



Újvidéki Egyetem, Műszaki Kar, Újvidék



Európa Kollégium Egyetemista Központ, Újvidék

Vajdasági Magyar Felsőoktatási Kollégium, Újvidék

Munka a Vajdasági Magyar Tudományos Diákköri Konferenciára

Drónok és alkalmazásuk a földmérésben

Sinkovics Alex

Tutorok: **Dr. Szilágyi Mária**, docens
Dr. Tarján László, rendkívüli tanár

2024. október.

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS A FÖLDMÉRÉSBE	3
1.1 A földmérés definíciója és a földmérő.....	3
1.2 Az adatok rögzítésének módjai	3
1.2.1 Fotogrammetriai módszer	4
1.2.2 Lézeres távérzékelés.....	5
2. DRÓNOK	6
2.1 A drón kialakulása, fejlődése.....	6
2.2 A drónnal történő mérés	8
3. MÉRÉS DRÓNNAL ÉS DOMBORZAT MODELL KÉSZÍTÉSE.....	10
3.1 A használt drón	10
3.2 A használható szoftverek	10
3.3 A mérés és domborzat modell készítése	11
ÖSSZEFOGLALÁS	13
IRODALOMJEGYZÉK	14

1. BEVEZETÉS A FÖLDMÉRÉSBE

1.1 A földmérés definíciója és a földmérő

A földmérés vagy geodézia egy kifejezés, amely a görög „geos” - föld és „dezi” - mérés szavakból származik, vagyis szó szerint „föld mérése”. A geodéziának számos definíciója létezik, a legrégebbi definícióját Friedrich Robert Helmert határozta meg az 1880-as években:

„A földmérés a földfelszín mérésének és ábrázolásának tudománya”

Egyik újabb definíciója:

„A földmérés a Föld felszínének mérésével és ábrázolásával foglalkozó tudomány, annak gravitációs mezőjét is beleértve, az idővel változó háromdimenziós térben.”

A geodézia szakmai és tudományos kérdésekkel egyaránt foglalkozik, ezek alapján felosztható: 1. Felső- vagy tudományos geodézia - a Föld alakjával és méreteivel (dimenziójával), valamint annak gravitációs mezőjével foglalkozik (figyelembe veszi a Föld görbületét), és

2. Alsó- vagy gyakorlati geodézia – földméréssel (adatok rögzítésével) foglalkozik, amely alapján geodéziai tervek készülnek, pl. topográfiai, kataszteri stb. (nem veszi figyelembe a Föld görbületét). Az alsógeodéziai munkák kapcsolódnak a magasabb geodéziai „kutatásokhoz”.

A földmérő vagy geodéta szakember, aki a Föld felületének és azon lévő természetes és mesterséges objektumok vízszintes és magassági felmérésével, helyük meghatározásával és ábrázolásával foglalkozik. Felméri az erre használatos eszközzel a terepen található alakzatokat és elkészíti ezek térképeit digitális és/vagy grafikus formában.

1.2 Az adatok rögzítésének módjai

Az idők során a technológiák fejlődésével és a legújabb vívmányok alkalmazásával párhuzamosan az adatgyűjtés, azaz az adatok geodéziai rögzítésének módszerei is kialakultak. A gyűjtés módja és a terv vagy térkép elkészítése, típusa szerint a részletek rögzítésének módszerei grafikusra és számszerűre (numerikus) oszthatók (rég felosztás), míg újabb felosztásban megkülönböztetjük ezeken felül a műholdas módszert.

A grafikus módszerrel a geodéziai terv speciális adathordozók "grafikus" leolvasása alapján készül el, vagyis az adatok gyűjtése közben, avval egy időben. A numerikus

felmérési módszerek arról kapták a nevüket, hogy minden mért ponthoz számszerű adatokat rögzítenek, amelyek alapján későbbi munka során megfelelő geodéziai terv készül.

A numerikus módszerek nagyobb pontosságot biztosítanak az adatok rögzítésében, míg a grafikus módszerek lényegesen hatékonyabbak és racionálisabbak.

A műholdas geodézia módszereivel a geodéziai terv elkészítése műholdak segítségével gyűjtött adatok alapján történik.

