

ÓBUDAI EGYETEM

**Keleti Károly Gazdasági Kar
Közgazdaságtudományi és Pénzügyi Intézet**

SZAKDOLGOZAT

**ÓE-KGK
2023**

**Hallgató neve: Kovács Kristóf
Hallgató törzskönyvi száma: T006591/FI12904/G**



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Keleti Károly Gazdasági Kar
Közgazdaságtudományi és Pénzügyi Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Kovács Kristóf

Szakedolgozat száma: SZD2307241240424100

Törzskönyvi száma: T006591/FI12904/G

Neptun kódja:

Szak: Műszaki menedzser (BSc)

Specializáció: Minőségmenedzselési specializáció

Projektmenedzser specializáció

Irányítási rendszerek specializáció

Vállalatirányítás specializáció

A dolgozat címe: A hőkamerás drónok gazdasági alkalmazása

A dolgozat címe angolul: Economic application of drones equipped with thermal cameras

A feladat részletezése:

1. Tekintse át a terület szakirodalmát!
2. Ismertesse a drónok és a hőkamerák technológiai alapjait!
3. Mutassa be a hőkamerás drónokkal végzett műveleteket, gazdasági és folyamatfejlesztési kontextusban!
4. Értékelje a kutatási eredményeket!

Intézményi konzulens neve: Katona Ferenc

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 12. 15.

Beadási határidő: 2023. 12. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2023. 12. 01.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom.

.....
belső konzulens

.....
külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM

**Keleti Károly Gazdasági Kar
Közgazdaságtudományi és Pénzügyi Intézet**

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott Kovács Kristóf (Neptunkód: [REDACTED]) hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2023.12.05

hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	1
2. SZAKIRODALMI HÁTTÉR.....	4
2.1. A drón technológiai alapok bemutatása.....	4
2.1.1. Történeti áttekintés és technológiai fejlődés.....	4
2.1.2. Drón kategóriák és típusok	6
2.1.3. Jogszabályi és szabályozási keretek.....	9
2.2. Hőkamera technológia ismertetése.....	12
2.2.1. A hőkamera működési elve	12
2.2.2. Integráció drónokkal.....	15
2.2.3. Hőkamerás drónok előnyei és hátrányai	19
3. KUTATÁSI ELEMZÉS ÉS EREDMÉNYEK.....	22
3.1 Kutatás módszertana	22
3.2. Vadgazdálkodás mélyinterjú	24
3.2.1. Az állomány drónalapú dinamikájának elemzése.....	24
3.2.2. Adatok értelmezése és menedzsmenti ajánlások	27
3.3. Napelemek teljesítményoptimalizálása drónok segítségével	32
3.3.1. A napelemeket vizsgáló cég értékesítőjének mélyinterjú elemzése	32
3.3.2. Adatok értelmezése és javaslatok a drónok használatának hatékonyságnövelésére	36
4. Összefoglalás	39
4.1. A kutatás fő megállapításai	39
4.2. További kutatások és fejlesztések ajánlása	42
Ábrajegyzék.....	44
Irodalomjegyzék	44

1. BEVEZETÉS

A technológia rohamos fejlődése egyre újabb és újabb eszközöket és lehetőségeket hoz létre, amelyek jelentős mértékben befolyásolják a gazdasági tevékenységeket és a műszaki menedzsmentet. E fejlődés egyik megnyilvánulása a drónok, vagyis a pilóta nélküli légi járművek terjedése, amelyek egyre szélesebb körben alkalmazhatók különböző iparágakban. Kutatásom célja, hogy feltárjam a drónok gazdasági alkalmazásának lehetőségeit és azok, iparágban betöltött szerepét, különös tekintettel a hőkamerás drónokra, amelyek egyedi előnyöket kínálnak a gazdasági tevékenységek és a menedzsment szempontjából.

A kutatás során két fő területet kívánok megvizsgálni: a vadgazdálkodásban történő alkalmazást, és a napelemek teljesítményoptimalizálását. Mindkét területen a drónok, különösen a hőkamerás drónok, jelentős mértékben hozzájárulhatnak a hatékonyság növeléséhez, a költségek csökkentéséhez és a menedzsment modernizációjához. Kutatásom során szakértői interjúkat készítek, és azokat elemezve igyekszem megérteni a drónok gazdasági és műszaki jelentőségét.

A drónok térnyerése és egyre gyakoribb alkalmazása jelentős lehetőségeket kínál a munkafolyamatok optimalizálása, a munkaerő költségek csökkentése és a biztonsági kockázatok minimalizálása terén. A drónok technológiai fejlődése és a jogszabályi keretek kialakulása lehetővé teszi a műszaki menedzserek számára, hogy a drónokat egyre hatékonyabban alkalmazzák a gazdasági tevékenységekben.

Kutatási kérdéseim között szerepel, hogy milyen mértékben képesek a drónok helyettesíteni a hagyományos munkaerőt bizonyos feladatok elvégzésében, és milyen előnyöket kínál a drónok alkalmazása az iparágban, különösen a hőkamerás drónok esetében. Ezen felül azt is vizsgálom, hogy a drónok milyen mértékben járulnak hozzá a terület modernizációjához és az adott iparágak gazdasági hatékonyságához.

Erre építve a dolgozatom első nagyobb egysége a szakirodalmi háttér, amely alapvetően a drón technológiai alapokra, a hőkamera technológia ismertetésére és a gazdasági elemzéshez szükséges menedzsment modellek és eszközök bemutatására koncentrálnak.

Ebben a részben kívánom bemutatni a drónok történeti fejlődését, kategóriáit és típusait, valamint a jogszabályi és szabályozási kereteket, amelyek meghatározzák a drónok használatát.

A hőkamera technológia integrációját drónokkal is részletesen tárgyalom, a hőkamerás drónok előnyeit és hátrányait is bemutatva. A gazdasági elemzéshez szükséges menedzsment modellek és eszközök, mint például a Monte Carlo szimuláció, a Decision Matrix Analysis (DMA), a Real-Time Monitoring és a Geographical Information System (GIS) is bemutatásra kerülnek. A szakirodalmi áttekintés célja, hogy szilárd alapot nyújtson a drónok és a hőkamerák technológiai és gazdasági jelentőségének mélyebb megértéséhez, és segítsen a kutatás módszertanának kidolgozásában.

A kutatás módszertana és a kutatási eredmények és elemzés részek a dolgozat magját képezik, és ezek a szakaszok összpontosítanak a drónok gyakorlati alkalmazásainak vizsgálatára a választott területeken. A kutatás módszertana bemutatja a kutatás tervezését, az adatgyűjtési módszereket és az adatanalízis módszereit. Emellett a kutatási részben két konkrét területre összpontosítok:

- a vadgazdálkodásra,
- és a napelemek teljesítményoptimalizálására.

Ezek a területek keresztül kívánom bemutatni a hőkamerás drónok gazdasági és műszaki előnyeit, és azok, a műszaki menedzsmentben betöltött szerepét. A kutatási adatokat elemezve kívánom megérteni a drónok általi munkaerő-helyettesítés gazdasági előnyeit és a technológia hatékonyságának értékelését.

Végül, a dolgozat összefoglaló része az egész kutatás fő megállapításait és az iparágban való alkalmazhatóságát foglalja össze. Ezen kívül javaslatokat teszek további kutatásokra és fejlesztésekre a drón technológia és a hőkamerák területén. A dolgozat célja, hogy hozzájáruljon a drónok gazdasági alkalmazásainak és a műszaki menedzsmentben betöltött szerepének jobb megértéséhez, valamint a drón technológia jövőbeli alkalmazásainak és fejlesztésének tervezéséhez.

Várhatóan a hőkamerás drónok különleges jelentősége a kutatásban rávilágít arra, hogy a technológiai innováció milyen mértékben képes támogatni a gazdasági és műszaki fejlődést. Az eredmények remélhetőleg hasznos inputot nyújtanak a drónokkal kapcsolatos politikai döntéshozatal és a technológia gyakorlati alkalmazása számára.

2. SZAKIRODALMI HÁTTÉR

2.1. A drón technológiai alapok bemutatása

2.1.1. Történeti áttekintés és technológiai fejlődés

A drónok története sokkal összetettebb és gazdagabb, mint azt sokan gondolnák. Az első feljegyzett alkalmazásuk 1849-ben volt, amikor az osztrákok léggömböket használtak Velence bombázására (Gross, 2023). Ez volt az első ismert eset, amikor pilóta nélküli repülőgépeket (UAV) alkalmaztak hadviselési célokra. Azóta is számos mérföldkövet értünk el a drón technológiában.

Az alábbi táblázat áttekintést ad a drónok fejlődéséről:

Év	Drón modell	Figyelemre méltó jellemző
1917	Légi célpont	Az első felismert drón
1918	Kettering Bug	Az első rádióvezérlésű repülőgép
1935	DH.82B Méhkirálynő	A "drone" kifejezés ihlette
1960	MQM-57 Falconer	Légi felderítés
1990	Gnat 750	Fejlett felügyeleti képességek
2001	RQ-1 Predator	Katonai használatra felfegyverkezve
2010	Papagáj AR.Drone	Az első fogyasztói drón

1. táblázat Drónok fejlődése (Forrás: Gross,2023 alapján)

Az első távirányítós repülőgép a brit királyi haditengerészet által 1917-ben használt Aerial Target volt. Ezt légvédelmi kiképzésre szánták. Azóta a drónok hosszú utat tettek meg, és alkalmazási területeik is szignifikánsan bővültek. (Gross, 2023)

Az első drón egy rádióvezérlésű repülőgép volt, amelyet " Kettering Bogárnak " neveztek, Charles Kettering találta fel az Egyesült Államokban az első világháborúban. Ez a találmány megnyitotta az utat az UAV fejlesztése előtt a következő években. (Gross, 2023)

Az első Quadcopter, vagyis négyszárnyú helikopter, 1907-ben született Louis Brequet és Jacques Breguet együttműködésével. Bár ez a modell nem volt tökéletes, mindössze két lábnyira tudott felszállni a talajtól, mégis az innováció kezdetét jelölte. A további fejlődések eredményeként az első stabil Quadcopter 1920-ban repült fel, amelyet Etienne Omnichen tervezett. Ezek stabilizálása után újabb mérföldköhöz értünk a pilóta nélküli repülés történetében. A háborúk pedig mindig is motorjai voltak a technológiai fejlődésnek; a drónok esetében is ez volt a helyzet. (Beal, 2023)

A 20. század második felében a dróntechnológia egyre inkább a katonai alkalmazások felé orientálódott. 1939-ben az Egyesült Államok létrehozta az első távirányítós repülőgépet, a "Radioplane OQ-2"-t, és az 1973-ban létrejött izraeli "Mastiff" drón már videóadatok továbbítására is képes volt. Az 1994-ben debütált MQ-1 Predator drón az iraki és afganisztáni légierő feladataira is használt, és az első fegyveres drónsapások is ezen technológia felhasználásával történtek 2001-ben. (Beal, 2023)

De nem csak a katonai alkalmazások területén láthatunk komoly fejlődést. A 21. század elején a drónok egyre szélesebb körben terjedtek el a civil életben is. 2006-ban például a kereskedelmi alkalmazások megjelentek, az emberek peszticidek permetezésére és csővezetékek vizsgálatára kezdték használni őket. A 2010-es Parrot AR Drone már okostelefonnal vezérelhető volt, és 2013-ban a DJI több mint egy milliárd dolláros bevételt termelt a drónokkal.

A technológia fejlődésének mérföldköve az 2018-ban megjelent Ehang 184, az első utasszállító drón volt. És ne feledkezzünk meg a 2020-as COVID-19 pandémiáról sem, amikor drónokat használtak fertőtlenítő és egészségügyi felszerelések szállítására. (Beal, 2023) Ez a fejlődési ív szemlélteti, hogy a drónok sokkal többet jelentenek, mint egy egyszerű játékszer vagy hobbieszköz. Kezdetben katonai alkalmazásokra fejlesztették ki őket, de mára már számos civil és kereskedelmi hasznosítási lehetőségük van, a mezőgazdaságtól az egészségügyig, és még az utasszállításban is fontos szerepet kaphatnak a jövőben. Az MDPI-n a Drone Design and Development című szakaszban például a drónok tervezésével és fejlesztésével foglalkoznak, ahol számos kutatás lelhető fel a témával kapcsolatban (MDPI, dátum nélk.).

A kutatások a drónok különböző méreteivel és típusaival, valamint azok alkalmazási területeivel foglalkoznak, beleértve a légi, vízi, tengeri és űrkörnyezetet is.

Műszaki menedzser szemmel nézve a drónok nem csak egy-egy iparágat, hanem az egész gazdaságot és társadalmat is formálni képes eszközök. Az ágazatok közti szinergiák, az új üzleti modellek és a szabályozási kihívások mind olyan területek, ahol a menedzsmentnek aktívan részt kell venni a drón technológiák integrálásában. A dinamikus fejlődés miatt a vállalatoknak és szervezeteknek folyamatosan naprakészeknek kell lenniük, és alkalmazkodniuk az új technológiai trendekhez. A drónok menedzsmentje tehát nem csupán egy technikai kérdés, hanem sokkal inkább egy komplex, üzleti és társadalmi tényezőkkel is átszótt kihívás.

2.1.2. Drón kategóriák és típusok

A drónok technológiai fejlődése nem csupán a repülőipar, hanem számos egyéb terület, például az építőipar, mezőgazdaság, és a biztonságtechnika szempontjából is figyelemre méltó. Elsőként érdemes az alapvető kategóriákat és típusokat megvizsgálni.

