

## Robotrepülőgépek alkalmazása civil légterekben

Dr. Molnár András

Óbudai Egyetem  
Neumann János Informatikai Kar

### 1. BEVEZETÉS

Az elmúlt évtized, de különösen az elmúlt évek során a robotrepülőgépek fejlesztése és a fejlesztések kapcsán megjelenő prototípusok száma jelentősen megnövekedett. Ezzel egy időben számos területen jelentkezett igény kisméretű (max. 25 kg felszálló tömeg), elsősorban megfigyelésre alkalmas robotrepülőre. Látszólag a kereslet és kínálat ezen a területen mintaszerűen talál egymásra.

### 2. MIKORTÓL ROBOTREPÜLŐ A TÁVIRÁNYÍTÁSÚ MODELL?

Pilóta nélküli repülőeszköznek mondhatók a modellezők körében hobbi vagy játék céllal készített rádiótávírányítású repülőgépek. Ennek ellenére a gyakorlatban ezeket az eszközöket nem tekintjük valódi pilótanélküli eszköznek. Ennek oka elsősorban az alkalmazás hatósugarában keresendő. Egy klasszikus rádiótávírányítású repülőmodell hatósugarát két alapvető tényező határozza meg. Az első a kezelő „pilóta” látótávolsága. Ez a modell méretétől függően néhány száz métertől néhány kilométer (1-2 km) távolságig terjed. A másik tényező az alkalmazott távirányító rendszer (adó és vevő) hatótávolsága. A kereskedelemben kapható eszközök igazodnak az első tényező paramétereire, azaz a látótávolsághoz. Egyes esetekben (távcsöves vezetés) a látótávolság megnövelhető. Ebben az esetben jó minőségű távirányító, esetleg adóteljesítményt fokozó erősítőre is szükség van. Ilyen alkalmazás lehet például hazánkban is alkalmazott célszállító repítése, ahol fontos, hogy a repülőgépet vezető személy a lőszelektoron kívülről irányítsa a modellt.

A mikroelektronika fejlődésével megjelentek a kisméretű kamerák és velük együtt a kis távolságú videó átviteli rendszerek. Ezek együttes alkalmazása új lehetőségeket nyitott meg az amatőrök körében. A modellrepülőre szerelt kamera képét egy rádióadó segítségével a földön, valós időben megjelenítve a modellező azt a látványt kapja, mintha a gépben ülne. Ezt tovább fejlesztve kialakult a kamera kép segítségével történő modellrepülő vezetés technikája, ami már FPV repülés néven vált közzismertté.

Az FPV rendszer látszólag kiküszöböli a látótávolság problémáját, hiszen ha kellően nagy hatótávolságú a videó összeköttetés, akkor a fedélzeti kép alapján a modell vezethető. Szűk keresztmetszet lett a távirányító rendszer hatótávolsága. A gyakorlat során azonban hamar kiderült,

hogy a rendszer számos veszélyforrást rejt magában. A kamera képe – amíg az átvitel hibamentes – nem gyengül a távolság növekedésével szemben a hagyományos modell vezetésével, ahol a távolodó gép egyre kisebbnek látszik. A kamera kép elvesztése általában olyan távolságban következik be, ahol már szabad szemmel nem vezethető a modell, így ez az esemény rendszerint a modell lezuhanásával jár. Amennyiben a videó lesugárzó rendszer hatótávolsága nagyobb, mint a vezetéssel biztosított távirányító rendszeré, úgy a gép vezethetatlenné válása okozhatja annak lezuhanását, miközben a fedélzeti kép hibátlan.

A gépek elvesztésének megakadályozására újabb megoldások születtek. Ezek közül a legegyszerűbb a fedélzeti vevő által vett jel térerejének visszajelzése. Ez az információ hozzásegíti a modell vezetőjét ahhoz, hogy az irányíthatóság szempontjából ne lépje át a biztonságos távolságot. Sajnos, a vevő érzékenysége valóságos körülmények között nem minden esetben van arányban az adótól mért távolsággal. Részben a repülőgép térbeli mozgásából, részben a terepviszonyoktól függő jelterjedésből adódóan előfordulnak vételi kiesések. Ezek az esetek továbbra is gépvesztéssel párosulhatnak. A vétel kiesését egyes rendszerek a fedélzeten elhelyezett másodvevővel vagy másodantennákkal igyekeznek mérsékelni.

