

Mezőgazdasági drónok alkalmazásának lehetőségei magyar szakértők véleményének feltérképezésével

**VLASKALITY SÁRA DÓRA – LENCSES ENIKŐ –
ZALAI MIHÁLY**

Kulcsszavak: precíziós gazdálkodás, helyspecifikus növényvédelem, pilóta nélküli légi járművek, agrárinnováció

JEL kód: Q14, Q16, Q55

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Napjainkban igen aktuális a mezőgazdasági drónok használatából fakadó gazdasági és környezeti előnyök témaköre, illetve azok korlátai. Jelen tanulmány az erre épülő szakirodalmakból kiindulva összegezi a mezőgazdaságban általában súlyos problémákat okozó kockázati tényezőket és azok hátterét. Egyúttal feltérképezi, hogy ezen tényezők miképpen jelentkeznek a szántóföldi növénytermesztési technológia megválasztásának függvényében. A szakirodalmi források alapján egyes kockázati faktorok orvosolhatónak bizonyultak a pilóta nélküli légi járművek (drónok) alkalmazása révén, mások pedig hatványozottan jelentkeztek. A szakirodalom feldolgozása alapján levont következtetések alátámasztása érdekében szakértői interjúk készültek három különböző szakértői csoport megkérdezésével. Jelen tanulmány fő kutatási kérdése, hogy az agrárszektor képviselői milyen korlátokat látnak a drónok mezőgazdasági alkalmazhatóságában, illetve mit gondolnak, milyen körülmények között és milyen feladatok esetén alkalmazható eredményesen egy mezőgazdasági drón, és hogy milyen változásokra számíthatnak a technológia jövője kapcsán. További fontos szempont volt annak meghatározása, hogy a hozzáértők véleménye alapján megtérül-e a drónok beszerzését érintő beruházás. Ezen kérdések megválaszolása érdekében három szakértői csoport került bevonásra jelen kutatásba annak érdekében, hogy heterogén, más-más megközelítésű véleményeket ismerjünk meg. Ezen megkérdezett szakértői csoportok a növényvédő vagy növényorvos szakemberek, a drónpilóták, illetve a tapasztalt gazdálkodók voltak. Szakértői csoportonként négy-négy fővel készült interjú. A kapott válaszok kiértékelése kvalitatív statisztikai módszerekkel történt. A szakértők számos esetben alátámasztották a szakirodalom alapján feltárt, a technológia függvényében eltérő módon jelentkező kockázati tényezők szerepét. Valamennyi interjúalany tisztában van a mezőgazdasági drónok korlátaival, ettől függetlenül mégis pozitívan állnak a mezőgazdasági drónok használhatóságához és jövőjéhez. A legtöbb megkérdezett szakértő nyitott a permetező drónok alkalmazására is a jövőre nézve.

Vlaskality Sára Dóra, PhD-hallgató, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gazdaság- és Regionális Tudományok Doktori Iskola, ORCID:0009-0006-3861-7403, Gödöllő, vlaskality.sara.dora@phd.uni-mate.hu

Lencses Enikő, egyetemi docens, Budapesti Gazdaságtudományi Egyetem, Pénzügyi és Számviteli Kar, Menedzsment és Vállalkozás Tanszék, ORCID:0000-0003-2018-1294, Budapest, lencses.eniko@uni-bge.hu

Zalai Mihály, egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növényvédelmi Intézet, Integrált Növényvédelmi Tanszék, ORCID:0000-0002-5985-2190, Gödöllő, Zalai.Mihaly@uni-mate.hu

EXPLORING THE USE OF AGRICULTURAL DRONES IN HUNGARY, THROUGH EXPERT INTERVIEWS

Keywords: precision farming, site-specific crop protection, unmanned aerial vehicles, agricultural innovation

JEL codes: Q14, Q16, Q55

The topic of the economic and environmental benefits arising from the use of agricultural drones, as well as their limitations, is currently highly pertinent. This study, drawing on existing literature, summarizes the risk factors that typically cause significant problems in agriculture and their underlying causes. It also explores how these factors manifest depending on the choice of field crop production technology. According to the literature, some risk factors have been found to be mitigated by the application of unmanned aerial vehicles (drones), while others have been exacerbated. To support the results derived from the literature review, expert interviews were conducted with three different expert groups.

The main research question of this study is what limitations representatives of the agricultural sector see in the applicability of drones in agriculture, and under what conditions and tasks they believe agricultural drones can be effectively used, as well as what changes they anticipate regarding the future of the technology. Another important aspect was to determine whether the investment in purchasing drones is considered profitable based on the opinions of experts. To address these questions, three expert groups were involved in this research to gather diverse perspectives from different approaches. The interviewed expert groups included plant protection or plant health specialists, drone pilots, and experienced farmers. Four individuals were interviewed from each expert group. The responses were evaluated using qualitative statistical methods.

In many cases, the experts confirmed the roles of risk factors identified in the literature, which vary depending on the drone technology. All interviewees are aware of the limitations of agricultural drones; nevertheless, they maintain a positive attitude towards the usability and future of agricultural drones.

BEVEZETÉS

Párhuzamosan a mezőgazdaság méretével és a termeléssel, szerencsére, a társadalom környezettudatossága is növekszik. A modern és környezettudatos társadalmakban egyre nagyobb igény mutatkozik a jó minőségű, növényvédőszer-maradéktól mentes és egyéb káros anyagok nélküli élelmiszer-termelésre. A fenntartható mezőgazdasági termelés modern irányzata szükségessé teszi az új, ezt támogató innovatív technológiák bevonását a termelési gyakorlatba. Olyan eszközök használatára van szükség, amelyek kevésbé szennyeznek a környezetet, és általában véve hozzájárulnak az élelmiszerbiztonsághoz (Ivezic et al., 2023). Az elmúlt évtizedekben számtalan új mezőgazdasági innováció jelent meg,

melyek szükségessége megkérdőjelezhetetlen a fenntartható és növekvő élelmiszer-termelés biztosítása érdekében. A legismertebb ilyen technológiák a precíziós gazdálkodás eszközeiként szolgálnak. Ezek a helyspecifikus technológiák jellemzően az informatika és robotika segítségével képesek környezeti és gazdasági előnyöket biztosítani a gazdálkodó számára. Ebbe a kategóriába tartoznak a mezőgazdasági drónok is (Michels et al., 2020; Hajnal et al., 2023). Napjainkban a pilóta nélküli légi járművek (drónok) már sokoldalú technológiaként élnek a köztudatban, hiszen nagy sikerrel alkalmazhatók katonai, megfigyelési, felderítési feladatok ellátására, mezőgazdasági területek felvételezésére vagy akár permetezésére, továbbá előszeretettel használja őket a filmipar is. Manapság pedig a hobbi szín-