Kategória	Alkalmazási Terület
Fogyasztói drónok	Fotózás, videózás, szabadidős tevékenységek
Ipari drónok	Térképezés, mezőgazdasági monitorozás, felmérések
Kutatási drónok	Tudományos kutatás, környezetfigyelés
Kereskedelmi drónok	Szállítmányozás, raktározás
Katonai drónok	Felderítés, támadás, védelem
Hőkamerás drónok	Hőképek készítése, ipari monitorozás

2. táblázat Drónok kategóriái (Forrás: saját szerkesztés)

A Alex Eliott szerint az egyik legszélesebb körben elterjedt kategória a fogyasztói drónok, melyek főként fotózási és videózási célra használatosak. Ezzel szemben az ipari drónok komolyabb feladatokra, mint például térképezés vagy mezőgazdasági monitorozás, lettek tervezve. (Elliott, 2017)

A hagyományos munkaerő helyettesítésében a drónok különösen nagy hatékonysággal bírnak. Vegyük például a hőkamerás drónokat, ezeket Alex Elliott is hosszan tárgyalja könyvében, amelyek az épületek hőszigetelésének vizsgálatában vagy az ipari folyamatok monitorozásában nélkülözhetetlenek. Egy ilyen drón képes rövid idő alatt átfogó képet adni egy-egy helyzetről, jelentős idő- és költségmegtakarítást eredményezve, amit hagyományosan emberi munkaerővel csak nagy erőforrások áldozásával lehetne elvégezni. (Elliott, 2017)

Továbbá a drónok adatainak elemzése is gyors és hatékony lehet, melynek köszönhetően a műszaki menedzsmentben is számos területen alkalmazhatók. Lehetőség van például valós idejű döntéshozatalra, mely javítja az üzemeltetési hatékonyságot és az erőforráskihasználást. (Alwateer, Loke, & Fernando, 2021) A hőkamerás drónok esetében kiemelkedően fontos ez a gyorsaság, például veszélyes anyagok szivárgásának gyors felismerése és lokalizálása esetén. Ez a technológia különösen hasznos lehet katasztrófhelyzetekben, ahol a gyors reagálás létfontosságú lehet. (Garnica-Peña & Alcántara-Ayala, 2021).

A drónoknak az iparágak gazdasági hatékonyságára gyakorolt hatása is jelentős. Az idő- és költségmegtakarítás mellett a munkahelyi balesetek számának szignifikáns csökkenése is tapasztalható, különösen azokon a területeken, ahol magas kockázatú vagy nehezen hozzáférhető munkákat végeznek. (Rennie, 2022) Ilyen például az építőipar, ahol a hőkamerás drónok segítségével csökken az emberi hibázás kockázata, de más típusok más területen jeleskednek, amit a 3. táblázat is jól mutat.

Típus	Jellemzők	Példa alkalmazások
Multirotor	Több rotor, könnyű manőverezés	Fotózás, videózás
Fixszárnyú	Nagyobb sebesség, hosszabb repülési idő	Térképezés, kutatás
Hőkamerás	Beépített hőkamera, speciális monitorozás	Épületellenőrzés, kutatás
VTOL (Függőleges felszállás és leszállás)	Kombinálja a multirotor és fixszárnyú előnyeit	Gyors reakció, szállítmányozás
Racing drónok	Nagy sebesség, agilitás	Versenyzés, szabadidő
Alacsony magasságban dolgozó	Korlátozott repülési magasság, rövid távolságok	Raktározás, belső tér felmérése
Nagy magasságban dolgozó	Nagy repülési magasság, hosszú távú repülés	Meteorológiai kutatás
Víz alatti drónok	Vízálló, speciális navigációs rendszerek	Víz alatti kutatás, mentés
Autonóm drónok	Önálló navigáció és döntéshozatal	Felderítés, monitorozás

3. táblázat Drónok típusai (Forrás: saját szerkesztés)

A drónok jelenléte az iparágakban már önmagában is a technológia fejlődését és modernizációját tükrözi (Kangunde, Jr., & Theophilus, 2021). Egyre több vállalat ismeri fel a technológia adta lehetőségeket és integrálja a drónokat az üzleti folyamatokba. A jövőbeni fejlesztéseknek köszönhetően valószínű, hogy a drónok alkalmazási köre tovább fog bővülni.

Véleményem szerint a drónok sokrétű alkalmazása jelentős mértékben hozzájárul a menedzsment és az ipar hatékonyságának növeléséhez. A különböző típusú és funkciójú drónok, különösen a hőkamerás változatok, az idő és költségmegtakarítás mellett a munkahelyi biztonságot is növelik. A technológia fejlődésével ezek az előnyök várhatóan még inkább kiaknázhatók lesznek, így a drónok a közeljövőben is alapvető elemei lesznek több különféle iparágnak.

2.1.3. Jogszabályi és szabályozási keretek

A drónok új lehetőségeket kínálnak a gazdaság és az ipar számára, amelyek kiaknázása azonban komoly jogi és szabályozási kihívásokkal jár együtt. A drónokkal kapcsolatos jogszabályok elsősorban a légi forgalom biztonságának, a magánélet védelmének és a tulajdonjogok tiszteletben tartásának biztosítására törekszenek. A nemzetközi és helyi szintű jogszabályok és szabályozások ismerete nélkülözhetetlen egy műszaki menedzser számára, hogy a drón technológiát hatékonyan és törvényesen alkalmazza.

2020. december 31-től a nemzeti drónszabályokat szabványos európai előírások váltották fel. A cél egy valóban egy harmonizált, a legmagasabb szintű biztonsággal rendelkező drónpiac létrehozása volt Európában. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy amint egy drón üzemeltetője megkapta az engedélyt a nyilvántartási államától, szabadon mozoghat az Európai Unióban (Struwe, 2020).

A drónműveleteket az (EU) 2019/945 felhatalmazáson alapuló bizottsági rendelet és az (EU) 2019/947 (módosított) bizottsági végrehajtási rendelet szerint kell végrehajtani. ((EU) 2019/945, 2019) ((EU) 2019/947, 2019) Az Európai Unió Légi Biztonsági Ügynöksége (EASA) adja a nemzetközi jogi kereteket a drónok használatára az EU területén. (EASA, É.n.)

Az EASA három kategóriába sorolja a drónokat:

- nyitott,
- Specifikus,
- és tanúsított,

kockázati szintjük alapján (EASA). Az alacsony kockázati szintű drónok esetében nincs szükség előzetes engedélyezésre, míg a magasabb kockázatú drónok esetében előzetes engedélyeztetés és tanúsítvány is szükséges. Az EASA szabályozásai az összes EU tagállamra érvényesek, és egységes rendelkezéseket biztosítanak a drónok regisztrációjára, azonosítására és működési feltételeire vonatkozóan (EASA, É.n.). Magyarországon a drónok működtetése engedélyezett, azonban a drónpilótáknak regisztrálniuk kell magukat és a drónjaikat is (Varga & Kovács, 2021).

A regisztráció után be kell tartani a repülési szabályokat, amelyek meghatározzák a maximális repülési magasságot, a repülési távolságot, és a drónok használatának korlátozásait bizonyos területeken, például lakott területeken, repülőterek közelében és éjszaka.

Hasonlóan az EU szabályozáshoz, Magyarországon is három kategóriába sorolják a drónokat. A drónpilótáknak és a drónjaiknak regisztrálniuk kell magukat a Magyar Légügyi Hatóságnál (GDAT). (Építési és Közlekedési Minisztérium, 2023) A regisztráció után a drónpilótáknak be kell tartaniuk a repülési szabályokat, valamint, egyes esetekben vizsgát is kell tenniük a jogosultságuk megszerzése érdekében.

A regisztrációt követően az alábbi szabályokat kell tehát betartani: (38/2021.(II.2.) Korm.rendelet a pilóta nélküli állami légi járművek repüléséről)

- A drónok maximum 50 méteres (170 láb) talaj- vagy tengerszint feletti magasságban repülhetnek a nyitott kategóriában, és 120 méterig (400 láb) a specifikus kategóriában. (A Polgári Repülési Minisztérium mentességet adhat bizonyos kategóriájú drónok üzemeltetőinek.)
- Közvetlen vizuális kapcsolat szükséges a drónnal, és a működési távolság nem haladhatja meg az 500 métert.
- Kerülni kell a lakott területekhez vagy lakóépületekhez való túl közel repülést.
- Egy kilométeres biztonsági ütközőzónát a szükséges fenntartani a lakóterületek körül.
- Hacsak a tulajdonos/személy nem járul hozzá, 500 méteres biztonsági távolságot kell tartani az elszigetelt épületektől, emberektől, járművektől, állatoktól és más építményektől.
- Kerülni kell a drónrepülést repülőterek és helikopter leszállópályák közelében. Ez legalább nyolc kilométeres a repülőterektől, és három kilométeres távolság betartást követel a helikopter leszállópályáktól a biztonság érdekében.
- Drónnal éjszaka soha nem szabad repülni.
- Tilos katonai létesítmények, közüzemi létesítmények, régészeti lelőhelyek, köz- vagy magánlétesítmények felett, azon belül vagy közelében repülni.

További szabályozások és követelmények is érintik a drónok használatát, például a biztosítás és a regisztrációs díjak területén. A kereskedelmi célú drónműködtetés esetében kötelező a biztosítás, míg a hobbi drónpilóták számára ez ajánlott, de nem kötelező. A drónok regisztrációjához Magyarországon díjat kell fizetni, amelynek összege 3,250 forint. (drone-laws.com, É.n.)

A megfelelő engedély nélküli drónrepülések a három szabálysértési kategória egyikébe tartoznak. A bírságok 0 és 300 000 euró között mozognak. A júniusi új törvények egy része megkísérli egységesíteni a bírságok kiszabását. Például a hatóságok büntetőeljárást indíthatnak, ha egy drónpilóta valaki életét fenyegeti vagy veszélyezteti. (drone-laws.com, É.n.)

Összességében elmondható, hogy a fent bemutatott szabályozások és követelmények szükségesek ahhoz, hogy a drónokat biztonságosan és felelősségteljesen működtessük, és minimalizáljuk a kockázatokat a légi forgalomra, az emberekre és a tulajdonra nézve. A műszaki menedzserként való hatékony alkalmazásukhoz elengedhetetlen a jogi és szabályozási környezet pontos ismerete és a követelmények betartása.

2.2. Hőkamera technológia ismertetése

2.2.1. A hőkamera működési elve

A hőkamerák működési elve a passzív érzékelés, amely azt jelenti, hogy képesek rögzíteni az infravörös sugárzást anélkül, hogy maguk is sugárzást bocsátanak ki. Ez jelentős különbséget mutat a hagyományos vagy optikai kamerákhoz képest, amelyek a látható fény tartományában érzékelnek és képesek rögzíteni a fényt, amely visszaverődik az objektumokról. Az infravörös sugárzás, amelyet a hőkamerák rögzítenek, közvetlenül az objektumok hőmérsékletétől függ, és ezáltal a hőmérsékleti különbségeket is vizuálisan megjelenítik egy képen (Xinfrared, dátum nélk.).

A normál kamerák a látható fény tartományában működnek, és a fény hullámhosszától függően különböző színeket rögzítenek. Az optikai kamerák képei színesek lehetnek és részletesek, de nem képesek hőmérsékleti információkat szolgáltatni. Ezzel szemben a hőkamerák fekete-fehér vagy színes hőtérképet készítenek, amelyek a hőmérsékleti különbségeket ábrázolják különböző színekkel (Xinfrared, dátum nélk.).

A hőkamera lencséből, hőérzékelőből, feldolgozó elektronikából és mechanikus házból áll. Az objektív az infravörös energiát az érzékelőre fókuszálja. Az érzékelő különféle pixelkonfigurációkkal készülhet, 80×60 és 1280×1024 pixel vagy több között. Ez a kamera felbontása. (FLIR, 2020)

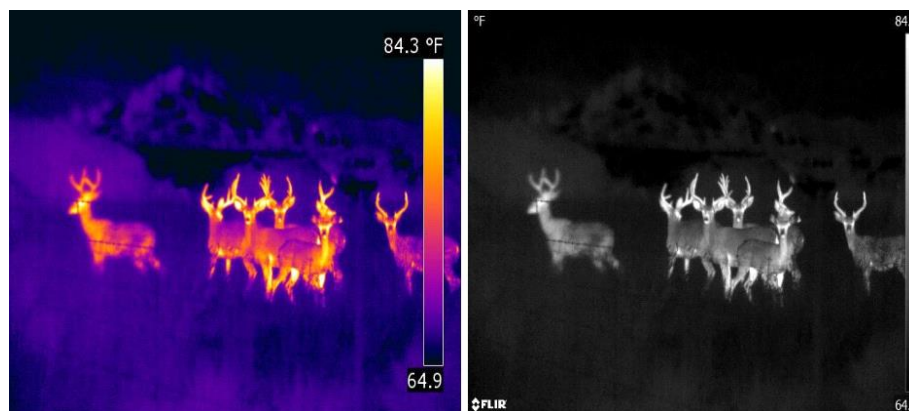
Ezek a felbontások a látható fény képalkotóihoz képest alacsonyak, mivel a hőérzékelőknek olyan energiát kell érzékelniük, amelynek a hullámhossza sokkal nagyobb, mint a látható fény, ezért minden érzékelőelemnek lényegesen nagyobbak kell lennie. Ennek eredményeként a hőkamerák általában sokkal kisebb felbontásúak (kevesebb pixel), mint az azonos mechanikai méretű látható érzékelők. (FLIR, 2020)

Gade és Moeslund cikkéből kiderül, hogy az infrakamerákat kezdetben katonai alkalmazásokra fejlesztették ki, például éjszakai látás és megfigyelés céljából. Ebben az alkalmazásban kihasználták a technológia képességét, hogy láthatóvá tegye azokat az objektumokat, amelyek a sötétségben a hagyományos kamerák számára láthatatlanok lennének. A hőkamerák azonban ma már számos egyéb alkalmazásban is hasznosak, köszönhetően annak, hogy a technológia ára jelentősen csökkent az évek során.

A hőkamerák alkalmazásai közé tartozik az ipari ellenőrzés, ahol segítségükkel meg lehet

találni a gépek és berendezések hőmérsékleti anomáliáit, valamint az épület-diagnosztika, ahol a hőveszteség helyeit és a hőszigetelés hiányosságait lehet azonosítani. (Gade & Moeslund, 2014)

Ezen kívül, a hőkamerák a kutatási és tudományos területeken is hasznosak lehetnek, például a környezeti monitorozásban és az állatok vagy növények hőmérsékleti viszonyainak tanulmányozásában. A hőkamerás drónok használata a vadvilágkutatásban számos előnnyel jár. Egy kutatás szerint a hőkamerás drónok hatékonyak lehetnek a vadállományok becslésében. A kutatás során a drónokat fehér szarvasok (*Odocoileus virginianus*) populációinak felmérésére használták, és a drónok által becsült állománysűrűség 78%-a volt a valós értéknek. Ez meghaladta a legtöbb, ember által végzett légi felmérés során tapasztalt látási valószínűséget. (Beaver, Baldwin, Messinger, & Newbolt, 2020).



