

THE UAVs IN THE THEATRE OF OPERATIONS AND THE MODERN AIRSPACE SYSTEM

UAV ÎN TEATRELE DE OPERAȚII ÎN CONDIȚIILE SPAȚIULUI AERIAN MODERN

Vasile PRISACARIU

Transilvania University of Brasov, Romania

Abstract. The field of UAVs is continuously evolving both in terms of constructive solutions and tasks that they can accomplish. The success recorded by unmanned aircraft in military operations has generated increasing interest in their use among the armed forces. Technological advances offer leaders information beyond real time visual range. The advances in optoelectronics and nanotechnologies as well as the perspective of using smart materials enable the design of UAV projects as bold as possible. The current paper aims at presenting an image of the unmanned air systems in terms of capabilities and advantages of operating in the present conditions of the modern airspace, and the types of sensors and existing equipment on board.

Key words: unmanned aircraft, security, versatility, sensors, sense and avoid

1. Introduction

An UAV is defined as the aerial vehicle without a pilot on board, which uses aerodynamic forces to move along desired non-ballistic trajectories, in a guided or self-controlled manner, and which carries payloads or combat loads.

The field of UAVs is continuously evolving both in terms of constructive solutions and tasks that they can accomplish. If in the beginning the UAVs were exclusively used in the military, they are currently widely used in civilian areas as well. At present, aerial vehicles have become indispensable in modern conflicts due to their performance and potential in gathering information as singular vectors or in cooperation with unmanned terrestrial systems (MLV – *military land vehicle*) [1].

According to specialized studies [2], European Union and United States of America have allotted financial resources and foresee significant investments in unmanned air systems in the near future (Figure 1).

Rezumat. Domeniul UAV este în continuă expansiune atât din punct de vedere al soluțiilor constructive, cât și a misiunilor ce pot fi îndeplinite de acestea. Succesele înregistrate de aeronavele fără pilot în operațiile militare au generat un interes crescând în rândul forțelor armate pentru utilizarea acestora. Avansul tehnologic oferă liderilor informații dincolo de raza vizuală în timp real. Dezvoltarea opto-electronicii, nanotehnologiilor și perspectiva utilizării materialelor inteligente fac posibile realizarea de proiecte UAV cât mai îndrăznețe. Lucrarea își propune să prezinte o imagine a sistemelor aeriene nepilotate, din punct de vedere al capacităților și avantajelor operării în condițiile actuale ale spațiului aerian modern, și tipurile de senzori și echipamente existente la bord.

Cuvinte cheie: aeronave fără pilot, securitate, versatilitate, senzori, „simte și evită”

1. Introducere

UAV se definește ca fiind un vehicul aerian, fără pilot uman la bord, care utilizează forțe aerodinamice pentru mișcare pe traiectorii dorite, nonbalistice, în mod dirijat sau autocontrolat și care transportă sarcini utile sau încărcături de luptă.

Domeniul UAV este în continuă expansiune atât din punct de vedere al soluțiilor constructive, cât și a misiunilor ce pot fi îndeplinite de acestea. Dacă la început utilizarea UAV-urilor era exclusiv militară, în prezent au o utilizare vastă și în domeniile civile. Actualmente vehiculele aeriene au devenit indispensabile în conflictele moderne prin performanțele și potențialul în achiziția de informații, ca vectori singulari sau în combinație cu sisteme terestre nepilotate (MLV) [1].

Conform unor studii de specialitate [2], Uniunea Europeană și S.U.A. au alocat resurse financiare și prognozează investiții semnificative în viitorul apropiat pe zona sistemelor aeriene fără pilot (figura 1).

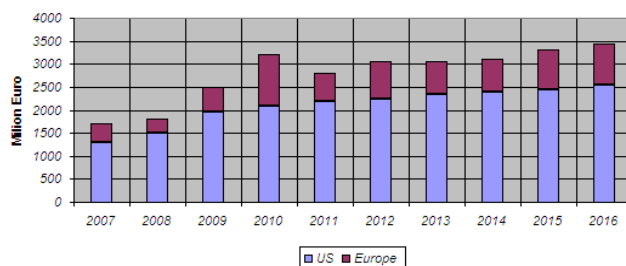


Figure 1. Expenditure on military UAVs (Europe and USA), 2007-2016

Figura 1. Cheltuieli privind UAV militare (Europa și SUA), 2007-2016

The considerable development of specialized markets in recent years has resulted in the following main classes of UAVS, as shown in Figure 2.

Dezvoltarea cu o rată considerabilă a piețelor de specialitate în ultimii ani a generat următoarele clase principale de UAV, conform figurii 2.

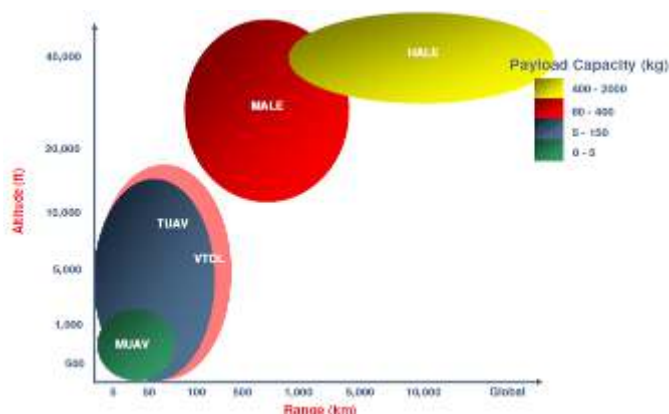


Figure 2. Main classes of UAVs [1]
 Figura 2 Clasele principale de UAV [1]

The advances in optoelectronics and nanotechnologies as well as the perspective of using smart materials enable the design of UAV projects as bold as possible. Operational unmanned air systems are different in forms and modes of operation, starting with the class of mini-UAVs and ending with the UCAV (Figure 3) [3].

Dezvoltarea optoelectronicii, a nanotehnologiilor și perspectiva utilizării materialelor inteligente fac posibile realizarea de proiecte UAV cât mai îndrăznețe. Sistemele aeriene nepilotate operaționale au forme și moduri de operare diferite de la clasa miniUAV la UCAV (figura 3) [3].