tű felhasználók aránya is egyre növekszik. A dróntechnológia bevezetése, mint annyi más innováció, elsősorban a hadiparhoz köthető, ám a tudás fejlődésével a mezőgazdasági ágazat is sokat profitált használatukból (McCarthy et al., 2023), csak úgy, mint például a GPS-ből. A hadászati szektorban használatos drónok nagy sikerrel „vethetők be” megfigyelési feladatok elvégzésére, hasonló elven a mezőgazdaságban manapság alkalmazott monitoringdrónokhoz. A technológia továbbfejlődésével és specializálódásával a mezőgazdasági drónok valós idejű adatokkal tudnak szolgálni a szántóföldi növénykultúrák állapotáról, valamint képesek önálló, autonóm munkavégzésre is (pl. permetezés) (Sadiku et al., 2021). A valós idejű adatok segítségével a gazdálkodóknak lehetőségük nyíltat az állományfelmérés és a beavatkozás között eltelt idő minimalizálására. A mihamarabb történő állománykezelés és a pontos adatok segítségével képesé válhatnak differenciált tápanyag- vagy növényvédőszer-kijuttatás alkalmazására, mely következtében nagymértékben csökkenthető az inputanyag-felhasználás és az azzal járó költségek. Mindezek tükrében tehát elmondható, hogy a sok más innovatív technológiához hasonlóan a mezőgazdasági drónok is az input- és outputoldalak közötti optimalizációt célozzák meg, ezáltal segítve a profit maximalizálását (Takácsné, 2010). Tehát a lehető legkisebb költség mellett törekszik a lehető legnagyobb termés hozamot, és ebből kifolyólag a lehető legmagasabb jövedelmet elérni a kultúrnövény célzott, helyspecifikus, hatékony kezelésével és támogatásával. A csökkent szerhasználat segítségével képesek mérsékelni a mezőgazdaság környezetterhelő hatását is, amely megfelel az Európai Unió aktuális agrárpolitikájának, melynek központi kérdése a fenntartható termelés (Skevas és Kalaitzandonakes, 2020). Az ilyen és ehhez hasonló innovatív technológiák térnyerésére pedig nagyobb szükség van a gazdaságokban, mint valaha, hiszen az ENSZ Élelme-

zésügyi és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) 2050-re becsült népességnövekedését és az ahhoz tartozó élelmiszer-szükségletet kizárólag az innovációk segítségével lesz lehetőségünk kiszolgálni. A mezőgazdasági drónok alkalmazása tehát nagy lehetőségeket rejt magában. A technológia elterjedéséhez azonban sok más egyéb tényező mellett természetesen elengedhetetlen az agrárágazat szakértőinek pozitív, támogató hozzáállása is, mely alapjaiban határozza meg egy új technológia életképességét és fennmaradását (Azizul et al., 2023). Tanulmányok szerint a gazdatársadalom elfogadásának legjelentősebb mozgatórugója a drónok használatából származó potenciális gazdasági és környezetvédelmi előnyökkel kapcsolatos várakozásokból táplálkozik (Skevas és Kalaitzandonakes, 2020). Az innováció elfogadása tehát egy összetett folyamat, amelyben számos változó befolyásolhatja a végső döntést. A szakértők elfogadásán és támogatásán túl a gazdálkodó jellemzői (pl. általános kaszt, iskolázottság és életkor), a parcellák jellemzői (pl. a parcella mérete és a talaj termékenysége), a támogatási rendszerek és a főbb kockázati tényezők orvoslásának lehetősége is a technológiák gyorsabb elterjedésének jelentős mozgatórugói lehetnek (Ma és Rahut, 2024; Masi et al., 2022).

KOCKÁZATI FAKTOROK A DRÓNTECHNOLÓGIA FÜGGVÉNYÉBEN

A mezőgazdasági ágazat képviselőinek számtalan kockázati tényezővel kell szembenéznük a növénytermesztés során. Egyes EU-tagállamok gazdálkodóinak megkérdezésekor fény derült arra, hogy mely kockázati tényezők milyen mértékben okoznak problémát a gazdaságok életében. A felmérés szerint a legjelentősebb veszélyt okozó faktorok közé tartozik természetesen az időjárás is (Pálkás és Székely, 2008). A csapadék mennyisége talán a legkriti-

kusabb a növények optimális fejlődése szempontjából, annak hiányában óriási terméskieséssel számolhatunk, amit a legtöbb gazdálkodó megtapasztalt Magyarországon a 2022-es évben (Medellín-Azuara et al., 2022; Zhong et al., 2023). Az aszályos időszakokon felül a túlzott esőzések is gondokat okozhatnak a termelésben. Ez esetben van egy olyan jelentős, nem elhanyagolható eltérés a konvencionális és a drónos művelésmód tekintetében, ami nagyban befolyásolhatja a gazdálkodó sikerességét. A nagy mennyiségű csapadék leesését követően gyakran járhatatlanná válik a talajfelület, ezzel megakadályozva a szokványos, talajfelszíni eszközök alkalmazását. A mezőgazdasági drónok számára azonban ez nyilvánvalóan nem jelent problémát. Persze fontos megemlíteni, hogy a pilóta nélküli légitjárművek sem alkalmazhatók minden beavatkozás kiváltására, hiszen a talajmunkát, tarlóhántást, esetleg vetést a drónok segítségével nincs lehetőségünk elvégezni. Továbbá a szeles időjárás jelentkezhethet olyan kockázati tényezőként, ami jellemzően inkább a mezőgazdasági drónok használata alkalmával jelent problémát, hiszen erős szél esetén a drónok röpképtelenné válhatnak. Természetesen szeles időjárás mellett a hagyományos eszközök sem alkalmazhatók permetezési feladatok ellátására a nagy mennyiségű elsodródás potenciális veszélye miatt (Mohsan et al., 2023).

A kedvezőtlen időjárási tényezők együttállása jellemzően kedvezően hat a kórokozók és járványok elterjedése szempontjából, amely a következő fontos kockázati tényező. Ezen kockázati tényező esetén nyilvánvalóan nem előnyösebb egyik technológia a másikkal, azonban a monitoringdrónok segítségével lehetőség nyílik a megbetegedések korai fázisban történő detektálására. Mindazonáltal egy nagyméretű tábla permetezésére sokkal nagyobb sikerrel alkalmazhatók a földi permetezőgépek, hiszen a drónok hasznostehér-bírása igen alacsony, ahogyan az akkumulátorok kapa-

citása is (Dandrifosse et al., 2024; Hafeez et al., 2023).

További problémát jelenthetnek az inputpiac aktualitásai okozta nehézségek, mint az árak növekedése, valamint a politikai és jogi nyomás. A gazdálkodók véleménye alapján ez a tényező azonban jellemzően kevésbé jelentős problémafaktor. Természetesen okozhat bevételkiesést a megváltozó támogatási rendszer vagy a készítménykivonás, mégis elhanyagolható a kár az aszály és a járványok okozta hozambizonytalansághoz viszonyítva (Pálinkás és Székely, 2008; Medellín-Azuara et al., 2022). Ezzel szemben a mezőgazdasági drónok használata során az egyik legnagyobb korlátot a jogi szabályozás hiánya vagy tökéletlensége jelenti. Napjainkban mindössze egy darab engedélyezett pilóta nélküli légi jármű segítségével kijuttatható növényvédő szer van Magyarországon. Amely engedélykiratában mégis szerepel a drónos kijuttatás lehetősége, az nem szántóföldi kultúrák kezelésére kapta meg az engedélyt. Ez tulajdonképpen teljesen ellehetetleníti a legális úton történő drónos növényvédő szerekkel történő állománypermetezést. Valamint a drónpilóta tanúsítványok megszerzését sem könnyíti meg a gyakran változó követelmény- és jogszabályrendszer (Spalevic et al., 2023; Borhi és Zalai, 2023).