4. ábra: Ugyanaz a kép hőkülönbséggel jelenik meg az ironbow és a fehér-fekete alkalmazáspalettán (Forrás: (FLIR, 2020))

Az 1. ábrán látható, hogy az infravörös kamerával érzékelt hő nagyon pontosan mérhető, ami sokféle alkalmazást tesz lehetővé. A hőkamera képes észlelni az apró hőkülönbségeket – akár $0,01^{\circ}\text{C}$ -ot is –, és megjeleníteni azokat szürke árnyalatokban vagy különböző színpalettákkal. (FLIR, 2020)

Az ilyen alkalmazások lehetővé teszik a kutatók számára, hogy jobban megértsék a környezeti tényezők hatásait és azok interakcióit a vizsgált objektumokkal.

Az elektromágneses spektrum megértése kulcsfontosságú a hőkamerák működésének megértéséhez, mivel ezek a kamerák az infravörös (IR) tartományban érzékelnek sugárzást. Az elektromágneses spektrum különböző tartományokra van osztva hullámhossz alapján, amelyek közül a látható fény tartománya a 400-700 nanométer közötti hullámhosszakat foglalja magában. Az infravörös tartomány a látható fény tartománya fölött helyezkedik el, és két al-tartományra oszlik: az alacsony energiájú, hosszabb hullámhosszú közeli infravörös (NIR, 700-1400 nanométer) és a magasabb energiájú, rövidebb hullámhosszú közepes és távoli infravörös (MIR és FIR, 1400 nanométer felett, általában 3-14 mikrométerig terjedően). (Vollmer, 2022)

A hőkamerák általában a közepes és távoli infravörös tartományban érzékelnek sugárzást, és ezt a sugárzást konvertálják vizuális képpé. Minden objektum, amelynek hőmérséklete az abszolút nulla felett van (0 Kelvin vagy -273,15 Celsius), elektromágneses sugárzást bocsát ki, és annak spektruma az objektum abszolút hőmérsékletétől és emisszivitásától függ. Az emisszivitás egy mértékegység nélküli szám, amely 0 és 1 között van, és az objektum képességét jelzi a sugárzás kibocsátására vagy elnyelésére a hőmérsékletétől függően. (Vollmer, 2022)

A hőkamerák infravörös érzékelői az objektumok által kibocsátott infravörös sugárzást érzékelik, és ezt a sugárzást konvertálják egy vizuális képpé, amely a hőmérsékleti információkat színek vagy szürkeárnyalatok segítségével jeleníti meg. (Sarawade & Charniya, 2018) A termikus képek feldolgozása lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy lássa és értékelje az objektumok közötti hőmérsékleti különbségeket. Mint láhattuk, egy hőkamera képes azonosítani a hőmérsékleti különbségeket akár 0,1 Celsius-fok pontossággal is, lehetővé téve a felhasználó számára, hogy lássa, hol vannak a melegebb és hűvösebb területek egy adott területen vagy felületen.

A hőkamerák működési elvének megértése véleményem szerint kritikus a katonai, ipari, épület-diagnosztikai és tudományos alkalmazások szempontjából, ahol a hőmérsékleti információ és a hőmérsékleti különbségek megértése és vizualizálása létfontosságú, de bármely műszaki szakembernek, aki ezekkel a rendkívüli eszközökkel kerülnek kapcsolatba munkájuk során, is fontos információkkal bír.

2.2.2. Integráció drónokkal

A hőkamera technológia drónokkal történő integrációjával kapcsolatos szakirodalom általában három fő területre koncentrál: a hőkamerák technológiai fejlődése és miniatürizálása, különböző iparágakban történő alkalmazásuk, és a hőkamerákat tartalmazó drónok működési elvei.

A modern hőkamerák fejlődése és a számítógépes látás területén elért előrehaladás nagymértékben hozzájárult a hőkamera technológia drónokkal történő integrációjának lehetővé tételéhez. A korábbi években a hőkamerák mérete, súlya és költsége gyakran korlátozta azok alkalmazását drónokon, különösen a kisebb, hordozható drónok esetében, amelyek gyakran súly- és méretkorlátozásokkal rendelkeznek. Az új generációs hőkamerák méretének csökkenése, gyakran csak néhány centiméter hosszúak és szélesek, lehetővé teszi, hogy könnyen integrálhatók legyenek kisebb drónokba is. Ezen felül, a hőkamerák súlya is jelentősen csökkent, gyakran kevesebb mint 500 gramm, ami alapvető fontosságú a drónok súlykorlátainak megfelelően. (Nguyen, Rosser, & Chahl, 2021)

A technológia fejlődésének és a gyártási költségek csökkenésének köszönhetően a hőkamerák költsége jelentősen csökkent az elmúlt években, ami széles körű elérhetőséget és alkalmazást tesz lehetővé. (John, 2021) A hőkamerákhoz való hozzáférés növekedése és a költségek csökkenése lehetővé tette a technológia széleskörű alkalmazását, és ösztönözte az innovációt ezen a területen. Ezenkívül a számítógépes látás és az algoritmusok fejlődése lehetővé tette a drónok számára, hogy élőben értelmezzék és feldolgozzák a hőkamerák által rögzített adatokat. Az új algoritmusok, például a mélytanulás és a gépi tanulás, lehetővé teszik a gyors és automatizált képfeldolgozást, ami időt és erőforrásokat takarít meg. (Nguyen, Rosser, & Chahl, 2021)

A hőkamerák és érzékelők technológiai fejlődése, például a nem-hűtött mikrobolométeres technológia alkalmazása, lehetővé tette a hosszabb működési időt és a nagyobb érzékenységet, még kisebb és könnyebb kialakítás mellett is. Ez a fejlődés hozzájárult ahhoz, hogy a hőkamerák hatékonyabbak és megbízhatóbbak legyenek, ami alapvető fontosságú a drónokkal történő integráció szempontjából.

A drónok technológiai fejlődése, beleértve a jobb akkumulátor-technológiát és az erősebb propellereket, lehetővé tette a nagyobb terhelésű eszközök, például hőkamerák hordozását anélkül, hogy a repülési idő jelentősen csökkenne. (Nguyen, Rosser, & Chahl, 2021)

Ezeknek a fejlesztéseknek köszönhetően a hőkamerák és drónok kombinációja ma már számos iparágban és alkalmazásban elterjedt, és a jövőben további innovációk és fejlesztések várhatóak ezen a területen, amelyek tovább bővítik a technológia alkalmazási lehetőségeit és javítják a drónokkal végzett hőképfelvétel hatékonyságát és pontosságát (DSLR Pros, 2023). A technológiai előrelépések révén a drónokkal ellátott hőkamerák a jövőben még hatékonyabban járulhatnak hozzá különböző iparágak és kutatási területek céljainak eléréséhez.

A hőkamerák és drónok kombinációjának ipari alkalmazása a technológiai fejlődés és a költséghatékonyság igénye miatt vált egyre népszerűbbé. A drón technológia fejlődésével párhuzamosan a hőkamerák költsége is jelentősen csökkent, és a miniatürizált kamerák bevezetése lehetővé tette a drónokkal történő integrációt. Ezen faktorok együttesen hozzájárultak ahhoz, hogy a vállalatok és kutatóintézetek számára elérhetővé váljanak ezek az eszközök, ami új lehetőségeket teremtett a pontosság, hatékonyság és biztonság növelése terén az ipar számára (Nooralishahi, és mtsai., 2021).

Az egyik kulcsfontosságú terület, ahol a hőkamera-drón kombináció kiemelkedően hasznos, az a termelés és a felügyelet. Például az ipari létesítményekben és raktárakban a drónok hőkamerákkal felszerelve képesek felderíteni a hőveszteséget, meghibásodásokat vagy a berendezések túlmelegedését, ami időben történő karbantartást és javítást tesz lehetővé. Az ilyen típusú alkalmazások segíthetnek a vállalatoknak csökkenteni az üzemeltetési költségeket és növelni az erőforrások hatékonyságát. (Stoyanov, 2023)

Továbbá, a mezőgazdaság és a precíziós gazdálkodás területén is jelentős lehetőségek rejlenek a hőkamerás drónok alkalmazásában. A mezőgazdasági területeken a drónok képesek felmérni a talaj hőmérsékletét és a növényzet állapotát, ami hasznos információkat szolgáltat a gazdáknak a termés állapotáról és a talaj egészségéről. Emellett, a hőkamerák segítségével a drónok képesek felmérni a vízforrások eloszlását és a talaj nedvességét, ami kulcsfontosságú az öntözési tervek optimalizálásában és a vízgazdálkodás hatékonyságának javításában. (Stoyanov, 2023)

A kutatás és fejlesztés területén a drónokkal integrált hőkamerák lehetővé teszik a kutatók számára, hogy gyorsan és költséghatékonyan gyűjtsenek adatokat különböző környezeti és ipari feltételek mellett. A drónok hőkamerákkal való felszerelése lehetővé teszi az élőben történő adatrögzítést és elemzést, ami jelentősen felgyorsítja a kutatási folyamatokat és javítja az adatgyűjtés pontosságát és megbízhatóságát. (Stoyanov, 2023)

A hőkamera-drón kombináció egy másik fontos alkalmazása a biztonsági és felügyeleti szektorban található, ahol a drónok képesek nagy területeket gyorsan felügyelni és monitorozni, és azonnali visszajelzést adni a biztonsági személyzet számára a rendellenességekről vagy veszélyekről. A hőkamerák lehetővé teszik a drónok számára, hogy éjszaka és rossz látási körülmények között is működjenek, ami növeli a biztonsági rendszerek hatékonyságát és rugalmasságát. (Stoyanov, 2023)

Látható, hogy a hőkamerák és drónok kombinációja ma már számos iparágban és alkalmazásban elterjedt, és a jövőben további innovációk és fejlesztések várhatóak ezen a területen, amelyek tovább bővítik a technológia alkalmazási lehetőségeit és javítják a drónokkal végzett hőképfelvétel hatékonyságát és pontosságát. A technológiai előrelépések révén a hőkamerával ellátott drónok a jövőben még hatékonyabban járulhatnak hozzá különböző iparágak és kutatási területek céljainak eléréséhez.

A drónok és hőkamerák kombinációja a természetvédelem és a mezőgazdaság területén is rendkívül ígéretes technológiai előrelépést jelent. Egy tanulmányban például a szerzők olyan rendszert alkalmaztak, amelyben a drónokra szerelt hőkamerák és a mesterséges intelligencia segítette a mezőgazdasági területeken található madárfészkek lokalizálását. Ez a megközelítés nem csak a fészkek pontos lokalizálását teszi lehetővé, hanem a területi információk gyűjtését és elemzését is, amelyek hozzájárulnak a természetvédelmi és mezőgazdasági döntéshozatalhoz (Santangeli, és mtsai., 2020).

Egy másik esetben kutatók egy csoportja, a Malajziában található Sepilok Orangutan Rehabilitation Centre területén végzett kutatásokat hőkamerás drónok segítségével, amelyben borneói orángutánok egy igen nagy, 41 egyedet számláló csoportját vizsgálta sikeresen, esetekben nehéz, párás körülmények között is. (Burke és mtsai.,2018)

Végezetül, de nem utolsósorban a hőkamerák és drónok integrációja kiváló eszközt biztosít a pontos mezőgazdasági monitorozás és térképezés számára, amelyek lehetővé teszik a termelők számára, hogy pontosabban felmérjék a talaj állapotát és a növényzet egészségét. Ezáltal képesek meghatározni az öntözési és trágyázási igényeket, valamint azonosítani a kártevők és betegségek jelenlétét. A madárfészkek védelme és a vadvilág monitorozása is alapvető fontosságú az ökoszisztémák egészségének és sokféleségének megőrzése szempontjából, és a drónokkal végzett hőképfelvételek segíthet a természetvédelmi szakembereknek megérteni a vadvilág és a mezőgazdasági területek közötti kölcsönhatásokat. (Santangeli, és mtsai., 2020)

A rendszer teljesítménye azonban befolyásolható a helyi időjárási körülmények, a terület típusa és a drón magassága által (Gao, és mtsai., 2021). Például, a rossz időjárási körülmények, mint a sűrű köd vagy eső, csökkenthetik a hőkamera érzékenységét és pontosságát, míg a túlzottan magas vagy alacsony repülési magasság szintén befolyásolhatja a képek minőségét és a rendszer hatékonyságát.

A hőkamerákkal felszerelt drónok alkalmazása továbbá lehetővé teszi a mezőgazdaság ökológiai lábnyomának csökkentését is, mivel a pontos adatgyűjtés révén a gazdálkodók jobban alkalmazkodhatnak a környezeti feltételekhez, és csökkenthetik a termesztés negatív hatásait a környezetre. A technológia lehetővé teszi a hatékonyabb víz- és erőforrás-gazdálkodást, valamint segíti a természetvédelmi erőfeszítéseket a vadvilág és élőhelyeik megőrzése érdekében. (Sun, és mtsai., 2021)

A fenti információk alapján látható, hogy a hőkamerák drónokkal történő integrációja számos iparágban és kutatási területen alkalmazható. Az új generációs hőérzékelők méretének és súlyának csökkenése, valamint a drón technológia fejlődése lehetővé tette a hőkamerák széles körű alkalmazását, a mezőgazdaságtól kezdve az ipari felügyeleten át a természetvédelemig. Azonban további kutatásra és fejlesztésre van szükség annak érdekében, hogy a technológia teljes potenciálját kiaknázhassák, és a drónokkal ellátott hőkamerák hatékonyabban járulhassanak hozzá a különböző szektorok céljainak eléréséhez.

