

PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉPEKKEL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK VIZSGÁLATA – A „BRAVO-CSOPORT”

A pilóta nélküli repülőgépekkel szemben az alkalmazók által támasztott követelmények vizsgálata elsődleges fontosságú a légi járművek képességeinek vizsgálata területén. Az elmúlt évben elvégzett, és a „Műszaki tudomány az Észak-Alföldi régióban 2007” tudományos konferencián közölt első eredmények alapján a szerzők az egyik válaszadó csoport, a BRAVO-csoport válaszait veszik górcső alá, és mutatják be a csoport pilóta nélküli repülőgépekkel szemben támasztott alkalmazói elvárásait.

I. BEVEZETÉS, PROBLÉMAFELVETÉS, AKTUALITÁS

A pilóta nélküli repülőgépek egyre szélesebb körben nyernek alkalmazást az élet különféle területein. A lehetséges alkalmazásokat két nagy csoportba oszthatjuk, amelyek a katonai-, illetve a polgári alkalmazások. Tekintettel arra, hogy az alkalmazók jelentős köre a polgári szférából kerül ki, ily módon e cikkben egy olyan, polgári tevékenységet folytató válaszadói csoportra koncentrálunk, amely, tekintettel a klímaváltozás hatásaira, valamint az Európai Unió klímaváltozással kapcsolatos irányelveire, és határozataira, elsődleges fontosságúnak tekinthető.

És hogy mennyire aktuális e téma?! 2008. március 14.-én a miskolci Herman Ottó múzeum régészei Szádvárról robothelikopter segítségével készítettek légi felvételeket. A sajátos domborzati viszonyok, valamint az időjárási sajátosságok aztán azt eredményezték, hogy – vélelmezhetően – egy erős széllel „felkapta” a nagy értékű helikopter, amely így irányíthatatlanná vált, aztán eltűnt [2]. A keletkezett anyagi kár jelentős, és ily módon a Szádvár geometriai felmérésére hivatott régészeti kutatás is késlekedést szenved. A robothelikopter kézi irányítása során – vélelmezhetően – olyan meteorológiai viszonyok uralkodtak az adott térségben, amely esetén mindenképpen indokolt lett volna a repülés bizonyos fázisainak automatizálása [2].

II. A BRAVO-CSOPORT FONTOSABB JELLEMZŐI

2.1. A BRAVO-csoport kérdőíveinek értékelése

A BRAVO-csoport 13 elemű halmaz, amelynek 12 szervezete Magyarország teljes területét lefedi. Az egyes szervezetek felelősségi területeinek nagysága azonosnak mondható, bár a domborzati

¹ egyetemi docens, mb. igazgató

Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Bolyai János Katonai Műszaki Kar
Katonai Gépész-, Műszaki és Biztonságtechnikai Mérnöki Intézet
1581 Budapest. Pf. 15., Email: szabolcsi.robort@zmne.hu

² Qualiprox Kft, ügyvezető igazgató

8630 Balatonboglár, Mórícz Zsigmond út 2/a., Email: qprox@externet.hu

viszonyok, az időjárási viszonyok, az egyes területek bejárhatósága, valamint más mutatókban is lényeges mértékben eltérnek egymástól. A kiküldött kérdőívek alapján a csoport tevékenységének statisztikai adatait a 2. táblázat foglalja össze [1]:

A BRAVO-csoport statisztikai adatai

1. táblázat

Postázott kérdőívek száma		Kézbesített kérdőívek száma		Nem kézbesített kérdőívek száma		Megválaszolt felkérések száma		Kitöltött kérdőívek száma	
darab	%	darab	%	darab	%	darab	%	darab	%
13	100	13	100	0	0	10	≅ 76,92	11	110

Az 1. táblázat alapján elmondható, hogy [1]:

- ☺ a postázott kérdőívek (13 darab, amely 12 szervezetet, és egy jogi személyiséget takar) mind kézbesítésre kerültek (100 %). A csoport tevékenysége tehát kiértékelhető.
- ☺ A kézbesített 13 felkérésre 10 partnertől (9 szervezet, egy jogi személyiség, ≅ 76,92 %) érkezett válasz, a csoport adatszolgáltató tevékenysége tehát kiértékelhető. Megemlíteni szükséges, hogy a válaszadásra felkért 12 szakmai szervezet közül 3 nem válaszolt a megkeresésre.
- ☺ A 11 visszaküldött és kitöltött kérdőívet 8 partner (7 szervezet, és egy jogi személyiség) töltötte ki, illetékességi okok miatt egy szervezet 4 osztálya is megküldte a kitöltött kérdőíveket. A kitöltött kérdőívek aránya megválaszolt felkérésekhez képest 110 %, vagyis a csoport adatszolgáltatási tevékenysége kiértékelhető.