Figure 3. Different UAVs: a.Aladin; b.Skylark; c.Hermes; d. GNAT
 Figura 3. Diverse UAV: a.Aladin; b.Skylark; c.Hermes; d. GNAT

The use of UAVs will increase significantly in the future because they offer the advantage of eliminating the risk of losing the crew on board the aircraft. Technological advances give information to leaders beyond real time visual range, information that can be one of the commander's operational instruments [4].

Utilizarea UAV va crește în mod considerabil în viitor deoarece oferă avantajul eliminării riscului pierderii echipajului de la bordul aeronavei. Avansul tehnologic oferă liderilor informații dincolo de raza vizuală în timp real, informații ce pot fi unul din instrumentele de lucru ale comandantului [4].

2. Missions and operation of UAVs

2. Misiunile și operarea UAV

2.1. Missions of UAVs

2.1. Misiunile UAV

Generally speaking, air vectors have six missions (surveillance, detection, classification, identification, tracking and neutralisation) that can be performed at different levels depending on operational characteristics (Figure 4). Operational characteristics are determined by the overall system architecture, the systems distributed on board and on the ground, the technical and tactical features of the air vector (autonomy, speed, range, and ceiling) and the type of sensors on board.

La nivel global vectorii aerieni au șase misiuni (supraveghere, detectare, clasificare, identificare, urmărire și neutralizare) ce pot fi îndeplinite la diferite nivele în funcție de caracteristicile operaționale (figura 4). Caracteristicile operaționale sunt determinate de arhitectura sistemului în ansamblu, de sistemele dispuse la bord și la sol, de caracteristicile tehnico-tactice ale vectorului aerian (autonomie, viteza, rază de acțiune, plafon maxim) și de tipul senzorilor ambarcați.

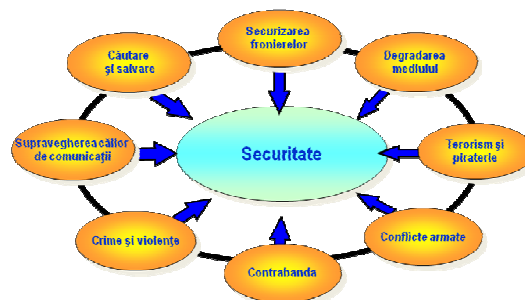


Figure 4. General and specific missions of UAVs [18]
 Figura 4. Misiunile globale și punctuale ale UAV [18]

Three types of missions are specific to unmanned air systems (UAS) in the theatre of operations: ISR/RSTA (Intelligence, Surveillance, Reconnaissance/Reconnaissance, Surveillance, Target Acquisition), tactical and joint fire [5]. For example, operation Iraq Freedom benefited from the services of several UAVs (Figure 5).

În teatrele de operații, sistemelor aeriene fără pilot (UAS) le sunt specifice trei tipuri de misiuni: ISR/RSTA (Intelligence, Surveillance, Reconnaissance/Reconnaissance, Surveillance, Target Acquisition), tactic și foc întrunit [5]. De exemplu operațiunea Iraq Freedom a beneficiat de serviciile mai multor UAV (figura 5).



Figure 5. UAVs in operation Iraq Freedom
 Figura 5. UAV în operațiunea Iraq Freedom

2.2. Operating a UAV

Preparing and planning the mission consists in: analysis of the mission to accomplish: intelligence, observation, tracking; analysis of the weather conditions in the area of interest; analysis of NOTAM (restricted zones and time allotted); the actual verification and preparation of the UAV system; training the pilots (internal-external) and the data operators of the mission; introducing data into the system; *the actual performance of the mission*: operation of the vector in the areas of interest, analysis, storing and real-time interpretation of received data; preparing and informing the intervention subunit regarding the real data in the area of interest; recovery of the

2.2. Operarea unui UAV

Pregătirea și planificarea misiunii ce cuprinde: analiza misiunii de îndeplinit: cercetare, observare, urmărire; analiza condițiilor meteo pe zona de interes; analiza NOTAM-urilor (zonele restricționate și timpul alocat); verificarea și pregătirea propriu-zisă a sistemului UAV; instruirea piloților (intern-extern) și operatorilor de date asupra misiunii; introducerea datelor în sistem; *desfășurarea propriu-zisă* a misiunii: operarea propriu-zisă a vectorului în zonele de interes, analiza, stocarea și interpretarea în timp real a datelor recepționate; pregătirea, informarea subunității de intervenție despre datele reale în zona de interes; recuperarea UAV (aterizare sau

UAV (landing or recovery from a flight incident); *post-mission activities*: maintenance of the vector after the mission, mission, analysis and interpretation of the data received and stored; informing superior structures regarding the performance of the mission; preparation of the vector for transportation (Figure 6).

recuperare în urma unui incident de zbor; *activități după misiune*: mentenanța vectorului după misiune; evaluarea misiunii, analiza și interpretarea a datelor stocate recepționate; informarea structurilor superioare despre misiunea executată; pregătirea vectorului pentru transport (figura 6).

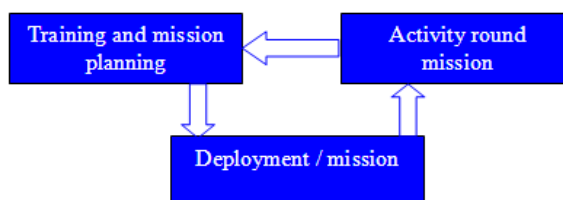


Figure 6. Stages in operating a UAV
 Figura 6. Etapele operării unui UAV

The success of the mission depends on: the weather conditions and operating restrictions generated by relief and urban infrastructure; the performance of the sensors used in data acquisition (image, sound, temperature, contaminated atmosphere); the level of the equipment of the UAV consisting in back-up and redundancy systems; the level of training of operators and decision-makers; the level of encryption of transmitted data; the choice of flight trajectories for the mission; UAV recovery systems (GPS, parachutes); the level of interoperability with other responsible structures [15].