Magával a technológia alkalmazásával járó küzdelmek is komoly kockázati tényezőkként jelentkezhetnek a gazdálkodók mindennapjaiban. Egyértelműen minden technológiának megvan a maga előnye és hátránya, nincs ez másképp a mezőgazdaságban sem. A konvencionális művelésmód eszközeit érintő beruházás igen nagy kiadásal jár, valamint a működtetésük és karbantartásuk is költséges. Nagy mennyiségű üzemanyag-fogyasztással kell számoljunk használatuk révén. A mezőgazdasági drónok bekerülési értéke sokkal alacsonyabb, azonban fontos megjegyezni, hogy nem képesek teljes egészében kiváltani a hagyományos eszközöket, inkább kiegészítő technoló-

gia gyanánt alkalmazhatók nagy sikerrel. Másfelől a drónok szaktudás nélkül történő használata komoly kockázatot jelenthet. A kisebb eszközök bekerülési értéke viszonylag alacsony, egyszerűen hozzáférhető mindenféle előzetes szakértelem hiányában is. Az ezzel való visszaélés és az illegális repetés komoly veszélyforrást rejt magában, mely esetben az irányító kiletének megállapítása sem mindig egyértelmű (Beke et al., 2018). Valamint jelenleg még kevés a hozzáértő, rutinnal rendelkező drónpilóta szakember, számolni kell a lezuhanások és ütközések kockázatával (Sanz et al., 2012; Hajnal et al, 2023). A folyamatosan frissülő növényvédelmi drónpilóta végzettséggel rendelkező szakemberek listája elérhető a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (Nébih) felületén (Nébih, 2024). Továbbá permetezés esetén éppúgy akadályt jelenthet a korlátozott hasznosteher-bírás, mint az akkumulátor alacsony kapacitása (Mohsan et al., 2023; Ayamga et al., 2021).

Ugyan Pálincás és Székely nem értékeli külön kockázati tényezőként, napjainkban számos szakirodalom foglalkozik a környezetterhelés kérdéskörével. A növényvédőszer-maradványok, káros anyagok felhalmozódása az élelmiszer-alapanyagokban komoly aggodalomra adhat okot. Ezenfelül egyre egyértelműbb jelek utalnak a mezőgazdasági termelés nyomán bekövetkezett környezeti erőforrások túlzott kihatására is. Az intenzív mezőgazdasági gyakorlatok napjainkban jelentős káros következményekkel járnak a vízszennyezés, az üvegházhatású gázok kibocsátása és a környezetünk károsítása tekintetében. A környezetterhelés hatására egyre csökken a termelés hatékonysága. Csökken a megművelt talaj termőképessége és annak szervesanyag-tartalma. A mezőgazdasági ágazatnak szembe kell néznie ezzel a fő kihívással, és fenntartható módon kell elérni a kívánt termésmennyiséget. A lehetséges megoldásokat a tudomány és az új technológiák alkalmazása jelenti. A mezőgazdasági drónokhoz hasonló modern

technológiák használatával megcélozható a környezetterhelés mérséklése, a csökkentett mennyiségű növényvédő szerek alkalmazása. A fenti kockázatok redukálása révén ezen modern eszközök általában véve hozzájárulhatnak az egészségbiztonsághoz (Ivezic et al, 2023; Veróné 2019).

A dróntechnológia helyzete Magyarországon

Az innovatív technológiák nyújtotta kedvező lehetőségek ellenére térnyerésük és elterjedésük az agrárágazatban viszonylag lassú. A technológia elterjedését, mint már említettük, számos tényező befolyásolhatja. Komoly ösztönző vagy éppen ellenkezőleg, taszító hatással lehet a technológia alkalmazását érintő támogatási rendszer milyensége, valamint a gazdálkodók tájékozottsága a lehetőségekről, előnyökről és hátrányokról. Hazánkban az Agrárminisztérium e tekintetben igyekszik megadni a kellő támogatást a gazdatársadalom számára (pl.: VP2-4.1.8-21 pályázat, 2022). A mezőgazdasági vállalkozások beruházást érintő magabiztossága érdekében viszont elengedhetetlen az átfogó tájékozottság, hogy megfelelő tudással rendelkezzenek a felmerülő előnyökről, hátrányokról, és elemezni tudják az ezekből fakadó kiadásokat és bevételeket (Székely et al., 2023). Ez a tanulmány a tapasztalt szakértőkkel végzett interjúk alapján célozza meg az előnyök és hátrányok feltérképezését, illetve a kockázati tényezők jelentőségének felmérését a technológia megválasztásának függvényében.

A beruházást érintő döntéshozatal előtt fel kell mérni az aktuális jogszabályi környezet nyújtotta lehetőségeket és annak korlátait is. A mezőgazdasági drónok alkalmazása során különösen sok követelménynek kell eleget tenni, melyeket gyakran egymástól független hatóságok szabnak meg. Ugyan a permetező drónok az elmúlt években hatalmas fejlődésen mentek keresztül, és új dimenziókat nyithatnak meg a precíziós

növénytermesztésben, Magyarországon használatuk számos akadályba ütközik. Ilyen akadályt jelenthet a kijuttatható növényvédő szerek korlátozottsága, valamint a jogi szabályozás hiányossága. Jelenleg mindössze egy permetező drón segítségével kijuttatható növényvédő szer áll rendelkezésre a piacon, amely kizárólag meggy-, cseresznye- és diókultúrákban alkalmazható. Az aktuális jogszabályi környezet így nyilvánvalóan a legjelentősebb korlátozó tényező, hiszen a technológia térnyeréséhez természetesen elengedhetetlen a megfelelő szabályrendszer megléte (Borhi és Zalai, 2023). Összességében tehát a permetező drónok nyújtotta új, kedvező lehetőségek kihasználását egyelőre ellehetetleníti a jogi szabályozás, a korlátozottan alkalmazható készítmények, a drónpilóta-oktatás korlátai és a gyakorlati tapasztalat hiánya (Borhi és Zalai, 2023; Spalovic et al., 2023).

