



Szalkai István

DRÓNOK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A NAPELEM ERŐMŰVEK ELLENŐRZÉSÉBEN

Absztrakt

A világ energiafogyasztása egyre nő, amelyet a fejlett országok részben, vagy egészben igyekeznek környezetbarát módon kielégíteni. Ezek egyik lehetősége a napenergia felhasználása napelem erőművek segítségével. A napelem erőművek jellegzetessége, hogy jelentős területeket foglalnak el, így az esetleges működési problémák, üzemzavarok feltárása, az ellenőrzésük és karbantartásuk is nehézségekbe ütközhet. Mindemellett a drónok, mint a légi felderítés és adatgyűjtés újszerű eszközei is dinamikusan fejlődnek, ma már katonai alkalmazások mellett megjelentek a kereskedelmi és a közszolgálati célú alkalmazások is. A cikk a két újszerű technológia találkozásának lehetőségeiről és korlátairól ad számot, azt vizsgálja, hogy drónok hogyan segíthetik elő a napelem erőművek üzembiztos működését. Ehhez elsőként áttekintést nyújt a drónok alapvető alkalmazási formáiról és a naperőművek néhány jellegzetességéről, majd beszámol a drónok alkalmazásának eddigi tapasztalatairól és az ebből levonható következtetésekről.

Kulcsszavak: drón, napelem erőmű, ellenőrzés, biztonság



POSSIBILITIES OF DRONE APPLICATIONS IN SOLAR POWER PLANT CONTROLS

Abstract

The world's energy consumption is growing continuously; developed countries are trying to satisfy the higher consumption - partly or fully - in an environmentally friendly way. One of these possibilities is to use solar energy with the help of solar power plants. Solar power plants are characterized by the fact that they occupy significantly large areas, so the detection of possible operational problems, malfunctions, their inspection and maintenance can also be difficult. In addition, drones, as novel tools for aerial reconnaissance and data collection, are evolving dynamically, with commercial and public service applications now emerging in addition to military applications. The article discusses the possibilities and limitations of the meeting of the two novel technologies, examines how drones can promote the reliable operation of solar power plants. To do this, it first provides an overview of the basic uses of drones and some of the characteristics of solar power plants, and then reports on the experience of using drones so far and the conclusions that can be drawn from it.

Keywords: drone, solar power plant, control, safety

1. BEVEZETÉS

A pilóta nélküli repülőgépek – a köznyelv alapján a drónok – alkalmazása egyre nagyobb szerepet játszik a mindennapi életünkben. A már viszonylag olcsón megszerezhető, egyszerűbb drónokat az állampolgárok elsősorban szórakoztatási célra vásárolják, de ezek az innovatív eszközök munkafeladatok végrehajtására is kiválóan alkalmazhatók. A katonai alkalmazások mellett mind a kereskedelmi, mind a közszolgálati alkalmazások fejlődése is nagyon dinamikus [1] [2]. A drónok különböző alkalmazási módjainak bemutatására alkotta meg Restás az ún.



- **3K modellt** – katonai, kereskedelmi, közszolgálati, illetve
- **4K, vagy 5K modellt** – a képzéssel és kutatással a kiegészítve [3].

A korábban kizárólag a képi, majd a szenzoros adatgyűjtés, információszerzés lehetőségei mellett megjelentek a logisztikai feladatokat is ellátni képes alkalmazások. A katasztrófavédelem területéről is ma már számos nemzetközi, sőt, hazai példát is tudunk hozni a drónok hatékony alkalmazására. Az alkalmazások köre tehát folyamatosan bővül, amely jelentheti a korábbi technológiák kiváltását, vagy helyettesítését, de akár újak alkalmazását is. Ez utóbbira lehet példa a mind hazai, mind nemzetközi viszonylatban terjedő napelem erőművek felügyelete, kontrollja. A világ energiaéhsége egyre nagyobb, mindamelllett a megújuló, vagy zöld energia részaránya is folyamatosan nő. Ezek közé tartoznak a napelem erőművek, amelyek 2050-re a világ energiaigényének akár a 25%-át is adhatják [4].