Kétvevős megoldást alkalmaz az EmcoTec [1] cég rendszere. Az EmcoTec által gyártott fedélzeti elektronika lehetővé teszi többek közt, hogy az irányítást két vevő által előállított vezérlőjelekkel valósítsák meg. Természetesen egy időpillanatban csak az egyik vevő jelei vezérlik a repülőgépet, de annak vételi zavara esetén a rendszer azonnal átkapcsol a tartalék vevőre. A tartalékvevő antennáját úgy kell elhelyezni a repülőmodellre, hogy annak geometriai tengelye szöveget zárjon be az elsődleges vevő antennájának geometriai tengelyével. Ebben az esetben az antenna kedvezőtlen térbeli helyzetéből adódó vételkimaradás jelentősen csökkenthető vagy megszüntethető. Lehetőség van a másodvevőt más frekvenciasávban alkalmazni, ha speciális, kétsávos távirányító adót használunk. Ez tovább növeli a vételi biztonságot, mivel az alapfrekvencia interferenciája esetén is képes megbízható távirányítást biztosítani.

Futótűzként terjed a modellek távirányítása céljából a 2,4 GHz-es rendszer. A gyártók – számos egyéb előny mellett – a diszkrét csatornák felhasználó általi kezelését mellőző megoldást hangsúlyozzák. Ez azt jelenti, hogy a 2,4 GHz-es távirányító rendszerek automatikusan keresik meg a sáv

szabad csatornáját, vagy éppen több csatornát felhasználva biztosítják a kapcsolatot. Ezen módszerek csökkentik a felhasználó figyelmetlenségéből adódó interferenciákat (azonos csatornán több adó készülék egy időben történő üzemeltetése), illetve a más zavarforrásokból származó interferenciákat. A 2,4 GHz-es rendszerek legtöbbje rendelkezik 2 vagy több antennával, ami a már előzőekben megfogalmazott térbeli antenna helyzetekből adódó vételkieséseket hivatott csökkenteni.

A távirányítás megbízhatóságának növelésével újabb szűk keresztmetszet a fedélzeti elektronika energiaellátása lett. Ezen a területen két különálló szegmens határozható meg. Egyik a szigorúan vett elektronika, illetve vezérlés áramellátási kérdése. Mivel a fogyasztás a gyakorlatban alkalmazott Lithium-polimer akkumulátorok kapacitásához mérten nem jelentős, itt elsősorban a váratlan akkumulátorhibák okoznak problémát. A kontakthibás akkumulátorok ellen a legtöbb gyártó párhuzamosan kapcsolható kétakkumulátoros megoldást kínál. A második szegmens az elektromos hajtású repülőgépek esetén a meghajtó rendszer áramellátása. Ebben az esetben nem ritka a 100A áramfelvétel, ami gyakorlatban a meghajtó akkumulátorok igen gyors kisülését jelenti. A repülési időt, így elsősorban ezen akkumulátorok kapacitása határozza meg. Általában a repülési idő 10 perc és 1-2 óra között mozog. Amennyiben repülés közben lemerül az akkumulátor, akkor a gép biztonságos visszatérése a repülőgép repülési jellemzőitől, a magasságától, a leszállóhelytől való távolságától, valamint a légköri viszonyoktól (elsősorban szél) függ.

Éppen ezért elterjedt a fedélzeten mérhető néhány jellemző adat továbbítása a repülő vezetője felé. Eleinte ezek az adatok elsődlegesen az akkumulátorok állapotára, a repülőgép koordinátájára (GPS), és a repülés sebességére korlátozódtak. Mára egyre több adatra van igény, ami egyre nagyobb átviteli sebességet igényel. Sok FPV rendszer a telemetriai adatokat a lesugárzott képen jeleníti meg úgynevezett OSD (On Screen Display) rendszerrel. Az OSD rendszer azonban csak informálja a repülőmodellt vezető pilótát a fedélzeten mért paraméterekről. A repüléssel kapcsolatos összes döntés és maga a gép vezetése is a pilóta feladata.

A megbízható adat(kép)-kapcsolat érdekében a fedélzeti RF sugárzók teljesítménye sok esetben az engedélyezett mértéket meghaladó. A teljesítmény fokozása látszólag ugyan eredményre vezet, valójában azonban számos új probléma forrásává válik. A nagyobb teljesítményű adók fogyasztása is növekszik, ami az üzemidő csökkenésével, vagy nagyobb akkumulátorok alkalmazásával párosul. Ez utóbbi esetben a repülési idő fog rövidülni a nagyobb tömegű repülőgép nagyobb energiaigénye miatt. A másik probléma a távirányítást szolgáló fedélzeti vevő „elnyomása” a közeli nagyteljesítményű sugárzó által. Főként a gyengébb minőségű képtovábbítók elégtelen kimeneti harmonikus elnyomása okozza a fedélzeti vevők – beleértve sokszor a GPS vevő – elnyomását. Valódi megoldást a nagytávolságú összeköttetések érdekében az antennák nyereségének

növelésével és (vagy) a hatékony modulációs eljárások alkalmazásával lehet találni.