Gazdatársadalom elfogadása

Az innovatív technológiák életképességének és elterjedésének egyik kritikus előkövetelménye a szakértői réteg elfogadása. A támogató hozzáállást egy gazdálkodó esetében számos tényező befolyásolhatja. Az elfogadás felméréséhez elengedhetetlen a megkérdezettek háttértudásának felmérése is. Skevas és Kalaitzandonakes által 2020-ban végzett kutatás szerint a drónok mezőgazdasági termelők általi elfogadásának egyik legjelentősebb mozgatórugója a pilóta nélküli légi járművek használatából származó potenciális gazdasági és környezetvédelmi előnyökkel kapcsolatos várakozások. Megállapításuk szerint a gazdálkodó társadalmi helyzete mellett a gazdaság adottságai is kulcsfontosságú szerepet játszhatnak a technológia alkalmazását érintő nyitottságban. Azok a gazdálkodók, akik hosszú távon elkötelezték a gazdaság jövedelmezősége iránt, nagyobb arányban kívánják kihasználni a dróntechnológia nyújtotta előnyöket. Ide tartoznak például a fiatal vállalkozók vagy azok, akiknél csa-

ládon belül megoldott kérdéskör az utódlás, továbbá azon gazdálkodók, akik szomszédos vállalkozókkal együttműködve dolgoznak. Eredményük alapján a magas jövedelmű, kockázati tőkéhez jobban hozzáférő gazdálkodók szintén nagyobb valószínűséggel alkalmaznak drónokat. Kutatásuk során a drónok mezőgazdasági alkalmazásaival kapcsolatos ismeretek magas szintűnek bizonyultak, és látszólag nem befolyásolták az elfogadást vagy az elfogadási szándékot. Vizsgálatukkal bizonyosságot nyert, hogy a mezőgazdasági drónok iránti látens kereslet potenciálisan jelen van, jelentős hányadban azonban a technológia komplexsége tartja vissza a gazdálkodókat a beruházástól (Skevas és Kalaitzandonakes, 2020).

Azizul és munkatársai a 2023-as évben végeztek kutatótevékenységet annak feltárására, hogy mely tényezők és milyen mértékben befolyásolják a gazdálkodókat a drónhasználat elfogadásában a növénytermesztés során. Kísérletükben 15, a hozzáállással összefüggésbe hozható tényezőt sikerült azonosítani. A 15 faktor közül meghatároztak 2, az elfogadást szignifikáns módon befolyásoló tényezőt. Ezeket a drónok mezőgazdasági szerepére vonatkozó várakozások, valamint a drónkezelési képességek jelentették. A legtöbb kutatásban részt vett gazdálkodó pozitív véleményt fogalmazott meg a drónokról, melyeket leginkább a nyereség növelése érdekében alkalmazható alternatív eszközöknek tekintenek (Azizul et al., 2023).

Bai és munkatársai 2022-ben végeztek felmérést a magyar gazdálkodók elfogadását és a dróntechnológia alkalmazását befolyásoló tényezőkre vonatkozóan. Eredményeink alapján a mezőgazdasági felsőfokú végzettséggel rendelkező gazdák 6,33-szor nagyobb valószínűséggel döntöttek a drón használatára mellett, mint az ilyen végzettséggel nem rendelkező társaik. Megállapításuk szerint tehát a mezőgazdasági végzettség hatással van a precíziós gazdálkodás iránti nyitottságra. Hasonló tendencia volt meg-

figyelhető a munkaidő növekedésével párhuzamosan is. A megkérdezettek közül a teljes munkaidőben termelő gazdálkodók sokkal nagyobb valószínűséggel alkalmaztak mezőgazdasági drónt, mint azok, akik csak részmunkaidőben termelnek. Számszerűsítve a drón használatának esélye 3,34-szeresére nőtt a teljes munkaidőben gazdálkodók esetében. Továbbá kutatásuk során azt az eredményt tapasztalták, hogy az életkor növekedése csökkenti a drón használatának valószínűségét, ami annak tudható be, hogy az idősebb gazdálkodók kevesebb tapasztalattal rendelkezhetnek a digitális technológiákkal kapcsolatban, rövidebb időhorizont áll rendelkezésükre, és hajlamosak ragaszkodni a megszokásokhoz. A kitöltött kérdőívek alapján a drónok használata a precíziós technológiákon belül már nem bizonyult elhanyagolhatónak (17%) (Bai et al., 2022).

A gazdálkodók elfogadásán túl a fentiek alapján természetesen mérlegelni kell a gazdaság lehetőségeit és a környezeti tényezőket is. Hatékony módszer lehet a beruházást érintő döntéshozatal gazdasági elemzéssel történő alátámasztása. Ennek az eljárásnak első lépése szintén a technológia előnyeinek és hátrányainak detektálása kell, hogy legyen. A jól számszerűsíthető pozitívumok és negatívumok mellett hatást gyakorolhat számos szubjektív módon megítélhető tényező is. Ezek azonosítása jellemzően szakirodalmi források vagy szakmai vélemények alapján történhet (Székely et al., 2023). Ennek érdekében erre a kérdéskörre jelen tanulmány is kitér szakmai interjúk segítségével, hiszen annál hatékonyabb lehet egy jövőben elvégzett elemzés, minél behatóbban ismerjük a befolyásoló tényezőket és hatásokat.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatás során szakirodalmi forrásokra alapozva feltérképeztük a mezőgazdaságban jellemző kockázati tényezőket, és azt, hogy ezen kockázati faktorok miképpen jelent-

keznek, esetleg erősödnek fel vagy orvosolhatóak a technológia megválasztásának függvényében. A mezőgazdasági drónok alkalmazási lehetőségeinek megalapozása érdekében három különböző szakértői csoport bevonásával készült véleménykutatás. A kutatás célja volt meghatározni, hogy a megkérdezett szakértők hogyan támasztják alá, esetleg cáfolják meg a szakirodalomban talált kockázati tényezők szerepét, illetve sok éves szakmai tapasztalatuk és tudásuk tükrében hogyan látják a technológiában rejlő lehetőségeket. Ennek érdekében három különböző szakértői csoport képviselőit kerestük meg, úgymint növényorvos, drónpilóta és több évtizede gazdálkodó szakemberek. A különböző csoportok felkeresése azért volt szükséges, mivel ezen szakterületek képviselői sokszor igen ellenkező érdekekkel és rálátással rendelkeznek a technológiák alkalmazására vonatkozóan. Valamennyi csoportból 4-4 fővel, két nővel és két férfival, zajlott le a szakértői interjú. Az interjú hitelességének megalapozása céljából hasonló a hasonló véleménykutatásokról szóló szakirodalmak áttekintésére került sor. Majd a releváns irodalmaknak megfelelően 22 kérdésből álló interjúvázlatot állítottunk össze. A rendelkezésre álló szakirodalmi források alapján és a kutatás célkitűzéseit szem előtt tartva a kérdéssort öt nagyobb témakört ölel fel. A kérdések fókuszában a drónok mezőgazdasági alkalmazásának lehetőségei, azok korlátai, az inputanyag-csökkentés lehetőségei, a drónok szolgáltatásként vagy beruházásként történő igénybevétele, az esetleges beruházás megtérülésének megítélése, az alkalmazás előnyeinek, hátrányainak és a mezőgazdasági kockázati tényezőkkel való kapcsolata, illetve a mezőgazdasági dróntechnológia jövőjére vonatkozó várakozások állnak. Ezen témakörökhöz való hozzáállás feltérképezése több, egymással kapcsolatban álló kérdés megfogalmazásán keresztül történt annak érdekében, hogy pontosan meghatározható legyen az interjúalany át-

fogó szakmai véleménye. Az első kérdéskör, amire a felmérés konkrét választ keresett, az volt, hogy milyen tudással rendelkeznek az alanyok a technológiáról, mit gondolnak annak bevezetéséről, illetve milyen formában használnák azt a gyakorlatban. A második kérdéskör a szakértők előnyökre és hátrányokra vonatkozó meglátására adott választ. A harmadik kategória arra vonatkozott, hogy az interjúalanyok miként látják a mezőgazdasági drónok használatának lehetőségét a gazdaságok életében. A negyedik témakörhöz tartozó kérdések a technológiával járó költségekről alkotott véleményekre koncentráltak. Végül pedig az utolsó, ötödik témakör kérdései arra irányultak, hogy a megkérdezettek mit gondolnak a technológia jövőjéről, milyen várakozásaik vannak erre vonatkozóan.

