Horváth Zoltán
horvath.zoltan@zmne.hu

A KIS- ÉS KÖZEPES MAGASSÁGON FELADATOT VÉGREHAJTÓ PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉP REPÜLÉSI ÚTVONAL TERVEZÉSE DIGITÁLIS DOMBORZAT MODELL (DDM) ALKALMAZÁSÁVAL

Absztrakt

A szerző munkájában bemutatja a pilóta nélküli repülő eszközök (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) repülési útvonal tervezésének egy új módszerét. A felszín magassági adatainak ember általi figyelembe vétele a tervezése során körülményes. A cikk ennek az automatizálási lehetőségére világít rá.

The author presents the work of unmanned air vehicles (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) flight path planning of a new method. The surface elevation data by taking into account the people in planning difficult. The article highlights the potential for this automation.

Kulcsszavak: *repülésbiztonság, UAV ~ flying safety, UAV*

BEVEZETÉS

A jelenlegi korszerű kis- és közepes magasságon feladatot végrehajtó pilóta nélküli repülőgép már rendelkezik azzal a képességgel, hogy fedélzeti számítógépbe töltött térbeli koordináták alapján önállóan repüli be a részére előzetesen meghatározott útvonalat. Fedélzetére telepített GPS vevő a frissítési rátának megfelelően időről-időre közli a pillanatnyi koordinátákat. A GPS vevő mellett más típusú, pl. barometrikus magasságmérő is szolgáltathat magassági adatot. A GPS adatok, vagy a fedélzetre telepített pitot-cső nyomásmérési adatai alapján kontrollálható a repülési sebesség.

Fent említett fedélzeti mérési adatok viszont nem engednek következtetni a valóságos domborzat (felszín) okozta veszélyre. Útvonaltervezés során a repülési feladatot tervező személy kétdimenziós térkép alapján (papírsíkon, vagy képernyőn) hajtja végre a repülési útvonal tervezését.

Repülés szempontjából alapvető fontosságú a biztonságos, felszín feletti minimális repülési magasság meghatározása. A térképeken az ehhez szükséges információk természetesen rendelkezésre állnak (pl.: szintvonalak formájában), de kiértékelésük időigényes, nehézkes, nagy hibalehetőséggel terhelt.

A térinformatikai adatbázisok – ezen belül a folytonos raszteres Digitális Domborzat Modell (DDM) – alkalmazásával szeretném bemutatni a biztonságosan repülhető útvonalak tervezésének egy lehetőségét.

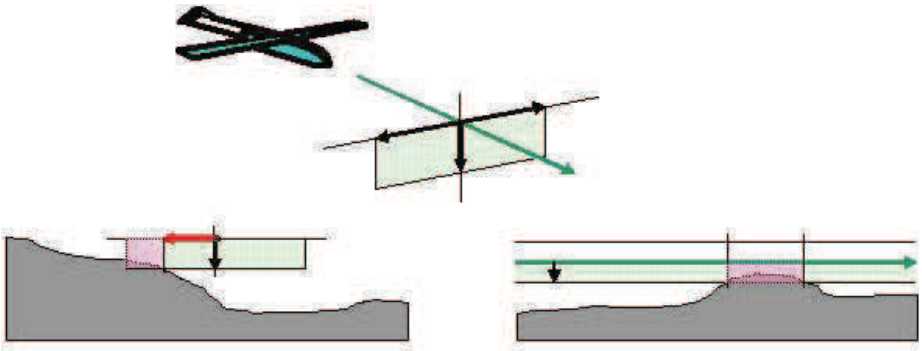
1. HORIZONTÁLIS- ÉS VERTIKÁLIS BIZTONSÁGI TÁVOLSÁGTARTALÉK

Az UAV részére az aktuális megkívánt repülési magasságra vonatkozó adatok csak egy alapfelület feletti magasságként jelentkeznek. Az UAV a turbulencia, széllökések, technikai korlátok miatt elsodródhat a kijelölt útvonaltól, váratlan süllyedés veszélyeztetheti. A

fedélzeti automatika reagálási sebessége és az UAV technikai korlátai meghatározzák a repülési pálya követésének pontosságát.

A feladat-végrehajtás során az UAV környezetében feltételezve egy adott szélességű horizontális- és vertikális távolságtartalékot, melyen belül nem lehet akadály, valamint figyelembe véve az előre látható akadály(ok) átrepüléséhez szükséges emelkedési illetve süllyedési képességet biztonságosan repülhető útvonal tervezhető.

Nem elég körültekintő megoldás az, ha a terep lehetséges legmagasabb pontja fölé emeljük az UAV-t és így kívánjuk a biztonságos magasságtartalékot garantálni, mivel a mélyebben fekvő területek felett felesleges, és pl. a felderítési küldetést meghiúsító magasságon haladhatunk.



