Horváth Zoltán
horvath.zoltan@zmne.hu

DIGITÁLIS DOMBORZAT MODELL ALKALMAZÁSA A KIS- ÉS KÖZEPES MÉRETŰ PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉPEK BIZTONSÁGÁNAK NÖVELÉSE, KÉPESSÉGEINEK FEJLESZTÉSE TERÉN

Absztrakt

Jelen közlemény a Katonai Műszaki Doktori Iskolában elvégzett kutatásokat mutatja be.

The article provides an overview of my research activity about the programme application of a Digital Terrain Model; Increased safety of small and middle-size unmanned aerial vehicles; Development of its capabilities.

Kulcsszavak: *Digitális Domborzat modell, UAV ~ Digital Terrain Model, UAV*

1. BEVEZETÉS, TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

A pilóta nélküli légi járművek (továbbiakban: UAV) alkalmazása napjainkban egyre nagyobb teret hódít. Gyors fejlődésük és egyre elterjedtebb alkalmazásuk számos, a hagyományos repülő eszközök üzemeltetésével szembeni előnyének köszönhető. Felderítő és kutatótevékenységet folytathatnak nehezen megközelíthető, vagy veszélyes helyszíneken. Biztonságos távolságról irányítható a küldetés végrehajtása, az alkalmazók életének, testi épségének veszélyeztetése nélkül. Üzemeltetése és üzemben tartása költséghatékonyabb, küldetéshez való előkészítésének és az utólagos karbantartás elvégzésének időtartama rövidebb, mint az ember vezette repülő eszközöké. Az alkalmazói képzés olcsóbb – lényegesen kevesebb időt és üzemórát vesz igénybe – mint a pilóták felkészítése. Az alkalmazói alkalmasság nincs a légi üzemeltetéshez szükséges egészségügyi követelményhez kötve. A légi személyzet és a hozzájuk kapcsolódó számos eszköz, mivel nem a fedélzeten foglal helyet, a méretezés és kialakítás új perspektíváit nyitotta meg, javítva a hasznos teher – teljes tömeg arányon.

Sok előnye mellett elterjedésének és alkalmazásának hátrányairól sem szabad megfelejtkezni. Alkalmazhatóságukat, elsősorban a biztonságos repülés végrehajtását, hatótávolságukat, befolyásolhatja a földi irányítás és a fedélzet közötti kommunikáció2 stabilitása.

Újabb biztonsági problémaként merül fel az, hogy a magára hagyott, vagy magára maradt UAV-nak milyen lehetőségei vannak arra, hogy újra fel tudja építeni a kommunikációt, vagy önállóan, biztonságosan végre tudja hajtani feladatát. Vannak olyan feladatok (pl. ortofotók készítése), melyek végrehajtására az UAV-k legnagyobb része jelenleg még alkalmatlan.

Ennek okaiként említem – kis tömegéből és méretéből adódóan – a fedélzeti hasznos terhelhetőségének korlátozottságát, a repülés stabilizáltsági szintjét és a viszonylag kis repülési magasságot.

Kutatásaim során a kis- és közepes magasságon4 feladatot végrehajtó pilóta nélküli repülőgépek repülésbiztonságának és képességfejlesztésének kérdéseit tárgyalom. Van-e lehetőség a repülésbiztonság növelésére (kommunikációs instabilitás és nem megfelelően átgondolt útvonalterv végett bekövetkező események elkerülésére)? Fontos kérdés, hogy

mindez kivitelezhető-e anélkül, hogy tovább nőne a hasznos terhek tömege? Megoldható-e, hogy a kis- és közepes magasságon feladatot végrehajtó UAV által, tetszőleges helyzetben készített perspektivikus digitális légi fényképeket utólagos feldolgozással átalakítsuk ortofoto képpé?

A repülés biztonságáról lemondani nem szabad. Egy küldetés során az UAV-nak minden körülmények között végre kell hajtania a feladatát, és ha eleve nem egyszeri alkalmazásra tervezték, akkor vissza kell térnie. Ha ez az elv csorbát szenved, ez – minden előnye ellenére – akadályozhatja alkalmazásának elterjedését. Esemény során kárt okozhat, elvész az eszköz és az általa gyűjtött adat, illetéktelen kezekbe kerülhet, balesetet okozhat.

