

**Molnár András**

[molnar.andras@nik.bmf.hu](mailto:molnar.andras@nik.bmf.hu)

## ROBOTREPÜLŐGÉPEK FÖLDI ÁLLOMÁSA ÚJ MEGKÖZELÍTÉSSEN

### *Absztrakt*

*A legtöbb földi állomás korlátozott, előre meghatározott számú és dedikált funkciójú munkaállomást tartalmaz. A legolcsóbb rendszerek esetében a gyakorlati munka nehézkes mivel egy, esetleg két munkaállomást biztosít a rendszer melyeken keresztül kell a repülőgépet kontrollálni, valamint az általa szolgáltatott felderítési információkat kiértékelni. Léteznek ugyan hálózatba kapcsolt munkaállomások, de azok kisméretű, olcsó robotrepülőgépek számára nem elérhetőek.*

*A fejlesztés célja, létrehozni egy olyan univerzális földi állomást, amely gyakorlati szempontból korlátlan számú munkaállomással rendelkezik úgy, hogy azok funkcióját a mindenkori felhasználó dönthesse el. Az így kialakított földi állomás rugalmasan telepíthető, hatékonyabb kiértékelést és döntési lehetőségeket biztosít a felhasználók számára.*

*Most of the ground control stations contains only a limited and predetermined number of workstations with a dedicated function. The work with the cheapest stations is difficult because there are only one or two workstations. The user has to control the plane and evaluate the data via these. There are network connected workstations though but these are inaccessible to low cost UAVs. The aim of the development is to create a universal ground control station which has unlimited number of workstations who's function can be determined by the actual user. This type of ground control station is easy to install and it ensures a more effective way to evaluate the data and make operational decisions for the controlled UAV.*

**Kulcsszavak:** *pilóta nélküli repülőgép, földi állomás ~ unmanned aerial vehicle, ground station*

## **Bevezetés**

A fejlesztést több éves kutatás és elemzés előzte meg. A kutatások kiterjedtek a különféle UAV rendszerek technikai megvalósításaira [1,2,3,4,5,6], képességeinek elemzéseire, valamint a felhasználásuk körülményeire. Megállapítást nyert, hogy minden UAV rendszer földi állomása biztosítja a repülő eszköz, repülés előtti és alatti teljes ellenőrzését. Ez azt jelenti, hogy a földi állomás műszerei képesek a kezelőt ellátni a fedélzeten mért összes, vagy legtöbb létfontosságú információval. Ugyanez a rendszer lehetőséget biztosít az egyes paraméterek módosítására, hangolására. További képességei a földi állomásnak, hogy az UAV hasznos terhet jelentő rendszerek (például felderítő kamera) kezelését is biztosítják. Ez általában a rendszerek paraméterezését, illetve az általuk szolgáltatott információk megjelenítését jelenti.

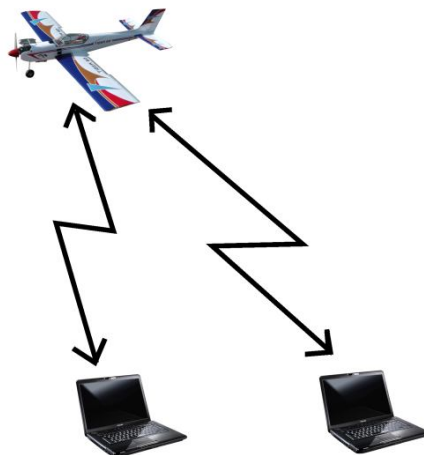
A kutatás során érzékelhetővé vált a jelenlegi rendszerek (elsősorban a kisméretű robotrepülőgépek hordozható, vagy könnyű gépjárműbe integrálható földi állomásainak) szűk keresztmetszete. Általában elmondható, hogy az eszközök a gyártók által megjelölt feladatok végrehajtására alkalmasak, de kezelésük kényelmetlen. Legnagyobb hátrányt a repülőgép kezelését és az általa szolgáltatott adatok megjelenítését biztosító munkaállomások erősen korlátozott száma jelenti. A repülés alatt igen körülményes az adatok elemzésébe bevonni további szakértőket, így a felderítő képességein múlik a repülés eredményessége.