Succesul misiunilor depinde de: condițiile meteo și restricțiile de operare datorită reliefului și infrastructurii urbane; performanța senzorilor utilizați în achiziția de date (imagine, sunet, temperaturi, atmosferă contaminată); gradul de echipare a UAV cu sisteme back-up și redundante; gradul de pregătire a operatorilor și a factorilor decizionali; nivelul de criptare a datelor transmise; alegerea traiectelor de zbor aferente misiunii; sisteme de recuperare a UAV (localizator GPS, parașute); gradul de interoperabilitate cu celelalte structuri responsabile [15].

3. UAVs capabilities

3.1. Capabilities

The desirable capabilities of unmanned systems are the following: ability to follow the map directions and to assess the environment, accurate navigation; speed of mission performance (speed of movement of the air vectors and transfer speed, processing, centralizing and disseminating information); radar, magnetic, acoustic and minimal heat imprint; the ability to operate in high risk areas; energy system capable of supporting the propulsion and consumption installations (sensors, on board computer, communications, and neutralization); reliability of the systems in hostile environments; easy transport, launching and recovery (Figure 7).

3. Capabilitățile și atributele UAV

3.1. Capabilități

Capabilitățile dezirabile pentru sisteme de tip unmanned (nepilotate) sunt următoarele: capacitatea de a urmări harta, de evaluare a mediului, navigație exactă; viteză de desfășurare a misiunii (viteza de deplasare a vectorilor aerieni și viteza de transfer, procesarea, centralizarea și diseminarea informației); amprentă radar, magnetică, acustică și termică minimală; abilitate de a opera în zone de risc; sistem energetic capabil să suporte consumul instalațiilor de propulsie și de luptă (senzori, computer ambarcat, comunicații și neutralizare); fiabilitatea sistemelor în medii ostile; transport, lansare și recuperare facile (figura 7).

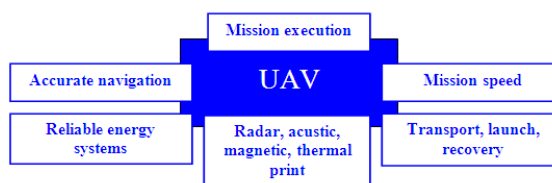


Figure 7. Capabilities of UAVs/UASs
 Figura 7. Capabilitățile UAV/UAS

3.2. Features of the unmanned automatic systems (UAV/UAS)

Air vectors have a number of characteristics which recommend them for use in civilian and military areas (Figure 8) due to their high potential in spite of their small size, flexible design and efficiency compared to manned aircraft.

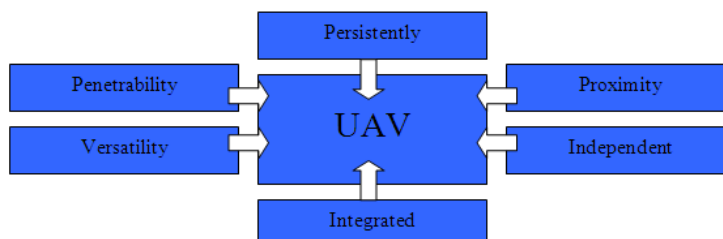


Figure 8. Features of the UAVs/UASs
Figura 8. Atributele UAV/UAS

Persistence, penetrability, proximity.

Some unmanned systems are capable of extensive autonomy, requiring breaks only for refueling and maintenance [6].

The use of a series of technologies allows persistence, for example: the effective engines and the structure of air vectors can be designed regardless of the human factor limitations; refuelling in the air by means of unmanned tanks and the advanced energy sources allow the increase of autonomy.

Integration and independence.

Unmanned systems operate in the networking era, thus taking advantage of this technology. The network-centric command, the control and the battle management are important for the success of the unmanned systems.

Versatility.

Unmanned systems offer a high degree of versatility by being able to use multiple combinations of sensors. In the future, each air vector, regardless of its main mission, will also be capable of conducting secondary missions: reconnaissance, weather data acquisition. At the same time, they will be able to act as airborne communication relays. Unmanned systems adequately equipped may be capable of autonomously locating, identifying, and nominating potential targets. In certain circumstances armed unmanned systems can provide low-cost and low-risk alternatives to manned missions. They can operate together with manned aircraft or other unmanned aircraft, and can create damage to or put pressure on the enemy by using kinetic and non-kinetic weapons combinations. [13, 14].

Classes of payload for the UAV include communications relays, and sensors as well as

3.2. Atributele sistemelor automate nepilotate (UAV/UAS)

Vectorii aerieni au o serie de atribute care îi recomandă pentru utilizarea în domeniile civile și militare (figura 8) datorită unui potențial ridicat la dimensiuni mici, design flexibil și eficiență față de aeronavele cu pilot uman la bord.

Persistență, penetrabilitate, proximitate.

Unele sisteme nepilotate sunt capabile de autonomii extinse, necesitând pauze doar pentru realimentare și mentenanță [6].

Persistența este permisă datorită utilizării unor tehnologii utilizate, ca exemplu: motoarele eficiente și structurile vectorilor aerieni pot fi proiectate fără a privi la limitările factorului uman; realimentarea în zbor, utilizând cisterne unmanned și surse avansate de energie ce duc la creșterea autonomiei de zbor.

Integrare și independență.

Sistemele fără pilot operează în era networking-ului și prin urmare ele preiau avantajul acestei tehnologii. Comanda net-centrică, controlul și managementul luptei este important pentru succesul sistemelor nepilotate.

Versatilitate.

Sistemele fără pilot oferă un grad mare de versatilitate prin posibilitatea de a utiliza multiple combinații de senzori. În viitor fiecare vector aerian, indiferent de misiunea primară alocată, este capabil și de realizarea unor misiuni secundare: recunoaștere, achiziție date meteo. Totodată, ele vor fi capabile de a acționa ca relee aeropurtate de retransmisie pentru comunicații. Sistemele fără pilot echipate în mod adecvat pot fi capabile de localizarea, identificarea și nominalizarea țintelor potențiale în mod autonom. Sistemele fără pilot înarmate pot oferi misiunilor manned, în câteva circumstanțe, alternative low-cost, low-risk. Ele pot opera împreună cu aeronave manned sau cu alte aeronave unmanned și pot crea daune sau crea presiune asupra inamicului prin utilizarea unei combinații de arme cinetice și non-cinetice [13, 14].