1.2.1 Fotogrammetriai módszer

A fotogrammetriai módszer a fényképek felhasználását foglalja magában, mérőkamerán (1. ábra) alapul, amelynek ismert belső tájolása elemei vannak, ami megfelelő mérőeszközzé teszi. Egyszerűen fogalmazva, a fotogrammetriai rögzítési módszer egy olyan módszer, amelyben fényképek alapján geodéziai tervet készítenek.



1. ábra: Aerofotogrammetriai kamera

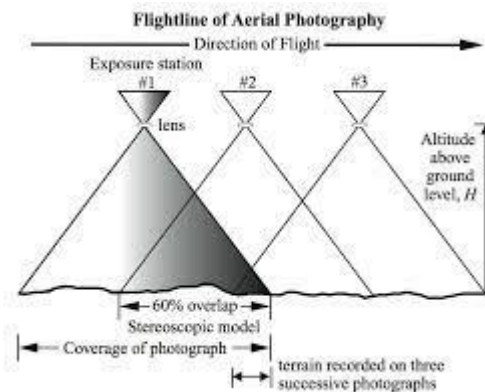
A képeken történő mérési módszerek alapján a fotogrammetria a következőkre osztható: analóg (a fényképeken található információkat használja, amelyeken a mérést optikai-mechanikus eszközök végzik); analitikus (a fényképeken szereplő információkat használja fel, és minden további mérést számítógép végez); és digitális (digitális képen található információkat használ, és minden további mérést számítógép végez).

A kamera térbeli helyzetét figyelembe véve a fotogrammetria a következőkre osztható: földi; és légi fotogrammetria.

A földi fotogrammetria a földről történő rögzítést foglalja magába, általában kisebb területekre használják. A légifotogrammetria a levegőből történő rögzítést foglalja magába. Nagyobb területek rögzítésére szolgál, speciális légi járművekkel végzik, amelyekre a fényképezőt a törzs alsó részére szerelik.

Ahhoz, hogy meg tudjuk határozni egy objektum vagy terep pontjainak térbeli koordinátáit, minden ponthoz legalább két olyan képpel kell rendelkezünk, amelyek átfedik egymást és sztereó párt (2. ábra) (két egymástól kissé eltérő szögből készült kép ugyanarról a tárgyról) alkotnak. A sztereó párból a pontok koordinátáit analóg, analitikus vagy digitális

eljárással határozzuk meg. Ily módon a terep minden pontjára vonatkozóan megkapjuk a vízszintes és magassági koordinátákat.



2. ábra: Sztereo pár felvételek

A geodéziai tervek elkészítése légi fotogrammetriai módszerrel a következőkből áll: repülési terv készítése, fényképezés/mérés, tájékozódási pontok meghatározása, visszafejtés, légi fotogrammetriai képek feldolgozása, és feltérképezése.

1.2.2 Lézeres távérzékelés

A leggyakrabban használt aktív távérzékelési technológia a lézerszkennelés, amit az angol nyelvű szakirodalomban LiDAR (Light Detection and Ranging) névvel illetnek. Az 1970-es évek kísérleti fejlesztéseit követően a 1990-es évek első felében jelent meg a piacon. Manapság egyre több, LiDAR eszközzel felszerelhető drón jelenik meg.

A többi távérzékelési eljáráshoz hasonlóan itt is közvetlen fizikai kapcsolat létesítése nélkül gyűjtünk információt a környezetünkről. Működési elve a lézeres távmérővel egyezik meg: a hordozó eszközön elhelyezett műszer lézersugarat bocsát ki, majd a visszaverődési időt mérve, a lézer (fény) terjedési sebességét ismerve és felhasználva számolja a tereppontok távolságait. Tudva az érzékelő helyzetét és tájolását, háromdimenziós felületi pontok koordinátáit kapjuk, amelyek lehetővé teszik digitális domborzati térképek elkészítését.