A BRAVO-csoport tevékenységéről elmondható: a csoport reprezentatív, a csoport összes hazai szervezete (12) felkérést kapott a kérdőív kitöltésére. A megkérdezett 12 szervezet közül 7 (≅ 58,33 %) válaszolt a kérdőív kitöltésével, 2 szervezet (≅ 16,66%) jelezte, hogy kompetencia hiányában nem tudja kitölteni a kérdőívet, és végezetül, 3 szervezet (25%) semmilyen módon sem reagált a megkeresésre [1].

III. A FELMÉRÉS FONTOSABB EREDMÉNYEI, ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A továbbiakban a 11 válaszadót, mint önállóan véleményt formáló szakmai véleményt vesszük figyelembe. Tekintsük át az egyes kérdésekre adott válaszokat, és értékeljük azokat. A 2007-ben kiküldött kérdőívek releváns kérdései, és az azokra adott válaszok az alábbiak voltak:

1. Adja meg, hogy milyen jellegű információ szolgáltatását várja el a pilóta nélküli repülőgépektől?!

0 fő – fekete-fehér video jel

7 fő – színes PAL-szabványú video jel

6 fő – infra kamera jel

1 fő – egyéb jel

Színes fényképfelvétel, ortografikus formában

Következtetések: a kérdésre adott válaszokból egyértelműen kiderül, hogy a válaszadók szignifikáns többsége a színes video jel, valamint az infra kamera jelre tart igényt.

2. Adja meg, hogy Ön szakterületén mely évszak(ok)ban véli lehetségesnek, és szükségesnek a pilóta nélküli repülőgépek alkalmazását!

- | | |
|----------------------|-------------|
| 2 fő – tavasz | 1 fő – nyár |
| 0 fő – ősz | 0 fő – tél |
| 8 fő – minden évszak | |

Következtetések: a kérdésre adott válaszokból megállapítható, hogy az UAV esetleges alkalmazásai nem korlátozottak évszakok szerint – az UAV és fedélzeti rendszerei képesnek kell lennie minden évszakban a repülésre.

3. Adja meg, hogy az Ön szakterületén milyen időjárási feltételek mellett véli lehetségesnek és szükségesnek a pilóta nélküli repülőgépek alkalmazását!

- 8 fő – száraz, csapadékmentes idő
7 fő – csapadékos idő
5 fő – eső
3 fő – hó
1 fő – köd
1 fő – zúzmara

8 fő – szélcsendes idő

7 fő – szeles idő

a szél iránya a repülés irányára

ellenszél erőssége

- 1 fő – (0,5 m/s ÷ 1 m/s)
1 fő – (1 m/s ÷ 3 m/s)
0 fő – (3 m/s ÷ 10 m/s)
0 fő – ≥ 10 m/s

oldalszél erőssége

- 1 fő – (0,5 m/s ÷ 1 m/s)
1 fő – (1 m/s ÷ 3 m/s)
0 fő – (3 m/s ÷ 10 m/s)
0 fő – ≥ 10 m/s

hátszél erőssége

- 1 fő – (0,5 m/s ÷ 1 m/s)
1 fő – (1 m/s ÷ 3 m/s)
0 fő – (3 m/s ÷ 10 m/s)
0 fő – ≥ 10 m/s

hőmérsékleti tartomány

1 fő – ($-50\text{ °C} \div -30\text{ °C}$)

1 fő – ($-30\text{ °C} \div 0\text{ °C}$)

3 fő – ($0\text{ °C} \div +20\text{ °C}$)

3 fő – ($+20\text{ °C} \div +60\text{ °C}$)

Következtetések:

- 1) A válaszadók jelentős része úgy száraz-, mint csapadékos időben is szeretné alkalmazni a pilóta nélküli repülőgépet – a csapadék formája gyakorlatilag az esőre, és a hóra korlátozódik.
- 2) A repülésnek úgy szélcsendes, mint szeles időben meg kell történnie. Tekintettel a megjelölt szélsőségségi értékekre a repülés gyenge-, és közepes szélben kell, hogy megtörténjen. Tekintettel azonban arra, hogy mindössze egy fő válaszolt erre a kérdésre, a válasz semmiképpen sem tekinthető e csoportra szignifikánsnak.
- 3) A környezeti hőmérsékletre adott válaszokból kiderül, hogy a válaszadók többsége csak fagypont feletti hőmérsékleti tartományban alkalmazná az UAV-kat. Egy-egy fő azonban nagyon alacsony környezeti hőmérsékletet is megjelölt. Tekintettel eme szélsőségségi értékekre elmondhatjuk, hogy hazánkban reálisan elegendő számolni a -30 °C alsó hőmérsékleti tartománnyal, míg a környezeti hőmérséklet felső értéke – gyakorlatilag – nem korlátozott.
4. **Adja meg, hogy az Ön szakterületén milyen repülési tartományban véli lehetségesnek és szükségesnek a pilóta nélküli repülőgépek alkalmazását!**

Repülési magasság

0 fő – ($10\text{ m} \div 50\text{ m}$)

2 fő – ($50\text{ m} \div 100\text{ m}$)

4 fő – ($100\text{ m} \div 200\text{ m}$)

1 fő – ($200\text{ m} \div 500\text{ m}$)

3 fő – ($500\text{ m} \div 1000\text{ m}$)

1 fő – $\geq 1000\text{ m}$

0 fő – $\leq 2000\text{ m}$

0 fő – Más magasság:m

Repülési sebesség

3 fő – ($40\text{ km/h} \div 60\text{ km/h}$)

2 fő – ($60\text{ km/h} \div 80\text{ km/h}$)

2 fő – ($80\text{ km/h} \div 100\text{ km/h}$)

1 fő – ($100\text{ km/h} \div 150\text{ km/h}$)

0 fő – $\geq 150\text{ km/h}$

0 fő – Más sebesség:km/h

Következtetések:

- 1) Az UAV-k elvárt repülési magassága a $H = (50 \div 1000) m$ tartományban helyezkedik el. Természetesen, a repülési magasság maximális értéke korlátozott, nem csak a fedélzeti érzékelők, hanem a motor teljesítmény oldaláról is.
- 2) Az UAV-k elvárt repülési sebessége a $v = (40 \div 100) km/h$ tartományba esik, bár egy válaszadó ettől nagyobb repülési sebességet is megadott. Így tehát, a repülési sebesség maximális értéke $v_{\max} = 150 km/h$.
5. **Adja meg, hogy az Ön szakterületén milyen repülési hatótávolságban véli lehetségesnek és szükségesnek a pilóta nélküli repülőgépek alkalmazását!**

0 fő – (100 m ÷ 200 m)

0 fő – (200 m ÷ 500 m)

2 fő – (500 m ÷ 1000 m)

3 fő – (1 km ÷ 5 km)

0 fő – (5 km ÷ 10 km)

1 fő – (10 km ÷ 20 km)

4 fő – (20 km ÷ 50 km)

3 fő – $\geq 50 km$

0 fő – Más hatótávolság: km.

Következtetések:

- 1) Az UAV-k elvárt repülési hatótávolsága, a válaszadók egy jelentős része számára a $L = (500 \div 5000) m$ tartományba esik. Ez azt jelenti, hogy a repülés, jó időjárási viszonyok között is a vizuális látóhatáron túlra történik.
- 2) A válaszadók másik nagy csoportja az $L = (10 \div 50) km$, valamint az attól nagyobb hatótávolságot jelölte meg elvárt követelményként. Elmondhatjuk tehát, hogy az elvárt hatótávolság maximális értéke: $L_{\max} \geq 50 km$. Tekintettel arra, hogy 3 fő is ezt a hatótávolságot jelölte meg, de nem pontosította az elvárásait, így módon, az előzetes számítások során legyen ez az érték 100 km. Megjegyezzük, hogy ezt a követelményt a későbbiekben pontosítani szükséges.
6. **Adja meg, hogy az Ön szakterületén a pilóta nélküli repülőgépek milyen repülési idővel kell rendelkezzenek!**

0 fő – (5 ÷ 10) perc

0 fő – (10 ÷ 15) perc

1 fő – (15 ÷ 20) perc

2 fő – (20 ÷ 30) perc

3 fő – (30 ÷ 60) perc

3 fő – (1 ÷ 1,5) óra

3 fő – (1,5 ÷ 2) óra

0 fő – Más idő: óra

Következtetések:

A válaszadók által megadott értékek alapján elmondható, hogy a repülési idő $t_{rep} = (15 \div 120)$ perc, maximális értéke tehát 2 óra.