A modell repülőgépen irányított antennák alkalmazása nem hatékony. Ott általában körsugárzó antennát alkalmaznak, ugyanakkor a földi vevőállomásoknál elterjedtek a nagy nyereségű antennák. Ilyen antennák alkalmazása újabb megoldandó feladatot jelent. A nagy nyereség jellemzően az antennának csak egy kitüntetett irányában valósul meg. Éppen ezért az antennákat mindig a repülőgép felé kell irányítani. Ez megoldható úgy is, ha előre tervezett területen végezzük a repülést, és az antennát úgy telepítjük, hogy a gép a teljes repülés időtartama alatt annak „látószögében” maradjon. Ez nem minden esetben lehetséges, mivel a nagy nyereségű antennák látószöge szűk. A problémát az antenna aktív forgatásával lehet megoldani. Az automatikus forgatáshoz azonban szükség van a repülőgép pillanatnyi koordinátáira. Igaz ugyan, hogy ezzel az információval a repülőgép vezetője az OSD rendszeren keresztül rendelkezik, de az automatika számára a képből az adatok csak igen körülményes módon nyerhetők ki. Néhány rendszer kínál erre is megoldást. Amennyiben hagyományos TV lesugárzó rendszer kerül a repülőgép fedélzetére – ez a leggyakoribb –, akkor az adatok egy része a hangcsatornára modulálható. [2] A földi állomás a hangcsatorna demodulációját követően digitális formában képes előállítani többek között a repülőgép koordinátáit, amit az automata antennaforgató – felhasználva a saját koordinátáját – képes feldolgozni. [3]

A legújabb fejlesztések a rádiókapcsolat megszakadásából adódó károk elkerülését célozzák. Már kereskedelmi forgalomban kapható számos, a repülést támogató eszköz. Ezek legelső példányai a repülés automatikus stabilizálását hivatottak szolgálni. Ilyen eszközök a giroszkópok és az optikai vagy termikus [4] elven működő stabilizátorok. Segítségükkel a repülőmodell vezetése egyszerűbbé, esetenként rövid ideig autonómmá válik. Útvonalrepüléshez azonban nem elégségesek. Szintén kereskedelmi forgalomba kerültek olyan elektronikák [5], melyek képesek a hozzájuk kapcsolt szenzorok segítségével nemcsak stabilizálni, de útvonalon repíteni is a kisméretű modelleket. Az ArduPilot az egyik legelterjedtebb fedélzeti elektronika. Népszerűségét a számos kiegészítő elem túl a szabadon hozzáférhető nyílt forráskódú szoftver biztosítja. Az ilyen eszközökkel felszerelt modellrepülőgépek már képesek valódi autonóm repülések végrehajtására.

#### Következtetések

A hobbi modellek fejlődését követve látszólag kialakult a mai értelemben is robotrepülőnek tekinthető eszköz. Minden kétséget kizáróan megállapítható, hogy a legmodernebb hobbi eszközök felhasználásával készíthető autonóm repülésre alkalmas modell. Nem szabad azonban figyelmen kívül hagyni azt a tényt, hogy az ilyen módon összeállított rendszer elemei nem professzionális céllal készültek. Mindez azt jelenti, hogy a modellek csak korlátozott feltételek mellett viselkednek megfelelő módon. A biztonságnak, a hobbi kategóriáknál,

elsődlegesen a modell tulajdonosa számára a modell megmentése tekintetében van jelentése. Az alkalmazott kamerák és a képtovábbító rendszerek képminősége is elsősorban a modell kezelőjének élményét hivatott biztosítani. Ezek a képek alig alkalmasak felderítésekre vagy megfigyelésekre, és még kevésbé alkalmasak speciális képfeldolgozó eljárásokkal megszerzhető információk szerzésére.

Természetesen az itt megfogalmazott hátrányok a jelen technikai színvonal figyelembevétele mellett igazak. A mikroelektronika és a szoftvertechnológia rohamos fejlődésével prognosztizálható a hobbi rendszerek képességeinek és minőségének további fejlődése, ami egyre közelebb juttatja a modellrepülőgépeket az olcsó robotrepülőgépek kategóriájához.