Hazai viszonylatban is azt láthatjuk, hogy egyre-másra adják át ezeket a parkokat, amellyel hazánk, a nemzetközi előírásoknak is igyekszik mielőbb megfelelni. A magyarországi helyzetet jól jellemzi, hogy a legutóbbi időszakban Nógrád megye területén a Greentech Hungary Kft. épített 20 megawatt teljesítményű napelemparkot több, mint 8 milliárd forintért. A társaság 21 darab 500 kilowattos kiserőművet csatlakoztatott a központi hálózathoz, amely a 25 évesre tervezett üzemideje alatt kb. 11.500 család teljes villamosenergia igényét fogja biztosítani, ami hosszabbítással akár újabb 25 évvel is megnövelhető. Az erőmű 45 hektáros területen épült meg, összesen 71.720 napelemmel. A napelemparkhoz tartozik még 40 darab transzformátorállomás és további 360 darab 50 kilowattos inverter is. [5] A Magyar Napelem Napkollektor Szövetség közlése alapján a napelemes beruházások sora tovább folytatódik, Bocfölde határában épül az ország eddigi legnagyobb, összesen 24 megawatt teljesítményű erőműve. Ezekkel az erőművekkel a Magyarországon beépített kiserőművi napelem teljesítménye 31,6 MWp-re, teljes portfóliójának teljesítménye pedig 84,5 MWp-re nő. A magyarországi beruházások összértéke meghaladja a 32 milliárd forintot, éves várható termelése pedig elérheti a 938 GWh-t. [6]



A napelem erőművek jellemzője, hogy az egyes panelek hatékonyságától függően, a területük arányos a teljesítményükkel, így a nagyobb teljesítményűek értelemszerűen nagyobb területet is igényelnek. A nagyobb terület egyidejű technológiai felügyelete csak első ránézésre tűnik egyszerűnek, az elfoglalt terület növekedésével együtt az egyes paneleknél bekövetkező meghibásodások, elsősorban túlmelegedések száma is nő, noha arányaiban nyilvánvalóan ez nem nagyobb, mint az ugyanolyan típusú, de kisebb területű erőművekkel összehasonlítva. Ennek alapján a napelem erőművek területe elérhet akár olyan nagyságot is, ahol a folyamatos, hagyományos ellenőrzés mellett felvetődhet a levegőből kis magasságon végzett ellenőrzések lehetősége, szükségessége is.

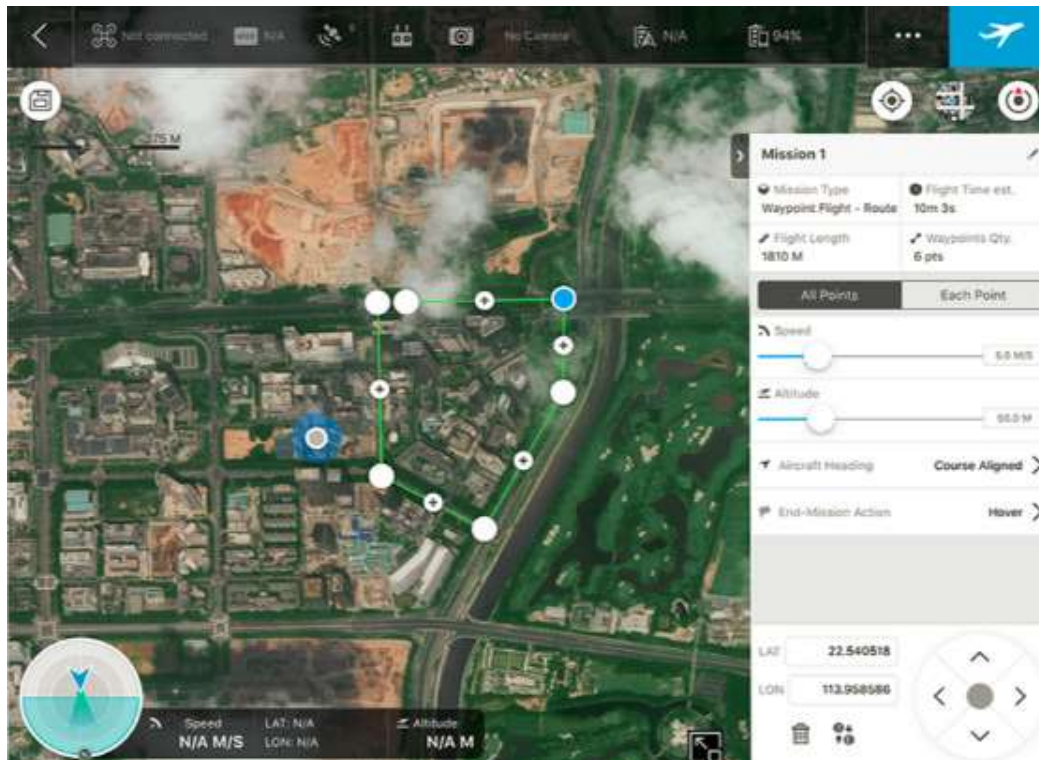
2. DRÓNOK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