7. Adja meg, hogy az Ön szakterületén az esetleges felszíni mozgó objektumok, és személyek milyen sebességgel mozognak!

3 fő – (1 km/h ÷ 5 km/h)

1 fő – (5 km/h ÷ 10 km/h)

0 fő – (10 km/h ÷ 20 km/h)

2 fő – (20 km/h ÷ 50 km/h)

0 fő – (50 km/h ÷ 100 km/h)

0 fő – ≥ 100 km/h

Következtetések:

- 1) A megfigyelés tárgyát képező tárgyak, objektumok a válaszadók egy jelentős csoportja esetében $v = (1 \div 10)$ km/h sebességgel, azaz lassan mozognak.
- 2) A válaszadók másik csoportja megjelölt egy meglehetősen nagy sebességet is, amely a $v = (20 \div 50)$ km/h tartományba esik. Elmondhatjuk tehát, hogy a megfigyelni kívánt objektumok maximális sebessége $v_{max} \leq 50$ km/h.

8. Adja meg, hogy az Ön szakterületén milyen látási viszonyok mellett, és mely repülési távolságon véli lehetségesnek, és szükségesnek a pilóta nélküli repülőgépek alkalmazását!

VFR (Visual Flight Rules) repülés — kézi repülés vizuális látótávolságon belüli távolságra

0 fő – (100 m ÷ 500 m)

3 fő – (500 m ÷ 1000 m)

0 fő – (1 km ÷ 1,5 km)

1 fő – 1,5 km ÷ 2 km)

0 fő – ≥ 2 km

0 fő – Más távolság

IFR (Instrument Flight Rules) repülés — műszeres kézi, vagy automatizált repülés a vizuális látóhatáron túl

0 fő – < 1 km

2 fő – (1 km ÷ 2 km)

1 fő – (2 km ÷ 3 km)

0 fő – (3 km ÷ 5 km)

2 fő – (5 km ÷ 10 km)

2 fő – (10 km ÷ 20 km)

1 fő – ≥ 20 km

0 fő – Más távolság

Következtetések:

- 1) A válaszadók az UAV kézi irányítását az $L_{VFR} = (500 \div 2000) m$ tartományban tartják szükségesnek.
- 2) A válaszadók az UAV műszeres kézi-, vagy automatizált irányítását – tipikusan – az $L_{IFR} = (1 \div 20) km$ tartományban tartják szükségesnek. Az IFR tartomány maximális értéke azonban kitolódik a $L_{IFR_{max}} \geq 20 km$ tartományba is.

9. Szükségesnek tartja-e a pilóta nélküli repülőgép védelmét?

1 fő – igen

6 fő – nem

Következtetések:

Tekintettel a BRAVO-csoport tevékenységének jellegére, az UAVk védelme ebben a szektorban nem szükséges.

10. Adja meg a pilóta nélküli repülőgép védelmének lehetséges módszereit!

0 fő – minimális méretű sárkányszerkezet;

0 fő – kompozit anyagok alkalmazása az építésben;

0 fő – speciális törzs-, és szárnyprofilok alkalmazása;

0 fő – speciális színű festés;

1 fő – csendes motor;

0 fő – egyéb módszerek és eljárások

Következtetések:

A válaszadók közül egy fő jelölte meg a csendes motort. Tekintettel a válaszok jellegére, az UAV kiválasztásában a védelmi kérdések oldaláról – gyakorlatilag – nem korlátozza semmi a döntésünket.

11. Milyen hajtás alkalmazását javasolja?

1 fő – villamos motor

4 fő – dugattyús, belsőégésű motor

0 fő – egyéb meghajtás

Következtetések:

A válaszadók egyértelműen a belsőégésű, dugattyús motort jelölték meg a repüléshez szükséges vonó/toló erő előállításához. Elmondhatjuk továbbá, hogy a válaszadók korábbi kérdésekre (pl. repülési idő, hatótávolság) adott válaszai e technológia szükségszerű alkalmazását előre is vetítették.

