



UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA

Educational for Drone (eDrone)
574090-EPP-1-2016-1-IT-EPPKA2-CBHE-JP



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Pasquale DAPONTE, Florentin PALADI, Tatiana BULIMAGA
(coordonatori)

**Natalia NEDEOGLO, Corneliu ROTARU, Anton DANICI,
Valeriu SEINIC, Veaceslav SPRINCEAN, Constantin VOZIAN,
Valeriu CAZAN, Ion CORCIMARI, Eugenia CEBOTARU**

SUPORT DE CURS **EDUCAȚIE PENTRU DRONE**

Chișinău, 2019

CZU 629.734+347.823.3(075.8)

E 19

Lucrarea a fost aprobată spre editare în cadrul ședinței Senatului Universității de Stat din Moldova (proces-verbal nr.7 din 05 martie 2019).

Coordonatori: *Pasquale DAPONTE, Florentin PALADI, Tatiana BULIMAGA*

Autori:

Natalia NEDEOGLO (USM)

Corneliu ROTARU (USM)

Anton DANICI (AAC)

Valeriu SEINIC (UASM)

Veaceslav SPRINCEAN (USM)

Constantin VOZIAN (AAC)

Valeriu CAZAN (AAC)

Ion CORCIMARI (ACAPOL)

Eugenia CEBOTARU(AAP)

Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții

Educație pentru Drone : Suport de curs / Natalia Nedeoglo, Corneliu Rotaru, Anton Danici [et al.] ; coord.: Pasquale Daponte [et al.] ; Univ. de Stat din Moldova. – Chișinău : CEP USM, 2019. – 330 p.

Bibliogr. la sfârșitul paragrafelor. – Referințe bibliogr. în subsol. -- Apare cu suportul Educational for Drone (eDrone), co-funded by the Erasmus + Progr. of the European Union. – 50 ex.

ISBN 978-9975-142-85-4.

629.734+347.823.3(075.8)

E 19

ISBN 978-9975-142-85-4

© USM, 2019

Cuprins

Introducere	5
Partea I. TEHNOLOGIA DRONELOR	
§1. Arhitectura dronelor (N.Nedeoglo, C.Rotaru).....	9
1.1. Terminologia și categoriile RPAS	9
1.2. Elementele componente ale dronelor	12
1.3. Bazele aerodinamicii	43
1.4. Lansarea și aterizarea	60
1.5. Efectele condițiilor meteorologice asupra UAS-urilor de mici dimensiuni ...	76
§2. Tehnici de pilotare (A.Danici)	91
§3. Echipamente pentru măsurători și monitorizare (V.Seinic)	103
3.1. Introducere în echipamentele de măsurare și monitorizare	103
3.2. Echipamente de măsurare și monitorizare	108
3.3. Dispozitive de captare a imaginii	128
3.4. Proprietățile fotografiei aeriene	139
3.5. Tipurile de imagine	152
§4. Avionica dronelor (V.Sprincean)	159
4.1. Subsistemele avionice	160
4.2. Senzorii și servomotoarele dronelor	164
4.3. Servomotoarele	166
4.4. Tehnologia mems	166
4.5. Sistemul de navigație prin satelit	193
§5. Prelucrarea datelor măsurătorilor (V.Seinic)	209
5.1. Metode de aerofotografiere	209
5.2. Pregătirea zborului de aerofotografiere	213
5.3. Captarea de imagini cu UAV-ul	221
5.4. Elaborarea planului ORTOFOTO	228
5.5. Elaborare modelelor 3D	246
Partea II. DREPT ȘI ELEMENTE DE REGLEMENTARE A DRONELOR	
§1. Evoluția cadrului normativ aferent aparatelor de zbor fără pilot (C.Vozian)	253
§2. Politici și drept internațional în domeniul aviației civile (V.Cazan)	261
§3. Respectarea legislației pentru operarea dronelor în țările din UE (E.Cebotaru)	266
Partea III. APLICAȚII CIVILE	
§1. Aplicarea dronelor în agricultură (V.Seinic)	279
§2. Aplicarea dronelor în lucrările cadastrale (V.Seinic)	293
§3. Aplicarea dronelor în administrația publică centrală și locală (E.Cebotaru) .	301
§4. Utilizarea dronelor: unele aspecte dintre viața privată și necesitățile publice (I.Corcimari)	323

Introducere

Dronele reprezintă o tehnologie modernă care are un potențial mare pentru dezvoltarea aplicațiilor și serviciilor civile. Datorită tehnologiilor de conducere la distanță, **dronele** pot colecta date calitative și cantitative într-un anumit mediu în timpul zborului.

Domeniile principale de aplicații civile care utilizează **aparatele de zbor fără pilot (drone)** sunt:

- agricultura,
- supravegherea,
- fotografiera aeriană,
- detectarea scurgerilor de gaz,
- detectarea incendiilor,
- monitorizarea mediului ambient,
- arheologia,
- monitorizarea sistemelor fotovoltaice,
- monitorizarea construcțiilor și clădirilor,
- controlul liniilor electrice.



Toți profesioniștii care lucrează în aceste domenii pot beneficia de avantajele aparatelor de zbor fără pilot deoarece ele permit:

- reducerea timpului și a costurilor necesare pentru procesele de monitorizare sau de măsurare,
- accesarea locurilor cu acces dificil,
- automatizarea procedurilor de monitorizare și de măsurare, de exemplu, utilizând funcția de autopilot.

Difuzarea tehnologiilor de tip drone va oferi noi oportunități de angajare, în special pentru tineri. Datorită competențelor diverse necesare pentru folosirea dronelor, proiectarea misiunii, proiectarea echipamentului respectiv, conducerea dronei, prelucrarea datelor, experții din acest domeniu vor fi solicitați pe piața muncii. Noi oportunități de angajare sunt încurajate de strategia **Europa 2020**, astfel cum se menționează în [Comunicarea Comisiei Europene "Tineretul în mișcare"](#).

Scopul cursurilor realizate în cadrul Proiectului Erasmus+ ***Education for Drone*** este de a oferi absolvenților cunoștințele de care au nevoie pentru a fi angajați în calitate de ***operatori de drone, operatori de senzori folosiți în aplicații civile***.

În cadrul cursurilor vor fi studiate diferite aspecte legate de tehnologia, reglementarea și aplicarea dronelor. Aceste cursuri vor pregăti formabilul să opereze o dronă în limitele legilor și reglementărilor actuale în cadrul spațiului aerian național.

Cursurile sunt divizate în trei părți principale: *tehnologia dronelor, drept și elemente de reglementare a dronelor și aplicații civile*, fiind organizate în următoarele **Module** și **Cursuri**:

I. Tehnologia dronelor

Arhitectura dronelor,

Tehnici de pilotare,

Avionica dronelor,

Prelucrarea datelor măsurătorilor,

Echipamente pentru măsurători și monitorizare,

Mentenanța dronelor,

II. Drept și elemente de reglementare a dronelor

III. Aplicații civile.

Cariere legate de folosirea dronelor:

- managerul proiectelor legate de drone
- manager de asigurare a calității dronelor
- analist de testare a sistemului de zbor fără pilot
- cartograf și fotogrammetrist
- tehnician electromecanic în domeniul dronelor
- tehnician de sondare
- tehnician de cartografiere
- tehnician de teledetectie (Remote sensing technician)
- tehnician de avionica dronelor
- analist de informații.

Lucarea este editată în cadrul proiectului UE Erasmus+ de tipul „Capacity Building for Higher Education Project Representatives Meeting”, intitulat „Educational for Drone” (eDrone, 574090-EPP-1-2016-1-IT-EPPKA2-CBHE-JP, www.edrone.unisannio.it/), la care participă 17 instituții din 8 state din UE și țările partenere, inclusiv 5 instituții din Republica Moldova. Obiectivul principal al proiectului este de a oferi universităților din țările partenere instrumente eficiente de transfer tehnologic prin crearea și dotarea *Oficiilor*



de Educație pentru Drone (OED), inclusiv prin transferul acestor cunoștințe la profesioniștii din fiecare țară parteneră. Cursurile de formare profesională continuă „Educație pentru drone”, aprobată de Senatul USM și coordonată cu Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova, se desfășoară din 2018 în cadrul Oficiului de Educație pentru Drone de la Universitatea de Stat din Moldova.