Ezek a nagy sebességű szkennerek akár néhány mm pontos, nagy részletességű felmérések során, több százezer pont/másodperc adatgyűjtési sebességgel képezik le valós környezetünket. Fontos megjegyezni, a fotogrammetriával ellentétben csak geometriai és intenzitás-adatokat tartalmazó eredményt kapunk. Valós színes ábrázoláshoz ki kell egészíteni a rendszert egy központosított kamerával, mely képinformációt is gyűjthet. A fotogrammetria és a LiDAR jól kiegészítik egymást, a LiDAR a homogén felületeken is

képes nagy sűrűségű pontfelhőt előállítani, melyet a fénykép megfelelő pixeljeivel kiszínezhethetünk

A mérés helyének tekintetében megkülönböztetünk rögzített és mobil rendszereket. A rögzített rendszerek, helyhez kötött geodéziai állványokra telepített szkennerekkel történik. A mobil rendszereket nagyobb területek felmérésére használják, ezek szárazföldi szállítójárművekre vagy légi platformokra telepített rendszereket.

A geodéziai tervek elkészítése légi lézeres távérzékelési módszerrel a következőkből áll: repülési terv készítése, tájékozódási pontok meghatározása, mérés/fényképezés, mért adatok feldolgozása, és a modell elkészítése.

2. DRÓNOK

2.1 A drón kialakulása, fejlődése

A legkorábbi ismert írásos feljegyzés az osztrák–velencei háborúban született a XIX. században, ahol korabeli gyújtóbombákkal felvértezett ballonokat vetettek be, ám ez a technológia még teljesen ki volt szolgáltatva az időjárás szeszélyeinek. A századforduló utáni években, hála a rádiótechnológia fejlődésének, elindult a rádióvezérlésű, giroszkóppal és barométerrel felszerelt torpedós rendszerek tesztelése. A technológia az első világháború során kezdte kiforrni magát. A következő nagy lépcsőt a célrepülőgépek megépítése jelentette. A Royal Air Force úttörő kísérleti fejlesztése a Queen Bee (méhkirálynő), amely feladata végeztével vissza tudott térni kiindulási helyére, nem pusztult el, ezzel olcsóbbá téve a repüléseket. Ennek mintájára fejleszt napjainkban a Space-X autonóm módon visszatérő űrrakétákat. A méhkirálynő gyermekei pedig a jövő fejlesztései, a herék, angolul drónok. Innen származik a ma elterjedt kifejezésünk.

A hidegháború során kezdtek elterjedni a felderítési célból alkalmazott pilóta nélküli légi járművek, melyek csak a XXI. század hajnalán szivárogtak át polgári alkalmazási területekre. Ma már a mindennapi mérnöki feladatok számos területén vethetjük be költséghatékonyan ezeket az eszközöket.

A pilóta nélküli eszközöket csoportosíthatjuk a felhasználásuk (katonai, polgári), felépítésük (merev szárnyúak, kopterek, csapkodó szárnyúak, ballonok, HTOL, VTOL), irányítási rendszerük (földi, GNSS, kombinált), hatótávolságuk (kis, közepes, nagy), repülést jellemző paramétereik (magasság, idő, sebesség), meghajtórendszerük (elektromos,

belső égésű motorok, gázturbinás) és a szállított szenzorok (fényképező kamerák, multispektrális kamerák, videokamerák, hőkamerák, lézershakennerek, radareszközök, stb.) szerint.

A civil (nem katonai) felhasználású pilóta nélküli légijárművek (a hivatalos angol elnevezés szerint Unmanned Aerial Vehicle (UAV)) fejlesztése az utóbbi évtizedben jelentősen felgyorsult. A drónok irányítási és tájékozódási képességei ez elmúlt években nagyot fejlődött, mindeközben az eszközök teljesítménye is megnőtt, ami újabb területeken teszi lehetővé a fejlesztéseket. A hobbi reptetéstől az ipari, kereskedelmi, vagy katasztrófavédelmi feladatokig bárhol megtalálhatók a különböző kategóriájú, méretű és értékű eszközök, amit a civil felhasználási terület három főcsoportra bont:

1. Hobbi célú felhasználási terület - Hobbireptetés, versenyzés, filmkészítés stb.

2. Nonprofit felhasználású terület - Katasztrófaelhárítás, tűzoltóság, árvízvédelem, határ- és rendészeti feladatok, elsősegélynyújtás, ipari mérések stb.