### **A dedikált munkaállomásokkal kialakított rendszerek általános jellemzői**

A hagyományos kialakítású földi munkaállomások jellemzően előre meghatározott feladat ellátására alkalmasak. Ezeket a gyártók igyekeznek úgy kifejleszteni, hogy az adott célnak a lehető legjobban megfeleljenek. A repülőgép ellenőrzését és vezetését biztosító munkaállomás rendszerint mindent tartalmaz, ami az adott repülőgép üzemeltetéséhez kellhet. Hasonló módon vannak kialakítva a felderítő felületek is. Általában ezek a feladatkörök a következők:

- UAV konfigurálása.
- Útvonal tervezése.
- Telemetria megjelenítése.
- Fedélzeti képek videók megjelenítése, feldolgozása.
- Egyéb fedélzeti szenzorok adatainak megjelenítése, feldolgozása.
- A repülés folyamatába történő beavatkozáshoz szükséges eszközök (kapcsolók, üzemmód váltók).
- A hasznos teher kezelését biztosító eszközök (kapcsolók, üzemmód váltók).
- Vészrendszerek.

A mennyiben a fenti funkciókat dedikált rendszerek valósítják meg, úgy a fejlesztés és a gyártás jól kézben tartható. Javítás, hibakeresés szempontjából átlátható. Ennek a struktúrának felel meg az 1. ábrán látható rendszer.



**1. ábra.** Dedikált munkaállomásokkal kialakított UAV rendszer

Az 1. ábrán látható kommunikációs csatornák nem szükségszerűen különbözőek, bár jellemzően a telemetria és a repülőgép irányítása, valamint a nagy sávszélességet igénylő képi információk két egymástól független csatornán valósulnak meg. Logikailag hasonló rendszerhez jutunk, ha az adatkommunikáció ugyan egy csatornán zajlik, de a földi munkaállomások kialakítása a gyártó által előre meghatározott célt támogatja. Ilyen kialakítás például az, ha az egyik állomás a repülőgép vezetését, míg a másik a fedélzeti kamera képének kiértékelést teszi lehetővé.

A gyártó által előre meghatározott funkciókkal rendelkező munkaállomás merev alkalmazhatóságot biztosít. A felhasználó nem alakíthatja igényei szerint ki a munkahelyeket. Sok esetben szükség lenne további, úgynevezett megfigyelő munkahelyekre, de a dedikált rendszerek esetében ezek kialakítása körülményes. Azok a rendszerek, amelyek lehetővé teszik a további munkahelyek beiktatását, rendszerint a közvetített kép elosztását biztosítják valamilyen videó csatlakozási lehetőséggel. Az így kialakított plusz munkahely csupán megfigyelésre alkalmas. Nincs lehetőség a rendszerbe való beavatkozásra, mint például kamera mozgatása, nagyítás változtatása, stb.

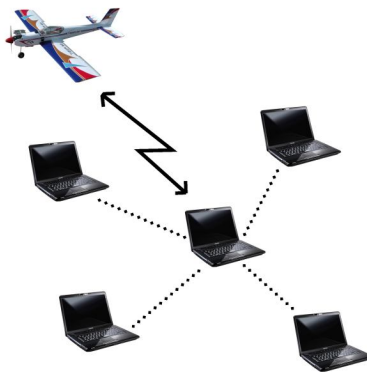
### **Az elosztott architektúrájú munkaállomásokkal kialakított rendszer általános jellemzői**

Az elosztott architektúrájú földi állomás kifejlesztése során szem előtt kellett tartani azokat a funkciókat, amelyekkel a dedikált rendszerek rendelkeznek. Ezek mindegyike szükséges az UAV-k üzemeltetéséhez, így törekedni kellett azok maradéktalan és korlátozásmentes megvalósítására, miközben rugalmassá kellett tenni a munkaállomások felhasználhatóságát. Ennek megfelelően az elosztott architektúrájú rendszer az alábbi módon egészül ki:

- **Dedikált eszközök:**
  - Adatbázis kezelő.
  - Hálózati adatszolgáltató.
- **Önálló kliensek:**
  - UAV konfigurálása.