2.1. Kézi vezérlés

A felügyeletre alkalmazott drónok terjedése nagyon szembetűnő. Az ilyen feladatokra a legelterjedtebb esetben az ún. kooperatív drónokat alkalmazzák, mint pl. mobil inspekciós szenzoros, képi rögzítő eszközöket. Ezen lehetnek bel- vagy kültéri mérésre alkalmas eszközök is. Az ilyen feladatoknál az üzemeltető elszállítja a repülőeszközt a célterületre, megtervezi az adott feladatot, majd kézi vezérléssel irányítva a drónt lerepüli vele a megtervezett útvonalat. Jellemzően ilyen feladatot jelentenek a különböző légi fényképek és videók készítése.

2.2. Programozott vezérlés

Második alkalmazási csoportba az olyan kereskedelmi gyakorlatok tartoznak, ahol előre tervezetten, szoftveresen programozott, konfigurált eszközök telepítése és alkalmazása történik. Ebben az esetben a drón képes autonóm, vagy félautonóm repülésre, illetve így fogja az előre beprogramozott feladatát végrehajtani. Tipikusan ilyen megoldást támogat pl. a DJI Ground Station Pro rendszere, ahol egy adott körzet fölötti programozott útvonalrepülés történik (1. ábra).



1. ábra. DJI Ground Station Pro egyszerű kezelő felülete. Forrás: szerző

A hasonló félautonóm rendszerek képesek GPS/GLONASS/Galileo helymeghatározó rendszerek adatait felhasználva korlátozni mind a repülhető területet, mind a repülési magasságot és sebességet. A kézzel vezérelt repülések nyomvonalát a rendszer képes újra lerepülni, ekkor már önállóan, vagy az előre megadott lokációkat végig pásztázva. Az operátor szaktudása elengedhetetlen a repülési útvonalak rögzítéséhez, helyes konfigurálásához, azonban a helyszínen tartózkodása ez utóbbi esetben már szükségtelen, sőt, esetleg a távoli felügyelete is egyre kisebb mértékben szükséges az üzemeltetéshez. Tipikusan ilyen megoldásokat telepítenek az olaj- és gázipari kivitelezési munkálatok monitorig feladataira, kikötők és ipari parkok felügyeletére is, amelyeknek értelemszerűen szintén lehetnek biztonsági, tűzvédelmi, katasztrófavédelmi vonatkozásai is. Általánosan kimondható, hogy ezen felhasználások egyszerre szolgálják az üzleti intelligencia igényének versenyképes kielégítését, valamint a biztonságvédelmi feladatokat.



2.3. Vegyes megoldás

Létezik egy harmadik, ún. vegyes megoldás is, melyben távolról átvehető a drón vezérlése. Ebben az esetben az autonóm repülés képessége meghatározó arra az estre, ha megszűnik az operátor és a drón közötti adatkapcsolat. Ugyanakkor, autonóm repülés közben is kerülhet olyan helyzetbe, vagy állapotba a drón, hogy kézi vezérlésre, az operátori beavatkozásra is szükség lehet. Az új kommunikációs technológiák, mint pl. az 5G és a redundáns hálózatok kiépítése ezen esetek nehézségeinek lebontását is várhatóan elhozzák.

Az utóbbi két esetben közös jellemző, hogy meg kell oldani a drónok telephelyen való töltését, lehetőség szerint ezt is részben, vagy teljesen automatizáltan. Így, a terepi állomásnak képesnek kell lennie a drónok biztonságos tárolására, repülésre kész állapotban tartására, a fel- és leszállást lehetővé tevő speciális platform működtetésére. A technológia itt is gyorsan fejlődik, a korábbi kezdetleges megoldások ma már akár magas üzembiztonsággal működő platformokat is képes biztosítani, amelyet pl. az Airobotics platformja mutat be (2. ábra).