12. Milyen kormányvezérlés alkalmazását javasolja?!

2 fő – hagyományos (csűrőlap+oldalkormány+magassági kormány)

1 fő – pillangó vezérlések

0 fő – egyéb vezérlések

Következtetések:

A válaszadók meglehetősen passzívak voltak e kérdés megválaszolásában. Mindazonáltal, a hagyományos kormányvezérlés mellett tették le többen a voksukat.

13. Adja meg, hogy az Ön szakterületén milyen rendelkezésre állási idő³ mellett véli lehetségesnek a pilóta nélküli repülőgépek alkalmazását?

0 fő – < 5 perc

0 fő – (5 perc ÷ 10 perc)

1 fő – (10 perc ÷ 20 perc)

2 fő – (20 perc ÷ 30 perc)

2 fő – (30 perc ÷ 60 perc)

2 fő – (1 óra ÷ 2 óra)

0 fő – (2 óra ÷ 5 óra)

Más idő:

1 fő – 24 óra.

1 fő – (24 ÷ 48) óra.

Következtetések:

- 1) A válaszadók döntő többsége a $t_{rend} = (10 \div 120)$ perc készenléti idő tartományát tartják szükségesnek. Megemlíteni szükséges, hogy a készenléti idő maximális értékére $t_{rend_{max}} \leq 48$ óra időt jelölték meg.
- 2) Tekintettel a BRAVO-csoport felelősségi területének nagyságára, a domborzati-, és a klimatikus viszonyokra, valamint a készenléti idő tartományára, és annak maximális értékére – a csoport minden egyes szervezetének rendelkezni kellene egy mobil egységgel, amely magába foglalja az UAVt, a földi üzemeltetési rendszer szükséges elemeit, és a megfelelően kiképzett földi irányító-kezelő személyzetet is.

14. Adja meg, hogy az Ön szakterületén milyen készütségi idő⁴ mellett véli lehetségesnek a pilóta nélküli repülőgépek alkalmazását?

0 fő – < 3 perc

0 fő – (3 perc ÷ 5 perc)

1 fő – (5 perc ÷ 10 perc)

0 fő – (10 perc ÷ 20 perc)

0 fő – (20 perc ÷ 30 perc)

1 fő – (30 perc ÷ 60 perc)

3 fő – ≥ 60 perc

1 fő – Más idő: (2-5) óra.

³ A megbízó repülésre vonatkozó döntéshozatalától a repülési feladattal megbízott felszállás helyére történő kiérkezéséig eltelt idő.

⁴ A repülési feladattal megbízott felszállásra kiadott utasítása és az UAV felszállása között eltelt idő.

Következtetések:

A válaszadók többsége által megadott készülségi idő értéke $t_{\text{készült}} = (30 \div 300) \text{ perc}$. Megemlíteni szükséges azonban, hogy egy fő (5-10) perces készülségi időt is megadott. Így tehát a készülségi idő minimális értéke $t_{\text{készült}_{\min}} = 5 \text{ perc}$.

15. Adja meg, hogy az Ön szakterületén a pilóta nélküli repülőgépek földi és légi üzemeltetése mely fázisainak automatizálását látja szükségesnek?!

3 fő – automatizált felszállás	3 fő – automatikus bejövétel leszálláshoz
3 fő – térbeli szöghelyzet stabilizálása	3 fő – automatikus leszállás (flare)
3 fő – repülési sebesség stabilizálása	0 fő – oldalkoordináta stabilizálás
4 fő – kismagasságú repülés	6 fő – repülési magasság stabilizálás
4 fő – programozott útvonalrepülések	
0 fő – egyéb üzemmódok	

Következtetések:

A válaszadók az alábbi automatizálási feladatok megoldását tartották szükségesnek:

- 1) automatikus fel-, és leszállás;
- 2) térbeli szöghelyzet (dőlés, bólintás, irány) stabilizálás;
- 3) repülési sebesség stabilizálása;
- 4) kismagasságú repülések automatizálása (repülési magasság stabilizálása, emelkedés, süllyedés, egyéb más, magasság változtatással járó manőverek);
- 5) programozott útvonalrepülések (a felszállás és a leszállás helye között).