2.2.3. Hőkamerás drónok előnyei és hátrányai

Az alábbi 4. táblázatban összeszedtem a hőkamerás drónok előnyeit és hátrányait, beleértve a mesterséges intelligencia (AI) alkalmazását is ezen a területen:

Előnyök	Hátrányok
Pontosság és hatékonyság: A hőkamerák segítségével a drónok pontosan mérhetik a hőmérsékleti különbségeket és térképezhetik a területeket, ami növeli a monitorozás és felmérés hatékonyságát.	Költségek: A hőkamerás drónok és az AI technológia magas beszerzési és üzemeltetési költségeket jelenthet.
Éjszakai és rossz látási körülmények javítása: A hőkamerák lehetővé teszik a drónok számára az éjszakai és rossz látási körülmények közötti működést.	Technikai korlátok: A hőkamerák érzékenyek lehetnek a külső hőforrásokra és időjárási körülményekre.
Korai felismerés és megelőzés: Korai felismerés és megelőzés lehetséges az ipari karbantartás és felügyelet terén.	Jogi és adatvédelmi aggodalmak: Jogi és adatvédelmi aggályok merülhetnek fel a magánélet és a személyes adatok védelme terén.
Gyors és hatékony adatgyűjtés: Gyors és hatékony adatgyűjtés lehetséges nagy területeken.	Képzés és képességek: Specializált képzés és technikai ismeretek szükségesek a hatékony használatához.
Környezeti monitoring és védelem: Jelentős előrelépés a környezetvédelmi monitorozásban és védelemben.	Hosszú távú fenntarthatóság: Hosszú távú fenntarthatósági és karbantartási kihívások merülhetnek fel.
Mesterséges Intelligencia (AI): Az AI segítségével a drónok és hőkamerák intelligens adatelemzést és automatizált döntéshozatalt tehetnek lehetővé, növelve a rendszer hatékonyságát és pontosságát.	Energiafogyasztás: A hőkamerák és az AI növelhetik a drónok energiafogyasztását, ami rövidebb repülési időt eredményez.
Kockázatcsökkentés: Az emberi beavatkozás szükségességének csökkentése által jelentős kockázatcsökkentés érhető el veszélyes vagy nehezen hozzáférhető területeken.	Kompatibilitás és integrációs kihívások: Nem minden drón kompatibilis a hőkamera technológiával, és az integráció technikai kihívásokat jelenthet.

5. táblázat A drónok előnyei és hátrányai (Forrás: saját szerkesztés)

A hőkamerás drónok technológiája jelentős előrelépést hozott a térképezés, monitorozás és adatgyűjtés területein. A hőkamerák segítségével a drónok képesek pontosan mérni a hőmérsékleti különbségeket és feltérképezni a területeket, ami jelentősen növeli a monitorozás és felmérés hatékonyságát. (Gazagne, Gray, Ratajszczak, Brotcorne, & Hambuckers, 2023) Ezzel egyidejűleg azonban a hőkamerás drónok magas beszerzési és üzemeltetési költségeket is jelentenek, ami korlátozza azok elérhetőségét és alkalmazását, különösen a költségérzékeny szektorokban és régiókban.

Az éjszakai és rossz látási körülmények közötti működés egy másik előny, amit a hőkamerás drónok kínálnak. (Bhattarai & Thompson, 2023) A hőkamerák lehetővé teszik a drónok számára, hogy éjszaka és rossz látási körülmények között is működjenek, ami növeli a drónok alkalmazhatóságát és rugalmasságát a különböző felhasználási területeken. Ugyanakkor a technikai korlátok, mint a külső hőforrások és az időjárási körülmények érzékenysége, befolyásolhatják a hőkamera képminőségét és pontosságát, ami korlátozza a technológia hatékonyságát bizonyos körülmények között.

A hőkamerás drónok alkalmazásával a korai felismerés és megelőzés is lehetséges, amely már korábban többször említett ipari karbantartás és felügyelet terén jelent jelentős előrelépést. A gyors és hatékony adatgyűjtés, amit a hőkamerás drónok tesznek lehetővé, kifejezetten csökkenti az emberi erőforrások szükségességét nagy területeken, ami idő- és költségmegtakarítást eredményez. (Sheard, dátum nélk.) Ezzel egyidejűleg azonban jogi és adatvédelmi aggályok merülnek fel a magánélet és a személyes adatok védelme terén. A drónok és hőkamerák alkalmazása gyakran jogi és etikai kérdéseket vet fel, amelyek korlátozhatják a technológia alkalmazását és elfogadását.

Az AI integrációja tovább fokozza a hőkamerás drónok hatékonyságát és pontosságát, amely intelligens adatelemzést és automatizált döntéshozatalt tesz lehetővé. A mesterséges intelligencia alkalmazása növeli a drónok és hőkamerák alkalmazási területeit és elősegíti a technológia továbbfejlesztését. Ugyanakkor az AI és a hőkamerás drónok kombinációja további energiafogyasztást eredményez, ami rövidebb repülési időt és korlátozott üzemidőt eredményez, ami csökkenti a rendszer hatékonyságát és alkalmazhatóságát. (Santangeli, és mtsai., 2020)

Véleményem szerint a hőkamerás drónok jelentős potenciált kínálnak a különböző iparágakban és alkalmazási területeken, különösen a környezetvédelem és ipari monitorozás terén. Azonban a magas költségek és a jogi kihívások jelentős korlátot képeznek a technológia szélesebb körű alkalmazásában és elfogadásában. Az energiamegtakarítás és a hosszú távú fenntarthatóság terén is további fejlesztések szükségesek a hőkamerás drónok hatékonyabb és költséghatékonyabb alkalmazása érdekében.

3. KUTATÁSI ELEMZÉS ÉS EREDMÉNYEK

3.1 Kutatás módszertana

A drónok mint a technológiai fejlődés egyik legdinamikusabban fejlődő ágának képviselői, mára elengedhetetlen eszközei lettek sok modern gazdasági és műszaki vállalkozás életének és menedzsmentjének. Kutatásom ebben a kontextusban azt a célt szolgálja, hogy feltárja a drón technológia gazdaságban és iparágban betöltött szerepét, különösen a hőkamera technológiát integráló drónok aspektusából. Vizsgálni szeretném a drónok hagyományos munkaerőt helyettesítő képességeit, az ezzel járó előnyöket, valamint a technológia modernizációjához és a gazdasági hatékonysághoz való hozzájárulását.

Az ipari alkalmazásokra fókuszálva a vadgazdálkodás területén a drónokra szerelt hőkamerák képesek állatokat a sűrű növényzeten keresztül is észlelni, ami hatékonyabbá teszi a populációkezelést és a vadászati tevékenységek tervezését. A kutatás során érintett szakértők véleménye alapján a technológia bevezetése nemcsak időbeli, hanem pénzügyi megtakarítást is eredményezhet, ami közvetlenül befolyásolja a szektor gazdasági mutatóit.

A napelemes rendszerek teljesítményoptimalizálása szintén egy olyan terület, ahol a drónok hőkamerákkal kiegészített alkalmazása forradalmasítja a karbantartási folyamatokat. Az egyes napelemek állapotának drón segítségével történő vizsgálata lehetővé teszi az esetlegesen alacsony hatékonysággal működő egységek azonnali azonosítását és cseréjét.

A kutatás során tervezett szakértői interjúk elemzésével nem csak a drón technológia jelenlegi alkalmazási lehetőségeit kívánom feltárni, hanem a munkaerő-helyettesítésben rejlő gazdasági előnyök potenciálját is kívánom vizsgálni.

A kutatás módszertanában kvantitatív és kvalitatív elemzéseket egyaránt alkalmazok majd. A kvantitatív adatok a drónok használatának több aspektusból vizsgált hatékonyságát, míg a kvalitatív adatok a technológia műszaki menedzsmentben való alkalmazhatóságát és az érintettek attitűdjét is hivatottak megmutatni. A kutatás így képes lesz többdimenziós képet adni a vizsgált területekről és a hőkamerás drónok sokoldalú alkalmazásáról.

A kutatás eredményei alapján a dolgozat összefoglaló része a fő megállapításokat tárja fel, és ajánlásokat fogalmaz meg a technológia további kutatásai és fejlesztési irányai számára.

Ezzel a kutatás nem csupán a jelenlegi helyzetet dokumentálja, hanem a drón technológia és a hőkamerák potenciális fejlődési útvonalaira is rávilágít. A cél, hogy a drónok gazdasági alkalmazásai és az iparágban betöltött szerepe jobban megérthető és előremutató legyen, miközben a technológia jövőbeli alkalmazásainak és fejlesztési lehetőségeinek tervezését is segíti.

3.2. Vadgazdálkodás mélyinterjú

3.2.1. Az állomány drónalapú dinamikájának elemzése

Az 1. számú mellékletben található egy, a Jász-Nagykun Szolnok vármegyei hivatásos vadással, aki a Kossuth Vadásztársaság tagja, 2023. 09. 12-én szóban, személyesen lefolytatott interjú írásos kivonata. A megkérdezésre előzetes időpontegyeztetés alapján, telefonon került sor, mely írásban rögzítésre került. A kérdezett szakértő nyugodtan viselkedett és igyekezett minden kérdésre válaszolni. A beszélgetés időtartama körülbelül 90 perc volt.

Ennek alapján a következő megállapítások tehetők:

A vadgazdálkodásban a drónok használata forradalmasítani képes a monitorozási és elemzési módszereket, mivel kiterjedt területek bejárása földi úton jelentős idő- és energiaigényt jelentene. A drónok gyorsan és hatékonyan képesek az állomány dinamikájának elemzésére, főleg, ha speciális szenzorokkal vannak ellátva. A DJI MAVIC 3 T drón esete megmutatja, hogy a gyárilag szerelt hőkamera, széles látószögű kamera és RTK modul együttes használatával pontos megfigyelést és elemzést lehet végezni, ami kiemelkedő jelentőséggel bír az állatok észlelésében és az ökológiai változások követésében.

A megfigyelési területek kiválasztásánál fontos, hogy a szakember ismerje a területet, és tudjon reagálni az ad hoc információkra, mint például a vadmozgások vagy vadkárok. A helyes területi döntések létfontosságúak a megfigyelési eredmények pontossága és relevanciája szempontjából, hiszen a vadak mozgásmintája és az érintett területek kiterjedése alapján alakulhatnak ki a mintavételi pontok.

A használt technológia, mint a hőkamera és a magas felbontású kijelzők, a drónokon lehetővé teszi, hogy a megfigyelő real-time képet kapjon a megfigyelt területről, ami jelentős előnyt jelent az állatok azonosítása és számlálása során. A DJI Thermal Analysis Tool 3.0 szoftver használata pedig az adatok későbbi feldolgozását és ellenőrzését teszi lehetővé, ami a pontosságot és a megbízhatóságot növeli.

Az állomány méretének és egészségi állapotának meghatározásában a drónalapú módszerek megbízhatósága kulcsfontosságú. A drónokkal végzett felmérés eredményei összehasonlíthatóak lehetnek a szakértő személyes megfigyeléseivel, ami azt jelenti, hogy a drónok megfigyelő képessége elérheti, vagy akár meg is haladhatja a hagyományos módszereket.

A környezeti és időjárási tényezők jelentős hatással lehetnek a drónok működésére és az adatgyűjtés minőségére. A szélsőséges hőmérsékletek, az eső és más időjárási körülmények korlátozhatják a drónok használhatóságát, és befolyásolhatják az akkumulátor élettartamát és teljesítményét.

A megfigyelések gyakorisága és azok időzítései adaptívak, a felhasználó igényeihez és a feladat sajátosságaihoz igazodnak. A vármegye több előre meghatározott területén végzett heti többszöri repülések lehetővé teszik a folyamatos monitorozást, legyen szó a nappali vagy az esti órákról, mind a vadgazdálkodás, mind az illegális tevékenységek ellenőrzése céljából.

Az állomány viselkedésére és stressz szintjére gyakorolt hatások is fontos szempontok. A drónok zajkibocsátása zavarhatja az állatokat, ami viselkedésük megváltozásához vezethet. A folyamatos monitorozás és adatgyűjtés során tehát kiemelten kell figyelni arra, hogy az állomány természetes viselkedését minél kevésbé zavarjuk meg.

A vadgazdálkodásban a drónok használata összességében növelheti a hatékonyságot és javíthatja a vadállomány menedzsmentjét, de a módszer bevezetése során alapos tervezést és a helyi viszonyokhoz való igazítást igényel. A technológia fejlődésével egyre több lehetőség nyílik meg a pontosabb és részletesebb adatgyűjtésre, amely hozzájárulhat a vadgazdálkodási gyakorlatok további finomításához.

A mélyinterjú során megfogalmazott gazdasági kérdések és válaszok elemzése alapján a drónalapú megfigyelési rendszer bevezetésével és fenntartásával kapcsolatos költségek és előnyök a következőképpen határozhatók meg:

A drónalapú rendszer bevezetésével jelentkező kezdeti költségek magukban foglalják a berendezés beszerzési értékét, amely az alany esetében 2-2,5 millió forint volt, állami támogatás általi 50%-os fedezettel.

A beszerzési költségek nagy mértékben függenek attól is, hogy milyen jellegű és szintű felhasználásra vásároljuk az eszközt, de összességében megállapítható, hogy a magasabb szintű ipari, gazdasági felhasználhatóságra alkalmas kereskedelmi forgalomban kapható drónok könnyen elérhetik a több millió forintos beszerzési árat is. Számolni kell az üzemeltetési és karbantartási költségekkel is, amelyek magukban foglalhatják az akkumulátorok cseréjét, amelyek darabja típustól függően több tízezer forinttól, több százezer forintig is terjedhet (Pl.: Dji Mavic 3 -87.000 ft , Dji Agras T30 -683.000 ft). Ezen felül szoftverfrissítésekkel is amelyek hardvercsomagtól függően, sok esetben ingyenesen, de olykor több tízezer forintba is kerülhetnek. Továbbá a pilóták képzését és munkadíját is figyelembe kell vennünk, amelyek iparági szempontból eltérőek lehetnek, egy Növényvédelmi drónpilóta képzés ára akár 7-800.000 ft-ba is kerülhet.

A hagyományos megfigyelési és monitorozási módszerekkel összehasonlítva a drónok jelentős költségmegtakarítást eredményezhetnek, mivel a hagyományos módszerek magas egyszeri díjakat vonnak maguk után, amely magában foglalhatja a szakember vagy szakemberek kiszállási, és munkadíját és az egyéb költségeket. Ezek az árszabások szakemberenként, területenként és megtett távolság szerint is változhatnak, de nagyrészt a 50 és 200.000ft közötti árkatégória a jellemző.

A hagyományos módszerek alkalmazásával ellentétben a drónokat vásárlás után többszörösen lehet használni, ami hosszú távon gazdaságosabbá teheti a megfigyelési folyamatokat.