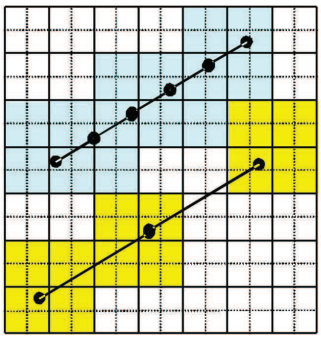
1. ábra: A repülés irányára merőleges horizontális és vertikális biztonsági távolságtartalék

2. HORIZONTÁLIS TÁVOLSÁGTARTALÉK TERVEZÉSE DDM ALKALMAZÁSÁVAL

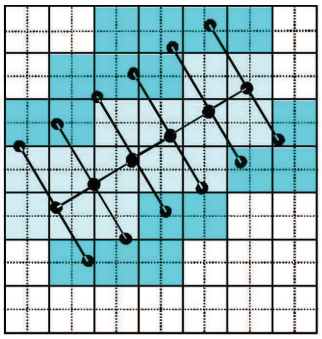
A repülési útvonal vízszintes síkját vizsgálva megállapítható, hogy önmagában nem elegendő a vertikális síkmetszet vizsgálata. A repülőgép a repülést zavaró hatások miatt bizonyosan el fog térni ettől az elméleti vonaltól. A horizontális távolságtartalék biztosítása érdekében tehát nem egy egyenes mentén, hanem egy sávban kell a magassági adatokat értékelni (2. ábra). A metszet mentén virtuálisan úgy kell „megemelni” a magasságot, hogy a megemelt pontból vizsgálva a horizontális távolsági tartalék sávjában a „megemelt” magasság fölé ne emelkedjen akadály (pl.: völgy átrepülése közben az oldalsó hegyoldalak).

Ennek lehetséges módja, hogy az osztópontokon rendre végighaladva a horizontális távolságtartalék határáig, a haladási irányra merőlegesen, a DDM-ből beolvasott magassági értékek közül a maximális magasság kerül figyelembe vételre.

Az útvonal vertikális vetületének irányvektora és normál vektorai az adott útvonalon belül két szomszédos osztópont koordinátái alapján meghatározható (irányváltozás csak a fordulópontoknál következik be).



Megfelelő sűrűségű mintavételezés és alul-mintavételezés



Sáv letapogatása a repülési útvonal mentén

2. ábra: Az értékelés szempontjából feldolgozandó magassági adatok

3. VERTIKÁLIS TÁVOLSÁGTARTALÉK TERVEZÉSE DDM ALKALMAZÁSÁVAL

A vertikális távolságtartalék biztosítása érdekében az előzőekben „megemelt" pontok halmazának magassága tovább növelhető a vertikális távolságtartalékkal.

A vertikális távolságtartalék az UAV-k részére már biztosít egy olyan szabad teret, mely elméletileg repülhető, viszont a merevszárnyú UAV-k emelkedési és süllyedési képessége korlátozott.

4. AZ UAV SÜLLYEDÉSI ÉS EMELKEDÉSI KÉPESSÉGÉNEK FIGYELEMBE VÉTELE

Az UAV süllyedési és emelkedési korlátait figyelembe véve a vertikális távolságtartalék önmagában még nem elég. Az UAV előtt található akadály biztonságos magasságban történő átrepüléséhez időben meg kell kezdeni az utazómagasságról történő emelkedést, illetve az utazómagasságra történő süllyedést.

A vertikális manőverek végrehajtása során a repülési sebesség kézben-tarthatósága korlátoz. Túl meredek süllyedésre kényszerítve az UAV átlépheti a kritikus maximális sebességet, amely szerkezeti károsodáshoz vezethet, vagy tehetetlenségéből adódóan oly mértékben alásüllyedhet az utazómagasságnak, hogy pályája metszi a felszínt. Túl meredek emelkedésre kényszerítve az UAV sebességvesztése következtében áteshet.

5. MINIMÁLIS MEGKÖVETELT REPÜLÉSI MAGASSÁG FIGYELEMBE VÉTELE

Az UAV fedélzetén a repülési feladat végrehajtásához tárolt energia korlátozott. A küldetés végrehajtása során az energiafelhasználás szempontjából leggazdaságosabb üzemmód az állandó magasságon végrehajtott útvonalrepülés (süllyedés során nincs lehetőség energia visszatáplálására, az emelkedés során, a fedélzeten tárolt energia nagy része a helyzeti energia növelésére fordítódik). Küldetés során ezért célszerű a feladat végrehajtás körzetébe történő kijutáshoz, illetve az onnan való visszatéréshez állandó magasságú útvonalrepülés tervezése.