Növelné az UAV értékét, ha a már meglévő struktúrára építve, az egyébként csak speciális és költséges rendszerek által végzett feladatok ellátására is képes lenne. Megoldás lehet – a beépített eszközök tömegének korlátozottsága miatt – a „tömeg nélküli eszközrendszer", vagyis a számítógépes programok és adatbázisok alkalmazása.

Kutatásaimtól olyan eredményeket vártam, amelyek összességében biztonságosabbá teszik az UAV-k feladat végrehajtását, és kibővítik képességeiket, lehetőségeiket. Műszaki kutatásaim – a küldetések tökéletesebb végrehajtása érdekében – három fő kérdésre irányulnak:

- hullámterjedési modellek elemzésével a földi irányítópont ellátottsági körzetének meghatározására;
- előzetesen tervezett fordulópontok6 alapján a biztonságosan repülhető magasságú útvonal meghatározására, és ez alapján a terepkövető repülési mód kidolgozására;
- a perspektivikus digitális légi fényképek perspektivikus és domborzat által okozott torzításainak kompenzálásán keresztül digitális ortofotók előállítására, azok ortofoto térképekké történő szintetizálására irányulnak.

Kutatásaim során a Digitális Terepmodell (továbbiakban: DTM) és a Digitális Domborzat Modell (továbbiakban: DDM) által nyújtott lehetőségek kiaknázásán keresztül hoztam létre ezen funkciókat és feladatokat, amelyek a földi irányítópont és/vagy az UAV fedélzeti számítástechnikai apparátus feladatrendszerébe beintegrálhatók.

Munkám – kiegészítve a már elért eredményeket – meglévő struktúrára építve egészítheti ki az UAV repülésbiztonságának, képességei fejlesztésének lehetőségeit.

2. KUTATÁSI CÉLOK

1. Annak vizsgálata, hogy a földi irányító pont és az UAV viszonylatában a kommunikáció stabilitása – különböző irányítási modellek esetén – miként hat a küldetés sikeres végrehajtására, a repülés biztonságára. Elemezni az egyes hullámterjedési modellek alkalmazhatóságát, és javaslatot tenni, hogy a DDM alkalmazásával előállított ellátottsági- és árnyékdiagramok – növelve a küldetés végrehajtásának sikerességét, a repülés biztonságát – miként vonhatók be az UAV küldetésének tervezési, végrehajtási folyamatába.

2. Rávilágítani, hogy a repülések tervezése és végrehajtása során a háromdimenziós tér kétdimenziós megjelenítéséből (térkép, monitor) adódóan a repülési útvonalak jelenleg folyó tervezése nem elég körültekintő megoldás. Javaslatot tenni, miként lehet síkkoordináták alapján meghatározott repülési útvonalakból térbeli koordináták által leírt, – a repülés biztonságát fenyegető domborzat hatását elkerülő – biztonságos magasságú repülési útvonalakat tervezni, hogyan lehet megvalósítani az automatikus terepkövető módú repülést.

3. Bizonyítani, hogy a DDM és alkalmazására kifejlesztett program(ok) képesek kompenzálni a terepdomborzat torzító hatását, a digitális légi fényképek perspektivikus torzítását, általuk egymáshoz illeszthető ortofotók állíthatók elő viszonylag egyszerű, kis költségigényű módszerrel.

3. ALKALMAZOTT KUTATÁSI MÓDSZEREK

Irodalomkutatásra épülő információk és adatok összegyűjtése és rendszerezése mellett felhasználtam a megfigyelést és a kritikai adaptációt, majd a kutatások másodelemzésével, az összefüggéseknek az analízis és szintézis, az indukció és dedukció, a modellezés és szimuláció módszereinek alkalmazásával törekedtem kutatási céljaim elérésére és megvalósítására.

Fő feladatként az irodalomkutatásra építve algoritmusokat, eljárásokat dolgoztam ki.

Az általam megalkotott algoritmusok és eljárások tesztelésére, működésük megfigyelésére, a keletkező adatok analizálására Borland Pascal 7.0 fejlesztői környezetben számítógépen futtatható programokat hoztam létre. A programok futtatási eredményei lehetőséget biztosítottak a bemeneti paraméterváltozás hatásának elemzésére, következtetések levonására.