Fontos megjegyezni, hogy a nyílt forráskódú rendszerek számos új lehetőséget hordoznak magukban. Természetesen hátránnyal járhat, hogy a forráskódot bárki módosíthatja különösebb szakértelem nélkül. Ebben az esetben a rendszer megbízhatósága drasztikusan csökkenhet. Ugyanakkor fontos látni, hogy számos olyan fejlesztő is hozzájuthat a rendszer elemi részeihez, akik érdemben képesek azokat módosítani, továbbfejleszteni. Ebből következik, hogy megfelelően képzett amatőrök kezében is kifejlődhetnek olyan rendszerek, melyek alkalmazásával hatékony és megbízható robotrepülőgépek hozhatók létre.

A fejlődési trendeket elemezve a közeljövőben várható, hogy amatőr szerveződések képesek lesznek akár 100 km hatótávolságú autonóm repülőeszközök elkészítésére. Ezzel együtt a robotrepülőgépek üzemeltetési kérdései jelentősen meg fognak változni, mivel az eszköz birtoklása széles körben el fog terjedni.

### 3. A KISMÉRETŰ ROBOTREPÜLŐGÉPEK CIVIL ALKALMAZÁSAI

A fentiek alapján látható, hogy az autonóm repülési képességgel rendelkező, kisméretű repülő eszközök egyre olcsóbbak, könnyen beszerezhetőek, de akár házilag is elkészíthetőek. Kézenfekvő, hogy – túl a hobbialkalmazásokon – az eszközökre szerelt kamerák segítségével egyéb, üzleti alkalmazások is megjelennek. Ezek elsősorban a megfigyeléssel, légi fotózással kapcsolatos tevékenységek, de tovább gondolva a lehetőségek – egyéb szenzorok levegőbejuttatása során – rendkívül kibővülnek.

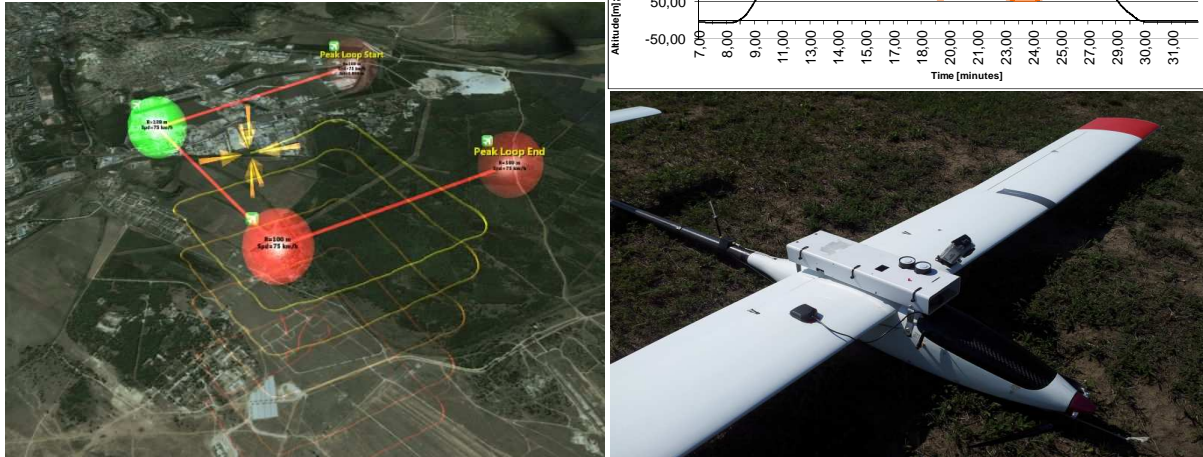
#### 3.1 Légszennyezettség mérésére és 3D megjelenítésére kidolgozott eljárás és eszköz (P1300413 sz. szabadalmi szám alatt)

A hagyományosan elterjedt repülőgépes, vagy légballoonos szondákhoz képest a pilóta nélküli kisrepülő (10-20 kg felszálló tömeg) által szállított szenzorok alkalmazásával lehetőség nyílik a vizsgált jellemzők háromdimenziós ábrázolására és elemzésére [6;7;8]. A kutatás fő célja, hogy létrehozzon egy olyan adatgyűjtő és az adatokat célszerűen feldolgozó alkalmazást, amely képes a környezet és a mért jellemzők háromdimenziós ábrázolására, illetve az időt, mint negyedik dimenziót felhasználva a vizsgált adatok változásainak vizsgálatára. Az adatok ilyen értelmű elemzése rámutathat a légkörben jelenlévő szennyező anyagok áramlására, koncentrációinak változására és lebomlására. A gyakorlatban a rendszer felhasználható mind monitorozásra, mind (rendkívüli) események kapcsán előrejelzésre, illetve a hatékony védekezés megszervezésének kidolgozására.