A gazdasági előnyök közé tartozik a munkaidő és fizikai erőfeszítés csökkenése, a pontosabb állomány és területi eloszlás felmérése, valamint az ember-állat konfliktusok jobb szabályozhatósága. Mindezek az előnyök javítják az állomány menedzsmentjét, aminek köszönhetően hatékonyabbá válik a vadgazdálkodás.

Az állomány dinamikájának jobb megértése által a drónalapú megfigyelés közvetlenül segítheti a gazdálkodást, az állomány számának és állapota pontosabb felmérése révén pedig a vadállomány értékének pontosabb becslésére is lehetőség nyílik.

Az ilyen típusú adatgyűjtés a földhasználati döntésekben és a vadászati kvóták kialakításában is segíthet, ami jobb gazdálkodási döntésekhez vezethet.

A drónalapú megfigyelés turisztikai potenciálra gyakorolt hatásától eltekintve, amely nem változott jelentősen, a megfigyelési technológia pénzügyi megtérülésével kapcsolatban arra konklúzióra jutottam az alany átlításai alapján, hogy a folyamat drónokkal való modernizációja konkrét számadatokban nehezen érzékeltethető, hiszen a technológia legnagyobb kifizetődése nehezen konvertálható számadatokra, azonban az állomány változásainak gazdasági tevékenységekre gyakorolt hatása és a drónalapú adatgyűjtés segítsége pozitívan értékelhető, hiszen az adatok pontossága, a folyamat biztonságosabbá tétele és a befektetett fizikai munka csökkenése miatt a gazdálkodási költségek csökkennek, amely növeli a jövedelmezőséget.

3.2.2. Adatok értelmezése és menedzsmenti ajánlások

Az interjú alapján elmondható, hogy a drón technológia alkalmazása a vadgazdálkodásban jelentős előnyöket és kihívásokat rejt magában. A vadász szemszögéből nézve a drónok használata a munkaerőt részben képes helyettesíteni, különösen olyan területeken, ahol a hagyományos módszerekkel történő megközelítés és monitorozás időigényes vagy fizikailag nehéz és megerőltető lenne. E tekintetben a technológia bevetése a folyamat szempontjából jelentős hatékonyságnövelést és költségmegtakarítást jelenthet.

A drónok előnyei közé tartozik a gyors és hatékony adatgyűjtés képessége. A hőkamera, a széles látószögű kamera és az RTK modul együttes használata lehetővé teszi a precíz megfigyelést és elemzést, amely alapvető fontosságú az állatok észlelésében és az ökológiai változások követésében. A munkafolyamat szempontjából kiemelkedő jelentőségű a DJI Thermal Analysis Tool 3.0 szoftver alkalmazása, mivel ez a pontosabb és megbízhatóbb adatok feldolgozását teszi lehetővé.

A menedzsment szempontjából fontos a drónalapú megfigyelés bevezetésének tervezése és a helyi viszonyokhoz való igazítása is. Ennek érdekében figyelembe kell venni az időjárási tényezőket, amelyek befolyásolhatják a drónok működését és az adatgyűjtés minőségét.

A tervezési szakaszban a műszaki menedzser feladata, hogy mérlegelje az ilyen kockázatokat és biztosítsa a megfelelő infrastruktúra és tudásbázis meglétét a zökkenőmentes operációkhoz.

Az egyik fő technikai korlát, amelyet az interjú alany is kiemelt, az az időjárási körülmények változékonysága. A drónok hatékonysága jelentősen csökkenhet rossz időjárási viszonyok között, mint például erős szél, eső vagy köd, ami korlátozhatja a területi felügyeletet és az adatgyűjtést. Ebből adódóan a menedzsmentnek alternatív megfigyelési stratégiákat is kell kidolgoznia az ilyen helyzetek kezelésére.

A vadgazdálkodás szempontjából a drónok bevezetése növelheti a hatékonyságot, és javíthatja a vadállomány menedzsmentjét, ám kiemelt figyelmet kell fordítani a vadak viselkedésére gyakorolt hatásokra is. A drónok vadakra gyakorolt lehetséges negatív hatása fontos szempont. Bár a technológia elvileg lehetővé teszi a vadállomány zavartalan monitorozását, ha nem megfelelően használják, akkor stresszt okozhat az állatoknak, ami zavarhatja természetes viselkedésüket és élőhelyük használatát. A menedzsment feladata, hogy biztosítsa a drónok olyan használatát, amely minimálisan zavarja az állatokat, ezzel megőrizve természetes viselkedésüket.

A gazdasági szempontok elemzésekor meg kell vizsgálni a drónalapú rendszer bevezetésének kezdeti és fenntartási költségeit. A 2-2,5 millió forintos berendezésbeszerzési költség, amelyet állami támogatás is segíthet, mellett mérlegelni kell az üzemeltetési és karbantartási költségeket is. A technológia magas költségei – még állami támogatás mellett is – jelentős beruházást igényelnek, amely kis méretű vagy kevésbé tőkeerős gazdálkodók számára elérhetetlen lehet. A menedzsmentnek meg kell fontolnia a megtérülési időt és az esetleges pénzügyi kockázatokat, különösen abban az esetben, ha a technológia gyors elavulása miatt rendszeres frissítésekre van szükség. Viszont a hagyományos módszerekkel összehasonlítva a drónok hosszú távú gazdaságosságot ígérnek, hiszen többszörösen felhasználhatóak és csökkentik a munkaidőt, fizikai erőfeszítést.

A kutatás rámutat, hogy a szaktudás hiánya is jelentős kihívást jelenthet. A műszaki menedzsernek nemcsak a drónok üzemeltetéséhez, hanem az adatok elemzéséhez és értelmezéséhez is szüksége van megfelelő képzettségre. Ha ez a tudás nem áll rendelkezésre, akkor a drón technológia alkalmazása nem hozhatja meg a várt előnyöket.

Egy másik kritikus aspektus a jogi szabályozás. A drónhasználatra vonatkozó jogszabályok gyakran változnak, és egyes esetekben korlátozhatják a drónok alkalmazásának területeit és módjait. A menedzsmentnek naprakésznek kell lennie a jogi előírásokkal, hogy elkerülje a jogi következményeket.

Menedzsmenti ajánlásokat tekintve, ajánlott egy összetett és stratégiai tervezési folyamatot követni, amely integrálja a drónalapú megfigyelést a vadgazdálkodás meglévő gyakorlataiba. Ennek során figyelembe kell venni az összes releváns szabályozást és biztonsági előírást, hogy a drónhasználat legális és etikus keretek között történjen.

A vadgazdálkodás műszaki menedzsmentjének kialakítása során is kiemelt jelentőségű, hogy a drón technológia integrációjára vonatkozó stratégiai tervezés összhangban legyen a fenntarthatóság és a hatékonyság elvével. Ennek érdekében a következő menedzsment ajánlásokat fogalmaznám meg:

- A menedzsmentnek biztosítani kell, hogy a személyzet megfelelő képzésben részesüljön, amely nemcsak a drón kezelését, hanem az adatértékelés és -elemzés technikáit is magában foglalja. Ezt támogatni kell folyamatos továbbképzésekkel és szakértői konzultációkkal.
- Fejlesszenek ki egy részletes kockázatkezelési tervet, amely az időjárási viszonyokra, technológiai meghibásodásokra és egyéb váratlan eseményekre is felkészül. Ennek magában kell foglalnia az alternatív megfigyelési módszereket és vészhelyzeti protokollokat.
- Alaposan tájékozódjanak a vonatkozó jogszabályokról és etikai irányelvekről, és tartsanak fenn egy szabályozási megfelelőségi rendszert, hogy a drónhasználat mindig a legfrissebb előírásoknak megfelelően történjen.

- Állapítsanak meg egy rendszeres karbantartási és frissítési ütemtervet, amely biztosítja, hogy a drónok és a hozzájuk tartozó szoftverek mindig a legfrissebb állapotban legyenek, ezáltal csökkentve a meghibásodások kockázatát és maximalizálva az operációs hatékonyságot.
- Tartsanak fenn átlátható kommunikációs csatornákat az érintettekkel, beleértve a helyi közösségeket, a vadgazdálkodási hatóságokat és más érdekelt feleket. Ez elősegíti a bizalom építését és a kezdeményezés szélesebb körű elfogadását.
- Készítsenek elő egy változáskezelési tervet, amely segít a szervezetben belül a technológiai és működési változások zökkenőmentes bevezetésében.
- Vegyék figyelembe a drónok környezeti hatását, és dolgozzanak ki olyan gyakorlatokat, amelyek minimalizálják a vadállományra és élőhelyükre gyakorolt negatív hatást.
- Rendszeresen értékeljék a drónokkal végzett műveletek hatékonyságát és pontosítsák a műveleti protokollokat a gyakorlatban szerzett tapasztalatok alapján.
- A drónok használatával járó potenciális kockázatok ellensúlyozása érdekében biztosítási megoldásokat is célszerű mérlegelni, amelyek fedezik a technológiai berendezések esetleges károsodását vagy a műveletek során keletkező nem várt költségeket.
- Maradjanak továbbra is nyitottak az új technológiákra és innovatív megoldásokra, amelyek tovább fejleszthetik a vadgazdálkodási műveleteket és növelhetik a drónok hasznosításának hatékonyságát.

Ezek a részletekbe menő ajánlások segíthetnek a menedzsmentnek abban, hogy kiaknázzák a drón technológia adta lehetőségeket, miközben csökkentik a hátrányokat és a kockázatokat, így elősegítve a vadgazdálkodás hatékony és fenntartható jövőjét.

Bár az interjú, annak elemzése és értelmezése a vadgazdálkodás területére koncentrál, az itt alkalmazott technológiák és ajánlott menedzsment módszerek más területeken, például mezőgazdaságban vagy természetvédelemben is hasznosíthatóak. Azonban mindig szem előtt kell tartani, hogy a technológia bevezetése nem pótolja, hanem kiegészíti a szakértelemet és az emberi döntéshozatalt.

3.3. Napelemek teljesítményoptimalizálása drónok segítségével

3.3.1. A napelemeket vizsgáló cég értékesítőjének mélyinterjú elemzése

A megbeszélés, aminek során a kérdéseimet feltehettem a ABZ Drone Kft. egyik régi alkalmazottjának és megbecsült értékesítőjének, 2023. 10. 11-én történt egy telefonos beszélgetés formájában. A cég nagyon elismert a napelemek felmérése, telepítése és karbantartása területén. Az interjú a bemutatkozást követően, nyílt hangulatúvá vált, bár a 2. számú mellékletben olvasható teljes interjúkivonatból látható, hogy a válaszoknál sok esetben nagyon óvatosan fogalmaz az alany.

Az interjú első részének elemzése során figyelembe kell venni az ABZ Drone Kft. által használt technológiákat és azok alkalmazási módjait a napelemek karbantartásában. Az interjúból kiderül, hogy a cég többféle drónt és szenzort használ hibás napelem cellák azonosítására, amelyek között megtalálhatóak a DJI és Yuneec termékei is, mint a Mavic 3 Enterprise, Matrice 30 és 350, valamint az Yuneec H520 és H850 modellek. A használt drónok egy része hőkamerás és optikai szenzorokkal van felszerelve, melyek képesek az elvégzett mérések és a vizuális vizsgálatok során az anomáliák azonosítására.

Az adatgyűjtés során az AI és manuális képelemzés kombinációját alkalmazzák, ami azt jelenti, hogy a hibák azonosítása automatizált módszerek és szakértői áttekintés révén történik. Ez nagymértékben növelheti a hibák azonosításának pontosságát, és csökkenti az emberi tényezőtől eredő hibalehetőségeket.

A drónok használatának hatását a karbantartási költségekre nem tudják pontosan összehasonlítani, mivel csak a drónos felmérés költségei ismertek, de az interjúból kiderül, hogy az ügyfelek a módszer gyorsaságát kiemelten értékelik, ami indirekt módon utalhat a költségek és idő megtakarítására.

A drónok képességét, akárcsak a vadászat során láthattuk, az időjárás és a terep is befolyásolja, ahol a csapadékmentesség és a csendes szélviszonyok kritikusak lehetnek a minőségi adatgyűjtéshez. Ez azt mutatja, hogy a drónalapú vizsgálatok nem mindig kivitelezhetőek, és a tervezést rugalmasan kell kezelni az időjárási viszonyoknak megfelelően.

Az adatmegosztás és kommunikáció terén az interjú során viszonylag kevés konkrét információt kaptam, ám az kiderült, hogy a felmérések ezen aspektusában a szoftverek általi szinte azonnali képzéskészítés és a szakember tapasztalton alapuló gyors megállapításai fontos aspektusai lehetnek a drónos felméréseknek, hiszen az adatok hatékony átadása és feldolgozása kulcsfontosságú a karbantartási folyamatokhoz és azok gazdaságosságához. A technológiai fejlesztések és tréningek terén a vállalat aktívan részt vesz az oktatásban és képzésben is amelyet, a cég profilja révén házon belül képes eszközölni igen magas szinten. A piaci fejlesztésekre vonatkozóan nem rendelkeznek előre látható információkkal, ám a cég törekszik, az elérhető legfejlettebb eszközökkel dolgozni ezáltal is biztosítva a versenyképességüket.

A finanszírozási lehetőségek említése fontos, hiszen a lízing és pályázati támogatások jelentős mértékben segíthetik a drónalapú megoldások elterjedését és megfizethetőségét. A jogi és etikai kereteket szabályozó rendeletek és törvények pontos ismertetése az interjúban rávilágít, hogy a drónalapú napelem karbantartás komoly szabályozási háttérrel bír, amelyeket a drón operátoroknak és a szolgáltatást nyújtó cégeknek egyaránt be kell tartaniuk.

Az eddigi tapasztalatok kiértékelése alapján megállapítható, hogy a drónalapú napelem vizsgálat előnyei között szerepel a gyorsaság, valamint a biztonság, ám ezek mellett érdemes a gazdasági kérdésekre is fókuszálni.

