



A XIX-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”,
CLUJ NAPOCA, 2019

CONTRIBUȚII PRIVIND REALIZAREA PRACTICĂ A UNUI PRODUS TEHNOLOGIC INOVATIV DE TIP UAV DESTINAT MISIUNILOR DE CERCETARE ÎN ZONE DE RISC

Răzvan PARFENOV, Silviu Mihai PETRIȘOR

CONTRIBUTIONS ON THE PRACTICAL REALIZATION OF AN INNOVATIVE TECHNOLOGICAL PRODUCT TYPE UAV DESTINED FOR RESEARCH MISSIONS IN RISK AREAS

The authors of the present scientific paper want to make contributions regarding the design, practical realization and testing of an innovative type UAV technological product, structure developed within the *Mechanical Engineering Laboratory* affiliate the “*Nicolae Bălcescu*” Land Forces Academy of Sibiu. The technological product was designed for its implementation in research missions in high risk areas, thus representing an avant-garde element of the human factor in areas harmful to health.

Keywords: UAV, human-artificial “*partnership*”, avant-garde element, hard to reach areas, innovative technological product

Cuvinte cheie: UAV, “*parteneriat*” uman-artificial, element de avangardă, zone greu accesibile, produs tehnologic inovativ

1. Introducere

Crearea și dezvoltarea aeronavelor fără pilot la bord (UAV - Unmanned Aerial Vehicle) au oferit posibilitatea de a dezvolta diferite sarcini, cum ar fi cele de căutare și salvare, supraveghere,

recunoaștere, inspecție, patrulare, detectarea substanțelor periculoase dar și de atac la sol.

Robotizarea câmpului de luptă reprezintă o necesitate în cadrul revoluției tehnologiilor militare și a gândirii strategice. Natura arhitecturilor inteligente ale viitorului se bazează în principal pe capacitățile de reacție rapidă și eficientă la diferitele tipuri de atacuri asupra infrastructurilor critice. Identificarea acestor amenințări la adresa structurilor critice pe baza cărora funcționează societatea și măsurarea efectelor resimțite reprezintă un avantaj în evitarea sau chiar neutralizarea lor. Utilizarea de tehnologii avansate pentru a facilita eforturile umane și pentru a asigura protecție forței este preponderent în creștere, bazându-se pe necesarul de resurse specifice. În vederea implementării parteneriatului umanist - tehnologic, corporații internaționale și actori statali ai lumii participă la cercetarea și dezvoltarea continuă a produselor tehnologice robotizate. În prezent, la nivel internațional sunt integrate sisteme de atac și cercetare pentru fiecare mediu în care acționează, comandate de la distanță sau bazate pe principiul autonomiei. Sistemele fără pilot la bord, atât terestre, maritime, cosmice, cât și aeriene stau la baza unei noi ere a tehnologiilor avansate. Utilizarea unui astfel de sistem pentru îndeplinirea misiunilor care implică pierderi umane sunt extrem de eficiente. Protecția resursei umane și a infrastructurilor critice stau la baza funcționării stării de normalitate a mediului de securitate global și participă la menținerea păcii, a siguranței și a dezvoltării societății mondiale.

Automatizarea în domeniul militar reprezintă o necesitate, deoarece militarii se confruntă atât cu misiuni cu grad ridicat de risc, dinamice, în care le este afectată integritatea fizică și morală, cât și cu misiuni monotone, care solicită un grad ridicat de concentrare și exploatare fizică și psihică. Pentru a reduce riscurile la care sunt expuși militarii, structurile militare tind să se înzestreză cu echipamente speciale pentru realizarea misiunilor de cercetare, supraveghere, identificare a inamicului și a prezenței factorilor dăunători.

Acțiunile militare desfășurate în misiunile internaționale sau în vederea apărării naționale sunt extrem de importante, fapt pentru care, structurile militare au nevoie de echipamente corespunzătoare îndeplinirii obiectivelor ținând cont de factorii destabilizatori. Domeniul de supraveghere aeriană este considerat un cadru de activitate special, fiind caracterizat de sensibilitate și modificări ale situației. În vederea eficientizării activităților destinate structurilor de cercetare și culegere de date este necesară implementarea de arhitecturi și standarde

flexibile, capabile să răspundă misiunilor dificile pentru care a fost proiectat.