Az eszköz fő jellemzője, hogy kis kiterjedésű (néhány négyzetkilométer), alacsony magasságú (néhány 100 méter) térrészben pontos mérési eredményeket szolgáltat, melyeket kis időközönként (akár 15 perces ismétlési periódussal) frissíteni képes. A rendszer által szolgáltatott adatok elemzése alapján azonnali információhoz lehet jutni az adott terület szennyezettségét illetően, valamint a szennyezettség időbeli változását illetően.

A hordozó eszköz és annak fedélzetén elhelyezett nagy intelligenciájú mérésadatgyűjtő-rendszer, valamint az adatok elemzését végző szoftver együtteséből álló rendszer, képes horizontális és vertikális pozíciók alapján a környezet jellemzőiről mérési adatokat rögzíteni (pl.: páratartalom, hőmérséklet, por, sugárzás, vegyi szennyezettség stb.). Az így rögzített adatok feldolgozása során 3D térkép áll rendelkezésre mely jól szemlélteti a vizsgált szennyezettség eloszlását és ismételt mérések esetén terjedési irányát és sebességét.

A kutatás kiindulópontja az Óbudai Egyetemen már korábban kifejlesztett AEROBOT UAV rendszer volt. A fejlesztés első fázisában kidolgozásra került egy univerzális mérőmodul, amely 11 légköri összetevő értékét határozta meg a levegőben, valós időben. A kísérletek során a mérőmodult először gépjárműn, majd merevszárnyú UAV-n, végül multirotoros UAV-n lett tesztelve. A tesztekkel egy időben az adatok megjelenítését szolgáló szoftvermodul került kifejlesztésre, amely integrált részeként jelent meg az AEROBOT UAV rendszernek. A mérőmodul szenzorjai széles határok közt cserélhetőek, így lehetőség új felhasználók esetében speciális igények kiszolgálására is.



1. ábra, kísérleti repülő eszköz a mérő modullal, a repülés 3D nyomvonala és néhány mért jellemző

Az Intelligens mérőmodul, magába foglalja a levegőben mérni kívánt szennyező, vagy szennyezők érzékelőit, a mért adatok elő-feldolgozását, átmeneti tárolását biztosító mikrokontrollert valamint az adatok valós idejű továbbítását biztosító MODEM egységet. A mérőmodul a térbeli pozíciót, a légnyomásból számított magasságot és sebességet közvetlenül a repülőeszköz repülését biztosító repülésstabilizáló egységtől kapja és a szenzorok által mért adatokkal egyesítve egy speciális struktúrájú adatsort állít elő.

Jelenleg a modul az alábbi légköri alkotóelemek, illetve szennyezők mérését végzi:

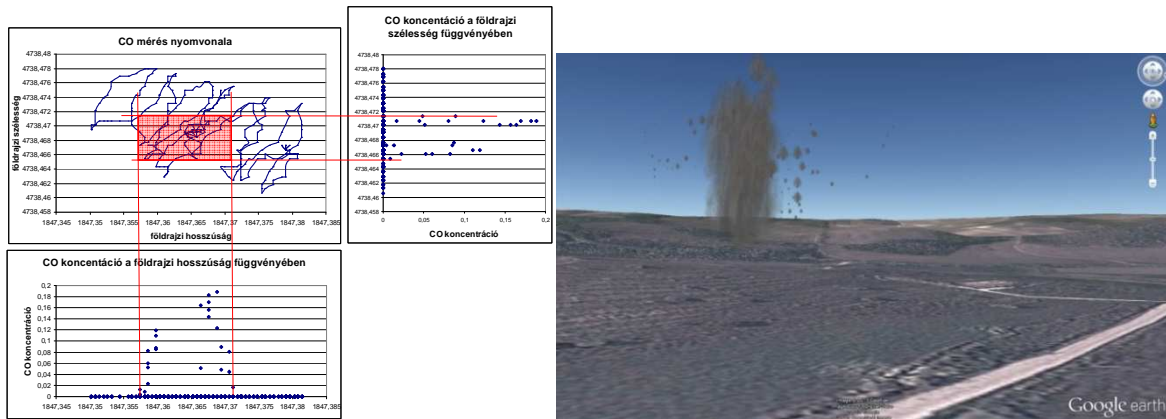
- Oxigén (O<sub>2</sub>)
- Ózon (O<sub>3</sub>)
- Szén-dioxid (CO<sub>2</sub>)
- Szén-monoxid (CO)
- Nitrogén-dioxid (NO<sub>2</sub>)
- Nitrogén-monoxid (NO)
- hőmérséklet
- vízpára
- szálló por
- gammasugárzás
- UVA sugárzás
- UVB sugárzás