6. A REPÜLÉSI ÚTVONAL ADATAINAK POSZTPROCESSZÁLÁSA

Az UAV részére az eddig tárgyaltak alapján rendelkezésre áll egy biztonságosan repülhető útvonal, amely viszont a felbontás finomsága miatt feleslegesen sok információt tartalmazhat. Ha az információtartalom megőrzése mellett lehetőség van arra, hogy az egymást követő elemi vektorok összevonhatók egyetlen vektorrá, jelentősen csökkenthető a repülési útvonal generálása során létrejövő adatfájl mérete.

A kiindulás alapgondolata az volt, hogy az elemi vektorok által leírt pályaszakasz meddig tekinthető egyenesnek, amely egyetlen vektorral helyettesíthető.

A megvalósításhoz bevezetésre került egy új fogalom. Egyetlen vektorral helyettesíthető azon pályaszakaszt leíró elemi vektorok halmaza, mely vektor által leírt pályaszakasz, és az azt felölelő valamennyi elemi vektorok által leírt pályaszakasz közötti eltérés osztópontonként vizsgálva egy előre meghatározott tűréshatáron belül van.

Számítsuk ki a vizsgált szakasz kiinduló pontja és a vizsgált pont közé kifeszített (v_2), valamint a vizsgált szakasz kiinduló pontja és a vizsgált pontot követő pont közé kifeszített (v_1, feltételezhető egyenes repülési útvonalszakasz) vektorok abszolút értékét és skalárszorzatát. Ezt a műveletet a feltételezhető egyenes repülési útvonalszakasz mentén végezzük el valamennyi osztópontra a kiinduló osztóponttól a vizsgált osztópontig. Ebből meghatározható, hogy van-e olyan osztópont a vizsgált tartományon belül, melynek távolsága a feltételezhető egyenes repülési útvonalszakasztól tűréshatáron kívül van-e (r_{max}) {1}.

$$r_{\max} \geq \sqrt{\left|\overline{v}_2\right|^2 - \left(\frac{\overline{v}_1 \cdot \overline{v}_2}{\left|\overline{v}_1\right|}\right)^2} \qquad \{1\}$$

Ha valamennyi osztópont távolsága a feltételezhető egyenes repülési útvonalszakasztól tűréshatáron belül van, akkor az még összevonható egy egyenessé (elemi vektorai helyett egyetlen vektorral helyettesíthető), beolvasva a következő vizsgált pontot és az azt követő pontot, újra elvégezhetjük a vizsgálatot. Ha valamely osztópont távolsága a feltételezhető egyenes repülési útvonalszakasztól tűréshatáron kívül van, akkor a repülési útvonal már nem egyenes. Az eddig számított feltételezhető egyenes repülési útvonalszakasz koordinátáit elmentve (kiinduló pont, vizsgált pont viszonylatában), az új feltételezhető egyenes repülési útvonalszakasz kiinduló pontja legyen a vizsgált pont.

ÖSSZEGZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK

Ezek alapján a repülési útvonal tervezésének egy lehetséges módja a következő:

- megfelelő finomságú mintavétel alapján a repülési útvonal osztópontokkal történő felosztása;
- a minimális repülési magasság meghatározása a horizontális távolságtartalék biztosítása érdekében;
- a repülési magasság szükség szerinti növelése a vertikális távolságtartalék biztosítása érdekében;
- a repülési magasság szükség szerinti növelése az UAV süllyedési és emelkedési képességeit figyelembe véve;

- a repülési magasság szükség szerinti növelése, ha előírt magasságú útvonalrepülés a feladat.

Megvizsgáltam a biztonságosan berepülhető útvonal tervezésének automatizálási lehetőségét. A tervező kétdimenziós síkon látja a háromdimenziós teret. Ebből adódóan a horizontális távolsági tartalék és a vertikális távolsági tartalék figyelembe vétele aprólékos (időigényes) munkát, vagy nagy tapasztalatot igényel. Az ember, mint szubjektum önhibáján kívül nem vesz figyelembe olyan, a tervezés szempontjából fontos adatokat, melyek veszélyeztetik a repülés biztonságát.

Az UAV küldetésének előkészítése során a küldetés útvonalát tervező személy a rendelkezésére álló, számára nehezen feldolgozható adatok alapján dönt. Belátható, hogy a rendelkezésre álló adatok gyors és az elvárt mértékig helyes feldolgozása, majd a fedélzeti elektronika által megkívánt formára hozása a tervező számára emberi erővel gyakorlatilag lehetetlen. Az útvonaltervezést a fent leírt elgondolások alapján át lehet alakítani.

FELHASZNÁLT IRODALOM:

[1] Dr. Detrekői Ákos – Dr. Szabó György, Bevezetés a térinformatikába, Nemzet Tankönyvkiadó, Budapest, 1995

[2] Zentai László, Számítógépes térképészet, ELTE Eötvös kiadó, Budapest, 2000

[3] Micropilot UAV autopilots homepage, http://www.micropilot.com/

[4] UAV Flight Systems homepage, http://www.uavflight.com/