- Útvonal tervezése.
- Telemetria megjelenítése.
- Fedélzeti képek videók megjelenítése, feldolgozása.
- Egyéb fedélzeti szenzorok adatainak megjelenítése, feldolgozása.
- A repülés folyamatába történő beavatkozáshoz szükséges eszközök (kapcsolók, üzemmód váltók).
- A hasznos teher kezelését biztosító eszközök (kapcsolók, üzemmód váltók).
- Vészrendszerek.

Jól látható, hogy az elosztott rendszer esetében is megjelenik egy dedikált rendszer. Ennek feladata a repülőgéppel történő kapcsolattartás és a kliensek kiszolgálása. A rendszer általános felépítését a 2. ábra szemlélteti.



**2. ábra.** Elosztott architektúrájú munkaállomásokkal kialakított UAV rendszer

Természetesen a repülőgép és a központi számítógép között kialakított kommunikációs csatorna nem szükségszerűen egy. Logikáját tekintve több csatornán is történhet adatforgalom, de ezek mindegyike a központi számítógépen keresztül valósul meg. A központi gép és a kliensek (munkaállomások) között a hagyományosnak mondható TCP/IP alapú kommunikáció zajlik, bár a hálózatba kapcsolt gépek protokollja ezen az absztrakciós szinten nem releváns. Elméletileg megfelel minden olyan hálózati protokoll, amely a biztosítani tuja a megfelelő sávszélességet és adatsebességet.

A megvalósított rendszer tesztelése során a gépek közti kommunikációra megfelelőnek bizonyult a 100 Mbites Ethernet, valamint a WiFi kapcsolat.

Az elosztott architektúrájú rendszerek hátránya elsősorban a fejlesztés bonyolultságában jelentkezik. A szerver program esetében körültekintően kell eljárni, mivel előre nem tudható, hogy hány kliens van éppen bekapcsolva, illetve azok mikor küldenek utasításokat a repülőgép felé. Gondos tervezéssel és körültekintő programozással azonban készíthető megfelelően megbízható program.

### **A központi (szerver) számítógép feladata**

A központi gép feladata három fő csoportra bontható:

1. Az adatok fogadása és továbbítása a repülőgép felé. A központi gépnek természetesen nem feladata a közvetlen adatkapcsolat biztosítása, de maradéktalanul le kell kezelnie a rádiófrekvenciás adó-vevő egység kommunikációs csatornájának adatforgalmát.
2. A fogadott adatok archiválása egy olyan adatbázisba, amelyből tetszőleges időpillanatban kinyerhetők a repülés adatai. Az adatbázis kell, hogy tartalmazza azokat a képi információkat is, amelyeket a repülőgép a küldetése során a földi állomás felé továbbított. Az adatbázis felépítése olyan kell, hogy legyen, hogy abból hatékonyan lehessen megkapni olyan adatokat, amelyek valamilyen logikai kapcsolatban vannak egymással. Ilyen például az egy időpillanathoz tartozó telemetriai és képi adat!
3. A kliensekkel történő kapcsolattartás, ami alapvetően a repülési adatok továbbítását, valamint a kliensek felől érkező utasítások archiválását és a repülőgép felé történő továbbítását jelenti.

A rendszer-architektúra tekintetében a szerver program egy dedikált számítógépen kell, hogy üzemeljen. Ennek a gépnek kell csatlakoznia a rádiófrekvenciás adó-vevő egységhez. Az alkalmazott számítógépen teljesítményétől függően lehetséges a szerverprogram futtatása mellett egy vagy több kliens alkalmazás futtatása is, de ebben az esetben az elosztott architektúra előnye elvész.

