

Drón technológia alkalmazása környezetvédelmi-kármentesítési projektekben

DR. HEGEDŰS PÉTER, projektmérnök, Nitrokémia Zrt.



Habár a drónok hazai alkalmazása túlnyomóan hobbi-, és magáncéllal történik, a környezetvédelmi feladatok ellátásában betöltött szerepe vélhetően rohamosan növekedni fog az elkövetkező években. A Nitrokémia Zrt. kármentesítési projektjeiben sikeresen alkalmazza a DJI Phantom típusú drónt, amelynek hatékony működtetését a változó jogszabályi környezethez igazítjuk. Az utóbbi 18 hónap során végzett repülések alapján a technológia alkalmazása monitoring-, változáskövetés-, terepi megfigyelés és fotogrammetriai célok tekintetében egyaránt hatékonynak mondható. Az adott felvételeket széleskörűen értékeltük, adott esetben egy-egy felvétel segítségével a terepi morfológia változásáról kaptunk információt, de ortofotók létrehozásával teljes kármentesítési területek komplex értékelését is eredményesen valósíthatjuk meg a 3D Survey fotogrammetriai szoftver segítségével.

Bevezetés

Az utóbbi években egyre szélesebb körben elterjedt a drón eszközök és hozzájuk köthető technológia alkalmazása, nem csak hobbi céllal, hanem környezetvédelmi, kármentesítési projektek során történő felhasználásra egyaránt (Bencze Á. 2021). Jelen cikk – a teljesség igénye nélkül – az utóbbi 1,5 év során történt felmérésk tapasztalatait, a szoftveres kiértékelések folyamatát ismerteti, illetve a jogi szabályozás fontosabb pontjaira világít rá, a teljesség igénye nélkül. Az alkalmazott megfigyelések egyaránt köthetők terepi tapasztalatokhoz, és a szoftveres feldolgozás során történt észrevételekhez. Társaságunk, a Nitrokémia Zrt. a 2020. év elején szerezte be a jelenleg is működtetett drónt és kiegészítőit, az azóta eltelt időszakban azonban jelentős jogszabályi változások és előírások láttak napvilágot, amely a működési keretet és annak lehetőségeit is jelentősen befolyásolják. Fontos előtérbe helyezni néhány olyan tapasztalatot, amely a leendő – elsősorban környezetvédelmi és monitoring szempontú alkalmazásra törekvő – drónfelhasználók részére a későbbiekben jelentős támpont lehet akár az eszköz megválasztásánál, akár a jövőbeli felmérések tervezése során.

Jogszabályi háttér

A hazai drónhasználatot alapvetően a légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvény és a 26/2007 GKM-HM-KvVM együttes rendelet szabályozza, amely a hazai légtér felosztásról rendelkezik. Utóbbi foglalja magában a lakott területek kapcsán történő eseti légtér kijelölést is, amely szintén fontos sarokköve a megvalósítandó drónos repüléseknek. Az Európai Unió kereteket pedig az EU Bizottság 2019/945. felhatalmazási rendelete „a pilóta nélküli légi járműrendszerekről és a pilóta nélküli légi járműrendszerek harmadik országbeli üzembentartóiról” fekteti le.

Fontos kiemelni, hogy alapvetően az Unió szabályozás követendő, a tagállamok ennél szigorúbb szabályozásokat hozhatnak a drón alkalmazásra, azonban ezzel szemembenő intézkedéseket nem.

A téma aktualitását igazolja az idei év elején napvilágot látott, és sokakat megosztó 38/2021. (II.2.) Kormányrendelet a pilóta nélküli állami légi járművek repüléséről, vagy másként ún. „Drónrendelet”. A rendelet célja, hogy az Európai Unió szabályozást és a hazai rendelkezéseket összhangba hozza, valójában azonban a rendelkezések a kihirdetést követően 8 napon belül életbe léptek, jelentősen megnehezítve a drónpilóták számára a jogszabálynak megfelelő alkalmazást. A rendelkezés többek között meghatározza az Unió irányelvek szerinti eszköz kategória és osztály besorolásokat, továbbá a pilóta nélküli légi jármű (UAV, *Unmanned Aerial Vehicle*) működtetéséhez szükséges kompetenciákat.