2. Concepția și realizarea practică a produsului tehnologic de tip UAV

2.1. Obiective și ipoteze ale cercetării


Proiectarea și realizarea practică a produsului tehnologic de tip UAV, destinat a realiza misiuni de cercetare în zonele cu grad ridicat de risc oferind astfel protecție deplină personalului militar sau civil implicat în misiunea respectivă reprezintă obiectivul fundamental al cercetării științifice. Obiectivele operaționale ale cercetării sunt următoarele:

- ✓ Prototipul realizat la scară 1:1 să funcționeze pe o rază de 4 km, având autonomia de aproximativ 30 minute și să transmită informațiile la operator în timp real sau prin stocare pe un periferic;
- ✓ Prototipul funcțional să procure imagini cu rezoluție ridicată și să le transmită în timp real sau prin stocare pe un periferic;
- ✓ Produsul tehnologic să poată fi operat în toate condițiile de mediu și să fie capabil să zboare la o înălțime cât mai mare pentru a nu fi vizibil cu ochiul liber;
- ✓ Produsul tehnologic să fie construit cu un buget cât mai scăzut pentru a oferi posibilitatea de achiziționare și înzestrare pentru trupele de nivel companie care necesită îndeplinirea de astfel de misiuni.

Pentru a îndeplini obiectivele propuse, s-a pornit de la construcția prototipului, urmând apoi a simula în câmp real cerințele propuse. Pornind de la obiectivele operaționale, prin îndeplinirea acestora, prototipul corespunde cerințelor necesare, conform analizei SWOT prezentată în tab. 1, pentru a putea fi realizat la scară și pentru a putea fi integrat la trupele specializate pentru cercetarea în zonele de risc, având în vedere asigurarea mobilității și a sprijinului pentru luptă în diferite misiuni care implică intervenția acestora. Programarea pentru a realiza autonom misiunile propuse produsului tehnologic de tip UAV reprezintă un avantaj în utilizarea acestuia și sporește protecția personalului în situații speciale. În urma cercetării științifice, s-a utilizat metoda experimentală care ne-a ajutat să alegem părțile componente și caracteristicile constructive corespunzătoare acestora pentru a le integra în realizarea practică a prototipului. Experimental s-au folosit

diferite tipuri de materiale sau componente, urmând ca în final, să se aleagă cele mai fiabile și cele mai adaptate necesităților pentru care s-a realizat acest produs. Principalele limitări au fost: greutatea redusă a aeronavei, pentru a facilita autonomia de zbor și bugetul cât mai redus, pentru a facilita înzestrarea la trupe a acestui produs.

Tabelul 1 Analiza SWOT

Denumire sistem	Puncte tari	Puncte slabe
<p>“AeroParfe”</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Durată de funcționare optimă (până la 50 minute); • Deplasare cu viteză medie (până la 100 km/h, viteză de croazieră 80 km/h); • Rază de acțiune medie (până la 10km); • Decolarea și aterizarea nu necesită spațiu special amenajat; • Este capabilă de a sta la punct fix în aer pentru aproximativ 15 minute; • Are o structura din material compozit foarte rezistent; • Greutate redusă (3kg); • Sistem de transmisie video performant cu o camera video de mare rezoluție. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sarcină maximă de transport mică (1kg); • Utilizarea acumulatorilor de tip LI-PO care implică încărcarea acestora și deteriorarea în timp.
	<p>Oportunități</p>	<p>Amenințări</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Costurile pentru realizare sunt mici în comparație cu tehnologiile avansate din domeniu (aproximativ 2000 euro); • Posibilitatea de dezvoltarea a platformelor cu decolare și aterizare pe verticală destinate misiunilor de cercetare în zone de risc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lipsa încrederii în tehnologiile moderne care folosesc GPS; • Dezvoltarea unor aparate de zbor cu decolare și aterizare pe verticală implică costuri ridicate.

2.2. Descrierea componentelor și a modului de asamblare a acestora

Scopul părții practice a acestei lucrări îl reprezintă realizarea unui prototip de tip UAV cu decolare și aterizare pe verticală destinat misiunilor de cercetare în zonele de risc, participând astfel la protecția personalului implicat tocmai pentru riscul ridicat pe care îl au aceste misiuni. Majoritatea tehnologiilor autonome utilizate în desfășurarea misiunilor de cercetare sunt UAV-uri de mici sau mari dimensiuni necesitând spațiu special amenajat în vederea decolării și aterizării. Posibilitatea decolării sau aterizării pe verticală oferă un avantaj în folosirea acestora, deoarece nu necesită un spațiu special amenajat iar timpul de răspundere este mai mic comparabil cu pregătirea unui alt tip de UAV. În continuare se vor prezenta concepția și construcția prototipului.