3. Kereskedelmi célú feladatok elvégzése - Csomagszállítás, filmgyártás, földmérés stb.

A létező UAV-ok legnagyobb része a hagyományos merevszárnyú (3. ábra) felépítésű rendszerű, ezen drónoknak, ellentétben a hagyományos drónokkal, amelyek rotorokat használnak a levegőben való tartózkodáshoz, merev szárnyaik vannak és általában hajtóművel rendelkeznek, amelyek a sebességüket és irányításukat szabályozzák, repülés közben folyamatosan pedig előre mozognak. Népszerűségét valószínűleg egyszerűségének és hatékonyságának köszönheti. Vezérlése egyszerűbb, mint a forgószárnyú eszközöké. Képesek hosszú ideig a levegőben tartózkodni, ezáltal több különböző feladat végrehajtására is alkalmasak, mint például felderítés, harcmező megfigyelés, célmegjelölés, elektronikai harc illetve különböző polgári célú alkalmazás.



3. ábra: Merevszárnyú drón

A forgószárnyas drón (4. ábra) nagyon mozgékony, képes egy helyből felszállni, de általában lassabb sebességgel képes repülni, mint egy merevszárnyú gép. Kisebb területek, objektumok felmérésére alkalmasabb, rövidebb akkumulátoridővel, kisebb hatótávval bír és

általában olcsóbb is. Vannak olyanok, amiken cserélhetők a szenzorok, így többféle feladatot is el tudnak látni.



4. ábra: Forgószárnyas drón

A merevszárnyú drón kevésbé mozgékony (fordulékony), inkább nagyobb területek felmérésére tervezték. Hatalmas távokat képes rövid időn belül megtenni, mivel nagy sebességgel képes repülni és hosszú akkumulátor idővel rendelkezik. Régebben szükség volt nekik egy nagyobb területre, ahonnan felszállhattak, ma már léteznek olyanok, amik képesek egy helyből is felemelkedni.

2.2 A drónnal történő mérés

Alapvetően a nyers adatgyűjtés a feladatuk (fotózás, videózás, lézerszkennelés), de léteznek már mesterséges intelligenciával ellátott rendszerek is, ezek valós időben dolgozzák fel a gyűjtött adatokat.

A leghatékonyabb munkát a legtöbb esetben automatikus repüléssel végzik, amikor előre meghatározott útvonalak mentén, fix sebességgel és adott magasságon halad az adatgyűjtő szenzorral felszerelt drón. Azonban vannak bizonyos esetek, amikor szükség lehet manuális repülésre kiegészítésként vagy éppen csak azzal lehet megoldani a feladatot.

A drónok GPS segítségével navigálnak, a hálózati RTK (valós idejű kinematika) korrekcióval vagy bázisállomással kompatibilis drónok pedig még pontosabb helymeghatározással bírnak, így még precízebb felméréseket kaphatunk.

A repülés során a drónra szerelt szenzor folyamatosan készít felvételeket vagy lő ki lézernyalábokat attól függően, hogy milyen eszköz van a gépen. A képekből előállítható térképekhez megfelelő nagyfelbontású RGB kamerákat szokás használni. A kamerás drónokat úgy kell beállítani, hogy a képek teljesen lefedjék az egész felméréendő területet.

A felmérést befolyásoló tényező még, az időjárás. Nem ideális repülni nagy szélben, ködben, csapadékos, párás és fagyos (jegesedés kockázata) időben, hiszen kockáztatjuk az eszköz biztonságát illetve, eredményének minőségének romlását.

A drónok számos előnye közül talán a felméréssel töltött idő a legszembetűnőbb. Míg a földről végzett felméréseknél az egész terület körbejárása, és az eszközök folyamatos kalibrálása szükséges, addig a drónok percek alatt képesek nagykiterjedésű területek analizálására, a nagyfelbontású kameráknak és lézeres érzékelőknek köszönhetően. A magasból nem csak a terület határai, hanem a bent elhelyezkedő objektumok és akadályok is jól felmérhetők.