Fontos kiemelni, hogy a szabályozási rendszer felvet néhány olyan problémát, amely a gyakorlati alkalmazhatóságot jelentősen hátráltatja, bizonyos esetekben szinte ellehetetleníti. Mivel a monitoring, távérzékelési-, és fotogrammetriai célú drónhasználat többnyire a(z) „open” (nyílt, A1-A3) kategóriákban valósul meg, és Társaságunk által alkalmazott drón is ebben a kategóriában működtethető, így a megfigyeléseket erre a kategóriára tarthatjuk elsősorban érvényesnek:

- o Lakott terület feletti repülés

A2 típusú kompetencivizsga követelményhez kötött. Szükséges továbbá eseti légtér kérelmezése, amelyet a tervezett repülés megkezdése előtt 30 nappal szükséges benyújtani a Honvédelmi Minisztérium Állami Légügyi Főosztály részére. A jogszabály azonban nem rendelkezik egyértelműen a lakott terület fogalmáról, a Hatóság a beérkezett kérelmeket a légtérhasználat függvényében bírálja el, nem pedig annak

megítélésével, hogy milyen típusú területet szeretnénk lerepülni. Mindemellett a terepi alkalmazás során az egyik legjelentősebb korlátozó tényező az időjárás, amelyet – minimum – 30 nappal korábban még a legpontosabb meteorológiai előrejelzések ismeretében is nehéz megjósolni. A drón teljesítményét és a repülési viszonyokat egyértelműen befolyásolja a szélsőséges hőmérséklet (akár hideg, akár meleg), az erős szél, illetve a csapadék különböző formái, amelyek az elektronika alkalmazása miatt szinte minden esetben kizárják a felszállás lehetőségét.

- o VLOS (*Visual Line of Sight*) megvalósítása
„Nyílt” kategóriában történő drón üzemeltetés során csak úgy repülhetünk, hogy a járműre folyamatos rálátással rendelkezünk. Élénk domborzattal rendelkező, nagy kiterjedésű terület felmérése jelentős kivitelezési nehézségekbe ütközik ilyen esetekben, emellett számolnunk kell a többszöri fel-, és leszállással, amely az amúgy is rövid idejű akkumulátorkapacitást tovább csökkenti (Major K. et al. 2016.)

- o Terepszinttől mért 120 m-es magassági korlát
Szintén követelmény „nyílt” kategóriában, hogy a terepszinttől maximum 120 m-es magasságot érhet el a drón működése közben. Élénk domborzat esetén egy tervezett (2D vagy 3D típusú sorozatfelvételtől álló) lerepülés esetén szintén nehezen megvalósítható ennek követése, hiszen itt előre megadott magasságban készíti az összes felvételt az eszköz a célterületről, így előfordulhat, hogy részletenként kell lefednünk a teljes területet, mindemellett fellépnek a VLOS-nál említett problémák egyaránt.

Természetesen az optimális szabályozás úgy képzelhető el, hogy mindenekelőtt a biztonsági szabályokat tartja szem előtt, azonban a gyakorlati alkalmazást sem korlátozza olyan mértékben, hogy annak során környezetvédelmi célú alkalmazás kivitelezhetősége sérüljön (Palik M. 2012).

Eszközök és módszerek

Az alkalmazott drón jellemző paraméterei

A felméréseink során használt DJI Phantom 4 RTK típusú drónt és ehhez tartozó kezelőegységet használjuk (1. ábra). A drón multicopter (quadrocopter) kialakítású, melynek a hagyományos, merevszárnyú drónokkal szembeni előnye, hogy megvalósítható a helyből felszállás-, és leszállás képessége (VTOL, *Vertical Take-off and Landing*), illetve helyben lebegés egyaránt, emellett kis sebességű repülésre is képes. Ezek a képességek fotogrammetriai célú felvételek és terepi felmérések esetén is rendkívül előnyösek. Az eszköz üzemideje egy akkumulátorral akár 25-28 perc is lehet, ideális körülmények között. Az üzemeltetés során egyik sarkalatos korlátozó tényező az akkumulátor(ok) üzemideje, hiszen sok esetben ez