A DTM és a DDM kezelését két modell alkalmazásán mutatom be, melyek felbontásuk és koordináta rendszerük alapján is különböznek. A rádiócsatorna bemutatását DTM-200 adatbázison (Gauss-Krűger vetületi rendszer), az útvonaltervezést DDM-50 adatbázison (EOV10 vetületi rendszer) végeztem.

A perspektivikus digitális fényképek feldolgozását (koordináta meghatározása) generált DDM adatbázison végeztem.

Az irodalomkutatáson túl, részt vettem olyan tudományos konferenciákon, szimpóziumokon, ahol a téma, illetve az ezt övező kapcsolódó határterületek kerültek megvitatásra.

Mindezeken kívül konzultációkat folytattam az adott szakterület prominens szakértőivel, tervezőivel, felhasználóival, akik információikkal, tanácsaikkal, kérdéseikkel és további tudományos igényű probléma felvetéseikkel, valamint javaslataikkal nagyban hozzájárultak és segítették munkám elvégzését.

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Az UAV-k fejlődését és az ezzel foglalkozó tudományterület létezését napjainkban már senki nem kérdőjelezi meg. Az adott tématerület kutatása multidiszciplináris tudomány, több mérnöki kutatási területet egyesít.

Kutatásaim tárgyát a kis- és közepes magasságon feladatot végrehajtó pilóta nélküli repülőgépek repülésbiztonságának növelése, képességeinek fejlesztése képezte. A repülésbiztonság növelése érdekében megvizsgáltam a rádiócsatorna modellezésének lehetőségeit, kutatva, hogy milyen módon lehet meghatározni azon terepszakaszokat, ahol az összeköttetés bizonytalanná válhat.

Kutattam, hogy milyen módon lehet elkerülni az előzetes útvonaltervezés során bevitt szubjektív emberi hibákat, figyelembe venni a küldetést fenyegető terepdomborzat okozta veszélyeket, és ennek eredményeként megalkottam a terepkövető repülési mód feltételrendszerét.

Nagyon lényeges kérdés ezen eredmények további használhatósága szempontjából, hogy ezek a programok, adatbázisok implementálhatók-e a rendelkezésünkre álló, vagy beszerzésre tervezett pilóta nélküli repülőgép rendszerre. Amennyiben nem, akkor csak egy különálló számítógépen futtathatók az összeköttetést vizsgáló, illetve az útvonaltervező

programok. Ha egy meglévő, vagy fejlesztés alatt álló rendszer szabadon bővíthető, akkor ezen programok korábban nem látott, például vészhelyzet kezelő algoritmusok megvalósításához nyújtanak alapot.

A kis- és közepes magasságon feladatot végrehajtó pilóta nélküli repülőgépek lehetőségei, a fedélzet hasznos terhelhetősége korlátozott. Megvizsgáltam, miként lehet kivitelezni az UAV-k által készített légi fényképek ortofoto fényképekké alakítását. Ez a lehetőség üzemeltetési költség, kezelő személyzet képzettsége, gyors reagálás és végrehajtás szempontjából a hagyományos eljárásokhoz képest gyorsabb, költséghatékonyabb.

A kutatásaim során feltevéseim, megfogalmazott algoritmusaim kivitelezhetőségének ellenőrzésére kísérletként előre berendezett helyszínen fényképeket készítettem, számítógépes programokat írtam és futtattam valóságos, illetve számítógépes program által generált domborzatmodellt alkalmazva.

Kutatásaim során definiáltam a meglévő architektúrára építhető és integrálható eljárások és algoritmusok egész sorát. Olyan eljárásokat, algoritmusokat fogalmaztam meg, melyek a tervezés, szervezés és kivitelezés folyamata során akár a földi irányítópont számítástechnikai apparátusába, akár az UAV fedélzeti számítógépébe beépíthető, növelve a repülés biztonságát, egyszerűsítve a tervezés és végrehajtás feladatait, bővítve az UAV lehetőségeit, mely által más, költségesebb erőforrások igénybevétele mellőzhető.