A mérőmodul további 10 szenzor fogadására képes, illetve a gázérezékelők cseréjével más gázok mérése is megvalósítható. Ez a nagyfokú szabadság széleskörű felhasználást biztosít.

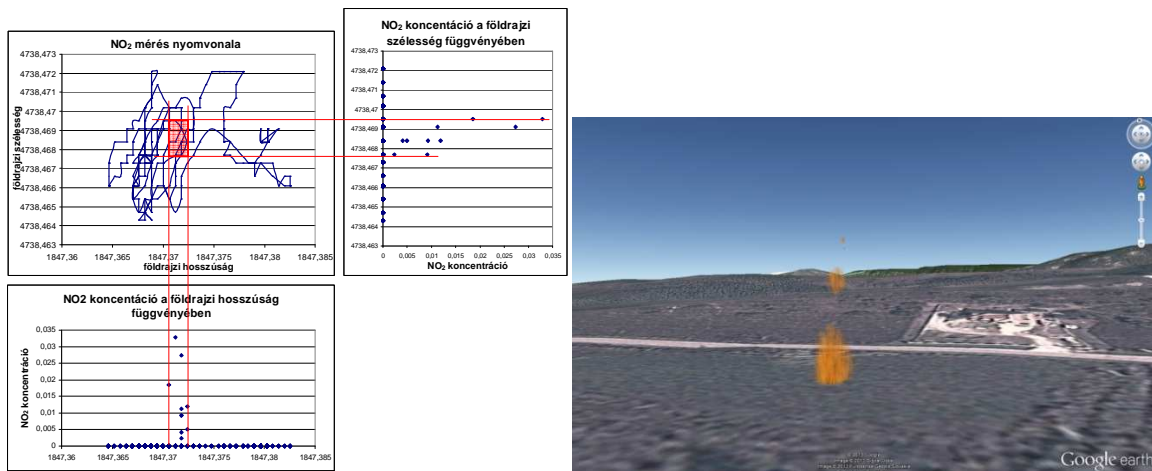
A mérőmodul vezérlőelektronikája közvetlen kapcsolatban áll a hordozó vezérlő elektronikájával, ahonnan légnyomás, sebesség, GPS valamint inerciális adatokat kap. Ezeket az adatokat rendeli a mérőmodul az egyes szenzor adatokhoz. A hordozó UAV fedélzeti elektronikája az eszköz önálló repülését is lehetővé teszi, ami biztosítja azt, hogy a berendezést biztonságos távolságból lehessen indítani, de a mérést az emberre nézve veszélyes területen is el lehessen végezni.



2. ábra, kísérleti repülő eszköz a mérőmodullal, légköri szennyezők 3 dimenziós feltérképezésére



3. ábra, CO mérés hagyományos (2D) és 3D megjelenítése



4. ábra, NO<sub>2</sub> mérés hagyományos (2D) és 3D megjelenítése

### 3.2 Nem stabilizált kamera-felfüggesztés alkalmazása mellett készített légi felvételek értékelésére és elemzésére kidolgozott eljárások

A robotrepülőgépek képet alkotó alkalmazásainak egy jelentős szegmense az ortofotók készítése. Erre a célra jellemzően speciális, stabilizált kamera felfüggesztés szükséges, amely biztosítja a kamera függőleges optikai tengelyét a felvétel készítés idejére. A kisméretű repülő eszközök esetében a stabilizált platform és a hozzá tartozó mérő és beavatkozó rendszer, jelentős tömeget jelent, ami korlátozza az eszköz repülési idejét, illetve növeli annak minimális méretét.