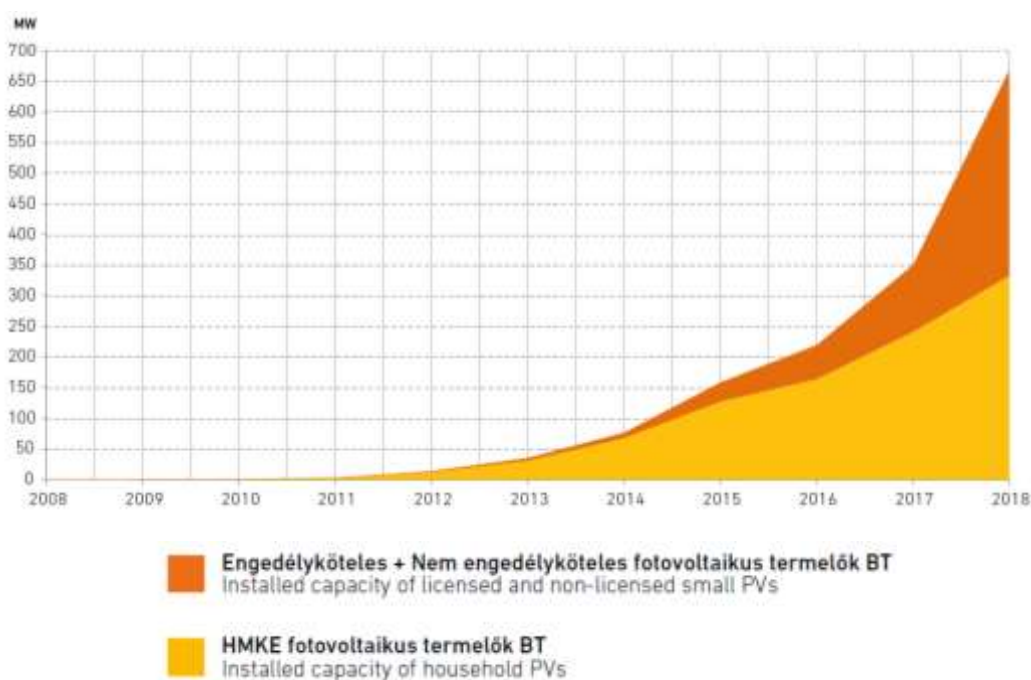


2. ábra. Terepi autonóm drón állomás töltési és tárolási megoldással. Forrás: Airobotics [7]



3. A NAPELEM ERŐMŰVEK MŰKÖDÉSÉNEK TÁMOGATÁSA

Ahogy korábban a bevezetőben is igazolva lett, a klímatudatosság növekedésével az ún. fotovoltaikus kis- és nagyerművek egyre meghatározóbb szerepet töltenek be a megújuló energiatermelésben. A számos hazai ösztönzőnek köszönhetően a háztartási méretű kiserőművek mellett jelentősen növekszik naperőművek beépített teljesítménye is.

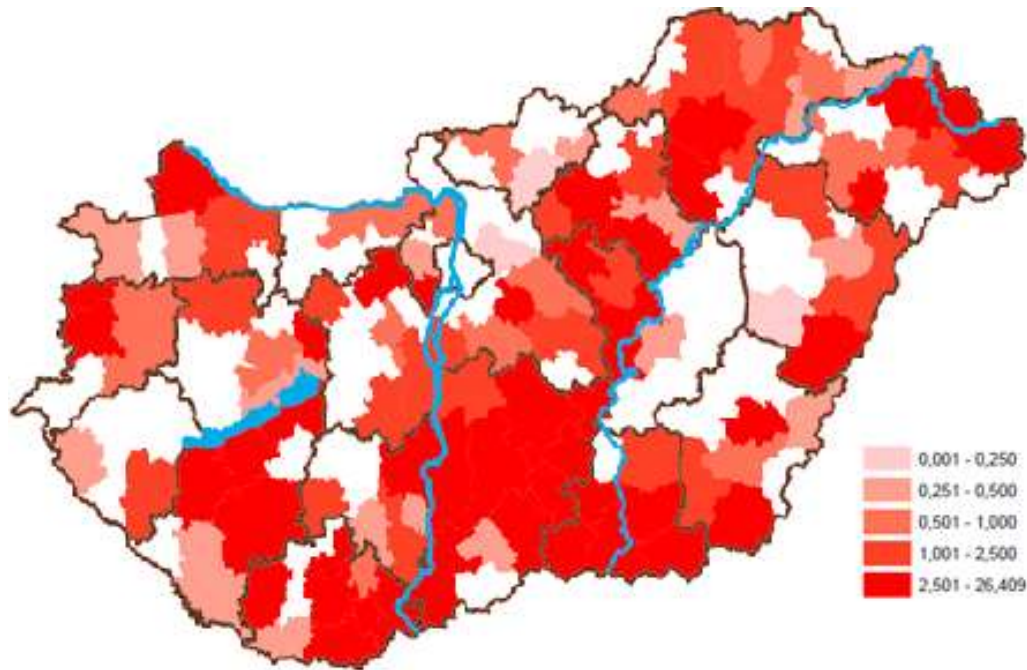


3. ábra. A háztartási méretű, az engedély köteles és nem engedélyköteles fotovoltaikus kiserőművek beépített teljesítőképességének változása 2018. Forrás: MAVIR [8]