a multitoros drónok egyik legnagyobb hátránya (Komlósi I. 2013), azonban a fent említett üzemidő adat hasonló kategóriájú drónokhoz viszonyítva még mindig az egyik legjobbnak mondható (Major K. et al. 2016). A fenti paraméterek alapján fontos, hogy az adott felmérések típusához, és azok céljához szükséges drón eszközt választanunk, emellett az adott kategória besorolásokról is célszerű előre tájékozódni, aminek meghatározása jelenleg legfőképp a maximális felszállótömeg figyelembevételével (MTOM; *Maximum Take Off Mass*) adható meg.



1. ábra: DJI Phantom 4 RTK drón és kezelőegysége

Eredmények

Terepi megfigyelések és értékelések

A környezetvédelmi célú projektek keretében kijelölt kármentesítési (beavatkozási) területeken általánosan felmerülő igény, hogy a terület folyamatos monitoring alatt álljon. Ez alatt érthetjük a terepi változások megfigyelését és az aktuális munkálatok előrehaladását egyaránt. Az eddigi tapasztalatok azt mutatják, hogy egy egyszerű drónvideó, vagy fotósorozat nagyon jól szemléltet például olyan eróziós változásokat, ami „terepszinti” megfigyeléssel nem, vagy csak nehezen vehetőek észre. Ilyen például a Recsk-I. bányatelek területén elhelyezkedő H11-es jelű meddőhányó területén megfigyelhető eróziós sáv. A már kármentesített és rekultivált meddőhányó és környékének légi felvételezése vegetációs időszakban történt, a már fásított, zöldellő területből egyértelműen kitűnik az eróziós forma által kiékelődő kontraszt (2. ábra). Terepi megfigyelésekre továbbá rendkívül jól alkalmazható a drón vízfelszín felett, mivel ezek általában nehezen megközelíthető helyek. Egy patakmeder változása, a vízfelszín borító növényzet változásai, illetve a vízfelszín kiterjedésének változása is könnyebben észrevehető – és szemléletesen bemutatható – légi felvételek készítésével. Fontos megemlítenünk a nehezen megközelíthető területek megfigyelésénél még egy jelentős szempontot, ez pedig a környezetterhelés. Egy adott



2. ábra: Felszíni erózió megjelenése a Recsk-I. bányatelek H11 jelű meddőhányó területén (Mályinkó Z. megfigyelése alapján)

kármentesítési terület autóval történő bejárása sokkal nagyobb beavatkozást jelent a terület környezetére, mint egy drónnal történő lerepülés, amely valójában kis mértékű zajterhelésen kívül egyéb behatást nem okoz.

4.2 Felmérési típusok

A távérzékelési és fényképmérési (fotogrammetria) célok megvalósításához az eszköz beépített repülési üzemmódjai közül jól használhatóak a 2D és 3D típusú felmérések – valójában a 2D mérés (3. ábra) egyaránt 3 dimenziós, csak itt egy párhuzamos vonalak mentén történő területi lefedésről beszélhetünk, míg a 3D típus esetén egy teljes rácshálót definiálunk a lerepülni szándékozott területre. Ezek segítségével előre beállított átfedési aránnyal egy teljes képsorozatot hozunk létre a felméréndő területről, amelyet később szoftveresen több szempontból is kiértékelhetünk. Jól alkalmazható továbbá az ún. linear flight misson vonalas elemek lerepülésére, például egy patkómeder felmérésekor. Jelentős kiterjedésű kármentesítési, beavatkozási területek esetében, ha azok egy-egy kiemelt pontjára vagyunk kíváncsiak, akkor érdemes



3. ábra: Részlet egy 2D típusú felmérés során készített fotósorozatból (Balatonfüzfő, Központi I. iparterület)

az előre tervezett pontokon történő felvételezést, ún. waypoint flight-ot megvalósítani (Major K. et al. 2016.), ennek során az eszköz előre megadott pontokon és kamerapozíciókban készít pillanatképeket.