16. Adja meg, hogy az Ön szakterületén a pilóta nélküli repülőgépek automatizált repülési fázisaiban milyen statikus stabilizálási pontatlansággal rendelkezzen az UAV?

0 fő – bólintási szög stabilizálásának hibája: fok
0 fő – bedöntési szög stabilizálásának hibája: fok
0 fő – irányszög stabilizálásának hibája: fok
0 fő – állásszög: ... fok
0 fő – csúszásszög: . fok
1 fő – megtett út stabilizálásának hibája: 10 %
1 fő – repülési magasság stabilizálásának hibája: 10 %
0 fő – oldalkoordináta stabilizálásának hibája: m
1 fő – repülési sebesség stabilizálásának hibája: 5 km/h
1 fő – függőleges sebesség stabilizálásának hibája: 5 km/h
1 fő – oldalirányú sebesség: 5 km/h
0 fő – egyéb repülési paraméter statikus hibája

Következtetések:

A válaszadók e kérdést túlságosan is specifikusnak tartották, mindösszesen két fő adott érdemi választ e kérdésre:

1) az első válaszadó relatív stabilizálási pontatlanságot adott meg, 10 % értékben. Ez az érték meglehetősen nagy, a fedélzeti szenzor műszaki paraméterei, vélelmezhetően tovább korlátozzák ezt a statikus pontatlanságot. Általános szabályozástechnikai elv, hogy a zárt szabályozási rendszerek statikus hibáját $\pm 5\%$ -al adják meg. Igényes, minőségi szabályozásokban ez a pontatlanság $\pm 2\%$ -al adható meg. Tekintettel a megoldandó feladatok sajátosságaira, valamint a repülésbiztonság elsődleges követelményeire, e minőségi követelményeket – az egyes irányítási csatornáknak – külön meg kell vizsgálni.

2) A második válaszadó a repülés sebesség komponenseinek statikus hibáját 5 km/h értékben adta meg. Tekintettel egy hipotetikus UAV, korábban a válaszadók által megadott $v = (40 \div 100) \text{ km/h}$ repülési sebességére (amelynek maximális értéke 150 km/h) a hosszirányú sebesség esetén a válaszadó által elvárt pontosság 5 %. A másik két sebességi komponens tekintetében a megadott 5 km/h eltűzöttnek tűnik, hiszen pl. ilyen függőleges sebesség ($\approx 1,38 \text{ m/s}$) mellett a $H = 100 \text{ m}$ repülési magasságról az UAV $\approx 72,5 \text{ sec}$ alatt teljesen elveszíti a magasságát, és a földbe csapódik. Megállapítható tehát, hogy a függőleges, és az oldalirányú sebességek elvárt statikus pontatlanságai újragondolást tesznek szükségessé. Természetesen, e sebességi összetevők, ideális esetben, adott manőverek (pl. útvonalrepülés, magasságstabilizálás) esetén, zérusértékűek, míg más üzemmódokon (pl. emelkedés, süllyedés, leszállás) előre megadott algoritmus szerint változnak – az értéktartó szabályozási rendszer ilyenkor értékkövető rendszerré válik.

17. Adja meg, hogy az Ön szakterületén a pilóta nélküli repülőgépek repülése, illetve az egyes automatikus repülési üzemmódokon javasolt-e repülésbiztonsági korlátozások alkalmazása?

0 fő – korlátozás javasolt

4 fő – korlátozás nem javasolt

Következtetések:

A válaszadók nem tartották szükségesnek az egyes repülési üzemmódokon a korlátozások alkalmazását.

18. Adja meg, hogy az Ön szakterületén, vagy Ön szerint a pilóta nélküli repülőgépek repülési paraméterei milyen légi üzemeltetési korlátozással bírnak?