A kötelező átvételi tarifa (KÁT) feltételei miatt 500 kW, majd a megújuló támogatási rendszer (METÁR) lehetőségével élve, valamint az önfogyasztásra épült erőművekkel pedig kb. 1 MW méretű rendszerek épültek. Olyan művelésből kivont földterületeken valósultak meg ezek a projektek, melyekhez kellően közel voltak a közép feszültségű csatlakozási pontok, valamint az építetők kaptak csatlakozási engedélyt is a hálózati engedélyestől. A telephelyeket távfelügyelettel és vagyonvédelmi rendszerekkel látták el és minden esetben készült ún. IEC



61724-1:2017 szerinti „Performance Ratio” mérés a kezdeti teljesítőképesség meghatározásához. Így a későbbi vizsgálatok a mérései mellett jelentős historizált adattömeg is rendelkezésre áll.



Termelő erőművek 2018. december 31-i állapot szerint.

Operating power plants as of 31 December 2018

2018. évben termelő naperőművek teljesítőképessége: 393,91 MW

Installed capacity of operating solar power plants in 2018: 393,91 MW

Nem tartalmazza a háztartási méretű kiserőműveket.

Figures do not include small-scale household power plants.

4. ábra. A nem HMKE (háztartásinál nagyobb) fotovoltaiikus rendszerek eloszlása járásonként. Forrás: MAVIR [9]

A magas erőműszám miatt a tűzvédelmi kockázatok egyértelműen magasabbak lettek, országos szintűvé váltak, vagyis, ma már ezek nem csak egy – egy régió unikális kihívásait jelentik. A kihívás azonban lehetőséget is generált, így alkalmas szakmai terület lehet a közcélú – ipari innováció vizsgálatára is.

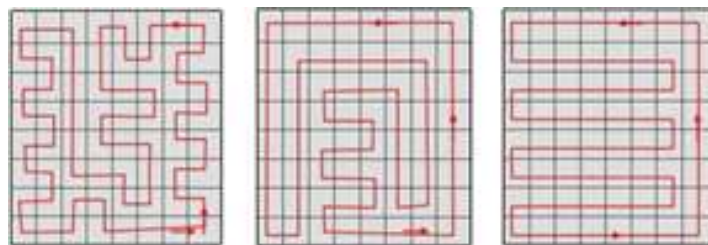


4. DRÓNOK ALKALMAZÁSÁNAK TÉMASPECIFIKUS JELLEMZŐI

Egy hőkamerás mérés jellemzően akkor végezhető el megfelelő pontossággal, ha a külső hőmérséklet és a panelcella hőmérséklete közt megfelelő különbség képződik. Ez természetesen függ az adott szenzor típusától, érzékenységétől. Ilyenkor meghatározó még a panelre érkező direkt sugárzás mértéke, valamint a szél iránya és sebessége is. Ebből következik, hogy a lokális meteorológiai adatok és a külső szolgáltatók raszterekre szolgáltatott időjárás-előrejelzései alapján kell meghatározni a repülésre alkalmas időszakokat, az ún. időablakokat.

Egy ilyen időablakban a repülés technikai korlátja a drónokba szerelt akkumulátorok kapacitása. Ezen egységek 30 perc alatti repülési ideje már nem elegendő pl. egy 0,5 MW és az ezen felüli beépített teljesítménnyel rendelkező telephelyek felméréséhez. Ezért, a tapasztalatok szerint az erőművek területét blokkokra kell osztani és ezeket a blokkokat kell külön egységként felmérni.