Pentru început s-a realizat proiectarea fuzelajului în programul *SOLIDWORKS*, realizând acest component din mai multe părți ca apoi să poată fi lipite.

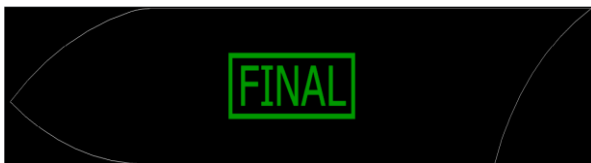


Fig. 1 Vedere laterală a fuzelajului

Laterală fuzelajului (figura 1) are o lungime de

54 cm și o lățime de 10 cm fiind realizată din placaj de mesteacăn de 1mm grosime tăiat cu ajutorul unui laser și depron de 6 mm formând, astfel, o structură de tip sandwich foarte rezistentă (figura 2). S-a ales depronul deoarece acesta este un polistiren expandat cu granulație fină disponibil comercial în foi de dimensiuni standardizate.



Fig. 2 Vedere laterală a fuzelajului din placaj de mesteacăn

Acesta a fost inițial proiectat ca un izolator fonic și

termic, dar din cauza rezistenței sale și a densității scăzute, a devenit o alegere foarte populară în procesul de modelare.

Partea de jos a fuzelajului (figura 3) are o lungimea de 45 cm și o lățime de 10 cm fiind realizată, de asemenea, din placaj de mestecăcăn cu o grosime de 1 mm și depron de 6 mm.



Fig. 3 Vedere de jos a fuzelajului

Legătura dintre partea din față a fuzelajului și coada aeronavei a

fost făcută prin intermediul a două țevi de carbon cu diametrul de 12 mm, acestea reprezentând și suport pentru unul din cele 3 motoare ale aeronavei. În componența aeronavei mai intră un set de aripi cu o anvergură de 1,8 m realizate din polistiren extrudat injectat într-o matriță care oferă o rezistență relativ ridicată. În final, după realizarea platformei de zbor, aceasta a fost supusă unui tratament termic cu fibră de sticlă și rășină, creând, în acest fel, un fuzelaj de tip compozit care oferă o structură foarte rezistentă cu un minim de greutate. Fiind o aeronavă cu decolare și aterizare pe verticală s-a optat pentru o configurație cu trei motoare, două dintre acestea fiind prinse de aripi și unul situat pe cele două țevi de carbon. Sistemul de tranziție a celor două motoare a fost realizat în același program, *SOLIDWORKS* (figura 4) având în componența acestuia un servomecanism care realizează o rotație de 90° schimbând, în acest fel, orientarea motorului.

Prin specificul misiunii, aeronava va realiza o cercetare pe o rază de 3-4 km cu o autonomie de maxim 1 h fiind controlată manual de un operator cu ajutorul un radiocomenzi sau autonom printr-un modul GPS și telemetrie care transmite toate datele de zbor în timp real la operator. Programarea planului de zbor se face în programul *Flight Planner* și este încărcat pe aeronava prin modulul de telemetrie.

Modulul de transmisie (figura 5) este un dispozitiv format din două piese, una fiind montată pe radiocomandă și cealaltă pe aeronavă, conectat la controlerul de zbor, având rol în primirea comenzilor de la operator și transmiterea acestora către controlerul de zbor, iar mai apoi la motoare și la servomecanisme.

Transmițătorul dispune de o antenă de 2,4 Ghz de 5 dB având o putere de 60 mW. Receiverul are în componența sa două antene și 8 seturi de pini externi care se leagă direct la controlerul de zbor pentru a facilita transmiterea informațiilor către acesta de la operator. Acesta are o dimensiune de 55 x 25 x 14 mm și 8 canale. Fiecare canal primind un singur semnal transmis de la radiocomandă și fiind capabil de a

controla doar o anumită piesă electronică a aeronavei, respectiv motoarele și cele 6 servomecanisme. Receptorul este parte a transmițătorului care este inclus în stația radio și pentru fiecare model de transmițător există un receptor compatibil cu acesta

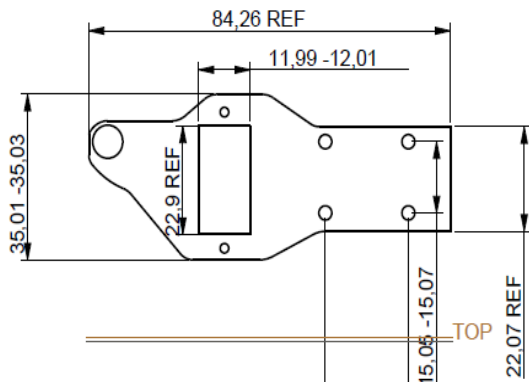


Fig. 4 Sistemul de tranziție a aeronavei

Una dintre cele mai importante componente ale unei aeronave cu decolare și aterizare pe verticală este controlerul de zbor sau *Flight Controller*

și are un rol foarte important fiind totodată creierul aeronavei.