Az ismeret és a bevezetéshez való hozzáállás megismerése érdekében a következő kérdésekre adtak választ a szakértők:

- Kérem, nagy vonalakban részletezze, hogy milyen ismeretekkel rendelkezik a mezőgazdasági drónok kapcsán, és honnan tájékozódik?
- Használja vagy használná-e a mezőgazdasági drónokat, és ha igen, pontosan milyen célból?
- Amennyiben használna a mezőgazdasági drónokat, szolgáltatásként vagy beruházás formájában venné igénybe azokat?
- Amennyiben nem használna mezőgazdasági drónokat, pontosan miért nem?
- Mit gondol, a drónok milyen egyszerűen alkalmazhatók a mezőgazdaságban?
- Ön hogyan viszonyul a monitoring-technológia kapcsán gyakran felmerülő adatvédelem kérdéséhez?

Az előnyökre, hátrányokra és korlátokra vonatkozó meglátás megismerése céljából az alábbi kérdések hangzottak el az interjúk során:

- Milyen környezeti tényezők lehetnek, melyek esetén kimondottan előnyösnek bizonyulhat használatuk?
- Milyen környezeti tényezők adódhatnak,

melyek esetén kimondottan használhatatlannak bizonyulnának?

- Milyen előnyöket és hátrányokat tudna felsorakoztatni a technológia mellett és ellen?
- Milyen problémákat tapasztal a drónok bevezetésével és használatával kapcsolatban a mezőgazdaságban?

Annak feltérképezése érdekében, hogy a szakértők hogyan vélekednek a drónok használatának lehetőségeiről egy gazdaság életében, a következő kérdések kerültek megfogalmazásra:

- Milyen szempontból lehet hasznos egy gazdaság életében a mezőgazdasági drónok használata?
- Kérem részletezze, hogy mi befolyásolja az előbbi véleményét!
- Mit árulhatnak el a drónok adatai a termelők gazdálkodási gyakorlatáról?
- Hogyan látja a drónok és az azokból származó adatok használatát a gazdaságban történő döntéshozatal segítésére?
- Hogyan használhatják a gazdálkodók a drónokat meglévő tudásuk kiegészítésére a termelékenység növelése és a termelési költségek csökkentése érdekében?

A költségeket érintő hozzáállás megállapítása céljából az alábbi kérdéseket választották meg az interjúalanyok:

- Mit gondol a technológia bevezetésével járó költségekről?
- A mezőgazdasági drónok használata révén csökkenhetnek az inputanyagköltségek?
- Milyen gazdaságmérettől vagy éves bevételtől érheti meg a technológia beruházása?
- Adott esetben megtérülhet a drónokat érintő beruházás, és ha igen, milyen távlatban?

A jövőre vonatkozó várakozások azonosítása céljából három kérdés hangzott el a szakértői interjúk során, az alábbiak szerint:

- A mezőgazdasági drónok használatának lesz létjogosultsága a jövőben?
- Milyen szabályozási változásokra és fejlődésre számít a technológia kapcsán,

és mit gondol, az milyen hatással lesz a mezőgazdasági használatára?

- Magyarországon előbb-utóbb elterjedtté válik a drónokkal való permetezés vagy állományfelmérés?

Valamennyi interjúról hangfelvétel és átírat készült garantálva az eredmények teljesen anonim közzétételét. A szakmai interjúkat követően kvalitatív kutatási módszerek segítségével valamennyi alany válasszaiból kivonat készült az öt kérdéskörrel alkotott véleményükre vonatkozóan. Ezt követően a kivonatok tartalmát csoportonként összehasonlítva egy általános vélemény és hozzáállás került kialakításra szakértői csoportonként.

A szakmai interjúk kiértékelése a grounded theory (megalapozott elmélet) elvei szerint történt. A grounded theory egy olyan kvalitatív kutatási módszer, amely lehetővé teszi az interjúk során felmerült témák, mintázatok azonosítását és ennek köszönhetően az összefüggések megvilágítását. A módszer alkalmazása során az adatok elemzésének első lépése az interjúk kisebb egységekre bontása, valamint a kulcsszavak beazonosítása. Ezt követően az így kiemelt címkék közötti összefüggések feltárására kerül sor. Ez a lépés rávilágít arra, hogy milyen módon kapcsolódnak a kiválasztott kulcsszavak egymáshoz, milyen rendszert alkotnak. Ennek elemzésével lehetőség nyílik az egységes elmélet megalkotására. Az elméletalkotás úgynevezett központi kategóriák megválasztásával és összefüggésüknek vizsgálatával zajlik. Az így kapott elmélet tesztelése kulcsfontosságú, mely során az eredeti interjúk és a kapott elmélet közötti összhang ellenőrzése történik meg. Ezenkívül lehetőség van az elmélet finomítása érdekében további interjúk elvégzésére és adatgyűjtésre is. A grounded theory módszer egyik nagy előnye, hogy a megalkotott elméletek az adatgyűjtés során kapott adatokból épülnek fel. Ez azt jelenti, hogy a módszert alkalmazó kutatók nem kényserülnek előre meghatározott hipotézisek

felállítására, hanem a valós tapasztalatokra és adatokra támaszkodnak. Hátránya lehet ezzel szemben a kutató szubjektív megítélésének kockázata. Mivel a kutatók a kiválasztott kulcsszavak alapján alkotják meg a kategóriákat és az elméleteket, a személyes előfeltevések befolyásolhatják, hogyan értelmezik az adatokat (Strauss & Corbin, 1998).

EREDMÉNYEK

Az eredmények jobb reprezentálása érdekében valamennyi szakértői csoport tekintetében egy-egy általános összvéleményt fogalmaztunk meg a kvalitatív tartalomvizsgálat segítségével. A gazdálkodó szakemberek megkérdezése során minden esetben olyan diplomával rendelkező interjúalanyt kerestünk, aki legalább 150 hektár feletti földterületet művel. A szakmai interjúk elvégzését követően a következő válaszokat és hozzáállást fogalmazták meg a szakértők az öt meghatározott kérdéskörre vonatkozóan.

A technológia ismerete és hozzáállás a bevezetéshez

A növényorvosok alapvetően tájékozottak a mezőgazdasági drónok használata terén, követik a törvények változását. A növényorvosok egyetemi tanulmányaikra támaszkodva vagy munkatapasztalatuk révén alkották meg véleményüket a dróntechnológia nyújtotta lehetőségekről. Valamennyi megkérdezett interjúalany alapvetően nyitott az új technológiák bevezetésére, hozzáállásuk pozitív, bár hangsúlyozták a drónpilóták megfelelő képzésének fontosságát és elengedhetetlenségét.