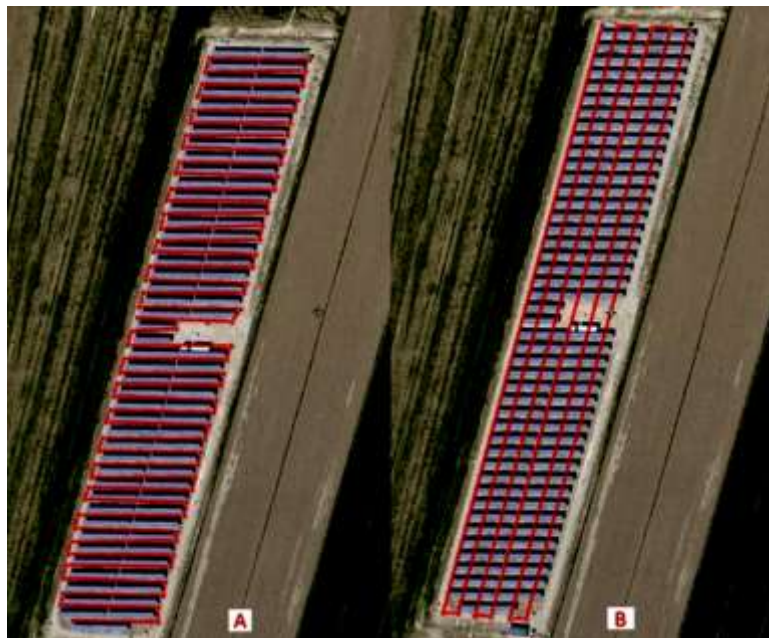
Egy adott terület fölötti útvonal megtervezésére számos elvi lehetőség létezik. Amennyiben a kamera megfigyelési szöge adott és a nem változtatjuk a sebességet, sík terület fölött egy-egy pixel láthatóságára mindig ugyanannyi idő marad. Pixeles (napelem panel) felosztás alapján az útvonal hossza egyforma, függetlenül a repülési útvonal formájától [10]. Ettől függetlenül a repülés fordulói kisebb megfigyelt terület esetén mérhető veszteséget okozhatnak, ezért célszerű az útvonalat úgy megtervezni, hogy az minél több hosszú szakaszt foglaljon magába.



5. ábra. Az útvonal rajzolata random (bal) és lehetőség szerint szabályozott (jobb) esetben. Az útvonalak hossza nem változik a különböző formák esetén. Forrás: Restás [10]

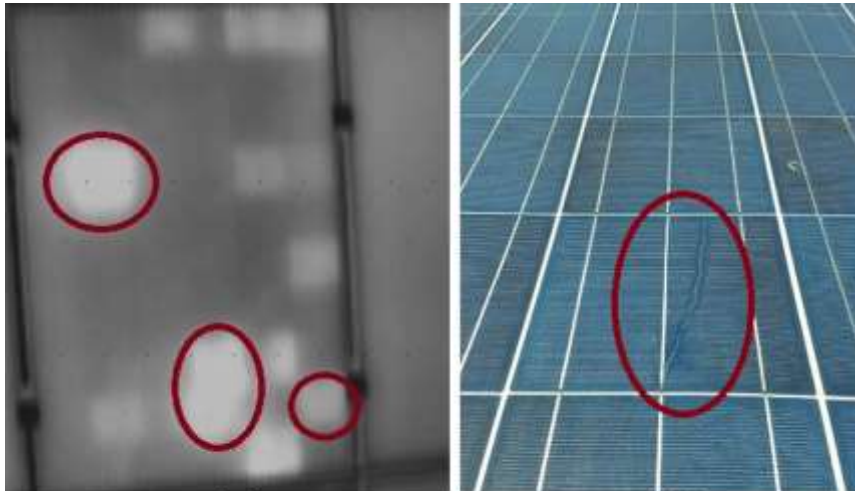


Ezek előre rögzíthető útvonalak, melyeken kívül felvehetők még további preferált pontok, pl. transzformátor állomás, inverter, vagy a vagyonvédelmet elősegítő egyedi vizsgáló pontok is, amelyeket a repülés során az útvonalba be lehet iktatni. Az útvonalak tervezésében nagy szabadságot adhat a kamerákat rögzítő képstabilizátorok programozható mozgatása, illetve az olyan intelligens kamerarendszerek, amelyek bizonyos határok között az útvonal helyétől függetlenül is a meghatározott pontra, irányba tekintve végzi a felvételezést. Az útvonaltervezést már konkrét példán mutatja be a 6. ábra, ahol a panel blokkok fölött A esetben keresztirányú, míg a B esetben hosszirányú repülés lett tervezve.