Coordonatorii

Abrevieri și Acronime

- ADM: Aeronautical Decision-Making
- AC: Advisory circular
- ACR: Airman certification representative
- ACS: Airman certification standards
- AEPL: Aviation English language proficiency
- AFS: Flight standards service
- AGL: (Height) Above Ground Level
- AIM: Aeronautical information manual
- AIP: Aeronautical information publication
- AKTC: Airman knowledge testing center
- AS: Air Speed
- ASL: (Height) Above Sea Level
- ASOS: Automated surface observation system
- ATC: Air Traffic Control
- ATIS: Automatic terminal information Service
- AWOS: Automated weather observation system
- BLOS or BVLOS: Beyond visual line of sight
- CAA: Civil aviation authority
- CRM: Crew resource management
- CRP: Chief remote pilot
- CTAF: Common traffic advisory frequency
- EASA: European Aviation Safety Agency
- EVLOS: Extended visual line of sight
- FAA: Federal aviation administration
- GCS: Ground Control Station
- GNSS: Global Navigation Satellite System
- GPS: Global positioning system
- GS: Ground Speed
- HOME: Punctul de lansare
- ICAO: International Civil Aviation Organization
- IFR: Instrument flight rules
- IMC: Instrument meteorological conditions
- IMU: Inertial Measurement Unit
- LiIo: Lithium Ion (Batteries)
- LiPo: Lithium Polymer (Batteries)
- LOS: Line of Sight
- LSC: Learning statement code
- METAR: Aviation routine weather reports (meteorological aerodrome report)

- MTR: Military training routes
- NAS: National airspace system
- NOTAM: Notices to airmen
- NSA: National security areas
- PIC: pilot in command
- POI: Point of Interest
- RF: Radio Frequencies
- RPAS: Remotely Piloted Aircraft System
- RPE: Remote pilot examiner
- RTL: Return to Launch (HOME)
- SAO: Safety alert for operators
- SMS: Safety management system
- TAF: Terminal area forecast
- TFR: Temporary Flight Restriction
- TRSA: Terminal radar service areas
- UAS: Unmanned Aerial System
- UAV: Unmanned Aerial Vehicle
- UNICOM: Aeronautical advisory communications stations
- VFR: Visual flight rules
- VLOS: Visual line of sight
- VMC: Visual meteorological conditions
- WP: WayPoint

§1. Arhitectura dronelor

Noțiuni de bază

Forțele care acționează asupra aeronavei în zbor sunt:

Forța de portanță (Lift) – în sus

Forța de tracțiune (Thrust) – înainte

Forța de greutate (Weight) – în jos

Forța de rezistență la înaintare (Drag) – înapoi

Rotațiile în jurul axelor de orientare a aeronavei:

Ruliu (Roll)

Tangaj (Pitch)

Girație (Yaw)

Airspeed – viteza aeronavei față de aer

BEC (Battery Eliminator Circuit) – circuit de eliminare a bateriilor

CW and CCW propellers – clockwise and counter clockwise propellers – elice rotindu-se în sensul acelor de ceasornic și în sens invers acelor de ceasornic

Counter-rotating propellers – elicele contra-rotative

IMU – Inertial Measurement Unit – unitatea de măsurare inerțială

Maximum Takeoff Mass (MTOM) – masa maximă la decolare

Payload – încărcătură utilă

Throttle – clapetă de accelerare

Torque – cuplu rotativ

Wingspan – anvergura aripilor

1.1. Terminologia și categoriile RPAS

Drona, UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) – vehicul aerian fără pilot, aeronavă fără pilot, aparat de zbor fără pilot, aparat de zbor pilotat la distanță.

Zborul dronei (UAV-ului) poate fi controlat la distanță cu ajutorul unui pilot uman aflat pe teren, sau este realizat autonom cu ajutorul unor calculatoare și programe speciale.

Termenul *drone* este mai frecvent folosit în misiuni militare, în timp ce termenul UAV – termenul inițial adoptat – se folosește mai larg în toate aplicații.

UAS (*Unmanned Aerial System*) – sistemul aerian fără pilot, este termenul mai actualizat acceptat pe plan internațional.

Un sistem aerian fără pilot are două părți, nu numai drona, ci și sistemul de control.

UAV-urile pot fi clasificate în şase categorii funcționale, în funcție de domeniul de utilizare:

- pentru recunoaștere (furnizare de informații despre câmpul de luptă);
- logistică (concepute special pentru transport de marfă și operațuni de logistică);
- target și ademenire (furnizare de informații despre ținte aeriene sau la sol);
- cercetare și dezvoltare (utilizate pentru dezvoltarea diverselor tehnologii);
- combatere (utilizate în misiuni militare de atac cu risc ridicat);
- civil și comercial (pentru aplicații civile și comerciale, de exemplu, înregistrare foto-video).

RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*) – sistemul aerian pilotat la distanță, este definit de ICAO (International Civil Aviation Organization – Organizația Internațională de Aviație Civilă) ca forma de UAS (sistemul aerian fără pilot) care este neautonomă, aeronava fiind supusă controlului direct al pilotului în toate etapele de zbor, în pofida faptului că este operat „la distanță” de către pilot (*Fig. 1.1.1*).



Fig. 1.1.1. Remotely Piloted Aircraft System by ICAO
<https://www.icao.int/safety/UA/UASToolkit/Pages/default.aspx>

Pilot la distanță (*Remote Pilot*): Termenul folosit pentru a desemna pilotul în comandă (comandanțul, PIC) al unui sistem aerian pilotat la distanță (RPAS).

Un pilot la distanță calificat (*A qualified Remote Pilot*) este o persoană care a întreprins un curs oficial de formare în aviație și deține o calificare personală, cum ar fi un certificat de controlor al UAV-ului sau o licență de pilot la distanță eliberată de CAA (Autoritatea Aeronautică Civilă).

Licență de Pilot la distanță (*Remote Pilot License*): O licență de pilot la distanță eliberată de CAA unei persoane fizice; demonstrează competența Pilotului unei aeronave pilotate la distanță (tipul aeronavei este specificat în licență).

Operatorul de UAV (*UAV Operator*): Persoana juridică certificată de CAA să desfășoare operațiuni de zbor UAV pentru operațiunile comerciale de activitate aeriană.

Un pilot la distanță necalificat (*An unqualified Remote Pilot*): este o persoană care nu a întreprins un curs oficial de formare în aviație și efectuează zborurile limitate de Condițiile Standarde de Operare din clasa „RPA (aeronava pilotată la distanță) exclusă” sau efectuează zboruri numai în scopuri recreative.

Certificarea indică faptul că operatorul a îndeplinit un standard minim de siguranță adoptat prin reglementarea aeronautică. Acest lucru este reglementat de CAA și este auditat în mod obișnuit pentru a asigura că standardele minime de siguranță sunt respectate.

Certificarea desemnează un operator profesionist care asigură că personalul este instruit și calificat în conformitate cu reglementările aeronautice. Fiindcă certificarea reprezintă cel mai înalt „standard industrial”, operatorii certificați sunt, în general, mai experimentați, au cel mai larg domeniu de operare și pot aplica pentru unele excepții de la Condițiile Standarde de Operare. Un operator certificat de UAV sau RPAS respectă un standard minim de siguranță.

Formarea operatorilor de UAS trebuie să includă: componentele aeronavelor, sisteme de aeronave, spațiul aerian, aerodinamică, reglementări, operațiuni de zbor, elemente de bază ale zborului, proceduri de urgență, scenarii de misiune, confidențialitate, siguranță, condițiile meteo.

UAS-urile posedă, în general, mai puțină rezistență în funcționare decât aeronavele cu echipaj, ceea ce limitează operațiunile generale și zona de lucru.

Categoriile RPAS

- ARF: Aproape gata de zbor (*ARF: Almost Ready to Fly*): un UAV care vine asamblat cu aproape toate piesele necesare pentru zbor. Este posibil ca unele componente (controler și receptor) să nu fie incluse.
- BNF: Bind and Fly (*BNF: Bind and Fly*): UAV-ul este complet asamblat și include un receptor. Trebuie doar să alegeti un transmițător compatibil și să îl legați cu receptorul.
- DIY: Do It Yourself (*DIY: Do It Yourself*): implică utilizarea pieselor de la o varietate de furnizori diferiți și crearea sau modificarea unor părți – UAV-ul trebuie să fie asamblat din aceste piese.
- RTF: Gata de zbor (*RTF: Ready To Fly*): un UAV care este complet asamblat cu toate piesele necesare. Pur și simplu încărcați bateria și zburăți.

1.2. Elementele componente ale dronelor

1. Forțele care acționează asupra dronei în zbor
2. Fixed-wing versus rotary-wing – cu aripi fixe sau cu aripi rotative (multirotor)
3. Clasificarea dronelor multirotor
4. Partea mecanică
5. Motoare
6. Regulator de turatie (ESC)
7. Alte elemente
8. Controler de zbor

Pentru a proiecta o dronă sunt necesare cunoștințele despre elementele componente ale UAV-urilor și materialele din care vor fi fabricate, în funcție de domeniul de utilizare a lor. UAV-ul este alcătuit din componente hardware și software.

Elementele de bază ale unei drone sunt:

- cadrul (corful aeronavei),
- motoare,

- controler de zbor,
- ESC (Electronic Speed Controller) – regulatoare de turărie pentru motoare cu perii,
- elice,
- acumulatoare,
- transmițător/receptor RC,
- alte elemente (module GPS, senzori, giroscop, etc.).