A gazdálkodók saját bevallásuk szerint alapvetően közepes vagy annál jobb ismeretekkel rendelkeznek a mezőgazdasági drónokra vonatkozóan. Internetes forrásokból, egyetemi tanulmányaikból és szakmai tapasztalataikból tájékozódnak, de főként a saját gazdaságukban szerzett tapasztalataikra és tudásukra alapoznak. Mindemellert véleményük megalkotásában egyaránt fontos szerepet játszik a közvetlen

környezet és gazdatársadalom véleménye is. Valamennyi megkérdezett gazdálkodó alapvetően nyitott a technológia irányába, de látják annak korlátait is.

A megkérdezett drónpilóták már csak képzettségükből kifolyólag is átfogó ismeretekkel rendelkeznek a mezőgazdasági drónokról, egyikük doktori tanulmányokat is folytat a témakörben. Folyamatosan tájékozódnak a szakirodalom és az aktuális trendek terén. Véleményük szerint a mezőgazdasági drónok kiegészítő technológiaként nagy hasznára lehetnek a gazdatársadalomnak.

Előnyök és hátrányok megfogalmazása

A megkérdezett növényorvosok előnyt látnak a mezőgazdasági drónok sokrétű felhasználási lehetőségeiben, úgymint termésbecslés, kártermelés, differenciált kijuttatás megtervezése és foltkezelés. A technológia hátrányait pedig a monitoringdrónok esetleges pontatlanságában és a permetező drónok teherbírásának korlátaiban látják.

A gazdálkodók a mezőgazdasági drónok előnyének főleg a hatékonyság növelését és a környezetterhelés mérséklését tartják. Ugyanakkor a technológia korlátaiként említik a jogi szabályozás hiányosságait és az időjárásra való érzékenységet.

A képzett drónpilóták szerint a mezőgazdasági drónok előnyei a költségmegtakarításban és a termelékenység növelésében mutatkoznak meg. Ugyanakkor a technológia korlátait is hangsúlyozták, mint például az engedélyezési procedúrák bonyolultságát és a szeles időjárásra való érzékenységet.

Szakmai vélemények a drónok használatának lehetőségére vonatkozóan egy gazdaság életében

A növényorvosok véleménye szerint a mezőgazdasági drónok többek között differenciált növényvédő szer, valamint tápanyag kijuttatására és ezen keresztül a termelékenység növelésére használhatók nagy sikerrel. Továbbá a permetező drónok

szükséghelyzeti alkalmazásának jelentőségét hangsúlyozták, hiszen adódhatnak olyan környezeti körülmények, melyek esetében nincs lehetőség a konvencionális művelésmód eszközeit alkalmazni, de a kultúra védelme érdekében mindenképpen szükséges annak permetezése.

A gazdálkodó szakemberek a mezőgazdasági drónok használatának lehetőségét főleg a kártermelésben, valamint a differenciált inputanyag-kijuttatásban látják. Ez utóbbi esetében nagy szerepe van a monitoringdrón nyújtotta adatokból megtervezhető kijuttatási térképnek, valamint a permetező drónokkal lehetséges foltkezelésnek is.

A meginterjúvált drónpilóták lehetőséget látnak a drónok alkalmazásában a gazdaságok életében. Véleményük szerint állományfelvételezésre, vadkárbecslésre és permetezésre használhatók sikeresen. A megkérdezettek többsége azt gondolja, hogy egy gazdálkodó számára hasznosabb lehet beruházás formájában igénybe venni a technológiát, bár egyikük szakmai véleménye szerint elsősorban szolgáltatás formájában kifizetődő a drónok használata.

Költségeket érintő hozzáállás

A megkérdezett növényorvosok úgy vélik, hogy a drónok beruházási költségei alacsonyok a hagyományos művelésmód gépeinek bekerülési értékéhez viszonyítva. Egyúttal kiemelték, hogy a drónok által potenciálisan megtakaríthatók a működési költségek, a csökkentett inputanyag-felhasználáson keresztül. Valamint felhívták a figyelmet arra, hogy a gazdálkodó jelentős bevételektől eshet el, ha környezeti tényezők miatt nincs lehetősége időben elvégezni az állománypermetezést. Véleményük szerint a drónokkal történő szükséghelyzeti permetezés révén gyakran kiküszöbölhetőek ezek az akadályok, így megmenthető az állomány és a vele a bevétel.

A gazdálkodók válaszai szerint a drónok beruházási költségei viszonylag magasak le-

hetnek, azonban hosszú távon megtérülnek a költségmegtakarítás és a termelékenység növelése révén.

A drónpilóta szakemberek úgy vélik, hogy a drónok bevezetése magas bekerülési költségekkel járhat, de megfelelő alkalmazás esetén rövid időn belül, mindössze 1-2 év alatt megtérülhet a gazdaság számára.

Várakozások a jövőt illetően

A növényorvos végzettséggel rendelkező interjúalanyok alapvetően optimisták a mezőgazdasági drónok jövőjét illetően. A technológia további fejlődésével és a szabályozási változásokkal úgy vélik, hogy a drónok fontos szerepet fognak játszani a mezőgazdasági gyakorlat hatékonyságának növelésében. Egyikük azonban kiemelte, hogy a technológia térnyeréséhez szükség lesz a gazdátársadalmat érintő generációváltásra is.

A gazdálkodók szintén pozitívan állnak a mezőgazdasági drónok jövőjéhez, és úgy vélik, hogy a technológia további fejlődése és a szabályozási változások elősegítik majd a drónok szélesebb körű alkalmazását a mezőgazdaságban.

Valamennyi megkérdezett drónpilóta optimista a mezőgazdasági drónok jövőjét illetően. Kihangsúlyozták, hogy a permetező drónok terén még sok kiaknázatlan lehetőség van.

Összegzett, általános hozzáállás

Összességében elmondható, hogy mind a 12 interjúalany pozitívan áll a mezőgazdasági drónok alkalmazásához, véleményük szerint hozzáértő kezekben nagyban megkönnyíthetik a gazdálkodók számára a precíz döntéshozatalt. Bár elismerik a technológia korlátait is és annak magas bekerülési költségét, optimisták a drónok jövőjét illetően. Úgy gondolják hosszú távon nagyban hozzá fognak járulni a mezőgazdasági tevékenység hatékonyságának növeléséhez. (1. táblázat)

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A szakmai interjúk során megkérdezett szakértői csoportok pozitívan állnak a mezőgazdasági drónok bevezetéséhez, átfogó ismeretekkel rendelkeznek a drónok használatáról, azok előnyeiről és korlátairól.

I. táblázat

Általános hozzáállás a kérdéskörökre vonatkozóan (General attitude towards issues)

Kérdéskörök	Kapott válasz
Ismeret, hozzáállás a bevezetéséhez	Az interjúalanyok általánosan magas szintű tudással rendelkeznek a drónok működéséről és alkalmazásáról.
Előny, hátrány, korlátok	Az előnyök között szerepel a pénz- és időmegtakarítás lehetősége, valamint a nagyobb termelékenység, míg a hátrányok között említik az időjárásra való érzékenységet és az engedélyezési procedúrák bonyolultságát, illetve a permetezés körülményességét.
Használatának lehetősége egy gazdaság életében	A mezőgazdasági drónok széles körű használati lehetőségeket kínálnak a gazdaságok számára. Ezek közé tartozik az állományfelvételezés, vadkárelmézés és a differenciált inputanyag-kijuttatás, amelyek mind hozzájárulnak a gazdálkodás hatékonyságának és eredményességének növeléséhez.
Költségeket érintő hozzáállás	Bár a beruházási költségek viszonylag magasak lehetnek, a hosszú távú megtérülés valószínűsége és a költségmegtakarítás potenciális lehetőségei miatt mégis vonzó lehetőségként tekintenek rá az érintettek.
Várakozások a jövőt illetően	Az interjúalanyok optimistán tekintenek a technológia fejlődésére és a szabályozási változásokra, úgy vélik, hogy a drónoknak hosszú távon létjogosultságuk lesz a mezőgazdasági gyakorlat optimalizálásában.