A drónok használata a napelemes rendszerek karbantartásában jelentős mértékben csökkentheti a működési és karbantartási költségeket, elsősorban azért, hogy hatékonyabbá és gyorsabbá teszi a hibák azonosítását és a rendszer állapotának felmérését. A drónokkal végzett vizsgálatok sokkal kevesebb időt és emberi erőforrást igényelnek, mint a hagyományos módszerek. Emellett csökkenthetik azokat a veszteségeket is, amelyek a hibás napelemekből adódhatnak, hiszen a gyorsabb hibaaazonosítás lehetővé teszi, hogy az adott panelek ne maradjanak hosszú ideig kihasználatlanul vagy alacsonyabb hatékonyságú működésben.

A drónok beszerzési és üzemeltetési költségeiről szólva fontos megjegyezni, hogy bár a technológia viszonylag magas kezdeti befektetést igényel, (a hasonló projektekhez használt drónok bekerülési ára a több millió forintot is elérheti) ezek a költségek hosszú távon megtérülhetnek azáltal, hogy csökkentik a szükséges munkaerőt és a karbantartási időt.

A piac résztvevői között igen nagy eltérések lehetnek a szolgáltatás árszabásában, hiszen egy ilyen árajánlat elkészítésénél sok mindent figyelembe kell venni, többek között a cég tapasztalatát, szakértelmét, az eszközök költségeit, vagy természetesen a vizsgálni kívánt terület nagyságát is.

Kijelenthető, hogy a drónok általi hibafeltárásból adódó költségmegtakarítás, valamint a célzott karbantartási munkálatok és az üzemzavarok gyorsabb elhárítása pénzügyi előnyökhöz vezethet.

Általánosan megközelítve a vizsgálatok hagyományos és drónos kivitelezését a következő módon arányosíthatóak egymáshoz a direkt nagyságrendi költségek:

Hagyományos módszerrel végzett vizsgálat jellemzői:

- Ebben az esetben emberi, fizikai munkaerőt kell alkalmaznunk, amely az ezzel járó költségeket magától értetődő módon növeli, egy erre a célra alkalmazott szakember fizetése, járulékai, munka és munkavédelmi eszközei, (Pl:kézi hőkamera) akár a havi 5-600.000 ft-ot is elérheti, nem is beszélve a kezdeti eszközberuházások volumenéről, vagy az utazási költségekről.
- A hagyományos vizsgálat elvégzése gondosabb tervezést, és óvatosabb fizikai megközelítést igényel, amely sok esetben csak egyes panelek eltávolításával lehetséges, ez hatalmas idővesztést jelenthet a folyamat szempontjából
- A harmadik és egyben legfontosabb szempont a biztonság, ugyanis az esetek nagy százalékában ezek a napelemrendszerek nehezen elérhető, magas helyekre vannak telepítve, így ezen rendszerek megközelítése megfelelő szakértelem, és felszerelés hiányában kivitelezhetetlen és balesetveszélyes.

A drónnal végzett ellenőrzés jellemzői:

- Ebben az esetben a munkát végző szakembernek nem szükséges fizikailag megközelítenie a paneleket, hiszen a drón használatával a vizsgálat biztonságos környezetből is elvégezhető. Az imént elhangzott költségek legtöbbje itt is fennáll, azonban a befektetett fizikai munka és idő arányában ez a megközelítés nagy mértékben gazdaságosabb.

Az induló költségek nagyságrendileg 2-3 millió forint körül is alakulhatnak, viszont időarányosan sokkal gyorsabb megtérülés várható.

- A vizsgálat drónnal való elvégzése nem igényli a megközelítési terv kidolgozását, valamint esetlegesen a panelek eltávolítását, hiszen fizikailag sokkal egyszerűbben meg tudja közelíteni a vizsgálni kívánt felületet.
- Mivel a vizsgálat biztonságos környezetből végezhető, a munkavégzés közbeni balesetek kockázata hatalmas mértékben csökkenthető

Egy költség-haszon analízis során az interjú alapján a fontos gazdasági mutatókat, mint a megtérülési idő (ROI), a működési és karbantartási költségek, valamint a hibák miatt kiesett bevétel mértékét kell figyelembe venni.

A gazdasági kockázatok és korlátozások között szerepelhetnek a technológiai fejlődésből adódó elavulás kockázata, a változó szabályozási környezet, valamint az esetleges magas kezdeti befektetések. Ugyanakkor a drónok által nyújtott energiahatékonyság növelése jelentős pénzügyi megtakarítást eredményezhet, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a napelemes rendszerek hatékonyságának növelése közvetlenül befolyásolja az energiatermelést és így a bevételeket is.

Ami a jövőbeli gazdasági előnyöket illeti, a drón technológia fejlődése és szélesebb körű alkalmazása további költségcsökkentést és hatékonyságnövelést hozhat a napelemes rendszerek üzemeltetésében. Ezek az előnyök lehetővé tehetik a vállalatok számára, hogy növeljék a napelemek által generált energia mennyiségét és minőségét, miközben csökkentik az ehhez szükséges beruházásokat és működési költségeket.

3.3.2. Adatok értelmezése és javaslatok a drónok használatának hatékonyságnövelésére

Az ABZ Drone Kft. által alkalmazott dróntechnológia értékelése a napelemek karbantartási folyamatában kritikus jelentőséggel bír. A különböző típusú drónok, mint például a Mavic 3 Enterprise, a Matrice 30 és 350, valamint az Yuneec H520 és H850 modellek, a hőkamerás és optikai szenzorokkal felszerelt rendszerek integrációját tükrözik, melyek a vizsgálatok során kiemelkedően hatékonyak az anomáliák azonosításában. Az AI és a manuális képelemzés kombinálása pedig jelentős előrelépés a hibafelismerés pontosságában és az emberi tényezőből eredő hibák minimalizálásában. Az ABZ Drone Kft. által használt drónok és szenzorok ismertetése az interjúban ugyan alapvető információkat nyújt, de nem ad betekintést abba, hogy ezek a technológiák mennyiben állnak különösen előnyösen a piacon lévő többi opcióhoz képest.

A technológiai innovációk és a pénzügyi megtérülés kapcsolatának vizsgálata során további kutatási lehetőség volna a piaci versenytársak hasonló megoldásaival való összevetés.

Az ügyfelek által értékelt gyorsaság kiemelése fontos tényező, mely indirekt módon utalhat az idő és költségmegtakarításra.

Ezzel szemben a vizsgálatok időjárési körülményektől való függősége korlátozó tényezőként jelenik meg, mely előre nem látható akadályokat állíthat az adatgyűjtés elé és flexibilis tervezést igényel. A drónok használata az időjárési és földrajzi korlátok miatt nem univerzális megoldás, ami azt jelenti, hogy a drónok nem minden esetben helyettesíthetik a hagyományos karbantartási módszereket.

Bár a technológiai fejlesztések és a tréningek területén kevés információt kaptam, a finanszírozási lehetőségek említése pozitív aspektusként kerül előtérbe. A jogi és etikai keretek részletes ismertetése pedig hangsúlyozza a tevékenység szabályozott mivoltát és a vállalatok felelősségét.

A gazdasági hatások elemzésénél figyelembe kell venni a drónok üzemeltetéséből származó költség- és időmegtakarítást, ami hosszú távon pozitív megtérülést eredményezhet. A technológiai elavulás, a változó szabályozási környezet és a magas kezdeti befektetések jelentette kockázatok mellett, a növekvő energiahatékonyság komoly gazdasági előnyöket hordozhat a jövőben, amennyiben a vállalatok képesek lesznek kihasználni a drón technológia fejlődésének adta lehetőségeket.

Az interjú elemzése során tehát megállapítható, hogy az ABZ Drone Kft. által alkalmazott dróntechnológia a napelemek karbantartásában jelentős előrelépést képvisel a gyorsaság és a hibafelismerés pontosságának tekintetében, azonban további kutatásra és adatgyűjtésre van szükség a költség-haszon elemzés pontosításához, valamint a jövőbeli gazdasági előnyök és kockázatok részletes feltérképezéséhez.

Az ABZ Drone Kft. által alkalmazott dróntechnológia műszaki menedzsment szemszögből történő hatékonyságnövelése érdekében számos lépést lehet megfontolni. Először is, kulcsfontosságú a különböző drónmodellek és szenzorok teljesítményének folyamatos értékelése, hogy megállapíthassuk, mely eszközök nyújtják a legjobb eredményeket a napelemek állapotfelmérésében. Ez azt jelenti, hogy az esetlegesen jobban teljesítő, de talán drágább technológiák hosszú távú megtérülését is figyelembe kell venni. Az innováció nem csupán a karbantartás gyorsaságában és pontosságában rejlik, hanem a gazdasági hatékonyságban is. Ebben az összefüggésben célszerű lehet egy olyan döntéstámogató rendszer bevezetése, amely segíti a vállalatot abban, hogy a különféle technológiai megoldások közül a legjobb ár-érték arányút válassza.

Másodszor, a műszaki menedzsmentnek proaktívan kell kezelnie a drónok időjárési körülményektől való függőségét. A tervezés során figyelembe kell venni az időjárési előrejelzéseket, és kidolgozni egy olyan ütemtervet, amely rugalmasan alkalmazkodik az időjárás változékonyságához. A földrajzi információs rendszerek (GIS) és időjárás-előrejelző szoftverek integrálása a drónvezérlésbe javíthatja a missziók tervezését és végrehajtását.

Harmadsorban, az ügyfelek által értékelt gyorsaság és a költségmegtakarítás közötti összefüggés kiaknázása érdekében a vállalatnak javítania kell a munkafolyamatokat és a kommunikációs csatornákat.

A hatékony munkafolyamat-kezelés és az ügyfélkezelés szoftverek integrálása elősegítheti, hogy a gyűjtött adatok gyorsabban kerüljenek feldolgozásra és az eredmények hamarabb eljussanak a döntéshozókhoz és az ügyfelekhez.

Negyedszer, a karbantartási folyamatok optimalizálása érdekében elengedhetetlen a személyzet folyamatos képzése a legújabb dróntechnológiák kezelésére és a releváns jogi keretek betartására. Emellett a vállalatnak folyamatosan figyelemmel kell kísérnie a technológiai trendeket és szabályozási változásokat, hogy időben alkalmazkodhasson a piaci és jogi környezet változásaihoz.

Végül, az interjú alapján kiderült, hogy a technológia elavulása és a változó szabályozások jelentette kockázatok kezelése is kiemelt fontosságú. A vállalatnak stratégiai tartalékokat kell képeznie a technológiai frissítések és potenciális jogi kihívások kezelésére, miközben kihasználja a növekvő energiahatékonyság által hordozott gazdasági lehetőségeket. A vállalatnak előrelátóan kell befektetnie a technológiai innovációba, hogy megtarthassa versenyelőnyét, és maximalizálja a dróntechnológia adta lehetőségeket.

4. Összefoglalás

4.1. A kutatás fő megállapításai

A drón technológia vadgazdálkodásban betöltött szerepének kutatása alapján több dimenzióban is vizsgálhatóak a fő megállapítások. A drónok alkalmazása munkaerő-helyettesítő képesség tekintetében bizonyos feladatok elvégzésénél jelentős hatékonyságot és időmegtakarítást eredményezhet. Az ilyen feladatok közé tartozhat a terepi megfigyelés, a számlálás és az adatgyűjtés, ahol a hagyományos módszerek időigényesek vagy fizikailag megerőltetőek. Az ilyen tevékenységek drónok általi ellátása különösen előnyös lehet nehezen hozzáférhető területeken, ahol az emberi jelenlét korlátozott vagy veszélyes lehet.

A drónok előnyeit a műszaki menedzsment szemszögéből vizsgálva kiemelkedik a hatékonyság növelése és a gazdasági előnyök, különösen a hőkamerás rendszerek használata esetén. A hőkamerás drónok képesek az élőlények észlelésére akár nehezen látható körülmények között is, mint például éjszakai időszakban vagy növényzettel borított területeken. Ez a fajta adatgyűjtési képesség jelentős előrelépést jelent az állatpopulációk monitorozása és a vadvilág menedzsmentje szempontjából, hiszen az adatok gyorsan és pontosan feldolgozhatóak, akár reálidőben is.

A műszaki menedzsment modernizációjához való hozzájárulásukat tekintve a drónok új lehetőségeket teremtenek a döntéshozatali folyamatok és a területi menedzsment finomításában. A pontos és megbízható adatok elengedhetetlenek a vadpopulációk egészségének és a területi viszonyoknak az értékeléséhez, így a drónok képesek az adatgyűjtési és feldolgozási folyamatokat jelentősen meggyorsítani és megbízhatóbbá tenni. Ezáltal a vadgazdálkodási stratégiák fejlesztése és alkalmazása is pontosabbá és hatékonyabbá válhat.

Az iparági gazdasági hatékonyságra gyakorolt hatás tekintetében, bár a berendezésbeszerzési és fenntartási költségek jelentősek, a drónok hosszú távú megtérülése ígéretes. A technológia képes csökkenteni a munkaerő- és időigényes feladatok költségeit, valamint növelni a munkafolyamatok sebességét és precizitását.

Ugyanakkor a műszaki menedzsment előtt álló kihívásokat nem szabad figyelmen kívül hagyni. Az időjárási körülmények, a szaktudás hiánya, valamint a jogi szabályozás folyamatos változásai mind olyan tényezők, amelyek befolyásolhatják a drón technológia hatékony bevetését a vadgazdálkodásban. Ezek az akadályok szükségessé teszik a megfelelő képzési és infrastrukturális intézkedéseket, valamint a jogi környezet pontos ismeretét és annak megfelelő alkalmazását.

Az ABZ Drone Kft. által használt dróntechnológia értékelése a napelemek karbantartásában az ipar egyik úttörőjeként azonosítható, ahol a különféle típusú drónok és azok fejlett szenzorrendszerei kiemelkedő hatékonyságot mutatnak. A Mavic 3 Enterprise, a Matrice 30 és 350, valamint az Yuneec H520 és H850 modellek hőkamerás és optikai szenzorokkal vannak felszerelve, amelyek képesek a napelemek állapotának pontos diagnosztizálására és az azokban keletkező anomáliák azonosítására. A vizsgálatok során nyújtott magas hatékonyság nem csak a hibák gyors felderítésében, hanem a karbantartási folyamatok optimalizálásában is megnyilvánul.

