszerrel. *Híradástechnika*, LIX. évfolyam. 2004/3.
<https://docplayer.hu/18978163-Iranymeres-adaptiv-antennarendszerrel.htmlb> [Letöltve: 2022. 06. 24.].
- Nichols, G. (2016) *Watch: In search of lost people, drones recognize and follow forest trails*. ZDNet, 2016.02.11.
<https://www.zdnet.com/article/watch-in-search-of-lost-people-drones-recognize-and-follow-forest-trails/> [Letöltve: 2022. 06. 24.].
- Python: Intersection of two equations. Stack Overflow platform.
<https://stackoverflow.com/questions/51735124/python-intersection-of-two-equations> [Letöltve: 2022. 06. 24.].
- Restás, Á. (2014) A drónok közszolgálati alkalmazásának lehetőségei.
https://kozszov.org.hu/dokumentumok/UMK_2017/3/05_Dronok_a_kozszolgalatban.pdf [Letöltve: 2022. 06. 24.].
- Szórád, T. (2022.) *Fejlődés hosszú távú céllal*. Air Base.
https://airbase.blog.hu/2022/03/30/fejlodes_hosszutavu_cellal [Letöltve: 2022. 06. 24.].
- Trautmann, B. (2022) Modernizált drónok – átépített szabályok. *Aranysas*, 2022/8. pp. 25-29.
- Yu, K.–Sharp, I.–Guo, Y.J. (2009) *Ground-Based Wireless Positioning. Appendix A: Hyperbolic Navigation*. John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 978-0-470-74704-9. pp. 409-415.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/9780470747988.app1> [Letöltve: 2022. 06. 24.].