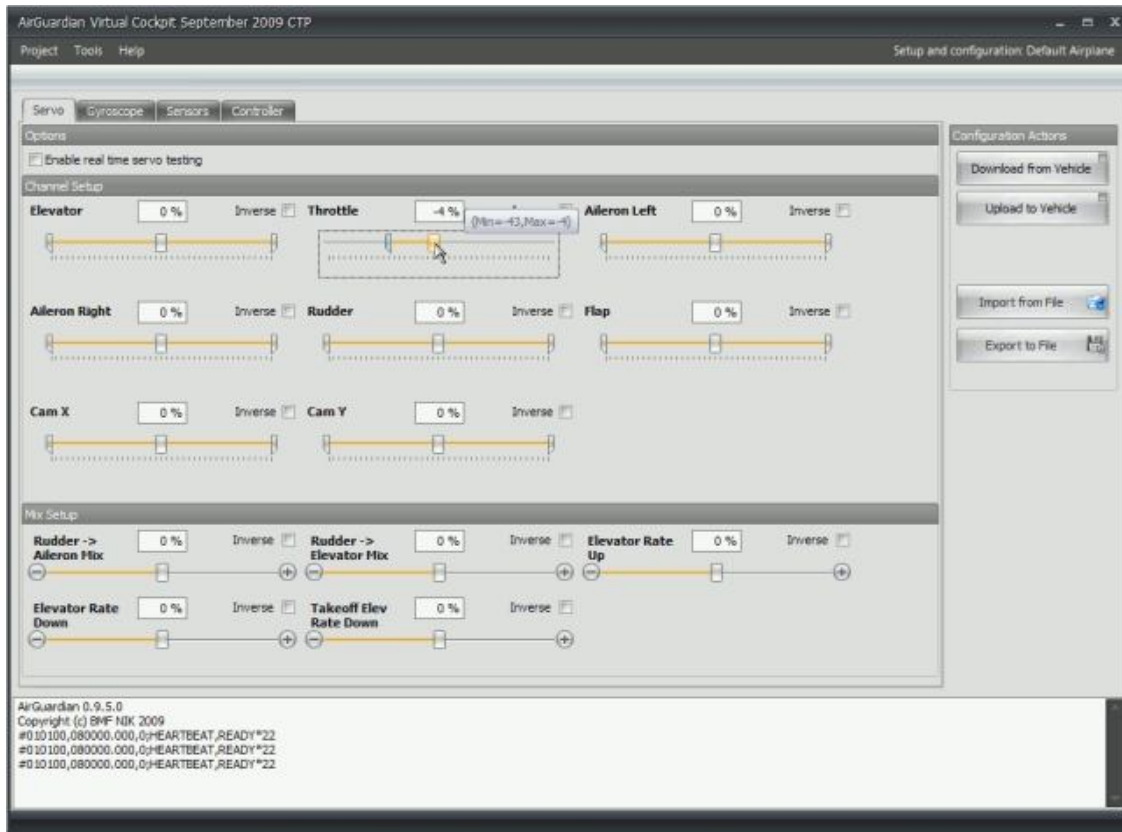
## **Kliensalkalmazások**

A kliens alkalmazások valósítják meg a földi rendszer felhasználói kapcsolatát. Gyakorlatilag ezeken a klienseken keresztül valósulnak meg a már ismertett UAV funkciók. A kliensek egy olyan munkaállomáson működnek, amely összeköttetésben van a szerver géppel. (Amennyiben a szerver és a kliens programok egyazon számítógépen futnak, úgy a csatlakozás csupán logikai. A kapcsolat ebben az esetben is a programok közötti TCP/IP kommunikációval valósul meg.) Tekintettel arra, hogy egy adott feladatkört egy kliens program valósít meg, a munkaállomások a rájuk telepített kliensekkel válnak az adott feladatra alkalmassá. Ennek értelmében például bármely, a szerver géphez kapcsolt munkaállomás alkalmazható, mint virtuális pilótafülke, vagy felderítő esetleg útvonaltervező munkahelyként. Ezen logika azt sem zárja ki, hogy több munkaállomáson is egy időben futtathatók legyenek azonos kliensek. Megvalósítható például több felderítő állomás üzemeltetése úgy, hogy azok ugyanazt az adatot jelenítik meg a felhasználóknak, de azok akár eltérő módon is elemezhetik őket. Például az egyik munkaállomáson megfigyelhető a kamera képe, míg egy másikon ugyanannak a képnek valamilyen digitálisan feldolgozott változata. Ezzel a módszerrel a repülőgéptől érkező felderítési adatok azonos időben többféle feldolgozással is elemezhetőek, ami jelentősen növelheti a releváns információk kinyerésének esélyét.

