



Szalkai István

A PILÓTA NÉLKÜLI LÉGI JÁRMŰVEK ALKALMAZÁSA KISMAGASSÁGÚ MULTISPEKTRÁLIS TÁVÉRZÉKELÉSI FELADATOKBAN

Absztrakt

A szerző kutatásának egyik iránya olyan a kereskedelemben nem beszerezhető drón eszközök vizsgálata, amelyek segítségével megvalósítható a szállító platformra telepíthető szenzor vagy szenzor csoport kialakítása, illetve kifejlesztése. A fejlesztés eredményeként a mérések elvégzésére optimalizált drón eszközök zárt láncú adatátvitelen keresztül egybekapcsolhatók és alkalmasak a tapasztalati vagy mért adatok továbbítására. A cikkben a szerző vizsgálja a saját helyváltoztatásukat maguk által biztosító drón eszközre telepített mérőeszközöket. A cikk eredményeként bemutatott drónok alkalmasak lehetnek veszélyes üzemek ember vezérelt, vagy autonóm vizsgálatára, illetve a felügyeletükhöz szükséges folyamatos mérések elvégzésére.

Kulcsszavak: drón, infrastruktúra vizsgálata, távérzékelés

APPLICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN LOW ALTITUDE MULTISPECTRAL REMOTE SENSING TASKS

Abstract

The aim of the research is to investigate a non-commercial drone that can be used to design and develop a sensor or a group of sensors that can be installed on a transport platform. As a result of development, drone devices optimized for measurements can be connected via closed circuit data transmission and they are also suitable for the transmission of empirical or measured data. In the paper, the author examines the measuring devices installed on a drone that provides their own displacement. As a result of the paper the drones presented during the examination may be

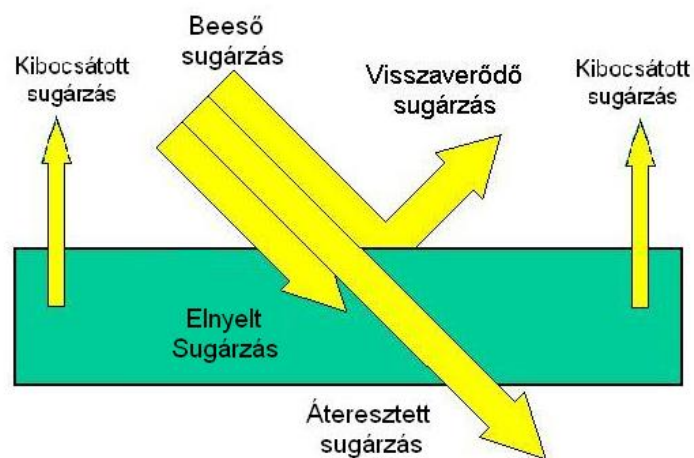


suitable for controlled or autonomous inspection of hazardous plants, as well as for the continuous measurements required for their supervision.

Keywords: drone, infrastructure inspection, remote sensing

1. BEVEZETÉS

Kutatásom egyik célja megállapítani azt, hogyan alkalmazhatók a drónok a különböző környezeti elemek állapotával összefüggő távérzékelési adatok mérésére és térinformatikai adatbázisokban történő dokumentálására. Vizsgálom, hogy a multi- illetve hyperspektrális érzékelésre optimalizált drón, mint mérőeszköz informatikai megoldásokkal és alkalmazásokkal kiegészítve milyen módon válik képessé térinformatikai megoldásokra épülő állami vagy önkormányzati adatbázisok változáskövetési feladatainak az ellátására. A távérzékelés egyre szélesebb körben alkalmazott, rendkívül gyorsan fejlődő technológia [1], amelynek hatékonyságát, valamint alkalmazhatóságának körét nagymértékben megnövelte a hiperspektrális rendszerek használata. A technológia alapjait a laboratóriumi spektroszkópia alkotja, ahol az elektromágneses hullám és a vizsgált anyag kölcsönhatásait vizsgálják [2] (1. ábra). Az egyetlen fizikai kontaktus az elektromágneses sugárzás, így az eljárás roncsolásmentes.