Unele componente pot fi realizate utilizând o imprimantă 3D.

1. Forțele care acționează asupra dronei în zbor

Forțele care acționează asupra aeronavei în zbor sunt: **Forța de portanță (Lift)** – în sus; **Forța de tractiune (Thrust)** – înainte; **Forța de greutate (Weight)** – în jos; **Forța de rezistență la înaintare (Drag)** – înapoi (Fig.1.1.2). Aeronava se mișcă cu un **unghi de atac** (față de direcția zborului). **Unghiul de atac** este unghiul la care este poziționat profilul aerodinamic față de direcția generală de curgere a fluidului.

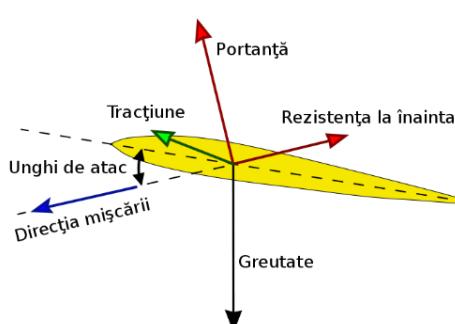


Fig.1.1.2. Forțele care acționează asupra unui profil aerodinamic

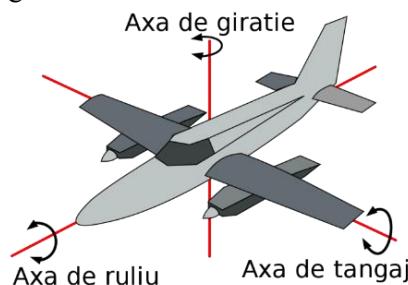


Fig.1.1.3. Axele de orientare a aeronavei

Axa de ruliu – axa longitudinală, trece la un avion de la bot la coadă (Fig. 1.1.3). Rotația în jurul acestei axe se numește **ruliu (Roll)**. Poziția unghiulară în jurul acestei axe se numește **înclinare (laterală)**. Pilotul schimbă înclinarea

crescând portanța aripiei (aripilor) dintr-o parte și descrescând portanța celor din partea opusă. Portanțele diferite determină rotația avionului în jurul axei de ruliu. Suprafețele principale de control pentru înclinare sunt eleroanele. Eleroanele sunt controlate prin mișcarea stânga-dreapta a manșei. Varierea direcției determină și ea un efect de înclinare.

Vedeți mișcarea de ruliu:

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Aileron_roll.gif

Axa de tangaj – axa transversală, trece la un avion cu aripi drepte prin vârfurile aripilor (Fig.1.1.3). Rotația în jurul acestei axe se numește **tangaj** (**Pitch**). Tangajul modifică poziția în plan vertical a botoului avionului. Ridicarea botoului avionului duce la *cabraj*, iar coborârea lui la *picaj*. Suprafața principală de control pentru tangaj este profundorul. Profundorul este controlat prin mișcarea înainte (picaj)-înapoi (cabraj) a manșei.

Vedeți mișcarea de tangaj:

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Aileron_pitch.gif

Axa de giroație – axa verticală, trece prin avion de sus în jos (Fig. 1.1.3). Rotația în jurul acestei axe se numește **giroație** (**Yaw**). Giroația schimbă poziția botoului avionului la stânga sau la dreapta. Suprafața principală de control pentru giroație este direcția. Bracarea direcției la stânga-dreapta este controlată prin apăsarea pedalei respective a palonierului. Acționarea eleroanelor determină și ea un efect de giroație.

Vedeți mișcarea de giroație:

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Aileron_yaw.gif

2. Fixed-wing versus rotary-wing – cu aripi fixe sau cu aripi rotative (multirotor)

2.1. UAV-urile cu aripi fixe

Aripă fixă (sau avion): acest tip de UAV are aripile fixe, suprafețele cărora generează forță de portanță necesară realizării zborului. Datorită aripiei rigide, aeronava fără pilot poate plana (Eng. gliding) și este mai stabilă în aer dacă apar probleme de pilotaj sau tehnice.

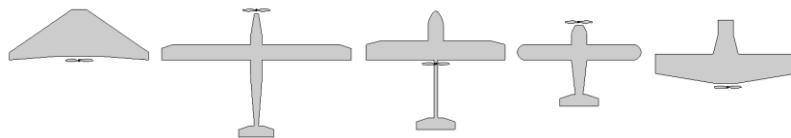
Dimensiune (mm): În mod normal, dimensiunea este prezentată în milimetri și reprezintă cea mai mare distanță dintre capetele a două motoare ale UAV-ului, sau diametrul celui mai mare cerc care intersectează toate motoarele. Dimensiunile UAV-urilor cu aripă fixă sunt cuprinse între 350 mm și 700 mm. Dimensiunea poate determina, de asemenea, clasa de UAV.

Aeronavele cu aripă fixă pot să transporte mai mult echipament sau greutăți pe distanțe mai mari, folosind mai puțină putere.

ACESTE CARACTERISTICI DETERMINĂ FAPTUL CĂ UAV-URILE CU ARIPĂ FIXĂ SUNT PERFECT APPLICABILE ÎN LIVRAREA COLETELOR, PRECUM și ÎN MISIUNI PE DISTANȚĂ LUNGĂ.

Caracteristicile dronelor cu aripi fixe

- Drona este lansată cu mâna, catapulta sau de pe o pistă, și, în general, aterizează pe o pistă.
- Necesită un spațiu larg deschis în care să zboare, deoarece manevrabilitatea UAV-ului este limitată.
- Aripile generează portanță UAV-ului.
- Încărcătura utilă cu echipamente sau greutăți (*Eng. payload*) este mai mare.
- În cazul unei defecțiuni a motorului, există totuși posibilitatea de aterizare fără a se deteriora aeronava.



Aripă Delta

Planor

Skywalker

Convențional

Non-standard

Fig. 1.1.4. Forma dronelor cu aripi fixe

Avantajele și dezavantajele UAV-urilor depind de modelul aeronavei (Fig. 1.1.4):

Aripă Delta (Delta wing): Cel mai simplu model este cu aripile de zbor cu formă de triunghi – aripile delta (datorită asemănării formei lor cu litera grecească delta – Δ). Un cadru simplu pot fi realizat cu ajutorul unei plăci ieftine din spumă. Acest tip clasic de UAV are doar două suprafete de control.

Planor/planor motorizat (Motorized sailplane/glider): Este pentru cel mai îndelungat timp de zbor, acest design este cea mai bună alegere. UAV-urile de acest tip au un design cu aripi medii sau înalte, iar coada este în formă de T sau V. Planoarele nu sunt menite să fie cele mai rapide (și sunt, de cele mai multe ori, cele mai lente) și nu au cea mai mare încărcătură utilă (planorul trebuie să fie cât mai ușor), dar modelele cu un design bun pot rămâne în aer timp de multe ore. Aproape toate planoarele au elice montate în față, de unde rezultă că camera foto trebuie să fie montată pe partea inferioară a aeronavei sau "burta" fuselajului.

Skywalker: Elica este montată în spatele aripilor, iar suportul pentru coadă este montat încă mai jos pentru a nu împiedica elica. Faptul că elica se află în spate înseamnă că camera foto poate fi montată pe „capul” aeronavei (vedere nerestricționată). Aceste modele au valori mari de încărcătură utilă, viteza și timp de zbor și oferă cea mai mare diversitate.

Convențional: Aproape toate UAV-urile de acest tip au elice montate în față. Aripile sunt în general marginea din spate și marginea din față drepte (forma dreptunghiulară). Aceste modele nu sunt cele mai reușite din punct de vedere a montării camerei foto și nu sunt cele mai ușoare pentru fabricare (multe modele sunt fabricate din lemn și au rezistență scăzută în cazul unui accident).

Non-standard: Sunt disponibile unele modele „non-standard”. De exemplu, un model are aripi în forma de săgeată inversă (*forward swept configuration*) și elice la spate.

2.2. UAV-urile cu aripi rotative

UAV-ul cu aripă rotativă este o aeronavă fără pilot cu mijloace de propulsie care produce forță de portanță, pe deplin sau parțial, dintr-un sistem cu aripi rotative. Cea mai bună calitate a acestui model este capacitatea de decolare și aterizare pe verticală, care permite pilotului să opereze într-un spațiu mai mic.

Capacitatea de a staționa în aer și de a efectua manevre face UAV-urile cu aripi rotative să fie potrivite pentru diverse aplicații, cum ar fi inspecțiile,

unde este necesară manevrarea de precizie înaltă. Acest tip de UAV necesită procese de întreținere și reparație mai lungi și mai complicate.