## **UAV konfigurációs modul**

A konfigurációs modulon keresztül nyílik lehetőség a robotrepülőgép belső paramétereinek kezelésére (3. ábra). A modul több logikai felületre lett osztva, így önálló felület biztosítja a kezelőszervek (szervók) közép és végállásainak beállítását, valamint az egyes kormányok egymásra hatásának (mix) beállítását. Egy másik felület biztosítja a fedélzeti szenzorok kalibrációjának és egyéb jellemzőinek beállítását. Ilyen eszközök a magasság és sebességmérők,

valamint a fedélzeti energiaforrások állapotát mérő szenzorok. Külön felületen lehet az IMU-t (Inertial Measurement Unit, azaz inerciális mérő egység) konfigurálni, ami gyakorlatilag az „X, Y, Z” tengelyek erősítését jelenti.



3. ábra. A konfigurációs modul szervó beállító nézete

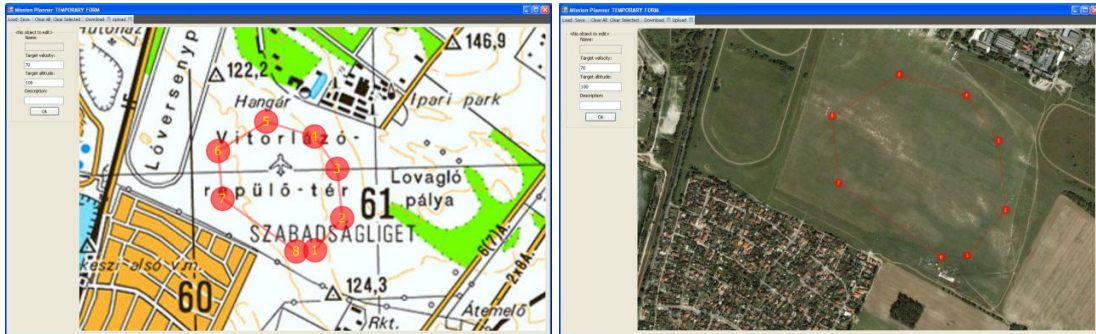
A modul lehetőséget biztosít az UAV fedélzetéről a teljes konfigurációs állomány letöltésére, illetve a földön elvégzett módosítások feltöltésére. Mivel minden UAV saját konfigurációs állománnyal rendelkezik, azok minden esetben az adott repülőgép fedélzeti egységében található. A földi egység konfigurációs állományát a repülőgép közvetlenül nem használja, az csak az állomány kezelését támogatja. A repülőgépen a konfigurációs állomány csak a feltöltést követően válik aktívvá.

A modul használatára egy beállított repülőgép esetén már nincs szükség, így ez a felület a napi felhasználás során általában nem kerül betöltésre.

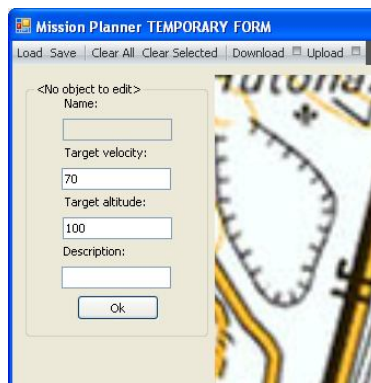
### Útvonal tervező

Az útvonaltervező modul segítségével lehet megtervezni az UAV repülési programját. A modulban térképen vagy műholdképen készíthető el a tervezett repülés nyomvonala (4. ábra). A nyomvonal tervezése fordulópontok, vagy útvonalpontok megadásával lehetséges. Minden útvonalponthoz meg lehet adni sebesség és magasság paraméter, valamint egy megjegyzést (5. ábra), ami segíti a kezelőt a későbbi értelmezésben. A megadott sebesség és magasság a

repülőgép számára az adott útvonalpont érintését követően válik követendővé. Ez a módszer ad lehetőséget a különböző magasságok és az adott objektum közelében történő tartózkodási idők beállítására.