A tanulmányaikon és saját tapasztalataikon keresztül megértették a drónok alkalmazásának sokoldalú lehetőségeit a mezőgazdaságban. Az előnyök között legfőbb szempontként a költség- és időmegtakarítást emelik ki. Ugyanakkor felismerik a technológia korlátait, mint például az időjárásra való érzékenységet és az engedélyezési procedúrák bonyolultságát, a korlátozott teherbírást és az akkumulátorkapacitást. Mindazonáltal a megkérdezettek 100%-a azt gondolja, hogy megtérül a drónokat érintő beruházás, ettől függetlenül a 12 interjúalanyból 1 szakmai véleménye szerint inkább a szolgáltatásként történő igénybevételt tartja indokoltnak. Azonban felhívják a figyelmet arra, hogy a pilóták megfelelő képzése ugyanúgy költségekkel jár, amely a gazdálkodók elengedhetetlen feladata a kapott adatok megfelelő kiértékelése szempontjából. A jövőre vonatkozó várakozásaik optimisták, és úgy vélik, hogy a mezőgazdasági drónoknak hosszú távon létjogosultságuk van a mezőgazdasági gyakorlat hatékonyabbá tételében és a termelékenység növelésében.

Jogosan merülhet fel a kérdés, hogy amennyiben az agrárszektor jelentős tapasztalattal rendelkező képviselői nyitottan állnak a mezőgazdasági drónokhoz, és a monitoringtechnológia használata évtizedek óta lehetséges, hiszen biztosított hozzá a jogi és technológiai háttér is, akkor miért nem általános a monitoringdrónok alkalmazása és elterjedése. Skevas és Kalaitzandonakes által végzett vizsgálat során bizonyosságot nyert, hogy a mezőgazdasági drónok iránti látens kereslet potenciálisan jelen van, jelentős hányadban azonban a technológia komplexsége tartja vissza a gazdálkodókat a beruházástól (Skevas és Kalaitzandonakes, 2020). Ezzel párhuzamosan, habár az általunk megkérdezett interjúalanyok szinte kivétel nélkül nyitottan álltak a permetező drónokhoz, a technológia használatának bonyolultságát és körülményességét emelték ki hátrányként. A viszonylag alacsony

használati arány valószínűleg a magyar gazdálkodók esetében is ezekből a korlátokból fakad, még ha a válaszok alapján a látens kereslet potenciálisan jelen is van. Az egyik megkérdezett interjúalany jövőre vonatkozó várakozásainak megfogalmazása során elmondta, hogy meglátása szerint hiába adott a lehetőség, ha a jogszabály folyamatosan változik, és legfőképpen, ha nem következik be a gazdatársadalomban az a generációváltás, ami teret adna az új technológiákkal szemben nyitott gondolkodásmód számára. Ezzel megegyező eredményt tapasztalt Bai és kutatócsapata a 2022-ben Magyarországon végzett felmérésük során. Eredményeik szerint az idősebb generáció sokkal zárkózottabban viszonyul a modern technológiák alkalmazásához. A mezőgazdasági drónok elterjedését tehát valóban befolyásolja a gazdatársadalomban bekövetkező generációváltás is (Bai et al., 2022).

Összességében tehát levonható a következtetés, hogy a szakértők nagy része egyelőre a monitoringtechnológiát helyezi előtérbe a permetező drónokat érintő hiányos szabályozásokból eredően. Mindazonáltal nyitottak a drónokkal történő permetezésre, így ez a tendencia akár nagyban változhat a jogi háttér és a rendelkezésre álló készítmények kedvező változásával, amire szintén nagy esélyt látnak a megkérdezett szakértők már csak az Európai Unió csökkentett szerhasználatra vonatkozó törekvései alapján is. Mindemellett az is elmondható, hogy az interjúalanyok ugyan pozitívan viszonyulnak a mezőgazdasági drónok használatához, elmondásuk szerint elsősorban csak kiegészítő technológiaként látják létjogosultságát. Azizul és kutatótársai 2023-ban ugyanezt a következtetést vonták le Malajziában végzett felmérésük során, ahol a gazdálkodók nagy része pozitívan viszonyult a drónok alkalmazásához, azonban a többség csak alternatív technológiaként látta benne a lehetőséget, hiszen számtalan olyan munkálat lehet, mely végrehajtására nem alkalmasak, valamint permetezés esetén is jelentősen

alacsonyabb teljesítménnyel rendelkeznek, mint a hagyományos eszközök (Azizul et al., 2023).

A szakirodalmi források alapján feltérképezett kockázati tényezőket nagyban megerősítették a kapott válaszok. A szakértők is azonosítottak olyan kockázati tényezőket, melyek a drónok használata révén hatványozottan jelentkeznek. Ide sorolták a szeles időjárás okozta akadályokat, a jogi szabályozásból fakadó nehézségeket, a korlátos kapacitásokat, a növényvédő szer jelentősebb elsodródását, valamint a kompetencia hiányát. Ezzel szemben számos olyan előnyt is felsoroltak a technológia mellett, mely segítségével csökkenthetőek a gazdaságot érintő negatív behatások. Elmondásuk szerint tehát a drónok használatával kevésbé jelent problémát a nedves vagy járhatatlan talajfelület, a belvíz, a nehéz megközelíthetőség, a nagy mennyiségű üzemanyag-fogyasztás és a szemrevételezésre rendelkezésre álló korlátozott időintervallum. Valamint az inputpiacon gyakran tapasztalható magas árak is kevésbé terhelik a gazdálkodót, ha a drónok használata révén lehetősége van a csökkentett szerhasználatra. Ezen előnyök és hátrányok azonosítása, mértéküknek feltérképezése, később számszerűsítése elengedhetetlen kitétel a beruházást érintő, Székely

és kutatótársai (2023) által leírt gazdasági elemzések pontos elvégzése érdekében.