6. ábra. Fotovoltaikus rendszerek pásztázó repülésének lehetséges útvonalai. Forrás: szerző

A drón az általa készített felvételeket az állomáson képes feltölteni, azonnali terepi kiértékelés azonban általában nem történik. A hőkamera és a kamera képeit feldolgozhatjuk különböző automatizált képfeldolgozási eljárásokkal is. Ezeket a képeket ún. GPS-bélyeggel ellátva hozzárendelhetjük a konkrét panelekhez. A képek adatának ún. gradiensvizsgálata mutatja meg azokat a lényegi éles hőmérséklet-változási jelenségeket, melyek anomáliákra utalnak. A tapasztalatok alapján ezek főleg gyártási és kivitelezési hibákra utalnak, de előfordult már ilyen anomália nem tervezett külső fizikai hatásra is.



7. ábra. Különböző meghibásodások detektálása a PV paneleken. Forrás: szerző

Ezen vizsgálatok – megelőző karbantartási célokkal, vagy nem várt avulások feltárására – viszonylag jól automatizálhatók és ütemezhetően végezhetők. A jelenlegi tapasztalatok azt mutatják, hogy a feladatok végrehajtása során az automatizmusok alkalmazása mellett az emberi tevékenység még nem hagyható el. Az autonóm rendszerek elvégzik a terepi adatgyűjtéseket és méréseket, a távfelügyelettel és monitoringgal pedig nagymennyiségű adatot adnak a műszaki szakértők részére. Jelenleg a feldolgozott és kiértékelt adat riportok emberi ellenőrzése, áttekintése nem kihagyható, azonban a jövőbeli automatizáláshoz, az ipari innovációs folyamatok jellege miatt, ez a köztes lépcső vezethet. Úgy gondolom, hogy ilyen fokozatos lépések útján kell keresni az új innovációs lehetőségeket a közszolgálati felhasználások keresése során is.

Az egyes iparterületek és közműszektori telephelyek autonóm és félautonóm drón alkalmazásai a jövőben várhatóan egyre gyakoribbak lesznek. Ezen telephelyek jellemzően valamilyen fokozott kockázatot jelentenek katasztrófavédelmi szempontból. A jövőben érdemesnek tartom megvizsgálni, hogy az olyan ipari eszközök, mint a karbantartási célú naperőművi vizsgálatok drónjai milyen előnyöket jelenthetnek a katasztrófavédelem, vagy egyéb állami szervek, szervezetek számára. Ezentúl érdemes lehet a szektor innovációs elfogadását közös területeken erősíteni. Ilyen terület lehetne az terepi drón rendszerrel felszerelt erőművek és ipari területek



szabványos kommunikációjának kiépítése a katasztrófavédelem részére. A terepi inspekción megelőzheti, vagy csökkentheti a baleset utáni gazdasági károkat.

5. A FELADATVÉGREHAJTÁS AKADÁLYAI ÉS NEHÉZSÉGEI

A bemutatott eljárás közmű és energiaszektorban való alkalmazásának két fő akadálya van. Az első a hazai szabályozás problémáját jelenti, amely a technológia civil felhasználását korlátozza, illetve az adminisztratív folyamatait meghatározza. A másik akadály inkább technikai jellegű és az eszközök optimális kihasználásának problémájára mutat rá.

A hatályos magyar légiközlekedési követelmények körülményessé teszik az eseti légtérhasználatot. Az, hogy az operátornak szabad szemmel látni kelljen a drónt, egyértelműen akadályozza az autonóm és félautonóm repülési gyakorlatra törekvő kereskedelmi irányokat. Továbbá, a jelentős nemzetközi és hazai szabályozási hézagok és kulcsszereplők kijelölésének hiánya lassítják az innovációs projekteket. A nemzetközi korlátozások közül az exportkorlátozások a legmeghatározóbbak. Kiváló példa lehet erre az a saját tapasztalat, amikor egy hőkamera európai beszerzése során az általános kereskedelmi forgalomban szereplő termék 9Hz exportálható képrátát engedélyez a 30Hz műszaki képességét korlátozva. Az ilyen korlátozások csak jelentős adminisztratív teher mellett kerülhetők el.

A szabályozói kockázatok további jelentős forrásai a káresemények felelősségének megállapítása, valamint a személyi jogok esetleges megsértése. Ezen berendezések meghibásodásainak okai és az operátorok személyes felelősségei nehezen lesznek megítélhetők. A drónok lényegesen alacsonyabban és lassabban repülnek az általános légijárművektől, melyek sokkal jelentősebb adatgyűjtést tesznek lehetővé természetes személyekről, civilekről is.