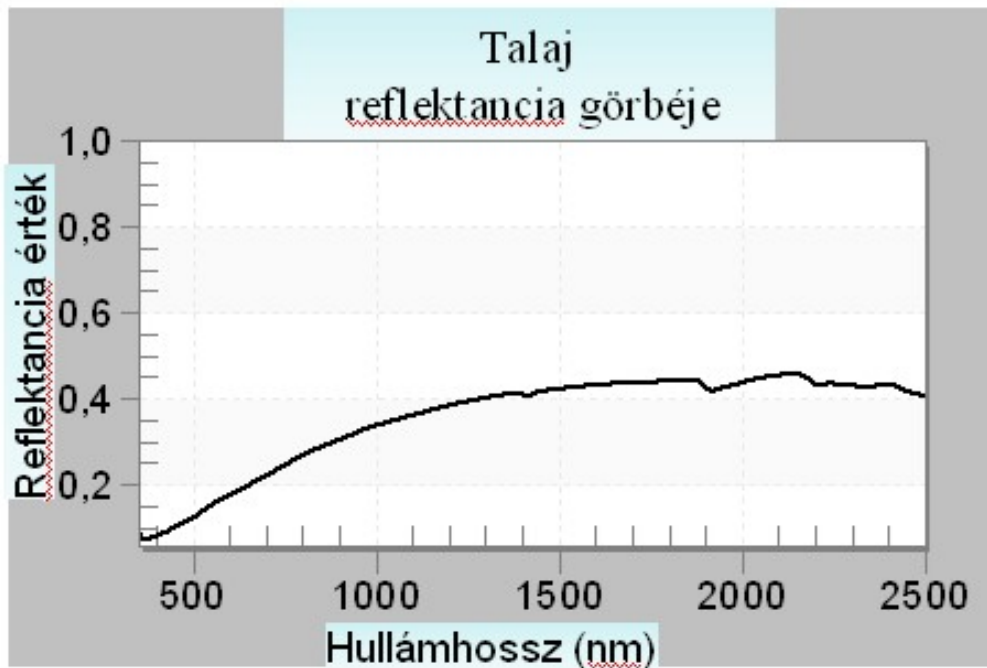


1. ábra: NOAA Coastal Service Center (2007) után módosítva.

Forrás: VM GMI 2011.



A relfektancia spektroszkópiában a vizsgált anyag felületéről visszaverődő és a megvilágító fényforrásból beérkező sugárzás intenzitásainak arányait (reflektancia érték) jelenítik meg a különböző hullámhosszokon. Az így kapott anyagra – és az adott anyag pillanatnyi fizikai, kémiai tulajdonságaira is – jellemző görbét reflektancia görbéknek hívjuk (2. ábra).



2. ábra: A talaj reflektancia görbéje.

Forrás: VM GMI 2011.

A fejlett szenzorok a szem érzékelési tartományát (VIS) kiterjesztik a közeli infravörös (NIR) és a rövid hullámhosszú infravörös tartományba (SWIR) is, amely a szabad szem számára láthatatlan jelenségek, különbségek és anomáliák alapján történő detektálás, osztályozást tesz lehetővé [3].

A különféle környezethasználati engedélyhez kötött tevékenységek - mint például a veszélyes üzemek működéséhez szükséges hatósági működési engedélyek készítése - a műszaki felügyeleti munkák során a bizonyos esetben nehezen megközelíthető és veszélyes munkakörülmények léphetnek fel [4] [5].



A közvetlen manuálisan irányított méréseket, és vizuális ellenőrzések adatait helyszíni vizsgálat után további irodai munka során dolgozzák fel, ezt követően dokumentálják, majd elemzik az eredményeket. Ezeket az ellenőrzési, felügyeleti munkákat gyakran jelentős állványozási, daruzási előkészítő munkák előzik meg. Ez mind időigényes feladat, valamint jelentős költségeket is jelent.