Fig. 5 Modulul de transmisie



Acesta permite programarea aeronavei prin încărcarea unui soft compatibil cu controlerul de zbor și implicit funcționarea acestuia în mod autonom prin primirea de date din partea GPS-ului, dar și controlul manual prin primirea de comenzi de la operator prin transmițător. Acesta primește

informații de la receptorul stației radio, modulului GPS, telemetrie, prelucrându-le și acționând în același timp suprafețele de control ale aeronavei și motoarele. Pentru controlul aeronavei cu decolare și aterizare pe verticală s-a ales un controler de top, deoarece este necesară prelucrarea datelor într-un timp cât mai scurt și să conțină cât mai multe porturi pentru comunicarea cu celelalte componente hardware. Controlerul de zbor se numește *Pixhawk PX4 Lite* (figura 6) și este unul dintre cele mai populare controlere de zbor pentru toata gama de aeronave fără pilot la bord.

Pe lângă aceste caracteristici, controlerul de zbor este capabil de a zbura în mai multe moduri de zbor, în funcție de caracteristicile zborului sau necesitățile operatorului.

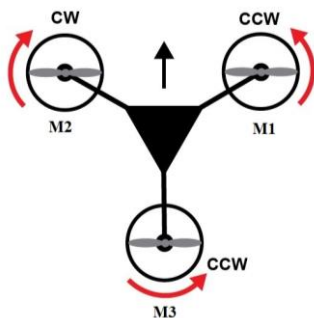
Fiind o aeronavă fără pilot la bord cu decolare și aterizare pe verticală, s-a ales o configurație în doar 3 motoare pentru a facilita durata de zbor, în acest scop folosind doar două din cele 3 motoare pentru zborul în modul avion, acesta fiind susținută în aer de portanța aripii rezultată din viteza de înaintare. În acest mod aeronava fără pilot la bord poate acoperi suprafețe de teren mult mai mari cu un consum minim de curent și într-un timp mult mai scurt, față de dronele standard care folosesc 4 motoare pentru a fi susținute în aer.

Din lipsa folosirii unui motor special pentru zborul pe orizontală, această problemă este rezolvată prin utilizarea unui sistem de tranziție a celor două motoare de pe față la un unghi de 90° față de direcția de deplasare. Astfel, aeronava trece din modul de zbor stabilizat în modul de zbor *FBWA* având caracteristicile unei aeronave reale, aceasta fiind controlată, în mare parte, de senzori și cu puține ajustări din partea operatorului.



Fig. 8 Planificarea unui traseu de zbor

Pentru a compensa efectul de torsiune realizat de motoare și pentru a menține aeronava pe direcția de



înaintare, motoarele sunt legate având senzori de rotație diferit, astfel: motorul M1 frontal (dreapta) are același sens de rotație că motorul M3 spate în sensul invers acelor de ceasornic, iar motorul M2 frontal (stânga) în sensul acelor de ceasornic (figura 9).

Fig. 9 Sensul de rotație a motoarelor

Elicele sunt acele componente ale

aeronavei fără pilot la bord care pun în mișcare întreg aparatul de zbor. Utilizarea unor elice cât mai eficiente pentru zbor constă în alegerea acestora pe baza anumitor criterii stabilite conform standardelor oferite de producătorul motorului. Este important ca dimensiunea elicelor să fie în conformitate cu mărimea motoarelor și a puterii acestora. S-a optat pentru utilizarea unor elice din material compozit de tip APC având lungimea de 11 inch și pas de 5,5 cm (figura 10), deoarece acesta este un material foarte puternic și ușor în același timp, iar rigiditatea acestuia crește eficiența aerodinamică prin menținerea formei pe o perioadă îndelungată.



Fig. 10 Elice APC 11X5,5

cadru *Laboratorului de Inginerie Mecanică*, are ca scop principal supravegherea terenului în zonele



Aeronava fără pilot la bord concepută în cadrul *Laboratorului de Inginerie Mecanică*, are ca scop principal supravegherea terenului în zonele cu un grad ridicat de risc și pentru misiunile de căutare și salvare. De aceea camera video are un rol foarte important în aceste misiuni, aceasta trebuind să fie capabilă să transmită imagini cât mai reale, cu o claritate cât mai ridicată fără latență și să aibă un unghi de vedere cât mai deschis. Camera video aleasă este un *Fatshark 700TVL* (figura 11) cu o rezoluție ridicată, foarte compactă și ușoară.