4. ábra. Az útvonal tervező modul térképpel (bal oldal) és műholdképpel (jobb oldal)



5. ábra. Egy útvonalponthoz megadható attribútum mező

Az útvonaltervező modul által készített repülési tervek elmenthetők, de az adott feladat végrehajtáshoz a megfelelő útvonalat fel kell tölteni a repülőgép fedélzeti egységébe. Az útvonal egyes elemei repülés közben is módosíthatóak, de azok csak akkor kerülnek végrehajtásra, ha a módosított útvonal feltöltésre került. Amennyiben a módosítás a már végrehajtott útvonalszakaszon történik, a feltöltést követően sem lesz hatása a repülésre. Érdemben módosítani egy adott útvonalterven a még végre nem hajtott útvonalszakaszon lehet.

## Virtuális pilótafülke

A Virtuális Pilótafülke modul szolgáltatja a repülőgép kezelője számára az összes repüléssel kapcsolatos információt (6. ábra).



6. ábra. A Virtuális Pilótafülke modul

A képernyő négy logikai blokkra osztható:

1. A térképen vagy műholdképen (a felhasználó választásától függ) nyomon követhető a repülőgép pillanatnyi pozíciója és az addig megrepült nyomvonala. A program lehetőséget biztosít a térkép nagyítására, illetve kicsinyítésére, így a felhasználó beállításától függően láthatóvá válhat a teljes repülési terület, vagy kinagyítható a repülőgép pillanatnyi pozíciója. A térképen megjelenített repülőgép sziluett a jobb láthatóság érdekében nem arányos a térképpel.
2. A képernyő bal oldalán a gépről továbbított videó folyam élő képe látható. Bár ezen a modulon is lehetőség van a kamerakép valós idejű módosítására (képszűrések, mozgások, objektumok automatikus megjelölése, stb.), ezt a feladatot célszerű a felderítő modulon elvégezni. Amennyiben az itt megjelenített kamera képe a repülőgép hossz tengelyével megegyezően előre néz és rögzített, felhasználható a repülőgép vezetésére, mivel a horizont dőléséből, illetve helyzetéből a repülőgép térbeli helyzete meghatározható.
3. A fedélzeti műszerek valós időben adnak tájékoztatást a gép pillanatnyi állapotáról. A kettős sebességmérő segítségével láthatóvá válik a gép földhöz viszonyított sebessége és a gép körül áramló levegő sebessége. A két érték különbségéből az adott helyen a szél sebességére lehet következtetni. A diagram informálja a kezelőt az elmúlt két perc repülési adatairól, így lehetőség nyílik az állapotváltozások tendenciájának megállapítására is. A navigációs műszer segítségével jól ellenőrizhető a tervezett