UAV-urile cu un rotor principal și un rotor de coadă (de tip elicopter) reprezintă sistemele inherent instabile (deci, pentru a zbura au nevoie de comandă automată), neliniare, cuplate, cu intrări/ieșiri multiple, care au caracteristici unice. UAV-urile de dimensiuni mici au dinamică mai rapidă și mai receptivă decât cele de dimensiuni mari, ceea ce creează problema proiectării reglatorului de stabilizare. Aerodinamica aeronavelor cu aripi rotative este, prin natura lor, mai complexă decât aerodinamica aeronavelor cu aripi fixe.

3. Clasificarea dronelor multirotor

UAV-ul multirotor este o aeronavă cu rotoare multiple. Aceste modele au mai multe elice, fiecare se rotește în jurul unei axe fixe. UAV-urile multirotor au aceleași calități ca UAV-urile cu aripi rotative, dar ele sunt mai stabile și mai ușor de controlat. De aceea, ele sunt folosite în misiunile de precizie și sunt perfecte pentru filmare, cartografiere aeriană sau monitorizarea infrastructurii. Dar multirotorii au de obicei un timp de zbor scurt.

Clasificarea dronelor multirotor

Există o gamă largă de setări pentru multirotori:

- 3 rotoare (**tricopter**),
- 4 rotoare (**quadrotor**, **quadrocopter**, **quadcopter**),
- 6 rotoare (**hexacopter**),
- 8 rotoare (**octocopter**).
- 12 sau 16 rotoare.

Tricopter

Un **tricopter** are trei motoare/elice și trei brațe de sprijin (Fig. 1.1.5). Partea frontală a dronei se află între două brațe (**configurație Y3**). Unghiul dintre brațe poate varia, dar trebuie să fie de 120° . Pentru a se deplasa, motorul din spate se rotește pentru a contracara efectul giroscopic al unui număr impar de rotoare, precum și a schimba unghiul de giroscopie. Un servomotor trebuie

montat de-a lungul axei. Nu toate controlerile de zbor suportă această configurație.



Fig. 1.1.5. Tricopter

Avantaje: zboară mai asemănator cu un avion în mișcare înainte.

Dezavantaje: Deoarece tricopterul nu este simetric, se utilizează un servomotor RC (radio control) pentru rotirea motorului din spate și, ca atare, designul dronei este mai sofisticat în comparație cu multe alte UAV-uri multirotoare.

Quadrotor



Fig. 1.1.6. Quadrotor

În prezent, **quadrotorii** sunt cele mai folosite drone în domeniul civil. Un quadrotor are patru motoare/elice și patru brațe de sprijin, fiecare conectat la un motor (*Fig. 1.1.6*). Două elice se rotesc în sensul acelor de ceasornic și

celelalte două în sens invers acelor de ceasornic, deci momentul unghiular al fiecărei elice este anulat de elicea care se rotește în direcția opusă (Fig. 1.1.7). Controlul **axei de giroscopie** (Yaw control) se face prin accelerarea sau încetinirea motoarelor. Partea frontală a UAV-ului se află între două brațe (**configurație X**) (Fig. 1.1.8) sau de-a lungul unui braț (**configurație +**). De obicei, quadrotoorul rămâne în aer timp de aproximativ 15-20 de minute.

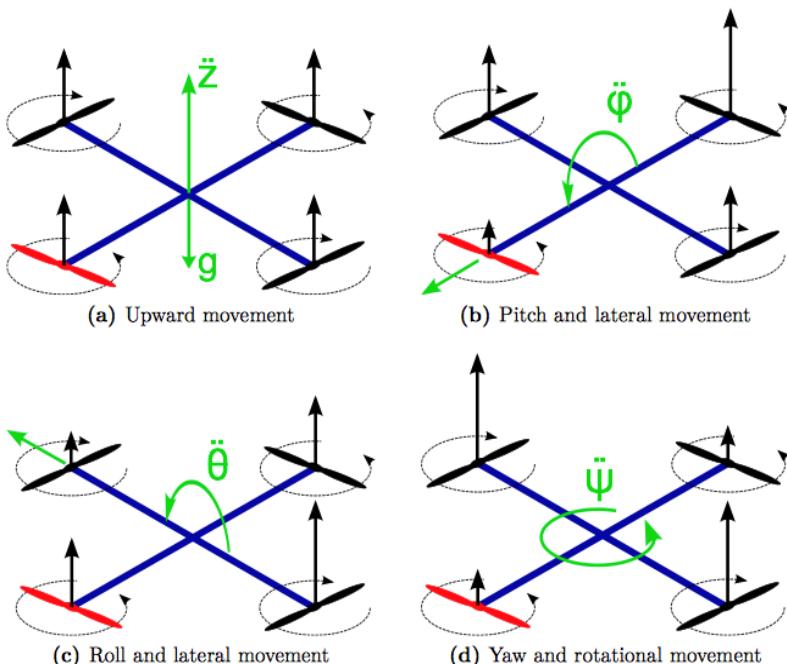


Fig. 1.1.7. Controlul axelor de orientare a quadrotoorului

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| a) Mișcarea în sus | b) Mișcarea de tangaj și laterală |
| c) Mișcarea de ruliu și laterală | d) Mișcarea de giroscopie și laterală |

Avantaje: Cel mai popular design multirotor, cea mai simplă construcție, diversitatea modelelor. În configurația standard, brațele/motoarele sunt simetrice în jurul a două axe.

Dezavantaje: Nu există nicio redundanță, deci dacă apare un eșec oriunde în sistem, în special, în motor sau elice, este probabil că aeronava se va prăbuși.

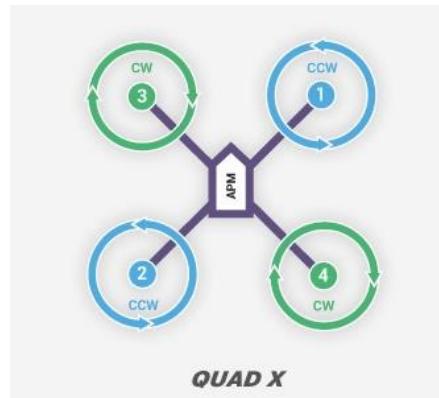


Fig. 1.1.8. Quadrotor. Configurația X

Hexacopter

Un **hexacopter** are șase motoare/elice și șase brațe de sprijin, fiecare braț fiind conectat la un motor (*Fig. 1.1.9*). Partea frontală a dronei se află între două brațe sau de-a lungul unui braț. Aceste motoare și piese suplimentare adăuga la greutatea UAV-ului, de accea, pentru a obține același timp de zbor ca pentru un quadrotoar, acumulatorul trebuie să fie mai mare și să aibă capacitate mai mare.



Fig. 1.1.9. Hexacopter. Congigurațiile Hexa X și Y6

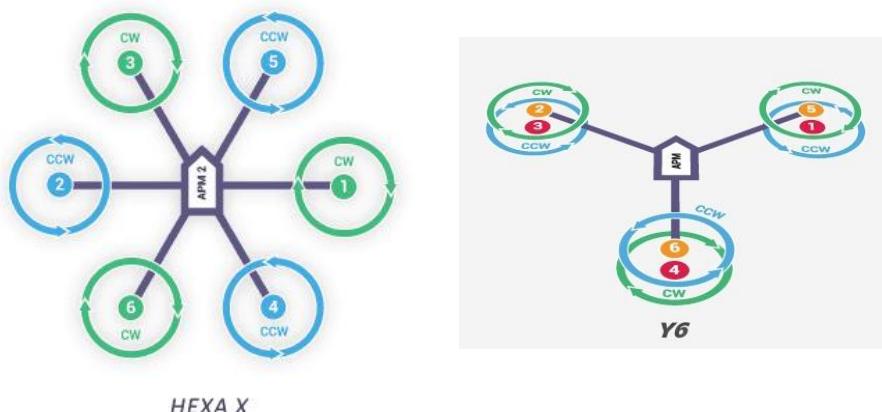


Fig. 1.1.10. Hexacopter. Configurațiile Hexa X and Y6

Configurația Y3/Y6 este configurația UAV-ului cu trei brațe de sprijin. **Configurația Y3** are un motor la capătul fiecărui braț, **configurația Y6** are câte două motoare pe fiecare braț (*Fig. 1.1.10*). **Configurația Y6** reprezintă un tip de hexacopter cu doar trei brațe de sprijin (în loc de șase), cu un motor conectat la fiecare parte a brațului (partea exterioară și cea inferioară). Elicele montate pe partea inferioară creează forță de tracțiune în jos.

Avantaje: **configurația Y6** are 3 brațe de sprijin, ceea ce înseamnă că UAV-ul are capacitatea de încărcare mai mare în comparație cu un quadrotor și mai puține componente decât un hexacopter standard. În **configurația Y6** este eliminat efectul giroscopic datorită prezenței elicelor contra-rotative, ceea ce mărește propulsia aeronavei. De asemenea, dacă un motor se defectează, există încă o sansă ca UAV-ul să poată ateriza, mai degrabă decât să se prăbușească.