A drónokról rögzítette adatok megfelelő szoftverrel történő feldolgozása után egy pontfelhőt kapunk. A pontfelhő egyes pontjainak információtartalma önmagában jelentéktelen, lényegében csak annyi ismeretet hordoz, hogy az adott pontban valamiről visszaverődött a távméréshez használt lézerefény. Bár egyetlen pontja önmagában nem mond szinte semmit, egészében nézve domborzatmodellt vagy felszínmodellt tudunk készíteni belőle (modellnek tekinthetünk minden olyan dolgot, ami a valóság valamilyen részletét bizonyos szempontból meghatározott pontossággal helyettesíteni képes); a rajta felmért objektumok rendkívül részletes leképezésével együtt, ami a későbbiekben akár a felmérési munka eredeti céljain túlmutatva is számos további információ kinyerését teheti lehetővé.

A képek, a domborzat- és az objektum modellek segítségével állítható elő az ortofotó, amelyen már mérni tudunk, beillesztve a GIS vagy CAD szoftverünkbe. Az ortofotó olyan speciálisan átalakított légi-, vagy űrfelvételekből álló mozaik, amelyen úgy, olyan pontossággal tudunk mérni, tervezni, stb., mint egy térképen, de nem csak a térképi tartalom jelenik meg rajta, hanem minden, ami a felvétel készítésekor látható és pontosan úgy, ahogy a természetben is látható.

Az egyes szoftverek a megjelenítés során még sokféle lehetőséget nyújthatnak, lehetővé tehetik például különféle metszetek, szeletek vagy térbeli kivágatok készítését. Sok programban lehetőségünk van animációk készítésére is úgy, hogy a kamerával egy adott útvonal mentén haladva tudjuk bejárni a pontfelhőt.

3. MÉRÉS DRÓNNAI ÉS DOMBORZAT MODELL KÉSZÍTÉSE

3.1 A használt drón

DJI Air 2S (5.ábra) forgószárnyas drónt használtam a méréshez, ami a DJI közép-felső kategóriás modellje, amelyet kifejezetten fotósok és videósok számára fejlesztettek ki. A drón kompakt és szárnyai összecukhatók (5.ábra), ami megkönnyíti a szállítást és a tárolást. Erőteljes rotorjai vannak, amelyek nagy stabilitást biztosítanak repülés közben. Az orrán egy 1 hüvelykes kamera található, amely 20 MP felbontású képek és 5.4K felbontású videók készítésére képes, amely egy háromtengelyű felfüggesztésen helyezkedik el, hogy a felvétel rezgésmentes és stabil legyen. Ezenfelül akadályérzékelő szenzorokkal(kamerákkal) rendelkezik, amik a drón testén különböző irányokban helyezkednek el, hogy minden irányból érzékeljék az esetleges akadályokat. Egyetlen feltöltéssel az Air 2S akár 30 percig képes a levegőben maradni, és akár 65 km/h sebességet is elérhet. A drónt egy DJI távvezérlővel (5.ábra) lehet irányítani, amely élő képet továbbít a drón kamerájából a "pilóta" okostelefonjára vagy táblagépére. A távvezérlő akár több km-es távolságból is képes kapcsolatban maradni a drónnal.



5. ábra: DJI Air 2S és távvezérlője

3.2 A használható szoftverek

A DJI Air 2S drónhoz több Androidos alkalmazás is rendelkezésre áll, amelyek támogatják az automatikus repülési útvonaltervezést és fotogrammetriai felvételek készítését. Néhány népszerű alkalmazás:

- DJI Fly

Ez az alapértelmezett alkalmazás a DJI Air 2S drónhoz. Bár alapvető automatikus repülési funkciókat is tartalmaz, nem kifejezetten fotogrammetriára van

optimalizálva. Elérhető funkciók: Automatikus útvonalak, kamera beállítások, intelligens repülési módok; azonban nem ideális nagyfelbontású térképezéshez vagy pontos domborzati modellek készítéséhez.

- Pix4Dcapture

Az egyik legnépszerűbb drónfotogrammetriai alkalmazás, amely automatikusan megtervezi és végrehajtja a drónrepülést. A Pix4Dcapture segít a terep- és épületelemzési projektekhez szükséges fotók automatikus gyűjtésében és más Pix4D szoftverek segítségével képes feldolgozni a rögzített adatokat és 3D modelleket létrehozni azokból. Funkciók: Előre definiált repülési útvonalak, magasság- és távolságvezérlés, fotogrammetriai felvételek optimalizálása; kifejezetten fotogrammetriai célokra lett tervezve.