Categoriile de încărcături ale UAV includ relee de comunicație, senzori, dar și reprovizionări

logistical supplies. Armament includes a few basic types: traditional kinetic ammunition, non-kinetic weapons (non-lethal weapons) and intelligence operations loads. Flight characteristics of the UAV are comparable to those of manned aircraft (Figure 9).

logistice. Armamentul include câteva tipuri de bază: muniție cinetică tradițională, arme non-cinetice (arme non-letale) și încărcături pentru operațiuni de informare. Caracteristicile de zbor ale UAV sunt comparabile cu cele ale aeronavelor cu echipaj uman la bord (figura 9).

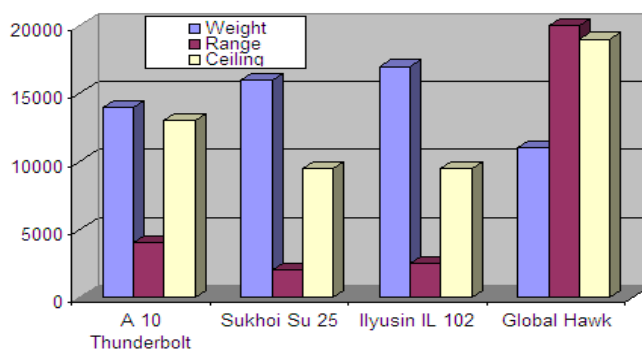


Figure 9. Comparative diagram UAV of conventional aircraft
 Figura 9. Grafic comparativ ale UAV cu aeronavele convenționale

Here is a classification based on range and flight ceiling [17]:

- *handheld UAV* –altitude of 600 m and range of 5 km, example: Carolo P50 (Figure 10a);
- *close range UAV* –altitude of 1500 m and range of 10 km, example: Tracker (Figure 10b);
- *NATO* –altitude of 3000 m and range of 50 km, example: Phoenix (Figure 10c);
- *tactical (TUAV)* –altitude of 5500 m and range of 160 km, example: Sperwer (Figure 10d);
- *MALE (Medium Altitude, Long Endurance)* – up to 9000 m of altitude and 200 km of range, example: Predator A (Figure 10e);
- *HALE (High Altitude, Long Endurance)* – over 9000 m of altitude and unlimited range, example: Global Hawk (Figure 10f);
- *HYPERSONIC* – supersonic speed, over 15000 m of altitude or suborbital altitude, and a range of more than 200 km.

O clasificare din punct de vedere a razei de acțiune și plafonului de zbor se dă mai jos [17]:

- *handheld UAV* – altitudine 600 m și 5 km rază de acțiune, exemplu Carolo P50 (figura 10a);
- *close range UAV* – 1500 m altitudine și 10 km rază de acțiune, exemplu Tracker (figura 10b);
- *NATO* – 3000 m altitudine 50 km raza de acțiune, exemplu Phoenix (figura 10c);
- *tactical (TUAV)* – 5500 m altitudine 160 km raza de acțiune, exemplu Sperwer (figura 10d);
- *MALE (Medium Altitude, Long Endurance)* – până la 9000 m altitudine și 200 km raza de acțiune, exemplu Predator A (figura 10e);
- *HALE (High Altitude, Long Endurance)* – peste 9000 m altitudine și raza de acțiune nelimitată, exemplu Global Hawk (figura 10f);
- *HYPERSONIC* – viteză supersonică altitudine peste 15000 m sau altitudine suborbitală, cu o rază de acțiune peste 200 km [17].

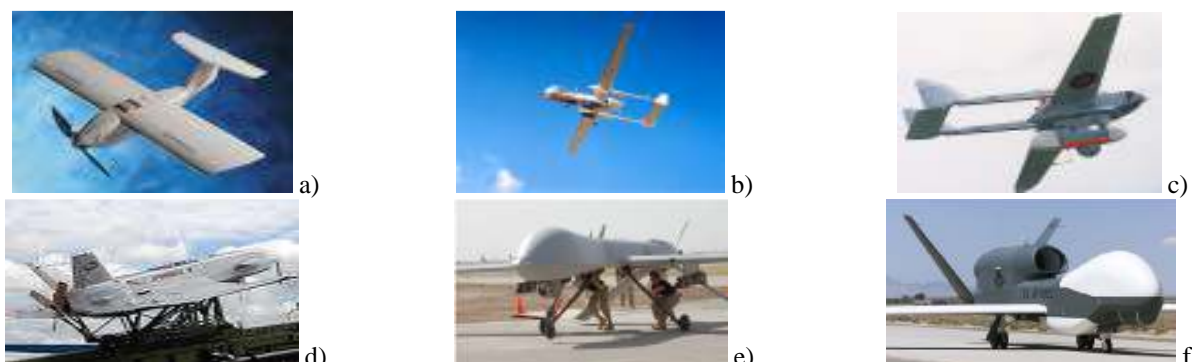


Figure 10. UAVs
 Figura 10. UAVs

a) Carolo P50, Germany; b) Tracker, France; c) Phoenix, Great Britain; d) Sperwer, France; e) Predator A, USA; f) Global Hawk, USA

4. Sensors on board UAVs

The sensors equip modern UAVs and are the most expensive component; for example the video sensors on board MQ-1 Predator cost almost as much as the aircraft and Global Hawk's sensor package represent 54% of the total cost. The demand of high accuracy sensors is increasing. Therefore, the next step in terms of optical sensors is the identification of a person or the detection of subtle changes on the battlefield which suggest military activity. However, the increase in performance also means an increase of cost. Since the armed forces are the main client of cutting-edge technology, more drawbacks appear due to the high risk environment in which these sensors are operated, many UAVs flying at low and medium altitudes being shot down by thermal missiles.

In the case of UAVs used in the military, it is extremely important for transmitted data to be edited in a standardized format in order to allow quick and easy access to all forces. With the development of technology and the emergence of new high-accuracy sensors, the range of missions that can be performed by UAVs is increasing as well. The use of the synthetic radar for accurate mapping of the land or the uses of optical sensors for the detection of areas of recent human activity are only a few of the missions of the new technologies.