A fentiek mellett figyelmet kell fordítani az IT biztonsági előírások és ajánlások betartására és betartatására. Különösen fontosnak látom, hogy az adatok titkosítása és esetleges kiszivárgásának védelme is kellő gondossággal történjen. A drónok irányíthatóságának



technikai feltételei folyamatosan javulnak, azonban további műszaki kihívásokat tartogatnak a zavarok és meghibásodások üzem közbeni kezeléseiről.

6. KÖVETKEZTETÉSEK

Annak érdekében, hogy megértsük milyen tényezők lassítják a pilóta nélküli légi járművek közszolgálati felhasználását referenciaként meg kell vizsgálni a kereskedelmi szektor drón rendszereinek fejlesztési folyamatait.

Az által, hogy megvizsgáljuk, hogy milyen akadályok vannak ezen megoldások előtt, látni fogjuk, hogy melyek azok, amelyek a közszolgálati szektor egyedi kihívásai. Az eddigi tapasztalataim alapján, jelenleg számomra a legcélravezetőbbnek az energetikai és hulladékgazdálkodási, közműszektori innovációk vizsgálata tűnik. Az elkerített naperőművek olyan zárt telephelyek lehetnek, melyek biztonságos környezetet nyújtanak különböző rendszerek hatékonyságának tesztelésére.

Azt gondolom, hogy az energiaközösségek megjelenésével az olyan infrastruktúra elemek, mint a fotovoltaikus és közcélú villamos energiatároló rendszerek lényegesen közelebb lesznek a beépített területekhez, mint napjainkban. Ebből kifolyólag fokozott figyelmet érdemel a közműszektor digitalizált felügyelete a közszolgálatok fejlesztésében.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Palik, Mátyás (szerk): Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek; Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest 2013. ISBN 978-615-5057-64-9
2. Restás, Ágoston: Az UAV közszolgálati alkalmazásai; In: Palik, Mátyás (szerk.) Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek, Budapest, Magyarország, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, (2013) pp. 241-280.



3. Restás Ágoston: A drónok közszolgálati alkalmazásának lehetőségei; Új Magyar Közigazgatás, 2017. 10 (3) pp. 48-62 ISSN 2060-4599
4. Tanulmány: Future of solar photovoltaic; IRENA (International Renewable Energy Agency) 2019. ISBN : 978-92-9260-156-0
5. Almási, Krisztina: Megépült Nógrád megye legnagyobb napelemparkja; Magyar Építők, 2019. on-line: <https://magyarepitok.hu/mi-epul/2019/11/megepult-nograd-megye-legnagyobb-napelemparkja>; Letöltés: 2020.9.30.
6. Kiss, Ernő: Már épül az ország legnagyobb napelemparkja; Magyar Napelem Napkollektor Szövetség, 2020.02.13. on-line: <https://alternativenergia.hu/mar-epul-az-orszag-legnagyobb-napelemparkja-video/89098> Letöltés: 2020.09.18.
7. Davies, Lee; Bolam, Robert; Vagapov, Yuriy; Anuchin, Alecksey: Review of Unmanned Aircraft System Technologies to Enable Beyond Visual Line of Sight (BVLOS) Operations; X. International Conference on Electrical Power Drive Systems (ICEPDS) 2018 DOI: 10.1109/ICEPDS.2018.8571665
8. Balog, Richárd: Az időjárásfüggő egységek integrációjának hatása a magyar villamos energia rendszerre; MAVIR adatpublikáció: A magyar villamosenergiarendszer (VER) 2018. évi adatai alapján, on-line: <https://docplayer.hu/107615447-Az-idojarasfuggo-egysegek-integraciojanak-hatas-a-magyar-villamos-energia-rendszerre.html> Letöltés: 2020.09.26.
9. MAVIR adatpublikáció: A magyarvillamosenergia-rendszer (VER) évi adatai; on-line: <https://docplayer.hu/129579659-A-magyar-villamosenergia-rendszer-ver-evi-adatai-data-of-the-hungarian-electricity-system.html> Letöltés: 2020.10.20.
10. Restas, Agoston: Path Planning Optimization with Flexible Remote Sensing Application; In.: Path Planning for Autonomous Vehicles - Ensuring Reliable Driverless Navigation and Control Maneuver, IntechOpen, London, Egyesült Királyság, 2019, DOI: 10.5772/intechopen.86500



Dr. Szalkai István doktorandusz hallgató

Nemzeti Közszerzői Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola

Fővárosi Közterület-fenntartó Nonprofit Zrt. / Metropolitan Public Domain Maintenance

Private Nonprofit Company Limited by Shares

E-mail: istvan.szalkai.dr@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4667-9525