Dezavantaje: Motoarele și piesele suplimentare adaugă la greutatea UAV-ului, deci acumulatorul trebuie să fie mai mare și să aibă capacitate mai mare. Experimental s-a depistat că forța de tracțiune dezvoltată de UAV-ul cu **configurația Y6** este puțin mai mică în comparație cu hexacopterul standard, probabil, datorită faptului că forța de tracțiune creată de elicele superioare este

influențată de forța de tractiune creată de elicele inferioare. Nu toate controlerele de zbor suportă această configurație.

Octocopter

Un **octocopter** are opt motoare/elice și opt brațe, fiecare braț fiind conectat la un motor (Figs. 1.1.11, 1.1.12). Partea frontală a octocopterului se află între două brațe. Acest tip de UAV-uri au o redundanță înaltă.



Fig. 1.1.11. Octocopter

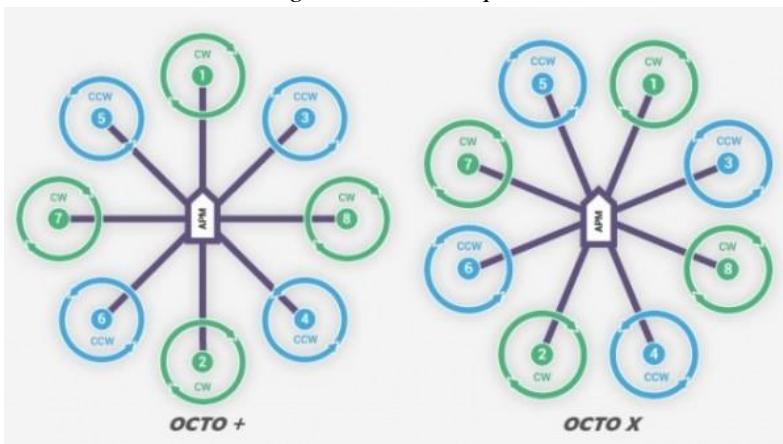


Fig. 1.1.12. Octocopter. Configurațiile Octo + și Octo X

Avantaje: Mai multe motoare = mai multă forță de tractiune, precum și o redundanță înaltă.

Dezavantaje: un preț mai mare și acumulator cu capacitate mai mare.

Configurația X8 este analogică **configurației Y6** și poate oferi redundanță în cazul pierderii uneia dintre cele 8 rotoare (*Fig. 1.1.13*).



Fig. 1.1.13. Octocopter. Configurația X8

4. Partea mecanică

Corful (cadrul) aeronavei

Cadrul este “scheletul” aeronavei, pe care sunt montate celelalte elemente componente. Caracteristicile unui cadru sunt forma, dimensiunea, materialul din care el este făcut.

Cadrul dronei multirotor constă din zona centrală (o placă pe care sunt montate componentele electronice) și brațele, pe care sunt montate motoarele și elicele. Dimensiunile maxime ale unui cadru sunt determinate de distanța pe diagonală dintre două motoare, adică de diametrul cercului descris de distanța dintre centrele motoarelor (*Fig.1.1.14*). Distanța dintre motoare este determinată de dimensiunile elicelor și de componente hardware folosite, astfel încât să existe suficient spațiu între ele. Dimensiunile standard pentru quadrotoorii mici sunt 110-150-180-210-250-280-300 mm.

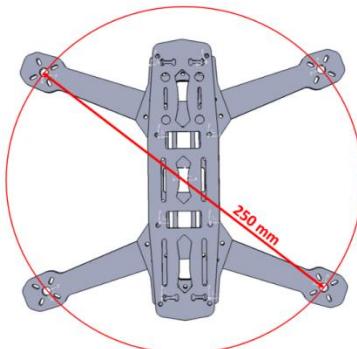


Fig. 1.1.14. Determinarea dimensiunii quadrotorului

Principalele caracteristici ale cadrului aeronavei:

- masă (masa goală, **masa maximă la decolare** (Eng. MTOM – maximum take-off mass));
- centru de masă (locația și limitele);
- dimensiuni:
 - a) pentru UAV-urile cu aripi fixe – anvergura aripilor, lungimea fuselajului, diametrul corpului, etc;
 - b) pentru UAV-urile cu aripi rotative – lungimea, lățimea și înălțimea, diametrul elicei, etc.

Materiale utilizate pentru fabricarea UAV-urilor:

- Fibra de carbon: este materialul numărul 1, deoarece este ușoară, robustă și rigidă (se minimizează vibrațiile mecanice). Procesul de fabricare a fibrei de carbon, în cele mai multe cazuri, este manual (formele simple, cum ar fi foi plate și tuburi, sunt produse în masă, în timp ce formele complexe 3D sunt unice). Cu toate acestea, fibra de carbon blochează semnalele radio (RF – frecvența radio).
- Lemn: este un material ieftin și rigid, reduce esențial timpul necesar pentru fabricare, necesită piese suplimentare. Înlocuirea unui braț rupt după un accident este relativ ușoară.

- Spuma: se utilizează rar ca material pentru cadru, având o anumită formă de schelet interior sau structură de armare. Spuma poate fi utilizată și în mod strategic pentru protejarea elicelor, uneltelelor de aterizare sau chiar ca amortizare. Există multe tipuri diferite de spumă și unele materiale sunt considerabil mai tari decât altele.
- Plastic: tende să se flexeze și, ca atare, nu este ideal. Totodată, poate fi o opțiune excelentă pentru utilizarea strategică (cum ar fi unelte de aterizare). Pentru drone cu dimensiuni reduse (mini-drone), plastic se utilizează pentru imprimarea 3D a pieselor sau chiar a cadrului dronei (PLA – materialele prototipate utilizând o imprimantă 3D). Utilizarea extrudărilor din plastic poate fi, de asemenea, o opțiune pentru UAV-urile de dimensiuni mici și medii.
- Aluminiu: are o varietate de forme și dimensiuni – foi de aluminiu pentru placa corpului aeronavei sau extrudat din aluminiu pentru brațele de sprinț. Aluminiul nu este la fel de ușor ca fibra de carbon sau G10, dar prețul și durabilitatea lui sunt destul de atractive. Mai degrabă decât să fie crăpat, aluminiul tende să se flexeze.
- G10 (variație de fibră de sticlă): se utilizează în loc de fibră de carbon pentru fabricarea corpului dronei, deoarece este un material foarte rigid și ușor, și totodată, semnificativ mai puțin costisitor. G10 este disponibil în foi și este utilizat în mare măsură pentru plăcile de sus și de jos. Spre deosebire de fibra de carbon, G10 nu blochează semnalele radio.

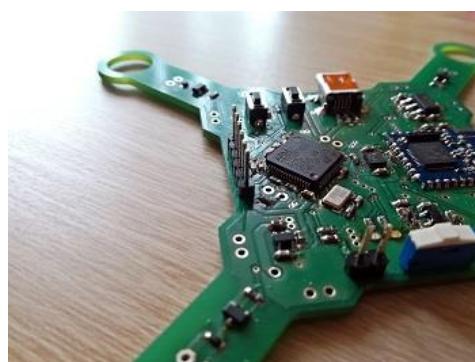


Fig. 1.1.15. Printed Circuit Board

- PCB (Printed Circuit Boards): plăcile cu circuite imprimate sunt, în esență, aceleași cu cele din fibră de sticlă, dar PCB-urile sunt mereu plate (*Fig. 1.1.15*). Cadrele cu dimensiuni < 600 mm folosesc uneori materiale de PCB pentru plăcile de sus și de jos, deoarece conexiunile electrice integrate în PCB-uri reduc numărul de piese. Quadrotorii de dimensiuni mici pot fi fabricați în întregime dintr-un singur PCB cu toate elementele electronice integrate.

Unelte de aterizare (landing gear)

Dispozitivul de aterizare pentru drona multirotor nu are, în mod normal, roți ca pentru un avion (*Fig. 1.1.16*). Utilizarea dispozitivelor de aterizare poate fi benefică pentru:

- asigurarea spațiului liber între partea inferioară a UAV-ului și o suprafață non-plană, cum ar fi iarba sau prundișul;
- asigurarea spațiului liber între acumulator/gimbal și pământ;
- în cazul unei aterizări dificile, este ideal când se distrug dispozitivul de aterizare (și poate fi înlocuit), și nu corpul aeronavei;
- uneltele de aterizare adecvate pot asigura și flotarea în cazul aterizării pe apă;
- dispozitivul de aterizare poate fi retractabil – are două poziții: una pentru aterizare și decolare și a doua care ocupă mai puțin spațiu sau îmbunătățește vizibilitatea în timpul zborului.



Fig. 1.16. Unelte de aterizare

Carcasa (Shell)

Carcasa este o acoperire estetică/funcțională utilizată pentru a îmbunătăți rezistența la condițiile meteo și, uneori, pentru a îmbunătăți aerodinamica. Unele UAV-uri au numai o carcă să din plastic care acționează și ca un cadru.