4.1. Video / Electro-Optical / Infrared Sensors (EO/IR)

Video / Electro-Optical / Infrared Sensors are the most widespread category of sensors met with all classes of UAVs, from micro-UAVs to aircraft such as Global Hawk (figures 11 and 12). Their accuracy generally varies in direct proportion to their size. Video sensors can consist in one camcorder or a set of cameras and electronic equipment which work together. With the help of IR cameras, images in low light can be captured or an image can be created based on heat emission, [7, 19].



Figure 11. FLIR auto-focus cameras
Figura 11. Camere automate FLIR

4.2. Automatic pilot and flight control sensors

Another use of optical sensors is to provide data for piloting the UAVs. For complete information

4. Senzorii de la bordul UAV

Aceștia echipază UAV moderne și constituie cea mai costisitoare componentă; de exemplu senzorii video care echipază MQ-1 Predator au un preț aproape la fel de mare ca și aeronava, iar pachetul de senzorii de pe Global Hawk constituie 54% din costul total. Cererea pentru senzori cu precizie tot mai ridicată. Următorul pas în materie de senzori optici este identificarea unei persoane sau detectarea schimbărilor subtile în teren care să sugereze activitate militară. Odată cu creșterea performanțelor crește însă și costul. Armata fiind principalul client pentru tehnologia de vârf neajunsurile cresc deoarece mediul în care sunt utilizați acești senzorii are un grad de risc ridicat, multe dintre UAV ce zboară la înălțimi mici și medii fiind doborâte de rachete termice.

În cazul UAV utilizate în armată este extern de important ca informațiile transmise să fie editate într-un format standardizat care să permită tuturor categoriilor de forțe accesul rapid și ușor. Odată cu dezvoltarea tehnologiei și apariția noilor senzori cu precizie ridicată, se extinde și gama misiunilor ce pot fi îndeplinite de UAV. Folosirea radarului sintetic pentru cartografierea precisă a terenului sau utilizarea senzorilor optici pentru detectarea zonelor cu activitate umană recentă sunt doar câteva dintre misiunile noilor tehnologii.

4.1. Senzori Video / Electro-Optici / Infraroșu (EO/IR)

EO/IR sunt cea mai răspândită gamă de senzori, întâlnindu-se la toate categoriile de UAV de la micro-UAV la aeronave precum Global Hawk (figurile 11 și 12). În general precizia lor variază direct proporțional cu dimensiunea. Senzorii video pot fi formați dintr-o singură cameră video sau dintr-un pachet de camere și echipamente electronice care lucrează împreună. Cu ajutorul camerelor IR se pot înregistra imagini în lumină redusă sau se poate crea o imagine bazată pe emisia de energie termică [7, 19].



Figure 12. Mini-cameras
Figura 12. Minicamere

4.2. Senzori pentru pilot automat și control zbor

O altă utilitate a senzorilor optici este furnizarea informațiilor pentru pilotarea UAV. Pentru informa-

during the flight, the image transmitted by the camcorder can be correlated with information taken from the autopilot system. This information is collected by pressure, temperature, and rotation sensors (Figure 13).

rea completă pe durata zborului imaginea transmisă de camera video poate fi corelată cu informații preluate de la sistemul autopilot. Aceste informații sunt preluate de senzori de presiune, temperatură, turație (figura 13).

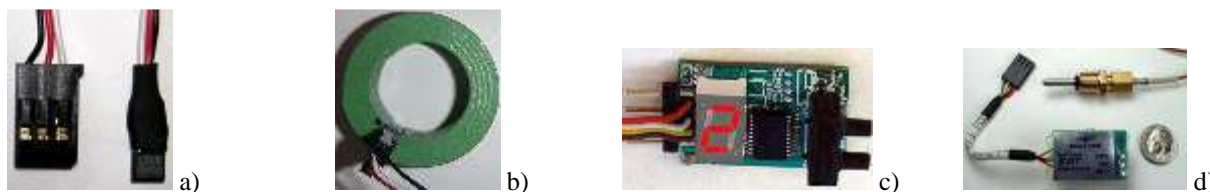


Figure 13. Sensors onboard UAV / Figura 13. Sensori de la bordul UAV

a) Rotation sensor; b) Electrical sensor; c) Speed sensor; d) Thermocouple
a) senzor de rotație; b) senzor electric; c) senzor de viteză; d) termocuplu

Just like in the case of the Head-Up display used with fighter aircraft, the transmitted image (Figure 14) contains additional information on: head compass, speed, altitude, coordinates, battery voltage, maximum flight duration, the engine rotation speed, direction to the next via point [8].

Ca și la Head Up Display-ul utilizat la avioanele de vânătoare, peste imaginea transmisă (figura 14) sunt prezentate informații cu privire la: cap compas, viteză, altitudine, coordonate, voltaj baterie, durata maximă de zbor în acel regim, turația motorului, direcția spre următorul punct intermediar [8].

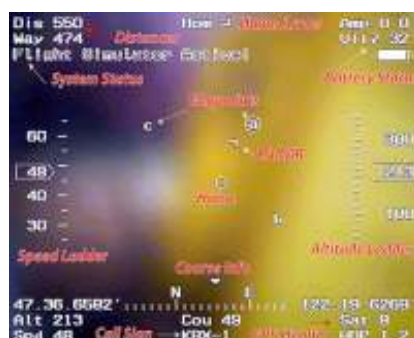


Figure 14. Displayed information (OSD/FPV – on screen display/first person visual)

Figura 14. Informații afișate (OSD/FPV – on screen display/first person visual)

4.3. “Sense and avoid” sensors

Special attention is paid to the collision avoidance system for an optimal integration in the modern airspace in compliance with flight security standards [9].

To this end, collision avoidance systems have been developed. They are capable of detecting obstacles on the aircraft trajectory and to alter its course. Such a system is composed of sensors and a data processor. The sensors used in current systems pertain to two categories: active and passive. An example of passive sensors is the electrical-optical ones. This model is based on some camcorders mounted on the front of the aircraft and placed in such a manner as to cover a field of a few degrees in azimuth and elevation (Figure 15). The disadvantages of such a system are the short distance of obstacle detection (about 150 m), the weather conditions (ceiling) and the night flights.