Az AI és a manuális képelemzés kombinálása révén a pontosság javulása mellett a hibák minimalizálása is megvalósul, ami a karbantartási folyamatok hatékonyságát növeli. Ezzel szemben az interjúk alapján nem nyerhető ki, hogy az ABZ Drone Kft. alkalmazta technológiák mennyiben különböznek a piacon lévő egyéb megoldásoktól, ami megnehezíti a teljes piaci előnyök megítélését.

Az ügyfelek által dicsért gyorsaság közvetetten az idő- és költségmegtakarítást sugallja, ami különösen fontos a napelemek karbantartási hatékonyságának szempontjából.

A drónok használatának időjárási körülményektől való függősége megemlíti az adatgyűjtés korlátait és az előre nem látható körülményekből adódó kihívásokat, amelyek rugalmas és adaptív karbantartási stratégiákat követelnek meg. Ez azt jelenti, hogy bár a drónok számos esetben képesek hatékonyan helyettesíteni a hagyományos karbantartási módszereket, azok nem alkalmazhatók minden helyzetben.

A finanszírozási lehetőségek és a jogi keretek megemlítése a vállalat átláthatóságát és felelősségteljes működését hangsúlyozza, ami kulcsfontosságú az ügyfelek és a szabályozó hatóságok bizalmának megnyerésében.

A gazdasági elemzés során fontos a drónok üzemeltetésével járó költség- és időmegtakarítást értékelni, ami hosszú távon jelentős pénzügyi előnyöket rejt.

A technológiai fejlődés és a változó szabályozási környezet mellett a magas kezdeti beruházások jelentik a legnagyobb kockázatokat, melyeket a hatékony energiahasznosítás által nyújtott gazdasági előnyök kompenzálhatnak. A vállalatok számára a drón technológia fejlődése és annak kihasználása ígéretes üzleti lehetőségeket kínálhat a jövőben.

Összességében az ABZ Drone Kft. által a napelemek karbantartásában alkalmazott technológia hozzájárul a műveletek gyorsaságához és a hibafelismerés pontosságához, ugyanakkor szükség van a költség-haszon elemzés és a gazdasági hatások mélyebb kutatására a teljes gazdasági potenciál megértéséhez.

4.2. További kutatások és fejlesztések ajánlása

Műszaki menedzserként a hőkamerás drónok alkalmazásával kapcsolatos további kutatások és fejlesztések ajánlása több dimenzió mentén történhet, figyelembe véve a technológiai, gazdasági és operatív szempontokat.

Először is, technológiai fejlesztésként ajánlott a drónok és a hőkamerás rendszerek integrációjának finomítása. Ez magában foglalhatja az energiahatékonyabb szenzorok kifejlesztését, melyek hosszabb repülési időt és nagyobb terület lefedését teszik lehetővé. Továbbá, az AI-alapú képelemzési technikák fejlesztése, amelyek még pontosabb hibafelismerést és gyorsabb adatfeldolgozást tesznek lehetővé, kulcsfontosságú lehet. Az ilyen típusú kutatásokat akadémiai és iparági partnerkapcsolatok keretében lehetne ösztönözni, hogy a legújabb tudományos eredményeket az ipar igényeihez igazítsák.

Másodsorban, a gazdasági megvalósíthatóság érdekében szükséges a költség-haszon elemzés további pontosítása. Az adatokat a drónok üzemeltetésével járó megtakarításokról, mint az emberi munkaerő csökkenő szükségessége, karbantartási idők megrövidülése és a hibák miatt kieső termelés csökkenése, tovább kell részletezni. A fejlesztések finanszírozása és a technológiai innovációk megtérülésének előrejelzése érdekében szükséges az állami támogatások, adókedvezmények és egyéb pénzügyi eszközök lehetőségeinek folyamatos felderítése.

A működési hatékonyság tekintetében ajánlott a drónalapú karbantartási folyamatok integrálása a meglévő vállalatirányítási rendszerekbe és munkafolyamatokba. Ez magában foglalja az operatív protokollok kidolgozását az időjárási körülményekhez való alkalmazkodásra, valamint a földrajzi és jogi korlátoknak való megfelelésre.

Végezetül, a szakemberképzés és oktatás jelentőségét nem szabad alábecsülni. A műszaki menedzsmentnek előtérbe kell helyeznie a működtetők és elemzők számára szükséges speciális képzéseket, amelyek az új technológiák hatékony használatát segítik elő, ezek kutatása pedig nagyon hasznos lenne.

Összefoglalva az a meglátásom a kutatás alapján, a hőkamerás drónok gazdasági alkalmazásának maximalizálása érdekében egy összehangolt kutatási és fejlesztési stratégia szükséges, amely magában foglalja a technológiai innovációkat, a gazdasági és operatív hatékonyság javítását, valamint az etikai és jogi keretek folyamatos figyelését és kormányzati fejlesztését. A fent javasolt kutatási irányok a piaci versenyelőny megszerzését és a hőkamerás drónok technológia, gazdasági lehetőségeinek teljes kiaknázását célozzák.

Ábrajegyzék

1. táblázat Drónok fejlődése (Forrás: Gross táblázata alapján)	7
2. táblázat Drónok kategóriái (Forrás: saját szerkesztés)	9
3. táblázat Drónok típusai (Forrás: saját szerkesztés)	11
4. táblázat A drónok előnyei és hátrányai (Forrás: saját szerkesztés)	16
5. ábra: Ugyanaz a kép hőkülönbséggel jelenik meg az ironbow és a fehér-fekete alkalmazáspallettán (Forrás: (FLIR, 2020)).....	22

Irodalomjegyzék

(EU) 2019/945. (2019). *A Bizottság (EU) 2019/945 felhatalmazáson alapuló rendelete* .

Forrás: eur-lex.europa.eu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0945&rid=1> (Utolsó letöltés: 2023.11.11)

(EU) 2019/947. (2019). *A Bizottság (EU) 2019/947 végrehajtási rendelete* . Forrás: eur-

lex.europa.eu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0947&rid=1> (Utolsó letöltés: 2023.10.121)

Alwateer, M., Loke, S. W., & Fernando, N. (2021). Drones-as-a-service: a simulation-based analysis for on-drone decision-making. *Personal and Ubiquitous Computing*, 1117–1136. (2021)

Beal, R. (2023). *Complete History of Drones: From 1849 To 2023*. Forrás: [dronesourced.com: https://dronesourced.com/guides/history-of-drones/](https://dronesourced.com/guides/history-of-drones/) (2023) (Utolsó letöltés: 2023.11.01)

Beaver, J. T., Baldwin, R. W., Messinger, M., & Newbolt, C. (2020). *Evaluating the Use of Drones Equipped with Thermal Sensors as an Effective Method for Estimating Wildlife*. *Wildlife Society Bulletin* 1-10 (2020) https://www.researchgate.net/publication/341044396_Evaluating_the_Use_of_Dron

- es_Equipped_with_Thermal_Sensors_as_an_Effective_Method_for_Estimating_Wildlife (Utolsó letöltés: 2023.11.11)
- Bhattacharai, M., & Thompson, S. (2023). *Heat-assisted imaging enables day-like visibility at night*. Forrás: Nature.com: <https://www.nature.com/articles/d41586-023-02333-x> (2023) (Utolsó letöltés: 2023.11.11)
- DSLR Pros. (2023). *Beyond Visuals: Unlocking The Power Of Thermal Imaging With Your Drone*.(2023) Forrás: DSLR Pros website: <https://www.dslrpros.com/dslrpros-blog/beyond-visuals-unlocking-the-power-of-thermal-imaging-with-your-drone/> (Utolsó letöltés: 2023.12.10)
- EASA. (É.n.). *Drones (UAS)*. Forrás: easa.europa.eu: <https://www.easa.europa.eu/en/the-agency/faqs/drones-uas> (Utolsó letöltés: 2023.11.21)
- Elliott, A. (2017). *Drónok kézikönyve - Alkalmazás - Karbantartás - Működtetés - Építés*. Cser Könyvkiadó És Ker. Kft. . (2017)
- Építési és Közlekedési Minisztérium. (2023). *Tudnivalók pilóta nélküli légi jármű üzemeltetőknek*. Forrás: [kozlekedesihatosag.kormany.hu: https://www.kozlekedesihatosag.kormany.hu/hu/dokumentum/398884](https://www.kozlekedesihatosag.kormany.hu/hu/dokumentum/398884) (Utolsó letöltés: 2023.11.11)
- FLIR. (2020). *How Do Thermal Cameras Work?* Forrás: [flir.eu: https://www.flir.eu/discover/rd-science/how-do-thermal-cameras-work/](https://www.flir.eu/discover/rd-science/how-do-thermal-cameras-work/) (2020) (Utolsó letöltés: 2023.11.16)
- Gade, R., & Moeslund, T. B. (2014). Thermal cameras and applications: a survey. *Machine Vision and Applications* , (2014) 245-262. (2014)
- Gao, M., Hugenholtz, C. H., Fox, T., Kucharczyk, M., Barchyn, T. E., & Nesbit, P. R. (2021). *Weather constraints on global drone flyability*. Forrás: Nature.com: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-91325-w.pdf> (2021) (Utolsó letöltés: 2023.11.01)
- Garnica-Peña, R. J., & Alcántara-Ayala, I. (2021). The use of UAVs for landslide disaster

- risk research and disaster risk management: a literature review. *Journal of Mountain Science*, 482–498. (2021)
- Gazagne, E., Gray, R. J., Ratajszczak, R., Brotcorne, F., & Hambuckers, A. (2023). Unmanned aerial vehicles (UAVs) with thermal infrared (TIR) sensors are effective for monitoring and counting threatened Vietnamese primates. *Primates*, 407–413. (2023)
- Gross, R. J. (2023). *Complete Evolution & History of Drones: From 1800s to 2023*. Forrás: propel.com: <https://www.propelrc.com/history-of-drones/#:~:text=The%20evolution%20of%20drones%20really,aircraft%20training> (Utolsó letöltés: 2023.10.21)
- John, B. (2021). *Reducing size, power, and cost for infrared thermal imaging applications*. Forrás: embedded: <https://www.embedded.com/reducing-size-power-and-cost-for-infrared-thermal-imaging-applications/> (Utolsó letöltés: 2023.11.11)
- Kangunde, V., Jr., R. S., & Theophilus, E. K. (2021). A review on drones controlled in real-time. *International Journal of Dynamics and Control*, (2021),9,1832–1846.
- MDPI. (dátum nélk.). *Drone Design and Development*. Forrás: MDPI website: https://www.mdpi.com/journal/drones/sections/drone_design_development (Utolsó letöltés: 2023.11.01)
- Nguyen, T. X., Rosser, K., & Chahl, J. (2021). *A Review of Modern Thermal Imaging Sensor Technology and Applications for Autonomous Aerial Navigation*. Forrás: mdpi.com: <https://www.mdpi.com/2313-433X/7/10/217> (Utolsó letöltés: 2023.11.20)
- Net.jogtar.hu, Forrás: (38/2021.(II.2.) Korm.rendelet a pilóta nélküli állami légi járművek repüléséről) (38/2021.(II.2.) (Utolsó letöltés: 2023.11.11)
- Nooralishahi, P., Ibarra-Castanedo, C., Deane, S., López, F., Pant, S., Genest, M., . . . Maldague, X. P. (2021). *Drone-Based Non-Destructive Inspection of Industrial Sites: A Review and Case Studies*. Forrás: MDPI: <https://www.mdpi.com/2504-446X/5/4/106> (Utolsó letöltés: 2023.11.11)

- Rennie, J. (2022). *How to Use Drones to Improve Workplace Safety*. Forrás: Safeopedia: <https://www.safeopedia.com/how-to-use-drones-to-improve-workplace-safety/2/9214> (Utolsó letöltés: 2023.15.11)
- Santangeli, A., Chen, Y., Klun, E., Chirumamilla, R., Tiainen, J., & Loehr, J. (2020). *Integrating drone-borne thermal imaging with artificial intelligence to locate bird nests on agricultural land*. Forrás: nature.com: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-67898-3> (Utolsó letöltés: 2023.12.01)
- Claire Burke, Maisie F. Rashman, Steven N. Longmore, Owen McAree, Paul Glover-Kapfer, Marc Ancrenaz, and Serge A. Wich (2018). *Successful observation of orangutans in the wild with thermal-equipped drones*. Forrás: https://www.researchgate.net/profile/Claire-Burke-3/publication/332993615_Successful_observation_of_orangutans_in_the_wild_with_thermal-equipped_drones (Utolsó letöltés: 2023.11.11)
- Sarawade, A. A., & Charniya, N. N. (2018). *Infrared Thermography and its Applications: A Review*. Coimbatore, India: 2018 3rd International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES).
- Sheard, J. (dátum nélk.). *Thermal Imaging and Industrial Maintenance Best Practices*. Forrás: Reliableplant website: <https://www.reliableplant.com/Read/31889/thermal-imaging-maintenance> (Utolsó letöltés: 2023.10.16)
- Stoyanov, I. (2023). *The Practical Applications of Thermal Cameras in Drone Technology*. Forrás: irarm.com: <https://irarm.com/blog/thermal-cameras-in-drone-technology/#:~:text=The%20fusion%20of%20thermal%20cameras,to%20advancements%20in%20various%20sectors> (Utolsó letöltés: 2023.12.11)
- Struwe, C. (2020). *Decoding the New European Drone Regulations and DJI Product Compliance*. Forrás: DJI enterprise website: <https://enterprise-insights.dji.com/blog/decoding-the-new-eu-drone-regulations> (Utolsó letöltés: 2023.11.01)
- Sun, Z., Wang, X., Wang, Z., Yang, L., Xie, Y., & Huang, Y. (2021). UAVs as remote sensing platforms in plant ecology: review of applications and challenges . *Journal*

of Plant Ecology, 1003–1023.

Varga, D., & Kovács, Á. (2021). *Hungary: New Drone Regulations In Hungary*. Forrás: Mondaq website: <https://www.mondaq.com/new-technology/1034914/new-drone-regulations-in-hungary> (Utolsó letöltés: 2023.11.13)

Vollmer, M. (2022). *Fundamentals of Thermal Imaging*. Innovations in Science Education and Technology könyvsorozat része.

Xinfrared. (dátum nélk.). *How do Thermal Imaging Cameras Work?* Forrás: Xinfrared website: <https://www.xinfrared.com/blogs/blog/how-do-thermal-imaging-cameras-work> (Utolsó letöltés: 2023.11.12)

Mellékletek

1.számú melléklet: Vadgazdálkodási interjú írásos kivonata

- Milyen típusú drónokat használ a vadállomány monitorozásához, és miért ezeket választotta?