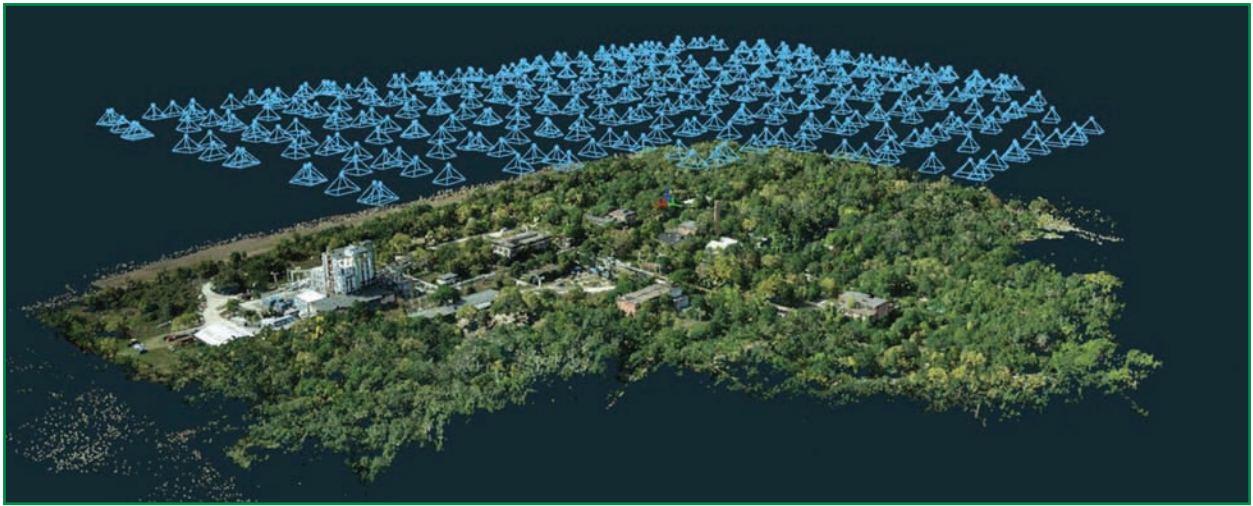
Szoftveres fotogrammetriai értékelés

Kiértékelési célokra a 3D Survey feldolgozó szoftvert használjuk. Mivel a drón rendelkezik RTK modulal (*Real Time Kinematic*, vagy valós idejű kinematikus helymeghatározás), így a felvételezett pontok – a képközlőhöz használt háttéradatok alapján – néhány cm-es koordináta pontossággal kerülnek integrálásra. A szoftver előnye, hogy viszonylag egyszerűen kezelhető, multifunkciós és az általa kinyert eredmények jelentős része az AutoCad-ben értelmezhető dxf/dwg fájlformátumba is exportálható. A felvételezett képek összeillesztése azonban időigényes. Egy ortofotó létrehozása akár 1-2 teljes napot is igénybe vehet, emellett a program futása nagy háttérkapacitást és feldolgozóképeséget igényel hardver oldalról. Néhány lépésben azonban a telemetria adatok megadásával, és különböző típusú kiegyenlítésekkel már egy ritka pontfelhőből álló modellt létrehozhatunk. Szükség esetén már ismert (illesztő)pontok koordinátáinak megadásával a koordináta-pontosságot növelhetjük. Összetettebb elemzéshez és ortofotó készítéshez sűrű pontfelhőt kell létrehoznunk (4. ábra), amire felületi modell illeszthető (*Digital Elevation Model*, DEM). A pontfelhős képközlőnek előnye továbbá, hogy tetszőlegesen formálható. Az adott felületet „tisztíthatjuk”, elvehetünk belőle pl. nem illeszkedő elemeket, terep-, és mesterséges tárgyakat, attól függően, hogy milyen céllal szeretnénk értékelni az adott felületet. Rendkívül hasznos lehet emellett egy eltemetett hulladéktest, vagy felszíni meddőhányó, illetve egyéb deponált anyag esetében a pontos térfogatszámítás, amelyet a modellben néhány egyszerű lépéssel pillanatok alatt megvalósíthatunk.