4.3. Senzori “sense and avoid”

O atenție deosebită se acordă sistemului de evitare a coliziunii pentru o integrare optimă în spațiul aerian modern în condițiile respectării standardelor de securitate a zborului [9].

În acest sens s-au dezvoltat sisteme de evitare a coliziunii capabile de a detecta obstacole aflate pe traiectoria aeronavei și de a modifica cursul acesteia. Un astfel de sistem este compus din senzori și un procesor care să prelucreze informațiile. Senzorii folosiți în sistemele actuale sunt activi și pasivi. Un exemplu de senzori pasivi sunt electro-optici. Acest model se bazează pe existența unor camere video montate în partea frontală a aeronavei și așezate în așa fel încât să acopere un câmp vizual de câteva grade în azimut și elevație (figura 15). Dezavantajele unui astfel de sistem este distanța mică de detectare a obstacolelor (aprox. 150 m), condițiile meteo (plafon) și zborurile nocturne.

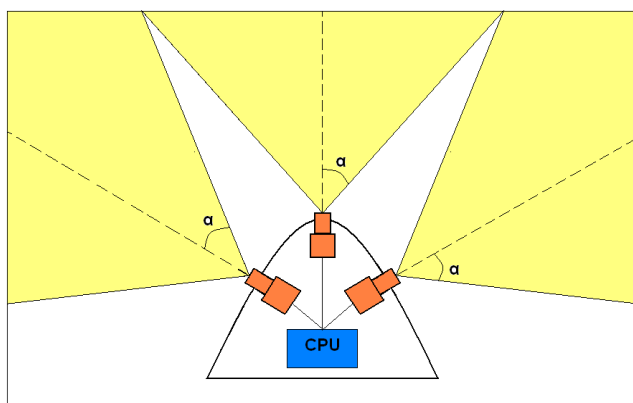


Figure 15. "Sense and avoid" passive system
 Figura 15. Sistem pasiv "sense and avoid"

Another model of a passive system is based on the reception of IR signals produced by the heat of the propulsion systems. It is similar to the one based on camcorders, but it makes use of IR cameras, thus removing the disadvantages caused by the ceiling and the light.

Active sensors include systems based on the sonar principle. Another active system is based on the Doppler radar using electromagnetic impulse. The disadvantages of active systems are generated by the large weight of the transmitter and the receiver as well as the high energy consumption [10].

4.4. Synthetic radar

Synthetic aperture radar (SAR) is a type of radar used to create images much larger than it would be possible through conventional means, Figure 16.

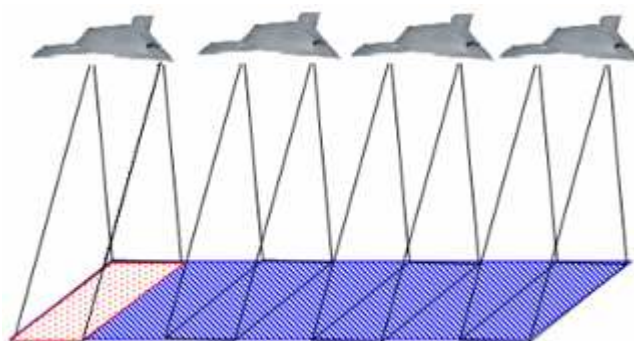


Figure 16. Synthetic aperture radar [15]
 Figura 16. Radar cu apertură sintetică [15]

The images created with the help of the synthetic radar have an advantage over the images obtained with the help of video equipment by the fact that the created image is three-dimensional and can also present the difference between the densities of objectives by comparing the intensity of the reflected signal, Figure 17.

Un alt model de sistem pasiv este bazat pe recepționarea semnalelor IR produse de căldura emanată de sistemele de propulsie. Acesta se aseamănă cu cel bazat pe camere video, dar sunt utilizate camere IR eliminându-se dezavantajele cauzate de plafon și lumină.

În cadrul senzorilor activi avem sisteme bazate pe principiul sonar. Un alt sistem activ este bazat pe radarul Doppler bazat pe impuls electromagnetic. Dezavantajele sistemelor active se datorează masei mari a emițătorului și receptorului, precum și consumului mare de energie [10].

4.4. Radarul sintetic

Radarul cu apertură sintetică (SAR) este un tip de radar utilizat pentru a crea imagini mult mai mari decât ar fi posibil prin mijloace convenționale, figura 16.

Imaginile realizate cu ajutorul radarului sintetic au un avantaj față de imaginile obținute cu ajutorul echipamentelor video prin faptul că imaginea creată este tridimensională și poate prezenta și diferența dintre densitatea obiectivelor prin compararea intensității semnalului reflectat, figura 17.

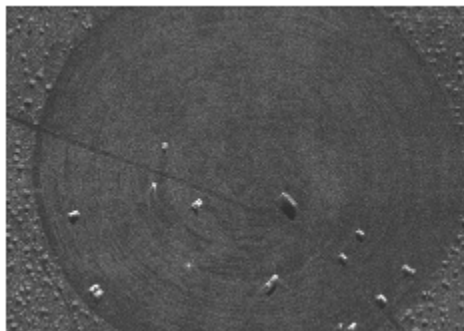


Figure 17. Image taken by SAR, resolution 0.3 m, radius of 24.7 km [16]
 Figura 17. Imagine prelevată de SAR, rezoluția 0,3 m, raza 24,7 km [16]

4.5. Weather, biometric, and CBRN sensors

These sensors detect air composition [11] as well as bacteriological, radioactive, and nuclear emissions (Figure 18).

4.5. Senzori meteo, biometrici și CBRN

Sunt utilizați pentru detectarea compoziției aerului [11], emisiilor bacteriologice, radioactive și nucleare (figura 18).