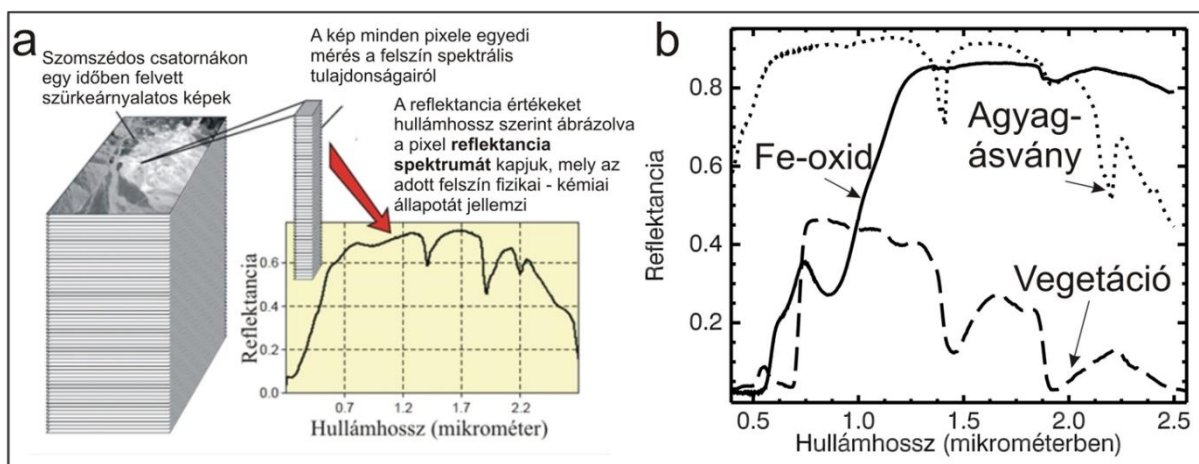
A technika fejlődése terepi és képalkotó légi mérésekre egyaránt kiterjesztette a módszer alkalmazhatóságát. A légi hiperspektrális távérzékelés nagy területek, gyors és gazdaságos elemzésére kínál lehetőséget. Kiválóan illeszthető a nagy kiterjedésű infrastrukturális beruházások tervezését megalapozó terepi felmérések, meglévő képi, térképi és leíró adatbázisok pontosítása, az új vagy felújítandó létesítménnyel vagy annak környezetével kapcsolatos állapot rögzítésre, a környezetvédelmi tervezés és állapot dokumentálás és számos egyéb alkalmazás például a precíziós mezőgazdaság beavatkozó munkafolyamataiban és az ezeket megelőző tervezésben [6]. Ezt a valós piaci igényt felismerve a kutatási feladataim sorába illesztettem egy olyan drónszenzoros rendszer fejlesztését, amely mind a veszélyes üzemeket működtető vállalkozások életében, mind pedig a mérőeszköz gyártó vállalkozások életében egyedülállónak és újdonságnak számítana. A fejlesztési folyamat eredményeként létrehozott drónra telepített mérőeszköz jelentősen csökkentené az üzemi vizsgálati munkák és mérések időtartamát, valamint növelné a kiértékelés pontosságát, egyszerűsíthatja az ismétlődő vizsgálatok elvégzését.

A kitűzött műszaki fejlesztési célok elérése esetén költséghatékonyabb eszközök állnának rendelkezésre a nagy kiterjedésű infrastruktúrát tervező, beruházó, illetve üzemeltető vállalkozások számára. A kutatás fő iránya egy olyan hiperspektrális mérések elvégzésére alkalmas szenzor csoport létrehozása, amelyek drónnal egybekapcsolhatók, és alkalmasak mért adatok továbbítására, egy megfelelő adatátviteli rendszer segítségével. A tervezett eredménnyel két felhasználói csoportot is ki lehet majd szolgálni. Egyrészt az elkészült infrastruktúra elemek felügyeleti terheit lehet majd a helyi élőerős ellenőrzés kiváltásával csökkenteni, másrészt ez hatékonyabb megoldást kínál az ellenőrzésekre és vizsgálatokra is. A vizsgálatokat követő digitális dokumentáció elkészítése és archiválása is lényegesen könnyebbé tehető. A folyamatok eredményeként a veszélyes üzemeket felügyelő hatósági munka átláthatóbbá és a feljük benyújtandó dokumentumok kezelhetősége is lényegesen könnyebbé



válna. A technika fejlődése terepi és képalkotó légi mérésekre egyaránt kiterjesztette a módszer alkalmazhatóságát. A légi hiperspektrális távérzékelés nagy területek, gyors és gazdaságos elemzésére kínál lehetőséget [7]. Kiválóan illeszthető a precíziós mezőgazdaságba, a környezetvédelembe és számos egyéb alkalmazásba.