Összességében tehát három látszólag egymástól meglehetősen távol álló szakmai probléma vizsgálatát végeztem el, amelyek közös alapja a Digitális Domborzat Modell által nyújtott lehetőségek, megközelítési módok alkalmazása volt, közös eredménye pedig a pilótanélküli repülőgépek biztonságosabb bevetéstervezése, technikai lehetőségeinek növelése lett.

Mindhárom kutatási részterület napjainkban teljesen újdonságnak számít, a kis- és közepes magasságtartományban repülő pilóta nélküli eszközök fejlesztése, alkalmazása területén – legjobb tudomásom szerint – ilyen vizsgálatokat, tervezési eljárásokat, képfeldolgozási folyamatokat nem végeznek.

5. A KUTATÁSOK ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYÉNEK TARTOM

1) a kis- és közepes magasságon feladatot végrehajtó pilóta nélküli repülőgépek biztonságos irányításához szükséges rádiócsatorna diffrakciós terjedési modelljeinek vizsgálatával és az ezekhez készített szimulációs program eredményeinek elemzésével annak megállapítását, hogy a Deygout modell alapján készített ellátottsági- és árnyékdiagramok alkalmazása szükségszerű, velük növelhető a repülés biztonsága;

2) a pilóta nélküli repülőgép repülési profiltervező rendszerének elméleti kidolgozását, a gyakorlati modell számítógépes megalkotását, amely a DDM alkalmazásával lehetővé teszi az UAV „terepkövető” repülési módjának megvalósítását, az operátor által bevitt szubjektív, útvonal-tervezési hibák kiküszöbölését;

3) azon elméleti alapok kidolgozását és gyakorlati kísérletekkel való igazolását, amely alapján a kis- és közepes magasságon készített – a domborzat által torzított – perspektivikus fényképek megfelelő követelmények teljesülése esetén ortofoto képpé transzformálhatók, a transzformált képek egymáshoz illesztésével ortofoto térkép hozható létre, mely növeli az UAV alkalmazási lehetőségeit.

6. AJÁNLÁSOK, GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁG

Munkám során rámutattam a kis- és közepes magasságon feladatot végrehajtó pilóta nélküli repülőgépek küldetéstervezésének problematikájára, a képességek fokozásának lehetőségére.

Az összeköttetés folyamatosságát figyelembe véve, a rádiócsatorna átjárhatóságát vizsgálva kiderült, hogy az általam vizsgált terjedési modellek jól algoritmizálhatók, a terjedési modellek és a domborzatmodellek alkalmazásával az összeköttetés megvalósíthatósága vizsgálható, de ez csak egy elméleti sík. Az egyes modellek viselkedése eltérő. Célszerű terepen végzett mérések és az egyes terjedési modellek eredményeinek összevetése, értékelése annak érdekében, hogy a gyakorlati mérésekkel alátámasztható legyen, hogy a Deygout modell a legalkalmasabb ellátottsági- és árnyékdiagram készítéséhez.

Az ellátottsági- és árnyékdiagramok alkalmazása a tervezés és végrehajtás során a küldetés sikeressége, helyes tervezése szempontjából nagy segítséget nyújthat. Célszerűnek tartom az ellátottsági- és árnyékdiagramok repülési útvonal tervezési folyamatába történő bevonását. A domborzat figyelembe vételével kidolgozott repülési útvonal tervezési lehetősége jelentősen csökkentheti a tervező állomány tevékenységének bizonytalanságát. Célszerűnek tartom a domborzat figyelembe vételének alkalmazását az útvonal tervezése során, összehasonlítását a hagyományos tervezési eljárással a hatékonyság és biztonság szemszögéből.

Javaslom a domborzat figyelembe vételével kidolgozott repülési útvonalak berepülés útján történő tesztelését, mely által kimutatható a fedélzeti rendszer működése és a repülési feladat végrehajthatósága közti diszharmónia.

A kis- és közepes magasságú repülés során készített perspektivikus képek modellezése során felmerülő, hibát okozó tényezők csak valóságos körülmények között szűrhetők ki.

Kutatásaim révén megfogalmazott eredményekkel felhívom az UAV kutatók és tervező mérnökök figyelmét a földi irányító pont és a fedélzeti számítógép által alkalmazott szoftverrendszer moduláris kiegészíthetőségének lehetőségére.