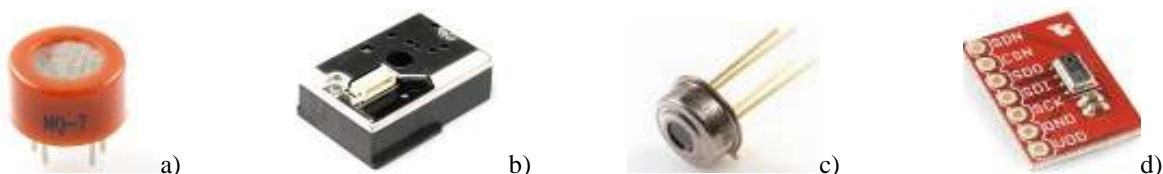


Figure 18. Biometric sensors și CBRN sensors / Figura 18. Senzori biometrici și CBRN

a) Carbon monoxide sensors; b) Dust sensor; c) IR temperature sensor; d) Pressure sensor
 a) senzor de monoxid de carbon; b) senzor de praf; c) senzor IR de temperatură; d) senzor de presiune

An example of a UAV platform is Falco which is equipped with a thermal imaging camera, a laser indicator, NBC sensors and two EO/IR sensors (Figure 19). The radars used by Falco are synthetic aperture radars (SAR), for maritime surveillance (MSR) and for electronic self-defense measures (MES). These radars capture images of the battlefield even in unfavorable weather conditions [12].

Un exemplu de platformă UAV este Falco, care este echipată cu o cameră cu termoviziune, un indicator cu laser, senzori NBC și doi senzori EO/IR (figura 19). Radarele utilizate de către Falco sunt cu apertură sintetică (SAR), pentru supraveghere maritimă (MSR) și pentru măsuri electronice de autoprotecție (MES). Acestea captează imagini ale câmpului de luptă chiar și în condiții meteo nefavorabile [12].

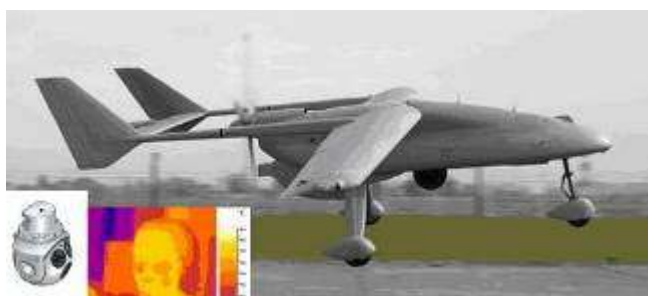


Figure 19. Falco – Galileo Avionics Pakistan, Selex Galileo sensor
 Figura 19. Falco – Galileo Avionics Pakistan, cu senzor Selex Galileo

4.6. Sensors for automatic systems onboard

A special category is represented by the sensors for monitoring and control systems of aircraft structures needed in specialized scientific activities. They are the following: sensors that can monitor the functioning of the components or sub-assemblies in

4.6. Senzori pentru sisteme ambarcate automate

O categorie aparte sunt senzorii pentru sistemele de monitorizare și control a structurilor de aeronave necesare activităților științifice de profil. Aceștia sunt: senzori ce pot monitoriza comportamentul elementelor sau subansamblurilor

various flight stages (e.g. air elasticity, vibrations, morphing for load-bearing surfaces), sensors for robotic controls [11] (the automatic execution of commands), see Figure 20.

în diferite faze de zbor (ex. comportamentul aeroelastic, vibrații, morphing-ul suprafețelor portante), senzori pentru comenzi robotizate [11] (execuția automată a unor comenzi), figura 20.

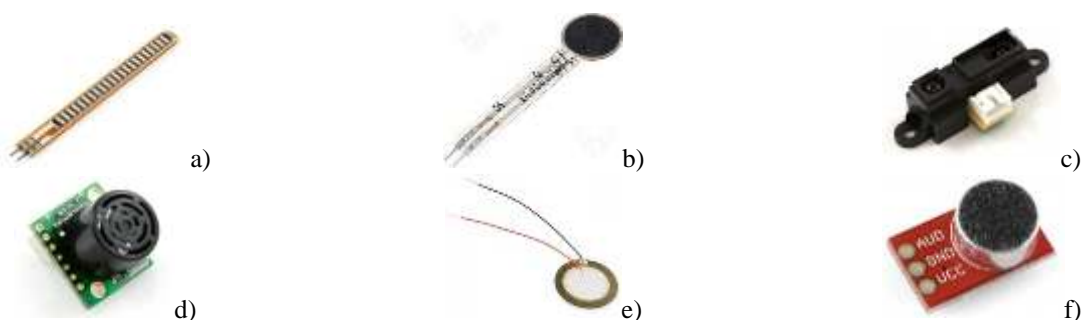


Figure 20. Sensors for automatic systems / Figura 20. Senzori pentru sistemele automate
 a) Bending sensor; b) Pressure sensor; c) Distance sensor; d) Proximity sensor; e) Piezo sensor; f) Microphone
 a) senzor de îndoire; b) senzor de presiune; c) senzor de distanță; d) senzor de proximitate; e) senzor piezo; f) microfon

5. Conclusion

There is some interdependence between the performance of sensors aboard UAVS and the capabilities of unmanned air systems. Currently some ground-based control stations (GCS) are capable of controlling multiple UAVs from a single location due to the equipment on the ground and on board the UAVs. Future network architecture will offer authorized users the possibility to control multiple UAVs and/or to access the products distributed by UAVs (Figure 21).

5. Concluzii

Există o interdependență între performanțele senzorilor de la bordul UAV și capabilitățile sistemelor aeriene nepilotate. În prezent unele stații de control de la sol (GCS) sunt capabile să controleze UAV multiple dintr-o singură locație, datorită echipamentelor prezente la sol și la bordul UAV. Viitoarea arhitectură de rețea le va oferi utilizatorilor autorizați posibilitatea să controleze UAV multiple și/sau să acceseze produsele distribuite de UAV (figura 21).

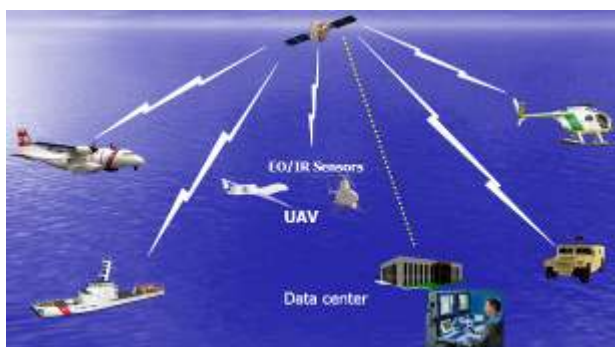


Figure 21. Interoperability among the beneficiaries through communication systems
 Figura 21. Interoperabilitatea între beneficiari prin sistemele de comunicații

The future belongs to the sensors on board UAVs which will collect data at higher resolutions proportional to the speed of information processing.