A sűrű pontfelhő létrehozása után már egyszerűen készíthetünk koordinátahelyes ortofotót a teljes felvételezett területről, amely már rendkívül szemléletes, és átfogó képet ad a terület egészére nézve, már programokba importálva emellett különböző fedvények alaptérképeként is funkcionálhat (5. ábra). A szoftver alkalmazásában természetesen széleskörű lehetőségek rejlenek, úgymint domborzati profilok és keresztmetszvények létrehozása, szintvonalas és kontúrvonalas felületek kialakítása, területi mérések és egyéb felszíni modellek létrehozása. Ezeket a funkciókat eredményesen alkalmazhatjuk a későbbi projektek nyomon követése és értékelése során egyaránt.

5. Összegzés

Napjainkban a drón rendszerek környezetvédelmi célú alkalmazása jóval kisebb arányú a hobbi és egyéb ipari célú alkalmazásoknál, azonban a drónok



4. ábra: Papkeszi iparterület lerepülése után létrehozott ún. sűrű pontfelhő modellje, a felvételek kamerapozícióival.

egyre szélesebb körű elterjedésével ez az arány várhatóan jelentősen eltolódik a következő években. Az általunk alkalmazott DJI Phantom 4 RTK típus példáján láthattuk, hogy a terepi megfigyelések és a szoftveres értékelés által elérhető eredmények széles palettán jelennek meg, ez a kör a jövőben várhatóan csak bővülni fog.

A technológia alkalmazásának egyértelmű előnye mindemellett a nehezen megközelíthető helyek felmérése, az alacsony szintű környezetterhelés, a problémás területek – szennyezőforrások, eróziós formák – könnyű azonosítása. Meg kell említenünk még, hogy egy adott terület komplex elemzésére is lehetőségünk nyílik. A szoftveres kiértékelés pedig a különböző matematikai mérések mellett egyedi, részletgazdag ortofotók létrehozását is lehetővé teszi.



5. ábra: Papkeszi iparterület 2D-s fotogrammetriai lerepülésével létrehozott ortofotó

Köszönetnyilvánítás

A szerző ezúton szeretné kifejezni köszönetét *Mályinkó Zoltánnak* (Nitrokémia Zrt.) a felmérések kiértékelése során tett terepi észrevételeiért. Továbbá a helyszíni műveletekben nyújtott segítségével a Nitrokémia Zrt. további munkatársai; *Baráth András, Rofrits Vilmos és Tóth Péter részére*. Köszönet illeti emellett a drón eszköz és kiértékelő szoftver alkalmazása során adott technikai tanácsokért és segítségnyújtásért *Varga Zoltánt* (GeoMentor Kft.).

IRODALOM

- Bencze Á.* (2021.): Sokhasznú drónok. *Innotéka XI.*, pp. 42-45.
- Komlósi I.* (2013.): Multi-rotoros légi járművek alkalmazása katonai és nem katonai feladatokban.
- Repüléstudományi Közlemények 2013. Szolnok, 2013/1, pp. 99-107. http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2013_1/2013-1-09Komlosi_Istvan.pdf (2021.10.11)

Major K., Kozma-Bognár V., Enyedi A., Váradi Á., Berke J. (2016.): Távirányítású drónok kutatási célú vizuális adatainak alkalmazása az oktatásban. XXII. „Multi-média az Oktatásban” nemzetközi konferencia, Konferencia-kötet, Keszthely, 2016. június

Palik M. (2012.): A pilóta nélküli légi járművek hazai szabályozói környezete fejlesztésére irányuló K+F projekt bemutatása. *Repüléstudományi Közlemények - Különszám*, 2012/2, pp. 483-489. http://www.repules-tudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/37_Palik_Matyas.pdf (2021.10.11)

Internetes források

- Szabályos Drónhasználat folyamatábra A1/A3 Open - tájékoztató jellegű segédlet
- https://doe.hu/sites/default/files/uploads/2021/prezentacio/szabalyos_dronehasznalat_doe_0226.png (2021.10.11)
- https://droninfo.blog.hu/2021/01/06/totalis_kaossal_jar_az_uj_magyar_drontorveny_bevezetese (2021.10.11)