Amortizoare (Dampers)

Amortizoare sunt elementele din cauciuc utilizate pentru a minimiza vibrațiile transmise prin UAV-ul.

LED-uri (diode cu emisie luminoasă)

LED-urile (Light Emitting Diodes) sunt utilizate pentru a face UAV-ul vizibil, în principal noaptea sau în condițiile de iluminare redusă.

Încărcătura utilă (Payload)

Orice supraîncărcare reduce timpul de zbor. Pentru a avea o încărcătură utilă, montarea ar trebui să fie cât mai ușoară (cu respectarea siguranței).

Elice

Elicele generează forță de tracțiune și fac dronele să zboare. Ele sunt, de obicei, confecționate din material polimeric durabil, compozite din fibră de carbon și chiar din lemn. În general, elicele pentru o dronă nu sunt, de fapt, identice, au direcții diferite.

Elicele și diametrul: Majoritatea aeronavelor multirotor au două sau trei elice. Adăugarea mai multor elice va mări forța de tracțiune. O elice cu diametru mai mic are o inerție mai mică și este mai ușor de accelerat sau de închetinit.

Rotăția: se disting elicele CW (clockwise) și CCW (counter clockwise), elicele rotindu-se în sensul acelor de ceasornic și în sens invers acelor de ceasornic, în funcție de direcția de rotație a motorului.

Eficiența elicei: Forța de tracțiune produsă de o elice depinde de densitatea aerului, valoarea **rpm (rotații pe minut, Eng. revolutions per minute)** a elicei, diametrul, forma, suprafața și pasul (pitch-ul) elicei. Eficiența elicei se referă la unghiul de atac. Majoritatea elicelor au o eficiență de 80%.

Pasul elicei (pitch-ul) reprezintă distanța parcursă de elice într-o singură rotație de 360° (*Fig. 1.1.17*). De exemplu, Pitch = Pas = 1 inch = 2.54 cm și

reprezintă distanță teoretică pe care o parcurge o elice la o rotație completă. De regulă, pasul este inscripționat pe elice, fiind marcat în al doilea grup de cifre, primul reprezentând diametrul.

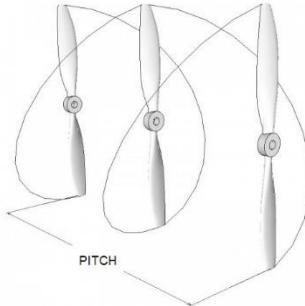


Fig. 1.1.17. Pasul elicei

Unghiul de atac: este definit ca unghiul dintre coarda unui profil aerodinamic și direcția generală de curgere a fluxului de aer (Fig. 1.1.18). Reprezintă unghiul format de aripă (sau elice) și vântul relativ (vântul relativ fiind opus direcției zborului dronei). Unghiul de atac depinde de viteza relativă.

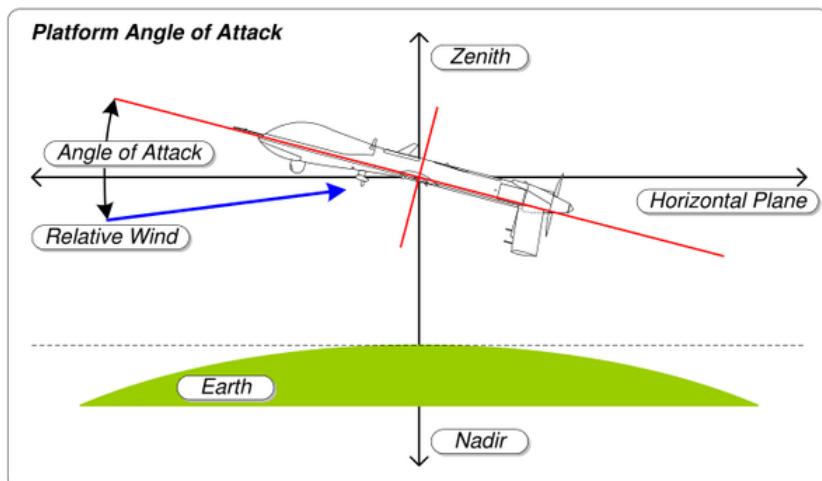


Fig. 1.1.18. Unghiul de atac

Materialul elicelor: materialele folosite pentru fabricarea elicelor au un impact moderat asupra caracteristicilor de zbor, însă siguranța trebuie să fie principala considerație. Plasticul este cea mai populară alegere pentru dronele multirotor datorită prețului redus, caracteristicilor bune de zbor și durabilității. O elice de plastic armat cu fibră de carbon este cea mai bună alegere datorită rigidității înalte și a prețului redus.



Fig. 1.1.19. Elice pliabile

Elice pliabile (*Fig.1.1.19*) au o parte centrală care se conectează la două elice pivotante. Când partea centrală (care este conectată la bornele de ieșire ale motorului) se rotește, forțele centrifuge acționează asupra elicelor pivotante, forțându-le spre exterior și făcând elicele rigide. Ca rezultat, se observă același efect ca și pentru elicele fixe.

5. Motoare

Motoarele au un impact important asupra încărcăturii utile, precum și a timpului de zbor. Chiar dacă o pereche de motoare sunt de aceeași marcă sau model, viteza lor poate varia ușor. Motoarele electrice rotesc elicele. Există două tipuri de motoare electrice pentru dronele multirotor: motoare cu perii și motoare fără perii. Motoarele cu perii sunt folosite în principal pentru drone mai mici, cu putere redusă, în timp ce motoarele fără perii sunt, de obicei, mai puternice și se folosesc pentru drone mai mari.

Motorul cu perii (Brushed DC Motor) reprezintă un motor electric de curent continuu (*Eng. DC – direct current*) cu o **bobină** de inducție în calitate de **rotor** (partea mobilă, rotativă a motorului) și un **magnet permanent** în

calitate de **stator** (partea staționară a motorului) (Fig. 1.1.20). Bobina este alimentată la o sursă de tensiune continuă prin intermediul **periilor** colectoare de carbon, care, împreună cu colectorul, formează un dispozitiv de comutare electromecanică. Motorul cu perii acceptă un curent continuu.

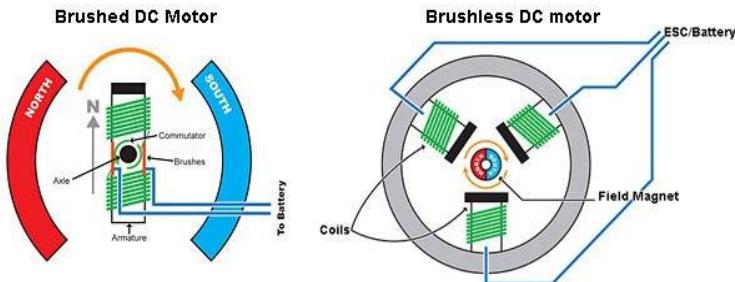


Fig. 1.1.20. Motoare cu perii și fără perii

Motorul fără perii (Brushless DC motor) reprezintă un motor electric de curent continuu cu **bobinele** fixate pe **stator** și o serie de **magneți permanenți** în calitate de **rotor** (Fig. 1.1.20). Motorul fără colector și perii funcționează cu ajutorul unui sistem electronic de comutare. Comutarea câmpurilor electromagnetice necesare rotirii rotorului este comandată și controlată prin intermediul unui circuit electronic (microprocesor). Motorul fără perii acceptă un curent alternativ trifazat.

Cu alte cuvinte, un motor fără perii conține un anumit număr de electromagneți (bobine) care sunt conectate împreună în perechi specifice. Regulatorul de turăție ESC (vezi mai jos) controlează motorul prin activarea și dezactivarea secțiunilor specifice ale electromagnețiilor din motor la momente foarte specifice pentru a forța rotorul motorului să se rotească datorită forței magnetice. Acești electromagneți (bobine) sunt conectați în trei secțiuni principale, din cauza această motoarele fără perii au 3 fire-conectoare.

Motoare fără perii pot avea construcția cu rotor interior (**Inrunner Brushless DC motors**) și rotor exterior (**Outrunner Brushless DC motors**). Motorul cu rotor interior (**Inrunner**) are bobine fixe montate pe carcăsa

exterioară și magneti montați pe arborele de armătură, care se rotesc în interiorul carcasei. Motorul cu rotor exterior (**Outrunner**) are magneti montați pe carcăsă exterioară, care se rotește în jurul bobinei fixe din centrul carcasei (Fig. 1.1.21).

Majoritatea UAV-urilor cu aripi fixe și a multirotorilor utilizează motoarele **Outrunner**, deoarece ele pot produce cuplul rotativ (*Eng. torque*) mai mare, ceea ce dă posibilitatea utilizării elicelor cu diametru mai mare. Motoarele **Inrunner** sunt des utilizate în automodele cu telecomandă (RC), deoarece ele se pot roti mult mai repede.