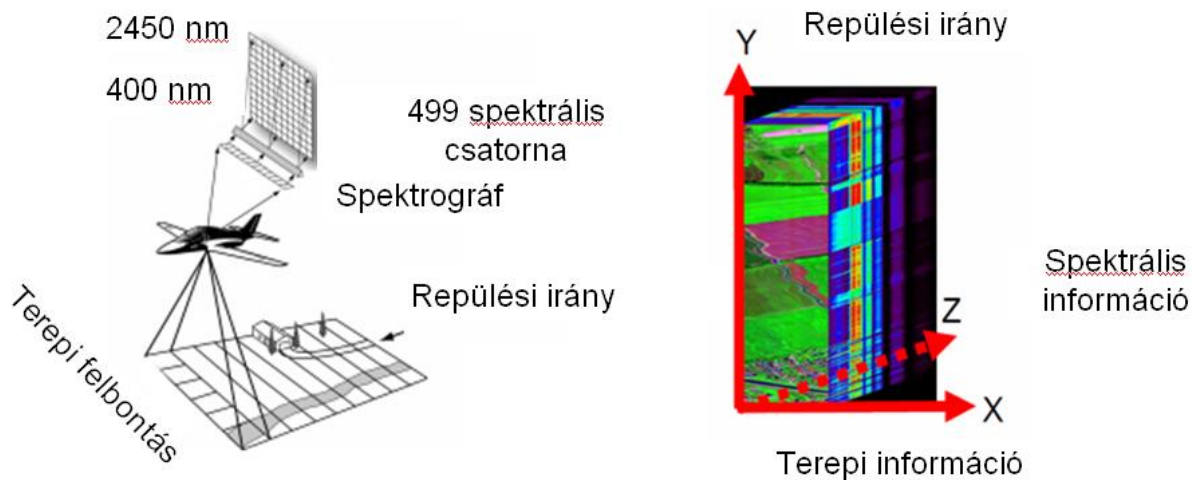
A repülés során a hiperspektrális rendszer egyidejűleg több száz spektrális csatornán készít szürkeárnyaltos képet. A felvétel minden pixeléhez tartozik egy reflektancia görbe, amely az adott felszín fizikai, kémiai állapotát jelzi (3. ábra).



3. ábra: A hiperspektrális adatfelvételezés rendszere.

Forrás: VM GMI 2011.

A drón repülés során nagy pontosságú GPS/INS egység rendel a felvételekhez földrajzi koordinátákat, így a felvételek feldolgozását követően azok GIS adatbázisba illeszthető térképként kezelhetők. A hiperspektrális képalkotás elvét és a hiperspektrális adatkockát a következő ábra szemlélteti (4. ábra).



4. ábra: Hiperspektrális képalkotás.
Forrás: VM GMI 2011.

2. A PIACI POTENCIÁL

A piaci potenciál nagyságát a felhasználói célcsoport meghatározása jelöli ki. Magyarországon évről évre szinten van a nagy kiterjedésű infrastrukturális beruházások száma, ezzel együtt elkerülhetetlen ezek hatásterületének előzetes geodézia pontosságú, térképi alappontokra vetített felmérése, illetve a tervezéshez szükséges rendelkezésre álló geo információk helyességének ellenőrzése. Mivel ez sokszor időigényes, költséges és olykor veszélyes tevékenység, ennek érdekében ki kell dolgozni a drónszenzoros rendszert, amely egyedülálló lehet ezen beruházásokhoz kapcsolódó mérnöki előkészítése és folyamatos nyomonkövetése, mint igénybe vehető szolgáltatások piacán.

2.1. Potenciális felhasználók

Elengedhetetlen mindazon potenciális felhasználó meghatározása, ami ahhoz kell, hogy megfelelően hasznosítani tudjuk a fejlesztéseket. Ez igaz akkor is, ha saját erőből történik a K+F+I tevékenység finanszírozása és különösen igaz, ha külső erőforrás (pályázati támogatás, pénzügyi hitel) bevonásával valósítható meg. A technológiát általánosságban azon cégeknek



lehet értékesíteni, amelyek valamilyen nagyobb beruházást végeznek, ezáltal szükségük van műszaki előkészítési, felülvizsgálati és ellenőrzési folyamatra. A fejleszteni tervezett technológiai megoldás a felhasználók számára gyorsabbá és gazdaságosabbá teheti a működésüket. A kifejlesztett drónszenzorok alkalmazásával elsősorban az olaj, gáz és villamos energetikai átviteli létesítmények műszaki felügyeletéhez szükséges, a hagyományos időegységenként aktuális felülvizsgálati tevékenységek részbeni kiváltását kell érteni. Ezeken kívül a mérési és észlelési eredmények helyszíni kiértékelése kevesebb tapasztalt senior szakértő munkájával oldható meg, enyhítve ezzel a munkaerő állandósult piaci hiányát.