A megkérdezett alany DJI MAVIC 3 T drónnal dolgozik, gyárilag szerelt hőkamerával, széles látószögű kamerával és rtk modullal.

- Hogyan határozza meg azokat a területeket, ahol a drónalapú megfigyelést végezni fogja?

A terület ismeretéből fakadóan, tapasztalatból választja ki a feltérképezni és vizsgálni kívánt területet, valamint észlelt vadmozgásokról, vadkárokról érkező bejelentések alapján.

- Milyen szenzorokat és milyen technológiákat használ a drónokon az állatok azonosítása és számlálása érdekében?

A drónra szerelt hőkamerának és a távirányítóra szerelt magas felbontású kijelzőnek köszönhetően real time képet kap a felhasználó a megfigyelt területről, így könnyebbé téve a megfigyelést. A rögzített felvételt a DJI Thermal Analysis Tool 3.0 szoftver segítségével később is ellenőrizheti.

- Mennyire megbízhatóak a drónalapú módszerek az állomány méretének és egészségi állapotának meghatározásában?

A drónalapú felmérés teljesen megbízható, hiszen olyan eredmény érhető el mintha a szakértő a saját szemével figyelné meg az állományt, például egy sérült vagy idős példányt is gond nélkül ki lehet szűrni.

- Milyen időjárási és környezeti tényezők befolyásolják a drónalapú megfigyelés hatékonyságát?

A drónok akkumulátorára negatív hatással van a szélsőségesen hideg, azonban 0 és 40 fok között gond nélkül használhatóak.

A megkérdezett alany enyhe esőben és mínusz fokban is végzett már felmérést, természetesen rövidebb ideig és kisebb körben mint normál esetben, valamint az akkumulátort előmelegítve.

- Milyen gyakran és milyen időpontokban végez drónalapú megfigyelést?

A megkérdezett vadász heti többször is végez felmérő repüléseket a vármegye több előre meghatározott területén, gazdák és vadásztársaságok megbízásában is. A megfigyeléseket túlnyomó részt sötétedés után végzi, de napközben is gond nélkül végezhetőek a repülések, vizsgálatok.

(A megkérdezett alany, halastavak területén is szokott repüléseket végezni, ahol a sötétedés után illegálisan halászó, horgászó egyéneket is meg tudja figyelni, valamint jelenteni aktivitásukat az illetékes hatóságoknak.)

- Hogyan befolyásolja a drónok jelenléte az állomány viselkedését és stressz szintjét?

A drónokra való reakció az állatoknál fajonként változik hiszen az idegen repülő tárgyra nem minden faj tekint azonnal fenyegetésként.

A sakálok például inkább kíváncsisággal tekintenek az eszközre legtöbb esetben ezért ők jobban megfigyelhetőek ilyen módon, míg például a rókák sokkal “gyanakvóbbak” az eszközzel szemben ezért általában jobban is menekülnek előle.

- Milyen típusú adatokat gyűjt a drónok segítségével, és hogyan kerülnek ezek feldolgozásra?

Az állomány számát és állapotát is jól meg lehet figyelni a felvételek alapján valós időben is és utólag visszanezve is.

Könnyen kiszűrhetőek a sérült esetleg furcsa mozgású, agancsú, sánta vagy láthatóan beteg egyedek is.

- Milyen elővigyázatossági intézkedéseket tesz annak érdekében, hogy minimalizálja az állatokra gyakorolt negatív hatásokat?

Az állatokhoz csak olyan közelségben repül, hogy az még ne veszélyeztesse vagy zavarja őket életvitelükben, de alapos megfigyeléseket végezhesen.

- Hogyan hasonlítja össze a drónalapú módszerek eredményeit a hagyományos megfigyelési módszerekkel?

A drónalapú megfigyelés egy teljesen új dimenziót nyit a vadvilág megfigyelésében, össze sem hasonlítható a hagyományos, esetenként nem szándékos invazív megfigyeléssel.

Sokkal biztonságosabb, gyorsabb és hatékonyabb, mint a “lábon” való megfigyelés mivel kevesebb természeti akadállyal kell megküzdeni és kevésbé zavaró az állatvilágra nézve is.

- Milyen továbbfejlesztési lehetőségeket lát a drónalapú vadgazdálkodási technikákban?

Az interjú alanya reméli, hogy egyre több vadásztársaság ruház majd be hasonló eszközökre a közeljövőben, ezzel biztonságosabbá és környezettudatosabbá téve az ország vadgazdálkodását.

Gazdasági kérdések:

- Milyen költségekkel jár a drónalapú megfigyelési rendszer bevezetése és fenntartása?

Az alany gazdálkodással és növénytermesztéssel is foglalkozik, ezen foglalkozásából adódóan jelentkezett egy pályázatra, amelyben állami segítséggel vásárolhatott rtk gps el szerelt mezőgazdasági gépet valamint rtk modullal szerelt mezőgazdasági felhasználásra is alkalmas drónt.

A sikeres pályázat után került beszerzésre az imént említett eszköz, amely bekerülési értéke 2-2,5millió forint volt, melynek az 50%-át állami támogatás fedezte.

- Hogyan összehasonlíthatók ezek a költségek a hagyományos megfigyelési és monitorozási módszerekkel?

A vadkár felmérésekért és hasonló ellenőrzésekért esetenként 80-100 ezer Ft-ot is elkérhetnek. Az árak nagy valószínűséggel nem változtak, ellenben a befektetett energia és kockázat a drón technológia bevezetésével nagyságrendekkel csökkent

- Milyen gazdasági előnyöket tapasztalt a drónalapú megfigyelés bevezetése óta?

Például, javult-e az állomány menedzsmentje vagy csökkentek-e az ember-állat konfliktusok?

A drónalapú ellenőrzés óta sokkal kevesebb “munkaórát” és fizikai erőfeszítést igényel egy terület felmérése, valamint az állományról és annak területi eloszlásáról is pontosabb kép kapható.

Mivel az állomány elhelyezkedése is sokkal pontosabban felmérhető, így az ember állat konfliktusok is jobban szabályozhatóak.

- Hogyan használja az összegyűjtött drónalapú adatokat a vadállomány értékének becslésére?

Az elkészült felvételek alapján felmérhető az állomány száma és állapota ezáltal végezhető egy pontos számítás annak értékének megbecsülésére

- Vannak-e példák arra, hogy a drónalapú megfigyelés befolyásolta a földhasználati döntéseket vagy a vadászati kvótákat?

Mivel sokkal pontosabb kép nyerhető az adott területen elhelyezkedő állományról így az így nyert információk a vadászati kvóták és döntések meghozatalában is szerepet játszanak

- Miként változott a vadállomány iránti közösségi érdeklődés vagy turisztikai potenciál a drónalapú adatgyűjtés bevezetésével?

Nem változott nagyobb mértékben

- Hogyan befolyásolják az állomány változásai az egyes vadállomány-hoz kapcsolódó gazdasági tevékenységek jövedelmezőségét, és hogyan segít ebben a drónalapú adatgyűjtés?

Pontosabb és egyszerűbb méréseket lehet végezni, ezáltal kevesebb befektetett pénz, eszköz és energia szükséges, így a jövedelmezőséget pozitív irányban növeli.

2.számú melléklet: Napelemes interjú írásos kivonata

- Milyen típusú drónokat és szenzorokat használnak a hibás napelem cellák azonosítására?

Az ABZ Drone Kft a DJI és Yuneec drónok hivatalos kereskedője, ebből a portfólióból pl. Mavic 3 Enterprise, Matrice 30 és Matrice 350 valamint Yuneec H520 és H850 drónokat alkalmazhatjuk erre a célra.

- Hogyan történik a hibás cellák azonosítása és jelentése a drónok által gyűjtött adatok alapján?

A terület lerepülése után a hibajelleggtől függően AI vagy manuális képelemzést végzünk.

- Mi a drónok alkalmazásának hatása a napelem rendszerek karbantartási költségeire?

Mivel csak a drónos alkalmazás költségeit ismerjük így megfelelő összehasonlítást sajnos nem áll módunkban elvégezni

- Milyen időjárási és terepi körülmények befolyásolják a drónok képességét a hibás cellák azonosítására?

A felvételek elkészítésének szempontjából fontos a csapadék mentesség, illetve a felvételeket végző drón minősítésének megfelelő maximális szél.

- Hogyan történik a drónok és a karbantartási csapatok közötti adatmegosztás és kommunikáció?

Ilyen információt nem áll módunkban átadni.

- Milyen jogi és etikai kérdések merülnek fel a drónok napelemes rendszerekben történő alkalmazása során?

1995. évi XCVII. törvény a légiközlekedésről

4/1998. (I. 16.) Korm. rendelet a magyar légtér igénybevételeéről

26/2007. (III. 1.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet a magyar légtér légiközlekedés céljára

történő kijelöléséről

6/2021. (II. 5.) ITM rendelet a távoli pilóták képzését és vizsgáztatását végző szervezetek kijelöléséről, a távoli pilóták képzésének és vizsgáztatásának részletes szabályairól, valamint a vizsgán való részvétel díjáról

947/2019 Végrehajtási Rendelet

- Milyen további technológiai fejlesztések várhatók a drónalapú napelem karbantartásban?

Hivatalos fejlesztésekről konkrét információval nem rendelkezünk. Saját fejlesztéseink közé a szolgáltatás elterjedésének növelése és folyamatának gyorsítása tartozik

- Hogyan történik a tréning és képzés a drón operátorok számára ebben a speciális alkalmazási területen?

Jelenleg a területen az ABZ Drone kft. oktatásai közt a Mezőgazdasági és Ipari drónpilóta illetve a Pilóta nélküli légi jármű irányítói igazolvány megszerzésére felkészítő képzés elérhető

- Milyen finanszírozási források és támogatások állnak rendelkezésre a drónalapú napelem karbantartás és optimalizálás számára?

A drónok lízingelhetők, illetve vállalkozásfejlesztési pályázatokban szintén támogathatóak.

- Milyen tapasztalatokat és tanulságokat szűrték le eddig a drónalapú napelem karbantartásból és milyen változtatásokat terveznek a jövőben?

A földi felméréssel szemben a megrendelők pozitívként említik a gyorsaságot. Egyéb információt nem áll módomban közölni

Gazdasági kérdések:

- Milyen mértékben csökkentik a drónok a napelem rendszerek karbantartási és működési költségeit?

Az ABZ Drone Kft a napelemes rendszerek felmérését végzi, az üzemeltetők további költségeiről nincs információnk. Viszont saját véleményem az, hogy a drónok jelentősen csökkenthetik a napelemes rendszerek karbantartási és működési költségeit, mivel képesek gyorsan nagy területeket átvizsgálni, amely hosszadalmas és költséges lenne emberi munkaerővel. Míg az ABZ Drone Kft. szolgáltatásai nyilvánvalóan segítik a rendszeres karbantartást és a hibák azonosítását, a teljes költségmegtakarítást más tényezők, például a javítási munkák hatékonysága is befolyásolja.

- Van-e becslés vagy tanulmány, ami számszerűsíti a költségmegtakarítást, amit a drónalapú hibás cella azonosítás eredményez?

Jelenleg nincs pontos információ egy specifikus tanulmányra vagy becslésre vonatkozóan, amely kifejezetten számszerűsítene a drónalapú hibás cella azonosítás költségmegtakarítását. Azonban, véleményem szerint, a precíz hibafeltárás elkerüli a felesleges karbantartási munkálatokat, ezáltal közvetve csökkenti a költségeket.

- Hogyan alakul a drónok beszerzési és üzemeltetési költsége a hagyományos karbantartási módszerekhez képest?

A drónok beszerzési és üzemeltetési költségei változóak lehetnek, de általában alacsonyabbak, mint a hagyományos karbantartási módszereké, mivel a drónok képesek csökkenteni a munkaidőt és az arra fordított erőforrásokat. A drón technológia fejlődésével és a piaci versennyel ezek a költségek valószínűleg tovább csökkenni fognak.

- Hogyan működik a költség-haszon analízis a drónok alkalmazása esetén, és milyen gazdasági mutatókat használnak a teljesítmény mérésére?

A költség-haszon elemzés a drónok alkalmazása esetén általában az üzemeltetési költségek csökkenésén és a rendszer hatékonyságának növelésén alapul. Gazdasági mutatók között szerepelhet a megtérülési idő (ROI), a működési költség, a karbantartási költség, valamint az esetleges hibák miatt kiesett bevétel csökkenése..

- Milyen gazdasági kockázatokat és korlátozásokat azonosítottak a drónalapú napelem karbantartás kapcsán?

A gazdasági kockázatok közé tartozhat a drón technológia elavulása, a szabályozási környezet változásai, valamint a kezdeti befektetések nagysága. Korlátozások között felmerülhetnek a repülési engedélyek, a biztonsági előírások és a kvalifikált kezelőszemélyzet hiánya.

- Milyen mértékben befolyásolja a drón technológia az energiahatékonyság növeléséből származó pénzügyi megtakarításokat?

Az ABZ Drone kft-nél az adott művelet költségei ismertek, a megrendelők egyéb kiadásai nem, így pontos összehasonlítást ezen információk tükrében nem áll módunkban közölni.

- Hogyan viszonyul a drónalapú napelem karbantartás és optimalizálás költsége az energiatermelésben elért megtakarításhoz?

Mivel az költségoptimalizálás a már bevezetett rendszerben felmerülő jelenleg is felmerülő költségekre vonatkozik így azok jellemzése csak a rendszer teljes ismeretében lehetséges így erről érdemileg nem áll módunkban tájékoztatást adni.

- Milyen tapasztalatokat szűrték le a drónalapú napelem karbantartásból a pénzügyi és gazdasági hatékonyság terén?

Ezekről a területekről csak a napelemüzemeltetési rendszer teljes ismeretében lehet pontos következtetést levonni, melyekről részletes információkat nem áll módunkban kiadni.

- Milyen jövőbeli gazdasági előnyökkel számolnak a drón technológia fejlesztésének és szélesebb körű alkalmazásának fényében?

A drónra alapozott technológiák, időhatékonyság, illetve humán erőforrás felhasználás tükrében jelenthetnek előnyt.