0 fő – bólintási szög maximális értéke: fok

0 fő – bedöntési szög maximális értéke: fok

0 fő – az irányszög változás maximális értéke: fok

0 fő – az állásszög maximális értéke: fok

0 fő – a csúszásszög maximális értéke: fok

2 fő – repülési magasság maximális értéke:

1 fő – 800 m

1 fő – 1500 m

0 fő – az oldalkoordináta maximális értéke: m

2 fő – a repülési sebesség maximális értéke:

1 fő – 100 km/h

1 fő – (20÷50) km/h

1 fő – a függőleges sebesség maximális értéke: 10 km/h

1 fő – az oldalirányú sebesség maximális értéke: 10 km/h

0 fő – egyéb repülési paraméter korlátozása

Következtetések:

A válaszadók a kérdést túlságosan is specifikusnak tartották, mindösszesen két fő adott értékelhető választ a kérdésre:

1) az első válaszadó $H_{\max} = 800\text{ m}$ és $v_{\max} = 100\text{ km/h}$ repülési paramétereket adta meg a repülési paraméterek légi üzemeltetési korlátozási értéknek. Eme értékek reálisak, repülési magasság aktuális értékét azonban a fedélzeti szenzor is korlátozhatja.

2) A második válaszadó ugyan $H_{\max} = 1500\text{ m}$ repülési magasságot adott meg, de a repülési sebesség $v_{\max} = (20 \div 50)\text{ km/h}$ értéke meglehetősen alacsonynak tűnik – az adott UAV repülési tartománya eme értéket is nyilvánvalóan, akár nagyobb értékkel, de bekorlátozza a repülési magasságnak megfelelően.

19. Adja meg, hogy az Ön szakterületén, vagy véleménye szerint a pilóta nélküli repülőgépek milyen veszélyes repülési üzemmódjainak automatizálást tartja szükségesnek!

1 fő – kivezetés vízszintes repülési helyzetbe

5 fő – tereptárgyak átrepülése

0 fő – áttartolás

2 fő – tereptárgyak megkerülése

2 fő – kényszerleszállás

0 fő – egyéb veszélyes repülési üzemmód

Következtetések:

A kérdés megválaszolása során a válaszadók az alábbi veszélyes üzemmódok automatizálásának szükségessége mellett döntöttek:

1) kivezetés vízszintes repülési helyzetbe (a repülési pályaszög: $\Theta = \vartheta - \alpha = 0^\circ$, a repülési magasság: $H = \text{áll.}$, a repülési sebesség: $v_x = \text{áll.}$, a repülési irányszög: $\Psi = \text{áll.}$);

2) kényszerleszállás (az elérni kívánt cél egyértelmű megfogalmazása után a földfelszín megközelítéséhez szükséges pályaszakasz megtervezése, és a megközelítési algoritmus felállítása mindenképpen szükséges);

3) tereptárgyak átrepülése (veszélyes, forszírozott üzemi emelkedés, amely vízszintes, egyenes-vonalú repülési fázissal fejeződik be. Az átrepülni kívánt tereptárgyak lehetséges körét, és azok geometriai jellemzőit pontosítani szükséges, és ehhez a manőverhez algoritmust kell kidolgozni);

4) tereptárgyak megkerülése (kitérő manőverek definiálása, és a repülési pálya megtervezése elengedhetetlenül szükséges).

20. Ön a szakterületén milyen gyakorisággal használná a pilóta nélküli repülőgépet?!

1 fő – naponta

0 fő – egy alkalommal

1 fő – több alkalommal (évente 2-3 alkalommal)

2 fő – hetente

0 fő – egy napon

1 fő – több napon

1 fő – eseménytől függően

6 fő – havonta

0 fő – egy héten

1 fő – több héten

2 fő – alkalmoszerűen

1 fő – belvízvédekezéskor

1 fő – alkalmoszerűen (nagyobb árvíz-belvíz esetén)

Következtetések:

A kérdés megválaszolásakor az UAV alkalmazásának gyakoriságára az alábbi javaslatok érkeztek:

- 1) a válaszadók többsége a havonta több héten keresztül, az alkalmazási feltételek (árvíz, belvíz) teljesülése esetén javasolja alkalmazni a pilóta nélküli repülőgépeket;
- 2) a válaszadók másik része viszont akár a napi-, vagy a heti rendszerességgel történő alkalmazás mellett tette le a voksát. Tekintettel hazánk jelenlegi klimatikus helyzetére, valamint a klímaváltozás vélelmezett negatív jelenségeire, és hazánkra gyakorolt hatásaira, megállapítani szükséges, hogy az árvizek, és a belvizek idején az UAV alkalmazások akár napi több felszállást is jelenthetnek.

IV. ÖSSZEFOGLALÁS, EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

A pilóta nélküli repülőgépek lehetséges alkalmazási területeit, illetve a repülőgépekkel szemben támasztott műszaki követelményeit, és képességeit – a BRAVO-csoport válaszai alapján – a 2. táblázatban foglaltuk össze.