2.2. Potenciális célterületek infrastruktúra fejlesztők számára

- mezőgazdaság (talaj szerves anyag tartalom változása, szikesedés, erózió, fizikai szerkezet degradációja, biomasza vizsgálata)
- erdészet (erdőtársulások lehatárolása)
- környezetvédelem (jellemző, homogén élőhely társulások lehatárolása, földfelszín alatti kisvízfolyások helyének pontosítása)
- város- és tájtervezés (beépítettség, környezeti stressz-analízis, hőveszteség)
- bányászat (nehézfém szennyezés, felhagyott területek változáskövetése)
- hatásvizsgálat a hőmérsékleti, valamint hőtehetlenségi tulajdonságokra
- régészeti lelőhelyek területének lehatárolása, leletek helyének pontos meghatározása
- földfelszín közelében nyugvó - korábbi háborús cselekményekből származó - robbanótestek felderítése, fejlesztési terület robbanótestektől való mentesítetttségének ellenőrzése, igazolása.

A modern civilizáció felgyorsult világában a távérzékelés nélkülözhetetlen eszközzé vált a különböző természetes és mesterséges rendszerek egyensúlyának és működésének vizsgálatában. A környezeti rendszerek lehatárolása és azok időbeli változásának nyomon követése nem végezhető el hatékonyan kizárólag a hagyományos terepi mintavételezéssel, vagy adatgyűjtéssel [8]. A környezet állapotát kizárólag hagyományos adatgyűjtési eljárásokkal vizsgálva csupán térben és időben egymástól távoli, diszkrét mintavételi pontok sokaságából vonhatjuk le a következtetéseket.



A távérzékelés lehetővé teszi a nagy területekről történő, felszíni folyamatokat jellemző, akár idősoros mintavételezést és a költséghatékony adatszolgáltatást [9]. A technológia különféle globális és lokális folyamatok vizsgálatára biztosít számos módszert és eljárást, amely lehetővé teszi az aktuális vizsgálati cél függvényében a megfelelő észlelést és adatfeldolgozási módszer kidolgozását és alkalmazását. A távérzékelési módszerek képesek biztosítani azt a hatalmas adatmennyiséget, amely nélkülözhetetlen a globális ökológiai rendszerek és egyéb lokális mikro-rendszerek folyamatainak tér és időbeli leírásához és elemzéséhez. Megoldást nyújthat továbbá a gazdasági és ipari tevékenységek meghatározó környezeti hatásának és kölcsönhatásainak lokális, vagy regionális szintű lehatárolása is.

Kutatásom során három irányú a fejlesztési célkitűzés megfogalmazása:

- Szenzorok szállítására alkalmas drón applikációk kialakítása;
- Drónnal irányított mérésekhez szenzorok fejlesztése a kereskedelemben kapható alapegységekből;
- Mérések kiértékelésére a mért értékek geoinformációs adatbázisban elhelyezésére alkalmas software illesztése.
- *Műszaki kutatásom, illetve a tervezett konkrét kutatás fejlesztési tevékenységem:*
- Infrastruktúra elemek, létesítmények üzemi környezetében alkalmazható drón eszközök vizsgálata
- Hiperspektrális érzékelésre kifejlesztett szenzorok drón eszközre implementálása
- Hiperspektrális mérési módszerek kidolgozása, kalibrálása és hitelesítésének fejlesztésére, továbbfejlesztésére és működési integrációjukra irányul elsődlegesen kiegészítve a mérési eredmények valós idejű továbbítására alkalmas adatátvitel és adat kiértékelő alkalmazások egyidejű fejlesztésével vagy integrációjával.

3. VÁRHATÓ SZAKMAI EREDMÉNYEK

A műszaki felügyeleti és vizsgálati munkák sokszor nehéz terepviszonyok között, földfelszínen és vízfelszínen is nehezen közelíthetők meg [10], azaz nehéz környezeti körülmények között végezhetők csak el. Emellett igencsak időigényesek és egyáltalán nem költséghatékonyak.