Avantajele motoarelor fără perii:

- comutarea „fără perii”, care, la motorul cu perii, reprezintă un factor de distorsiune a sistemului de alimentare de curent continuu prin reinjectarea de impulsuri parazite în sens invers;
- durata de viață este observabil mai mare;
- lipsa dispozitivului electromecanic, a colectorului și a periielor înlătură limita vitezei maxime.

Vedeți cum funcționează motorul fără perii:

<https://www.youtube.com/watch?v=bCEiOnuODac>

OUTRUNNER COMPONENTS

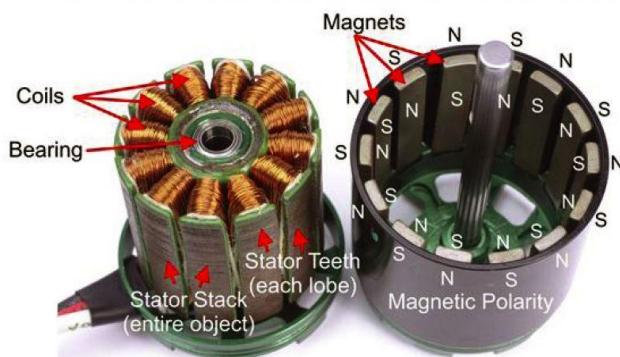


Fig. 1.1.21. Motorul fără perii cu rotor exterior

Ce indică numerele?

Numerale care pot fi găsite în documentația ce însoțește un motor indică următoarele informații (Fig. 1.1.22):

- 1) primele două cifre indică diametrul motorului întreg sau al statorului (partea inferioară a motorului) în mm;
- 2) a două pereche de cifre indică înălțimea întregului motor sau a statorului în mm;
- 3) Q – seria quadrotorului;
- 4) Revolutions per Volt (rpm/V) reprezintă constanta vitezei KV (vezi mai jos);
- 5) 12N – numărul de bobine în stator;
- 6) 14P – numărul de magneți permanenți în rotor.

Majoritatea motoarelor Outrunner sunt elaborate în configurația 12N14P.

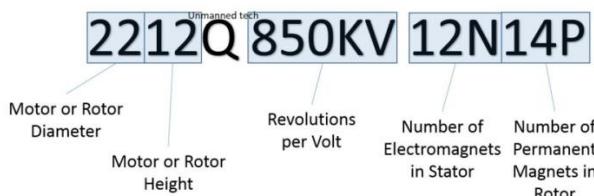


Fig. 1.1.22. Numerele specificate în documentația ce însoțește un motor

KV este constanta vitezei motorului, se măsoară în rpm/V (rotații pe minut pe volt). Valoarea **KV** a unui motor indică cât de rapid se va roti motorul la o anumită tensiune. Majoritatea motoarelor este de dorit să aibă valoarea **KV** redusă (între 500 și 1000 rpm/V), deoarece acest lucru contribuie la stabilitate. Cu toate acestea, pentru zborul acrobatic, KV trebuie să aibă valoare între 1000 și 1500 rpm/V (și elice cu diametru mic).

Valoarea **rpm** este calculată cu ajutorul formulei:

$$rpm = KV \cdot U(V)$$

De exemplu, dacă KV pentru un anumit motor este de 850 rpm/V, atunci la tensiunea de 11,1 V, motorul se va roti cu viteza $11,1 V \cdot 850 \text{ rpm/V} = 9435 \text{ rpm}$. Pentru tensiune mai mică, de exemplu, 7,4 V, viteza va fi $7,4 V \cdot 850$

$\text{rpm}/V = 6290 \text{ rpm}$. Cu cât mai mică este tensiunea, cu atât mai mare este curentul (înținând cont că puterea = curent x tensiune).

Numărul ideal de rotații al unui motor depinde de tipul de dronă. *De exemplu*, dacă avem nevoie de un UAV acrobatic de înaltă performanță, alegem un motor cu **rpm** mare, ceea ce înseamnă o valoare de **KV** mare. Acest lucru este intuitiv, deoarece aceste UAV-uri acrobați sunt, în general, de dimensiuni mai mici, ceea ce înseamnă un motor mai mic și elice mai mici. Pentru elice mai mici, motoarele trebuie să producă **rpm** mai mare. Ca rezultat, aceste motoare consumă mai multă putere decât altele, deci sunt mai puțin eficiente.

Pe de altă parte, dacă dorim ca drona să utilizeze cât mai puțină putere, să aibă un timp de zbor mai îndelungat și să fie mai stabilă, atunci motoarele cu **rpm** mai mic (turații mai mici) sunt ideale. Un exemplu pentru care aceste tipuri de motoare ar fi utile este fotografarea aeriană. Din nou, acest lucru datorează parțial faptului că UAV-ul utilizat în acest caz este mai mare, pentru a transporta echipamentul necesar, ceea ce prevede elice mai mari, care vor crea o forță de tracțiune mai puternică. Prin urmare, acestea necesită mai puține turații (valoarea de **rpm** mai mică).

Eficiența motorului (randament): termenul **eficiență** reprezintă raportul dintre puterea de ieșire și puterea de intrare. Puterea de intrare reprezintă produsul dintre tensiunea la intrare și curentul produs. Puterea la ieșire are o valoare mai mică decât cea de intrare datorită pierderilor de energie din cauza încălzirii (disiparea energiei și transformarea în căldură) și din cauza fluctuațiilor magnetice în motor.

Forța de tracțiune (Thrust) (Kg, Lbs sau N): unii producători de motoare fără perii indică valoare forței de tracțiune în funcție de varietatea elicelor utilizate. *De exemplu*, un quadrotor are elice cu diametrul de 11 inci (27,94 cm) și un motor dezvoltă forță de tracțiune până la 0,5 kg. Deci, patru motoare pot ridica $0,5 \text{ kg} \cdot 4 = 2 \text{ kg}$ la tracțiune maximă. Prin urmare, dacă greutatea quadrotorului este mai mare de 2 kg, el va decola doar la tracțiune maximă. Trebuie să alegem o combinație potrivită „motor + elice” care poate oferi mai multă forță sau să reducem greutatea aeronavei. Dacă sistemul de propulsie (toate

motoarele și elicele) poate furniza 2 kg de tracțiune (valoarea maximă), atunci greutatea întregului UAV ar trebui să fie, cel mult, aproximativ jumătate din această greutate (1 kg împreună cu motoarele).

Unități de măsură pentru forță sunt:

- kilogram-forță kg (kg_f) = 9,8 N;
- livră-forță Lbs (lb_f) \approx 4,45 N.

6. Regulator de turăție (ESC)

Regulatorul de turăție ESC (Electronic Speed Controller – controler electronic de viteză) permite regulatorului de zbor să controleze viteza și direcția de rotație a unui motor. ESC-ul trebuie să furnizeze curentul maxim pe care îl poate consuma motorul și să-i asigure tensiunea corectă.

Funcția de bază a ESC-ului este transferul de energie electrică de la acumulator la motorul fără perii. Acumulatorul oferă curent continuu, în timp ce motorul fără perii acceptă curent alternativ trifazat. Tensiunea din acumulator și semnalele de la controlerul de zbor se aplică la intrarea ESC-ului, iar la ieșire, ESC-ul transmite tensiunea de control pentru sistemul de propulsie. În consecință, ESC-urile trebuie să ofere:

- compatibilitate cu controlerul de zbor;
- curent maxim pentru motor (calculat pe baza specificațiilor pentru motor și elice) + 20-30%;
- consum de curent electric mai mic decât curentul livrat de acumulator, împărțit la numărul de ESC-uri.

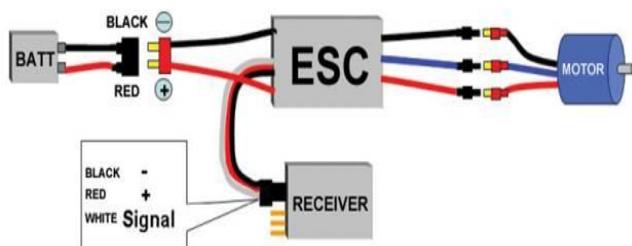


Fig. 1.1.23. Prezentarea schematică a regulatorului de turăție

Intrare: Cele două fire groase (în mod normal – unul negru și al doilea roșu) servesc pentru a obține alimentare de la acumulator. Conectorul servo R/C cu 3 fire (galben (sau alb), roșu, negru) acceptă semnale RC (radio control).

Ieșire: Trei conectori se conectează la trei pini ai motorului fără perii (Fig. 1.1.23).

Majoritatea dronelor multirotor au un număr egal de motoare CW, cu rotație în sensul acelor de ceasornic, și motoare CCW, cu rotație în sens invers acelor de ceasornic (pentru a asigura gărițe). Aceste două tipuri de motoare trebuie să fie conectate în mod diferit la ESC-urile respective.