További kutatások során cél volna azonosítani, hogy a gazdálkodók számára milyen környezeti körülmények és adottságok mellett éri meg beruházni a dróntechnológiába Magyarországon, kiegészítve a szakértők és a szakirodalom által sokszor említett termelésnövekedés és költségsökkenés mértékének meghatározásával, illetve az ebből fakadó a megtérülés vizsgálatával. Mindezekhez azonban nélkülözhetetlen alapul szolgál a hazánkban tevékenykedő szakértők véleményének megismerése, hiszen ez nagyban meghatározza, hogy a technológia nyújtotta mely lehetőségekkel kíván élni a magyar agrártársadalom. A mezőgazdasági drónokban rejlő valódi lehetőségek és korlátok azonosítása érdekében mindenképpen további szakértők megkérdezésére, gazdálkodóktól származó adatok elemzésére és gyakorlati kísérletek beállítására van szükség.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS:

A kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-1/2/3/4/5 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- Ayamga, M., Akaba, S. és Nyaaba, A. A. (2021). Multifaceted applicability of drones: A review. *Technological Forecasting and Social Change*, 167, 120677. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120677>
- Azizul, A. S., Pebrian, D. E., Mustaffha, S., Shamsi, S. M., Zahari, M. K. és Ruslan, N. A. (2023). The use of drone for rice cultivation in Malaysia: Identification of factors influencing its farmers' acceptance. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 22(7), 461–468. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2023.04.005>
- Bai, A., Kovách, I., Czibere, I., Megyesi, B., Balogh, P., (2022). Examining the Adoption of Drones and Categorisation of Precision Elements among Hungarian Precision Farmers Using a Trans-Theoretical Model. *Drones*, 6(8), 200. <https://doi.org/10.3390/drones6080200>
- Beke, É., Bódi, A., Takácsné, Gy. K., Kovács, T., Maros, D. és Gáspár, L. (2018). The role of drones in linking industry 4.0 and ITS Ecosystems. *IEEE 18th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI 2018)* (pp. 191–197.). 10.1109/CINTI.2018.8928239
- Borhi, A. és Zalai, M. (2023). A drónok mezőgazdasági használata. A szabályozási környezet áttekintése hazai és Európai Uniói jogszabályok alapján. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, 24(2), 3–17.

- Dandrifosse, S., Jago, A., Huart, J. P., Michaud, V., Planchon, V. és Rosillon, D. (2024). Automatic quality control of weather data for timely decisions in agriculture. *Smart Agricultural Technology*, 8, 100445. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100445>
- Hafeez, A., Husain, M. A., Singh, S. P., Chauhan, A., Khan, M. T., Kumar, N., Chauhan, A. és Soni, S. K. (2023). Implementation of drone technology for farm monitoring & pesticide spraying: A review. *Information Processing in Agriculture*, 10(2), 192–203. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2022.02.002>
- Hajnal, K., Hegyi, F. R. és Békési, B. (2023). Multikopteres drón tervezése, fejlesztése és felhasználása. *Repülés-tudományi Közlemények*, 35(2), 11–21. <https://doi.org/10.32560/rk.2023.2.1>
- Ivezic, A., Trudic, B., Stamenkovic, Z., Kumanovic, B., Peric, S., Ivosevic, B., Buden, M., Petrovic, K., (2023). Drone-Related Agrotechnologies for Precise Plant Protection in Western Balkans: Applications, Possibilities, and Legal Framework Limitations. *Agronomy*, 13(10), 2615. <https://doi.org/10.3390/agronomy13102615>
- Masi, M., De Rosa, M., Veccio, D., Bartoli, L. és Adinolfi, F. (2022). The long way to innovation adoption: insights from precision agriculture. *Agricultural and Food Economics*, 10(27). <https://doi.org/10.1186/s40100-022-00236-5>
- Ma, W. és Rahut, D. B. (2024). Climate-smart agriculture: adoption, impacts, and implications for sustainable development. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 29(44). <https://doi.org/10.1007/s11027-024-10139-z>
- McCarthy, C., Nyoni, Y., Kachamba, D. J., Banda, L. B., Moyo, B., Chisambi, C., Banfill, J. és Hoshino, B. (2023). Can Drones Help Smallholder Farmers Improve Agriculture Efficiencies and Reduce Food Insecurity in Sub-Saharan Africa? Local Perceptions from Malawi. *Digital Agriculture*, 13(5), 1075. <https://doi.org/10.3390/agriculture13051075>
- Medellín-Azuara, J., Escrivá-Bou, A., Rodríguez-Flores, J. M., Cole, S. A., Abatzoglou, J., Viers, J. H., Santos, N. és Summer, D. A. (2022). Economic Impacts of the 2020–22 Drought on California Agriculture, The California Department of Food and Agriculture. https://cawaterlibrary.net/wp-content/uploads/2022/11/20AmSf-Economic_Impact_CA_Drought_Vo1.pdf
- Michels, M., von Hobe, C. F. és Musshoff, O. (2020). A trans-theoretical model for the adoption of drones by large-scale German farmers. *Journal of Rural Studies*, 75, 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.01.005>
- Mohsan, S. A. H., Othman, N. Q. H., Li, Y., Alsharif, M. H. és Khan, M. A. (2023). Unmanned aerial vehicles (UAVs): practical aspects, applications, open challenges, security issues, and future trends. *Intelligent Service Robotics*, 16, 109–137. <https://doi.org/10.1007/s11370-022-00452-4>
- Nébih (2024). A növényvédelmi drónpilóták nyilvántartása. Letöltve: 2024.07.31. <https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/524160990/Novenyvedelmi+dronpilota+nyilvantartas.xlsx/2f171d33-439b-5509-e553-3e5156ef1abe?t=1711376180919>
- Pálinkás, P. és Székely, Cs. (2008). Farmers' risk perception and risk management practices in international comparison. *Bulletin of the Szent Istvan University*, 266–276. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.47554>
- Sadiku, M. N. O., Olanrewaju, K. B., Adekunle, S. S. és Musa, S. M. (2021). Drones In Agriculture. *International Journal of Scientific & Engineering*, 12(9).
- Sanz, D., Valente, J., Cerro, J. D., Angel de Frutos, M., Roldan, J. J. és Barrientos A. (2012). Risk analysis for uav safe operations: A rationalization for an agricultural environment. First RHEA International Conference on Robotics and associated High-technologies and Equipment for Agriculture. University of Pisa. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2911980>
- Skevas T. és Kalaitzandonakes, N (2020). Farmer awareness, perceptions and adoption of unmanned aerial vehicles: evidence from Missouri. *International Food and Agribusiness Management Review*, 23(3), 469–485. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2019.0151>
- Spalevic, Z., Milanovic, B. és Ilic M (2023). Proposal of its solution, legal and management regulations for agriculture drones image processing. *International Review*, 1-2, 113–122. <https://doi.org/10.5937/intrev2302121S>
- Strauss, A., Corbin, J. (1998). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (2nd ed.). Sage Publications.

- Székely, Cs., Lencsés, E. és Kovács, A. (2023). Innovatív mezőgazdasági technológiák üzemgazdasági elemzése. *Gazdálkodás*, 67(5), 385–397. https://doi.org/10.53079/GAZDALKODAS.67.5.t.pp_385-397
- Takácsné, Gy. K (2010). Precíziós növénytermelés növényvédőszer-használatának gazdasági hatásai. *Gazdálkodás*, 54(4), 368–375. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.99133>
- Verőné, Wojtaszek M. (2019). Mapping of Spatial Variability within a Field by Using Remote Sensing. *International Journal of Geoinformatics*, 15(4), 53–58.
- Zhong, L., Nie, J., Yue, X. és Jin, M. (2023). Optimal design of agricultural insurance subsidies under the risk of extreme weather. *International Journal of Production Economics*, 263, 108920. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108920>