Célom egy olyan egyedülálló hiperspektrális, környezeti jellemzők optikai mérésnek elvégzésére alkalmas drónszenzoros rendszer létrehozása, amely segítségével a fenti problémák megszüntethetők, illetve jelentősen javíthatók. A kutatásom egy olyan fejlesztési munkát igényel és K+F+I tevékenységet tartalmaz, amely már a fejlesztéshez szükséges tesztelések folyamán is gyakorlati felhasználást tesz lehetővé. Hozzáadott értéke a hiperspektrális drónszenzoros vizsgálati ellenőrzési felügyeleti technológiának a beruházók, kivitelezők és üzemeltetők számára az alábbiakban foglalható össze:

I. Csoport: Beruházók és üzemeltetők számára a műszaki felügyeleti munkák elvégzése, készülségi százalékok megállapítása, terv-tény eltérések rögzítése, banki finanszírozáshoz szükséges alátámasztó műszaki dokumentációk szolgáltatása, infrastrukturális nagyberuházások előkészítése, előzetes környezetvédelmi vizsgálatához szükséges dokumentációs munkarészek elkészítése majd az üzembe helyezéséhez szükséges dokumentációk alátámasztása és a beruházás tényleges környezeti terhelésének nyomonkövetése.

II. Csoport: Üzemeltetők számára az üzem közbeni állapotok ellenőrzése (hőmérséklet, korrózió, védőfestések, kopások folyamatos monitoring tevékenysége, szivárgások, gázok, gőzök, folyadékok kilépési helyének meghatározása), tényleges meghibásodások és ezzel üzemzavar megelőzése az ismert paraméterek megváltozásának érzékelésével (villamos távvezetékek keresztmetszet csökkenésénél tapasztalható hőmérséklet emelkedés) tervezett revíziós leállások vagy nagyjavítások során az energiaátviteli berendezések gyorsított állapotfelmérése, állapot-meghatározáshoz adatszolgáltatás.

A szenzor kifejlesztéséhez az alábbi eszközökre van szükség: Adattárolók, elektromos és villamostechikai eszközök beszerzése, különböző szenzorok. Szoftver fejlesztése szükséges mindezeneken túl, mivel drónos rendszer kialakításra szükséges ezért esetenként be kell szerezni hatósági engedélyeket.



4. A KUTATÁS EREDMÉNYE

Célul tűztem ki olyan saját szolgáltatás kialakítását, amely vagy önálló társaság gazdasági tevékenységeként, vagy egy meglévő gazdasági társaság gazdasági tevékenységi körét bővítve, értékesítve ezt az eredményt, egy olyan drónszenzoros rendszert hoz létre, amely mind egy kritikus infrastruktúrát üzemeltető cég életében, mind pedig a mérési piacon egyedülállónak számítana. Ez nagyban csökkentené a vizsgálati munkák időtartamát, valamint sokkal költséghatékonyabb lenne a beruházók és kivitelezők részére is. A drón irányítási rendszerével összehangolt szenzor működtetéséhez szükséges szoftver is kifejlesztésre kerülhet. Az összehangolt és beállított eszközök után a következő szakaszban megkezdődhet az összehangolt és megalkotott, a drónnal támogatott vizsgáló és ellenőrző rendszer tesztelése.

4.1. Konkrétan mérhető eredmények

Beruházások során a kivitelezők teljesítmények naprakész nyomonkövetése, úgy mint tervtény állapot folyamatos ellenőrzése. A kritikus eltérési pontok megszüntetésére azonnali intézkedéseket lehet így megtenni, például a nagyberuházások során jelenlevő több kivitelező közötti együttes munkavégzés során egyszerűen szabadíthatók fel a munkaterületek. Utómunkálatok esetében a hiánylisták megszüntethetők, a berendezések javításának ellenőrzése állványozási költség, időkiesés, valamint területfoglalási, engedélyeztetési eljárások nélkül véghezvihető. Üzemeltetés során: olaj, gáz és energetikai berendezések műszaki ellenőrzése, a magas költségű egészségügyi és munkavédelmi követelmények szükséges biztosítása nélkül. Továbbá lehetséges a rendszer által a védőbevonatok, szigetelések állapotának ellenőrzése, korróziós károsodások további terjedésének megakadályozására, munkaterület előkészítése üzemzavarokhoz, valamint meghatározhatóvá válnak a leálláshoz vezető hibák (pl. tömítetlenség, anyagfogyás stb.), és a károsodás degradációja.