A kidolgozott módszer egy konkrét alkalmazott kutatási feladat megoldása során került tesztelésre. A feladat tömör

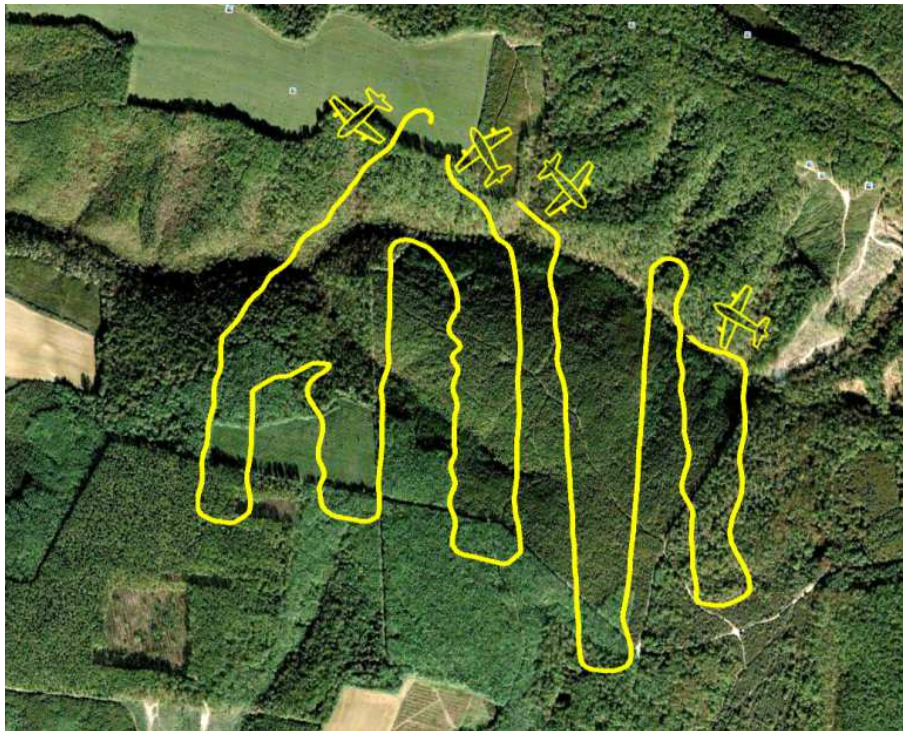
megfogalmazásban nagy kiterjedésű erdőkben található kiszáradt fák detektálása volt. Az első fázisban felmérést végeztem a kijelölt és vizsgálandó terület felett. A kísérlet során a feladat a terület aktuális állapotának képi rögzítése volt. Az elkészített felvétel minőségi követelménye volt, hogy a kép a Google Earth műholdképére illeszthető legyen, továbbá, hogy a kép alkalmas legyen a rajta látható objektumok kiterjedésének mérésére. A kép felbontásának lehetővé kell tennie egy személygépkocsi méretű objektum felismerését. Az 5. ábrán látható felvétel mérete 64Mpixel! Gyakorlati szempontból ez azt jelenti, hogy a kép egy pixele 6,5 cm-t fed le.



5. ábra, a Google Earth műholdképére illesztett, kalibrált ortofotó és annak egy nagyított részlete

A feladat következő fázisában az adott terület összefüggő felvételét kellett elkészíteni azzal a céllal, hogy a felbontás lehetővé tegye az erdőben található kiszáradt fák detektálását. A kísérlet során 80 hektár felmérését végeztem el. A 6. ábrán a terület autonóm repüléssel bejárt nyomvonala látható. A kísérlethez kijelölt terület kiterjedése miatt a repülés kizárólag autonóm robotrepülőgéppel volt megvalósítható, mivel a

repülés jelentős idejében a robotrepülőgép szabad szemmel nem volt látható, így távirányítására nem volt lehetőség. A repülés során készített felvételek hasonlóan az előző kísérlethez egyetlen, nagyméretű ortofotóvá lett alakítva. A 7. ábra a felmért erdő egy részletét szemlélteti melyen jól láthatók a nyers fotó, valamint a feldolgozás eredményeképpen megjelölt száraz fák.



6. ábra, a mecseki felmérés repülése



7. ábra, a felmérés egy képkockája (bal felső kép: „nyers fotó”, bal alsó kép: a száraz fák „maszkja”, jobb kép: a száraz fák mesterséges elszínezésével kombinált eredeti kép)

### 3.3 Felszíni közlekedést támogató robotrepülőgépek alkalmazások

A kisméretű robotrepülőgépek olcsón és gyorsan szállíthatók a felhasználás helyére. További előnyük, hogy nem szükséges közvetlenül a megfigyelni kívánt helyszínhez szállítani, elegendő annak egy jól meghatározható körzetéből indítani. Az így nyert légi felvételek, vagy élő videó alkalmas lehet akár egy baleset helyszínének átfogó elemzésére, akár kialakult torlódások feloldására célirányos forgalomterelés által.