Fig. 11 Camera Fatshark 700TVL



Receptorul folosit pentru stația de la sol este un *FXT Marvel* (figura 12) care este integrat într-o pereche de ochelari de tipul realitate virtuală.

Fig. 12 Ochelarii FTX Marvel

Aeronava fără pilot la bord cu decolare și aterizare pe verticală reprezintă un mijloc intermediar între tehnologia nouă și cea care va urma, deoarece oferă posibilități multiple de protecție a personalului prin cercetarea terenului în zone de risc, identificare în timp real a inamicului, stocare și transmitere a informațiilor culese din câmpul de luptă. Redăm mai jos câteva imagini cu aeronava, aflată în procesul de testare și simulare (figura 13).



Fig. 13 Prototip tip UAV realizat la scara 1:1

3. Concluzii

- Prin realizarea unui vehicul aerian cu decolare și aterizare pe verticală comandat de la distanță, s-a încercat contribuția la dezvoltarea tehnologiilor avansate în scopul cercetării în zonele cu un grad ridicat de risc.

- Având în vedere că în ultima perioadă accentul s-a pus pe dezvoltarea aeronavelor fără pilot la bord destinate misiunilor de cercetare în zone de risc atât doar cu scopul de culegere de date prin diferiți senzori cât și prin nimicirea inamicului prin foc, crearea unui sistem care să fie dislocabil din orice zonă nefiindu-i necesar o pistă special amenajată de decolare și aterizare a scăzut.

- Principala cauză o reprezintă costurile ridicate ce trebuiesc investite pentru aceste tehnologii, iar sistemele de tranziție necesită multă cercetare în domeniu.

- Însă, de-a lungul timpului, s-a dovedit că aeronavele cu decolare și aterizare reprezintă un factor cheie în războiul din ziua de azi, fiind proiectate până și avioane de luptă cu echipaj la bord care sunt gata de acțiune în orice moment și din orice loc.

■ Pe lângă siguranța și securitatea oferită pentru resursa umană, aportul tehnologiilor comandate de la distanță se bazează pe eficiență pe câmpul de luptă. Însă nu trebuie să uităm că pentru fiecare sistem integrat comandat de la distanță există în spate un întreg personal profesional și responsabil pentru îndeplinirea misiunilor. Alocarea unui buget necesar dezvoltării acestor tehnologii este vitală.

■ Concepția aeronavei cu decolare și aterizare pe verticală satisface câteva limitări ale modelelor constructive existente prin faptul că prezintă costuri reduse pentru realizare și implementare, având un sistem de tranziție foarte durabil și ușor de construit, aeronava fără pilot la bord cu decolare și aterizare pe verticală fiind capabilă de realizarea oricărui tip de misiune de cercetare.

■ Astfel, considerăm că s-a reușit să se îndeplinescă obiectivele operaționale și să se contribuie la dezvoltarea permanentă de tehnologii avansate comandate de la distanță în cadrul parteneriatului uman-artificial.

BIBLIOGRAFIE

[1] Badea, D., Petrișor, S.M., Iancu, D., Parfenov, R., Coman, M., *Business case for rationalization of knowledge acquisition in the critical infrastructure security field through the operationalization of technical systems used for monitoring and inspection*, Buletinul Științific al Academiei Forțelor Terestre „Nicolae Bălcescu”, Nr. 2, Sibiu, 2018.

[2] Jeffrey, T. Butler, *Uavs and Isr Sensor Technology*, Maxwell Air Force Base, Alabama, 2001, p. 8. apud McMahan, *USAF Scientific Advisory Board Report on Technology Options to Leverage Aerospace Power in Operations Other Conventional War, Volume 1: Summary SAB-TR-99-01*, pag. 20.

[3] Popescu, L.R., *Sisteme aeriene fără pilot uman la bord*, București, Editura Universității Naționale de Apărare „Carol I”, 2012, pag. 74-76.

Conf. univ. Dr. Ing. dipl. Silviu Mihai PETRIȘOR
membru AGIR,

e-mail: silviumihai_petrisor@yahoo.com

Lt. student masterand Răzvan PARFENOV
Academia Forțelor Terestre „Nicolae Bălcescu” din Sibiu