4.2. A drónszenzor kipróbálása és alkalmazhatósága

A kutatás célkitűzésének megfelelően K+F+I eredményeként létrejön egy olyan, a kereskedelemben még nem beszerezhető műszaki mérések elvégzésére alkalmas szenzor csoport, amely drónnal egybekapcsolható és képes a tapasztalt, valamint a mért adatok továbbítására egy annak megfelelő adatátviteli rendszer segítségével. Ennek köszönhetően a felhasználók jelentős költségeket takaríthatnak meg, valamint az egészségre is káros munkafolyamatokat is elkerülhetnek [11]. A polgári életben egyre nagyobb teret elfoglaló technológia a hadiiparból, illetve a rendfenntartó erők gyakorlatából transzferált át a civil szférába, a tervezett kísérleti alkalmazásnak is az alábbi mérföldköveket célszerű kitűzni, tehát a drónok és mérő szenzorok műszaki kialakításánál az alábbi folyamatokat kell elvégezni:

4.3. Dróneszköz oldaláról

- a fejlesztési tevékenység során az egyedi drónszerkezet konfigurálása a következőképpen lépésekben: drón típus kiválasztása (figyelembe véve a teherhordó képességet, a repülésvezérlőt, a földi irányítóállomást, a védelmet és a nagy felbontású esetenként hyperspektrális kamerát);
- egy vagy két kísérleti eszköz összeállítása;
- a szenzorra és a drón platform összeillesztése, esetleg állandó illesztési megoldások alkalmazása, beleértve a dokkolókat is;
- munkavégzéshez szükséges stabilizáló és rögzítő eszközök fejlesztése;
- a mérések elvégzéséhez adaptált manipulátor karok kialakítása;
- autonóm működtetés esetén az előre meghatározott mérési pont koordinátáinak a rögzítése;
- drón kalibrálása.

4.4. Szenzor oldaláról

- meghatározni a legcélszerűbb a mérési eljárást, illetve eljárásokat, továbbá a hitelesíthetőségükhöz szükséges mérési módszertan kidolgozása;



- szenzor kiválasztása, figyelembe véve a méréshez megkövetelt pontosságot, a mérési tartományt és tűrést, a mérési sebességet, a módszert és a mérőszenzor súlyát és esetleg alakját;
- mérőeszköz rögzíthetősége a drón oldalánál leírtakhoz hasonlóan;
- mérési eredmények jeltovábbításának módja, vagy a mérési eredmények gyűjtése.

5. ÖSSZEZÉS

Összefoglalva a tervezett K+F+I fejlesztés főbb szakmai feladatai 3 csoportba oszthatók.

1. Eszközök beszerzése, szoftverfejlesztés

A kifejlesztett szenzor csoport fejlesztési programjának meghatározása, továbbfejlesztésre alkalmas alapegységek kiválasztása, mért adatok és azok átviteli rendszerének kialakítása: adatszámítás, mennyiség, időbeni transzfer meghatározása, adatfogadó szoftver kialakítása, szoftverfejlesztés irányítása, valamint a monitoring drónszenzoros vizsgálatok eredményeinek visszacsatolása a fejlesztési folyamatba. Alapvető elvárás, hogy a drónra telepített mérőeszközök képesek legyenek veszélyes üzemi környezetben működni, rendelkezzenek az ehhez szükséges képességekkel és ezeket igazoló biztonsági tanúsításokkal.

2. Dokumentálás

A kutatás dokumentációs rendszerének kialakítása, folyamatos kezelése és karbantartása, amennyiben szükséges, a dokumentációs rendszer újragondolása, átalakítása, az esetleges későbbi mérésügyi és szabványosítási dokumentációs követelmények alapjainak a megteremtése.

3. Drónok tesztelése

Repülő üzemmódban a hiperspektrális drónszenzorok tesztelése, légi navigációs biztonság [12] [13], (esetenként légtérhasználati engedélyeztetési eljárások kialakítása), gyakorlati és elméleti tréning program kidolgozása a szenzoros drónfelhasználók számára.

4. Elért eredmények dokumentálása



Innováció hasznosítás stratégiájának megalkotása, hazai és nemzetközi publikációk elkészítése.