The most likely prospect is the use of network architecture (swarm), in which each vector performs autonomously. Shifting from point to point data connections to network connections offers the possibility of a growing number of users who can have access to the data regarding the missions of the UAVs and the telemetry data. The input nodes of the network can distribute streams of data to users.

Viitorul este rezervat senzorilor utilizați la bordul UAV, care vor achiziționa informația la rezoluții superioare proporționale cu viteza de procesare a informațiilor.

Perspectiva cea mai probabilă este utilizarea unei arhitecturi rețea (swarm), unde fiecare vector acționează autonom. Trecerea de la conexiunile de date punct cu punct la conexiunile de tip rețea oferă posibilitatea unui număr tot mai mare de utilizatori care pot avea acces la datele privind misiunile UAV și la datele de telemetrie. Nodurile de intrare din

In the future, the UAVs will be controlled directly by the operator, the commands being directly connected to his muscle tissues. In order to see where the UAV is flying, the pilot will be wearing a helmet or a pair of glasses which will project the images recorded by the camera in the nose of the UAV. Additionally, a vest connected to the sensors on board the aircraft will tell the pilot about turbulence zones or overload limits. In other words, the human operator from the ground will not pilot the aircraft but will become one.

rețele pot distribui fluxuri de date către utilizatori.

În viitor UAV vor fi guvernate direct prin mișcările operatorului, comenzile fiind conectate direct la țesutul muscular al acestuia. Pentru a vedea pe unde zboară, pilotul va purta o cască sau pereche de ochelari ce vor proiecta imaginile înregistrate de camera din botul UAV. De asemenea, o vestă conectată la senzorii din aeronavă va anunța pilotul asupra zonelor cu turbulențe sau suprasarcinilor limită. Cu alte cuvinte operatorul uman de la sol nu va pilota aeronava, ci va deveni el însuși aeronavă.

Acknowledgements

The current article benefited from the documentary support of “Transilvania” University of Brașov and “Henri Coandă” Air Force Academy of Brașov, Romania.

References

1. Paraschiv, C.V. (2013) *Platformă aeriană autonomă cu modul de luptă strategic - PAMLUS (Autonomous Air Platform with Strategic Combat Module – PAMLUS)*. PNCDI Research Project. Available at: http://mail.incas.ro/PNCDI2_Program4/81025/index.html. Accessed: 2013-10-04
2. * * * (2007) *Study Analyzing the Current Activities in the Field of UAV*. European Commission, Enterprise and Industry Directorate-General, ENTR/ 2007/65. Available at: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/security/files/uav_study_element_2_en.pdf. Accessed: 2013-04-12
3. UAS Yearbook (2011) *Unmanned aircraft systems – The Global Perspective 2011/2012*. Blyenburg & Co, ISSN 1967-1709, Paris.
4. Isache, L. (2006) *Avioanele fără pilot uman la bord, tehnică de viitor pentru forțele armate (Unmanned Aerial Vehicles, Future Technique for the Armed Forces)*. Gândirea Militară Românească, ISSN 1454-0460, no. 6/2006, p. 108-117, București, România (in Romanian)
5. Știr, M. (2010) *Angajarea sistemelor aeriene fără pilot în acțiunile militare (Engaging Unmanned Air Systems in Military Operations)*. Gândirea Militară Românească, ISSN 1454-0460, no. 6/2010, p. 24-41, București, România (in Romanian)
6. Gundlach, J. (2012) *Designing unmanned aircraft systems*. AIAA Education, ISBN 978-1-60086-843-6, Virginia, USA
7. * * *: <http://www.uavm.com/uavsubsystems/imagingdatasensors.html>. Accessed: 2012-12-18
8. * * *: <http://www.eagletreesystems.com/Plane/plane.html>. Accessed: 2013-01-18
9. Muraru, A. (2012) *A Critical Analysis of Sense and Avoid Technologies for Modern UAVs*. Advances in Mechanical Engineering, ISSN 2160-0619, Vol. 2, no. 1 (March 2012), p. 23-29
10. Geyer, C., Singh, S., Chamberlain, L. (2008) *Avoiding Collisions Between Aircraft: State of the Art and Requirements for UAVs operating in Civilian Airspace*. CMU-RI-TR-08-03, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania, USA
11. * * *: <http://www.robofun.ro/senzori>. Accessed: 2013-04-19
12. * * *: <http://www.airforce-technology.com/projects/falco-uav>. Accessed: 2013-02-12
13. * * *: *The U.S. Air Force Remotely Piloted Aircraft and Unmanned Aerial Vehicle – Strategic Vision, 2005*, Available at: www.dtic.mil/docs/citations/ADA495209
14. * * *: *Report on Unmanned Aerial Vehicles in Perspective: Effects, Capabilities and Technologies*. Air Force Scientific Advisory Board, SAB-TR-03-01, 2003
15. Popescu, R.L. *Implicațiile întrebuințării sistemelor aerospațiale fără echipaj uman la bord asupra acțiunilor militare (Implications of the Use of Unmanned Air Systems in Military Operations)*, 2011, PhD thesis, București, România
16. Hensley, W.H., Doerry, A.W., *A High Resolution, Light-Weight, Synthetic Aperture Radar for UAV Application*. 45th Annual Tri-Service Radar Symposium, June 1999
17. Nehme, C.E., Cummings, M.I., Crandall, J.W. (2006) *A UAV Mission Hierarchy*. Massachusetts Institute Of Technology, HAL2006-09
18. * * *: *Strategia de securitate națională a României*. Available at: www.presidency.ro/static/ordine/SSNR/SSNR.pdf
19. * * *: *Optics and optical instruments annual catalog – autumn 2013*. Available at: www.edmundoptics.eu

Received in September 2013
(and revised form in November 2013)

Lucrare primită în septembrie 2013
(și în formă revizuită în noiembrie 2013)