8. ábra, közlekedési jellemzők mérése légi felvételek alapján (tervezet)

A légi felvételek – szemben a telepített kamerák képeivel – alkalmasak nagyobb terület egyidejű megfigyelésére és elemzésére (8 ábra). Ez lehetővé teszi nem csak a torlódás tényének felismerését, hanem annak esetleg lehetséges feloldását nem forgalmas alternatív utakra történő forgalomterhelése által. Ahhoz, hogy az elterelés kellően hatékony legyen, ismerni kell az alternatív útvonalak pillanatnyi terhelését is. Ebben egy átfogó, valós idejű képi információ nagymértékű segítséget jelent.

A valós idejű légi felvételek elemzése során kimutathatóvá válik a forgalom összetétele is, azaz kvantitatív módon megállapítható az egységnyi idő alatt áthaladó járművek számán felül a járműtípusok aránya is (személygépkocsi, teherautó, kamion stb.). Ennek az információnak mind a forgalomirányítás, mind az út terhelés kalkulációja során igen nagy szerepe van. A mozgásvektorok elemzésével még a sávonkénti haladási sebesség is kimutatható, ami további tervezési teret jelent közlekedésmérnökök számára.

A robotrepülőgépes rendszerek a felszíni közlekedés környezetterhelésének mérésében is hatékony segítséget nyújthatnak. Megfelelő szenzorokkal felszerelt repülő eszközök (lásd: „Légszennyezettség mérésére és 3D megjelenítésére kidolgozott eljárás és eszköz” fejezet) alkalmasak egy útszakasz vagy forgalmi csomópont térbeli légszennyezésének kimutatására. Az eszköz rendszeres használata esetén a szennyező anyagok eloszlásának időbeli változása is monitorozható.

#### 4. KÖVETKEZTETÉSEK

A fentiekből érzékelhető, hogy a robotrepülőgépek használata számos, nem katonai területen indokolt és hasznos. Ezen eszközök használata az adott szakterület fejlődését, hatékonyságát, esetenként nyereségességét növelheti. Éppen ezért a jogalkotóknak figyelembe kell venni a robotrepülőgépek alkalmazásával szembeni növekvő igényt. Természetesen az eszközök alkalmazását szabályozni szükséges, de a szabályozásnak egyben lehetővé is kell tennie azok jogszerű használatát.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1.] EMCOTEC, embedded controller technologies GmbH, Waldstr. 21, D-86517 Wehringen Available: <http://www.emcotec.de/> (2014.)
- [2.] Molnár, A. (2007). *Telemetriai egység kisméretű robotrepülőgépek számára*, Robothadviselő 7. Nemzetközi Konferencia és Kiállítás, 2007. november 27., Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Budapest in: Hadmérnök online tudományos lap, konferencia különszám.
- [3.] Molnár, A. (2008). *Automata antennaforgató autonóm robotok számára*, Repüléstudományi konferencia, 2008.
- Szolnok, Repüléstudományi közlemények különszám, 2008. április 11.
- [4.] Co-Pilot™ II Advanced Infrared Flight Stabilization System Reference Manual, FMA, Inc. 5713 Industry Lane, Suite 50 Frederick, MD 21704 Sales: (800) 343-2934 Technical: (301) 668-4280 Available: <http://www.fmadirect.com>
- [5.] ArduPilot is a family of open source autopilots based on the Arduino platform. Available: <http://diydrones.com/notes/ArduPilot> (2014)
- [6.] Václav, S., Radek, H.; *Tracking of atmospheric release of pollution using unmanned aerial vehicles* In: Atmospheric Environment j., 2013, 67: pp. 425-436.
- [7.] Elena, S. F. B., Matthew, F., Jimmy, L., Richard, K., Manish, G.; *Greenhouse gas analyzer for measurements of carbon dioxide, methane, and water vapor aboard an unmanned aerial vehicle* In: Sensors and Actuators B: Chemical j. 2012, Available: <http://www.elsevier.com/locate/snb>
- [8.] Amir, K., David, S., Lei, T., David, J. M., Kang, S., Mark, A. Z., William, A. H., Bryan, R., David, J. L.; *Low Power Greenhouse Gas Sensors for Unmanned Aerial Vehicles* In: Remote Sensing, 2012, ISSN 2072-4292 Available: <http://www.mdpi.com/journal/remotesensing>