A téma újdonságából eredően a kezdeti célkitűzésekben megfogalmazott területeken ki kell dolgozni a potenciális felhasználókhöz eljuttatás hasznosítási stratégiáját és ennek támogatására és a tudományos eredmények bemutatására hazai és nemzetközi tudományos publikációk elkészítése.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Restás Ágoston: *Path Planning Optimization with Flexible Remote Sensing Application*. In: Aizzat Zakaria, Muhammad; Huang, Yanjun; Li, Bin; Sezer, Volkan; Zakir Abdul Hamid, Umar (szerk.) *Path Planning for Autonomous Vehicles - Ensuring Reliable Driverless Navigation and Control Maneuver*. London, United Kingdom Anglia: InTech Open Access Publisher (2019) pp. 1-17. Paper: Chapter 7.
- [2] Kererekes Zsuzsanna - Lublós Éva - Elek Barbara - Restás Ágoston: Standard fire testing of chimney linings from composite materials. *Journal Of Building Engineering* 19. (2018), pp. 530-538.
- [3] Bodnár László - Restás Ágoston: *Examination of the forest fires detection: the relationship between the fire and the detection*. In: Viegas, Domingos Xavier (ed.) *Advances in forest fire research 2018*. Imprensa da Universidade de Coimbra (2018) pp. 995-1001.
- [4] Cimer Zsolt - Vass Gyula - Zsitnyányi Attila - Kátai-Urbán Lajos: Application of Chemical Monitoring and Public Alarm Systems to Reduce Public Vulnerability to Major Accidents Involving Dangerous Substances. *Symmetry*, 13. 8. (2021), pp. 1-16. Paper: 1528
- [5] Pántya Péter: Nemzetközi tapasztalatok a veszélyes anyagok jelenlétében történő tűzoltói beavatkozások támogatásához. In: Vass, Gyula; Mógor, Judit; Kovács, Gábor - Dobor, József; Horváth, Hermina (szerk.) *Katasztrófavédelem 2018: Veszélyes tevékenységek biztonsága*. Budapest, Magyarország: BM OKF (2018) 347 p. p. 336 Paper: P336
- [6] Érces Gergő - Vass Gyula: Okos épületek, okos városok tűzvédelmének alapjai II. rész. *Védelem Tudomány*, VI. 2. (2021). 1-21.o



- [7] Rácz Sándor: Döntéstámogatás nagy kiterjedésű raktártüzek esetén. *Védelem Tudomány*, I. 1. (2016), 30-43.o
- [8] Restás Ágoston: Paradigmaváltás a légi tűzoltásban. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle* 27. 4. (2020), 11-14. o.
- [9] Makó András - Elek Barbara: Talajok kapilláris nyomás-folyadéktelítettség görbéinek mérése és becslése olaj/levegő és víz/levegő rendszerekben. In: Nagyné, Fehér I (szerk.) Erdei Ferenc III. Tudományos Konferencia: 2005. augusztus 23-24., Kecskemét. Kecskemét, Magyarország: Kecskeméti Főiskola, Kertészeti Főiskolai Kar (2005), 757-761. o
- [10] Pántya Péter - Rácz Sándor: Vízben végrehajtott mentés oktatása és annak tapasztalatai a Katasztrófavédelmi Oktatási Központban, valamint a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen. *Bolyai Szemle*, XXIII. 3. (2014), 51-61.o.
- [11] Restás Ágoston: A pilóta nélküli repülőgépek alkalmazása az iparbiztonság területén *Bolyai Szemle*, 24. 3. (2015), 157-174.o.
- [12] Gajdács László - Palik Mátyás - Dudás Zoltán: Drónok és hagyományos légi járművek közös légtérben történő alkalmazásának repülésbiztonsági kockázatai. *Repüléstudományi Közlemények (1997-től)* 33. 1. (2021), 157-170.
- [13] Szalkai István - Vajda András - Restás Ágoston - Óvári Gyula: A drónok alkalmazásának biztonsági kérdései. In: Vass, Gyula; Mógor, Judit; Kovács, Gábor - Dobor, József; Horváth, Hermina (szerk.) *Katasztrófavédelem 2018: Veszélyes tevékenységek biztonsága*. Budapest, Magyarország: BM OKF (2018) 347 p. pp. 344-344.

Dr. Szalkai István doktorandusz hallgató,
Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola
BKM Budapesti Közművek Nonprofit Zrt.
E-mail: istvan.szalkai.dr@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4667-9525