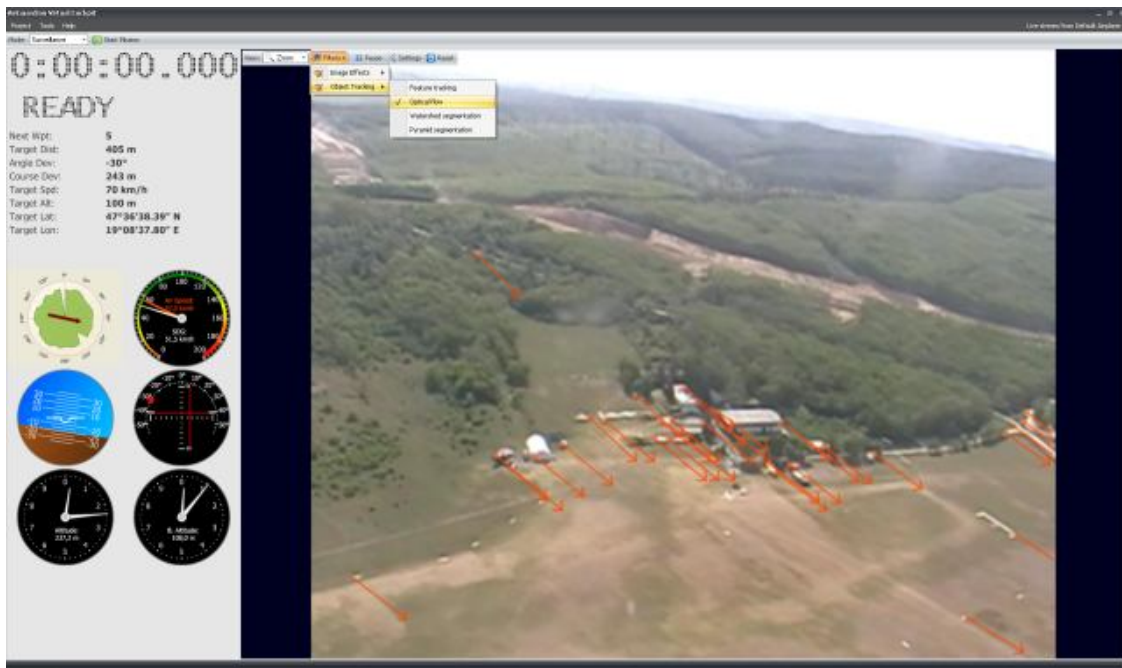


útvonaltól való eltérés mértéke mind magasság, irányszög és oldalirányú hiba tekintetében.

4. Az ikonok segítségével magas szintű utasítások adhatók a repülőgépnek. Ilyenek lehetnek a kamera ki- vagy bekapcsolása, felszállás, hazarepülés, leszállás, stb.

## Felderítő modul

A felderítő modul feladata, hogy a fedélzeti felderítő kamera képét a lehető legnagyobb részletességgel jelenítse meg a képernyőn, és a megfigyelőt segítse a releváns képi tartalmak felismerésében (7. ábra). Bár ezen a felületen is megjelennek a legfontosabb fedélzeti műszerek, azok szerepe csupán annyi, hogy a megfigyelőnek legyen viszonyítási alapja a képvétel körülményeiről.



7. ábra. a Felderítő modul

A megfigyelő modul lehetőséget biztosít a videó valós idejű elemzésére. Ennek érdekében különféle szűrők és tartalmi elemző algoritmusok kapcsolhatók be. A 7. ábrán egy optikai folyamatos elemző algoritmus eredménye látható. A piros nyilak a képen felismert objektumok mozgásvektorát ábrázolják. Ezzel a módszerrel a továbbiakban elkülöníthetővé válnak az átlagos mozgásvektortól eltérő vektorú objektumok, így lehetővé válik egy látszólagosan mozgó háttéren mozgó objektumok (járművek) megjelölése.

## **Tapasztalatok az elosztott architektúrájú földi vezérlőállomással**

Az elkészült programrendszer teszt változata valós körülmények között igen jó eredményt hozott. Rugalmassága révén sikerrel alkalmaztuk egyetlen lappal is, de bemutatókon megbízhatóan üzemelt háromgépes WiFi technológiával összekapcsolt rendszer formájában is.

A tesztek során beigazolódott az a feltevés, hogy az elosztott architektúra kényelmes és megbízható repülőgép üzemeltetést tesz lehetővé. A rendszer teljesítmény igénye nem magas így hatékonyan lehetett alkalmazni egyetlen kétféle 2,16 GHz-es lappal 3 GB rammal, XP operációs rendszeren.

## **Továbbfejlesztési irányok**

Az architektúra funkcionális fejlesztése befejeződött. További fejlesztések a szolgáltatások terén várhatók. Újabb kliensek kialakításával speciális fedélzeti egységek adatainak megjelenítése és elemzése is lehetségessé válhat. Az egyes kliensek indítása során a felhasználó autentikációjára is sor fog kerülni, ami lehetőséget biztosít a kezelők tevékenységeinek naplózására és a repülések teljes körű elemzéseire.

## **Felhasznált irodalom**

1. Ye Hong, Jiancheng Fang, Ye Tao: Groun Control Station Development for Autonomous UAV, in Lecture Notes in Computer Sience, ISSN: 0302-9743
2. www.uavnavigation.com, The Ground control Station Software Interface (2009)
3. Groun Control Station, Virtual Cockpit v2.5, www.procerusuav.com, (2009)
4. ISRAEL at Defexpo 2006, Elbit System Ltd.
5. Major Richard Little, A short history of surveillance and target acquisition artillery, Canadian Army Journal Vol. 11.3 Fall 2008
6. Unmanned Vehicles Handbook 2008, SHEPHARD press publication, ISSN:1365-6546