A BRAVO-csoport műszaki követelményei

2. táblázat

A BRAVO-csoport pilóta nélküli repülőgépekkel szemben támasztott követelményei		
Fsz.	Az elvárt képesség (műszaki követelmény) megnevezése	A követelmény leírása, értéke
1.	Függesztmény	Infra kamera, színes video kamera
2.	A repülések időjárási feltételei	Minden évszak, csapadékos (esős, hóeséses) idő, szélszálló, és közepesen erős szél, (–30 °C ÷ + 60 °C) hőmérsékleti tartomány
3.	Repülési magasság tartománya	$H = (50 \div 1000) \text{ m}$

4.	Repülési sebesség tartománya	$v = (40 \div 100) \text{ km/h}$, $v_{\max} = 150 \text{ km/h}$	
5.	Hatótávolság	$L_1 = (500 \div 5000) \text{ m}$, $L_2 = (10 \div 50) \text{ km}$, $50 \text{ km} \leq L_{\max} \leq 100 \text{ km}$	
6.	Repülési idő	$t_{\text{rep}} = (15 \div 120) \text{ perc}$, $t_{\text{rep}_{\max}} = 120 \text{ perc}$	
7.	Megfigyelt objektum, személyek sebessége	$v_1 = (1 \div 10) \text{ km/h}$, $v_2 = (20 \div 50) \text{ km/h}$, $v_{\max} \leq 50 \text{ km/h}$	
8.	Repülési távolság	$L_{\text{VFR}} = (500 \div 2000) \text{ m}$, $L_{\text{IFR}} = (1 \div 20) \text{ km}$, $L_{\text{IFR}_{\max}} \geq 20 \text{ km}$	
9.	Rendelkezésre állási idő	$t_{\text{rend}} = (10 \div 120) \text{ perc}$, $t_{\text{rend}_{\max}} \leq 48 \text{ óra}$	
10.	Készültségi idő	$t_{\text{készült}} = (30 \div 300) \text{ perc}$, $t_{\text{készült}_{\min}} = 5 \text{ perc}$	
11.	Automatizált repülési üzemmódok	1) Automatikus fel-, és leszállás 2) Térbeli szöghelyzet stabilizálása 3) Repülési sebesség stabilizálása 4) Kismagasságú repülések automatizálása 5) Programozott útvonalrepülés	
12.	Repülési paraméterek stabilizálásának statikus hibája	Megtett út	10 %
		Repülési magasság	10 %
		Repülési sebesség	5 km/h
		Függőleges sebesség	5 km/h
		Oldalirányú sebesség	5 km/h
13.	A légi üzemeltetés korlátozásai	1) $H_{\max} = 800 \text{ m} \div v_{\max} = 100 \text{ km/h}$ 2) $H_{\max} = 1500 \text{ m} \div v_{\max} = (20 \div 50) \text{ km/h}$	
14.	Veszélyes repülési üzemmódok automatizálása	1) Kivezetés vízszintes repülési helyzetbe 2) Kényszerleszállás 3) Tereptárgyak átrepülése 4) Tereptárgyak megkerülése	
15.	A repülés gyakorisága	1) Havonta, több héten keresztül 2) Napi-, vagy heti rendszerességgel 3) Szükség esetén, alkalmanként.	

A 2. táblázat nagyban segítheti az UAV földi, és légi üzemeltetésének megbízhatóságát, és a repülésbiztonságot. A cikkben a szerzők bemutatták egy válaszadó célcsoport által szolgáltatott adatok kiértékelését, a válaszok kritikai elemzését, és elvégezték a pilóta nélküli repülőgépekkel szemben támasztott követelmények egységes rendszerbe foglalását. Az eredmények alapjául szolgálhatnak valós UAV-rendszerek előzetes-, illetve prototípus-tervezésekor.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] DR. HABIL. SZABOLCSI Róbert: *Pilóta nélküli repülőgépek polgári alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata*. Elektronikus Műszaki Füzetek IV, MTA Debreceni Területi Bizottság, Debreceni Akadémiai Bizottság, Műszaki Szakbizottsága, pp (59–65), Debrecen, 2007.
- [2] <http://www.mult-kor.hu/cikk.php?article=20065> (Letöltve: 2008. március 17.)