- DroneDeploy

A DroneDeploy egy másik nagyon népszerű drónos térképezési alkalmazás, amely szintén képes 3D modellek létrehozására. Az alkalmazás feldolgozási folyamata felhőben történik, így a felhasználóknak nem szükséges nagy teljesítményű számítógéppel rendelkezniük. Funkciók: Automatikus repülés tervezése, magasság- és sebességbeállítások, széleskörű analitikai elemzés; felülete egyszerűen használható, ideális választás 3D modellek készítéséhez, akár fotogrammetriai, akár lézeres távérzékelési módszert használunk.

- Map Pilot for DJI (by Maps Made Easy)

Ez az alkalmazás hasonló a Pix4Dcapture-höz és a DroneDeploy-hoz, és kifejezetten a DJI drónokkal végzett fotogrammetriai munkákra optimalizált. Az automatikus repülési útvonaltervezés és a felvételkedzés mellett optimalizálja a drón repülési paramétereit a pontos adatgyűjtés érdekében. Funkciók: Előre definiált útvonalak, magasságvezérlés, kamera beállítások, sebességbeállítások; kompatibilis a legtöbb adatfeldolgozó szoftverrel.

3.3 A mérés és domborzat modell készítése

Először is meg kellett tervezni a repülést (6.ábra). Ezt először a DroneDeploy program segítségével végeztem. A terepen megbizonyosodtam arról, hogy a 17 m magasságon való

repülés biztonságos, ezért ezt a repülési magasságot állítottam be. Ez 1 cm/pixel rezolúciót jelent. Mikor megpróbáltam felrepülni, nem sikerült, és egy óras kutatás után rájöttem, hogy a DJI Air 2S drónt a DronDeploy csak iPad-ről tudja vezérelni, mivel az Androidos verzió már nem kompatibilis a DJI Fly control engine-vel. Végül a Map Pilot Pro App segítségével tudtam elvégezni a mérést.



6. ábra: Repülési terv

Végül összesen 473 képet készített a drón a kijelölt területről, amit a DroneDeploy online szoftvere segítségével dolgoztam fel és készítettem el a 3D-s domborzat modellt (7.ábra) a megfigyelt területről, amelyen további számos elemzés és vizsgálat végezhető.



7. ábra: 3D-s domborzat modell

ÖSSZEFOGLALÁS

A munka összefoglalja a geodézia alapjait, a drónok fejlődését és felhasználási lehetőségeiket, különös tekintettel a fotogrammetriai és lézeres adatgyűjtésre, illetve bemutatja egy DJI drónhoz használható automatikus repülési tervet készítő szoftvereket és egy ezek segítségével előállított 3D modellt. A fotogrammetria fényképek alapján készít térképeket, míg a lézeres távérzékelés nagy pontosságú pontfelhőket eredményez. A drónok, vagy UAV-k (Unmanned Aerial Vehicles) széles körű alkalmazást találnak, a hobbi reptetéstől kezdve a kereskedelmi és katasztrófavédelmi feladatokig. A drónokkal történő mérés gyors, hatékony, pontos és akár emberi beavatkozás, vezérlés nélkül is elvégezhető. Az adatokat mesterséges intelligenciával is feldolgozhatjuk, és térbeli modelleket készíthetünk belőlük. Az ortofotók és különböző modellek lehetővé teszik a térképi tartalom pontos megjelenítését, és számos további elemző eszközt kínálnak a felmért terület részletes vizsgálatához.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Goran Marinković, Milan Trišković, Toša Ninkov 2016. Osnove Geodezije. Újvidék.
2. Magyar mérnöki kamara 2020. Mérnöki újság. XXVII. Évfolyam - 7. szám. *Drónok a mérnöki munkában* 44.old.
3. Bélési László 2016. Repüléstudományi közlemények XXVIII. Évfolyam. *A pilóta nélküli légi járművekkel.*
4. Köztes-Európa 2017. Társadalomtudományi folyóirat. IX. Évfolyam 1–2. szám. *Logisztikai folyamatok támogatása drónokkal* 65.old.
5. <https://idrones.hu/dronos-foldmeres-dronos-teruletfelmeres/>
6. <https://dronshop.hu/lidar-dron-szenzorok-a-precizios-terkepezes-uj-korszaka>