Conecțarea corectă este prezentată în Figura 1.1.24. Pentru motoarele CW, conexiunea dintre cele două componente este intuitivă, cablul din stânga merge spre stânga, din mijloc spre mijloc și din dreapta spre dreapta. La conexiunea motorului CCW, cablul din stânga de pe ESC trebuie conectat la pinul din dreapta al motorului. De asemenea, cablul din dreapta de pe ESC trebuie conectat la pinul din stânga al motorului. Cablul din mijloc se conectează la pinul din mijloc al motorului.

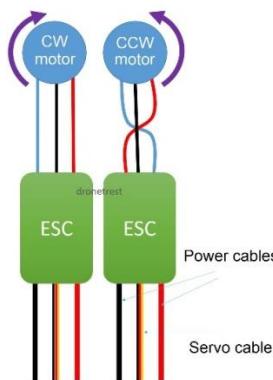


Fig.1. 1.24. Conecțarea motoarelor CW și CCW

Verificați direcția de rotație a motorului cu un servomotor:

O modalitate rapidă și ușoară de a testa dacă motorul se rotește în direcția potrivită este conexiunea ESC-ului la o baterie și un servo tester. Un servo

tester trimite comenzi PWM (Pulse Width Modulation – modulația în lățime a impulsurilor) către ESC pentru a simula funcționarea unui controler de zbor sau a unui controler R/C.

Deoarece **regulatorul de turație** efectuează unele transformări cu frecvență înaltă și poate fi configurat pentru diferite moduri de funcționare, se creează un software special. Pentru drone ale companiilor bine-cunoscute, cum ar fi DJI, software-ul se creează automat folosind un controler de zbor.

BEC vs UBEC

În afară de funcția de bază, ESC-urile pot, de asemenea, să transmită pute- re altor componente ale dronei: controlerul de zbor, servomotorul etc. Acest lucru se realizează prin introducerea unui **circuit de eliminare a bateriilor**, **BEC (Battery Eliminator Circuit)**, care regleză tensiunea până la valoarea de 5 sau 6 V necesară pentru un receptor R/C, servomotoare și alte elemente. Deci BEC-ul este un circuit electronic care furnizează energie electrică altor circuite, fără a fi nevoie de mai multe baterii, și permite ca drona să poată purta numai o singură baterie în loc de două (o baterie pentru alimentarea motorului și o baterie separată pentru operarea echipamentului R/C).

Utilizarea BEC-urilor simplifică foarte mult designul dronei, dar acest sistem are un șir de dezavantaje. BEC-ul se poate supraîncărca la variații mari de tensiune și la încărcături mari. În plus, regulatoarele de turație cu BEC sunt mai scumpe. Este mai convenabil și mai ieftin de utilizat separat un ESC și un BEC, care, în acest caz, se numește **circuit universal de eliminare a bateriilor**, **UBEC (Universal Battery Eliminator Circuit)**. UBEC-ul, un circuit electronic extern, se conectează direct la acumulator și alimentează elementul necesar al dronei (Fig. 1.1.25).

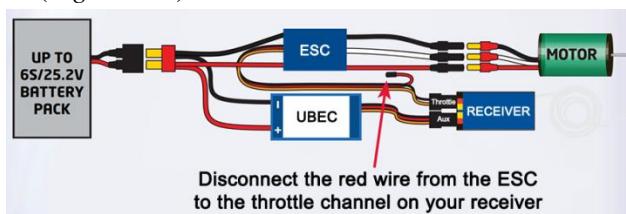


Fig. 1.1.25. Conectarea UBEC-ului

Avantajele utilizării elementului UBEC sunt următoarele:

- regulator de turație se supraîncălzește mai puțin;
- randamentul este mai mare;
- din primele două puncte rezultă că UBEC-ul poate produce un curent mai mare cu un risc de defectare redus;
- greutatea redusă a regulatoarelor;
- prețul mai mic.

7. Alte elemente

Gimbal

Gimbalul este un dispozitiv electronic complex (un sistem de cardane pivotante în una, două sau trei axe), al cărui scop este izolarea perfectă a camerei video de mișcările și vibrațiile dronei față de suportul pe care este așezat gimbalul (*Fig. 1.1.26*).



Fig. 1.1.26. Giroscop și gimbal

Aparatele profesionale de filmat au proprietatea de stabilizare electronică a imaginii, însă aceasta nu poate elimina tremurul mic al mâinii. După o primă reducere a vibrațiilor, realizată cu ajutorul unui sistem de amortizare, gimbalul menține camera video în poziție orizontală, în condițiile în care drona execută înclinările necesare pentru deplasare sau înclinări accidentale cauzate de rafalele de vânt. Stabilizarea imaginii este asigurată prin compensarea deviațiilor dronei pe cele 2 sau 3 axe, în sens opus și cu unghiuri de mărimi egale.

le cu deviațiile respective. Principiul de funcționare este următorul: giroscopale și senzorii inerțiali detectează mai întâi axele mișcării, apoi măsoară abaterile și, în final, aplică corecțiile necesare cu ajutorul unor motoare.

Vedeți mișcarea giroscopului:

<http://www.eyeinthesky.ro/ce-este-un-gimbal/>

Acumulator

Bateriile (acumulatoarele) sunt sursele de energie electrică. Caracteristicile de performanță ale bateriilor sunt date de tensiunea nominală, capacitate și rata de descărcare. Aproape toate bateriile utilizate pentru UAV-uri sunt bateriile de tip LiPo (Lithium Polymer – polimer de litiu), unele fiind litiu-mangan (LiMn) sau alte variații de litiu.

Avantajele baterilor LiPo sunt greutatea mai mică și rata de descărcare înaltă (sau curent de descărcare înalt), ceea ce permite o reacție imediată a dronei la modificarea poziției clapetei de acceleratie. Quadrotorii au nevoie de acest lucru (trebuie să aibă o inerție mai mică), deoarece mișcarea lor depinde de forță momentală de tracțiune, pentru că viteza elicelor se schimbă foarte rapid, de mai multe ori pe secundă, pentru a menține altitudinea dorită sau direcția zborului.



Fig. 1.1.27. Acumulator de 11,1 V și o celulă de 3,7 V.

Dezavantajul principal este fragilitatea acumulatoarelor de acest tip și inflamabilitatea ridicată.

Tensiunea nominală a bateriei trebuie să corespundă motorului. Aproape toate bateriile conțin un anumit număr de celulele (de tip AA) de 3,7 V. Acumulatorul cu tensiunea nominală de 3,7 V se notează prin 1S. Prin urmare, o baterie care este marcată ca 4S are tensiunea nominală de $4 \cdot 3,7 \text{ V} = 14,8 \text{ V}$.

În Figura 1.1.27 este prezentat un acumulator cu tensiunea nominală de 11,1 V, ceea ce înseamnă ca numărul de celule este egal cu 3 ($3 \cdot 3,7 \text{ V} = 11,1 \text{ V}$).

Capacitatea este măsurată în amperi oră (Ah). Seturile de acumulatoare mici pot avea capacitatea de 0,1 Ah (100 mAh), în timp ce seturile de baterii pentru UAV-urile de dimensiuni medii sunt de 2-3 Ah. Cu cât este mai mare capacitatea, cu atât este mai mare timpul de zbor, dar cu atât va fi mai mare și greutatea acumulatorului.

Rata de descărcare este măsurată în C, unde 1C este capacitatea bateriei. Rata de descărcare de 1C înseamnă că curentul de descărcare va descărca bateria în timp de 1 oră. Rata de descărcare pentru majoritatea bateriilor LiPo este de cel puțin 5C (de cinci ori mai mare decât capacitatea), dar, deoarece majoritatea motoarelor utilizate în multirotori consumă curent înalt, bateria trebuie să poată fi descărcată la curent înalt.

Stația de control de la sol (Ground Control Station, GCS) este un centru de control care oferă facilități pentru controlul uman asupra vehiculelor aeriene fără pilot (Fig. 1.1.28).



Fig. 1.1.28. Stația de control la sol
<http://www.uavfactory.com/product/16>

Cu ajutorul stației de control de la sol poate fi efectuată planificarea și executarea misiunii, procesarea datelor și, cel mai important, operarea/pilotarea dronei de la distanță. Stația de comandă poate fi mobilă sau staționară. Alegerea echipamentului și a instrumentelor de control și monitorizare este foarte importantă pentru membrii echipei. Stația de control de la sol poate fi mobilă sau staționară.

Planificarea operațiunilor: evaluați spațiul aerian, creați o zonă de zbor, marcați puncte de interes și puncte de pericol. La planificarea și desfășurarea căilor de zbor ar trebui să fie selectate acele piste și altitudini care minimizează complet posibilitatea ca UAV-ul să intre în pană în zone aglomerate în cazul unei defecțiuni a UAV-ului. La planificarea traseului trebuie să fie determinate nivelele de zbor (*Eng. flight level, FL*), este necesară gestionarea traficului la sol. UAV-urile sunt deosebit de sensibile la condițiile de vânt la altitudine. De aceea, **anemometrele**, care servesc la măsurarea vitezei vântului, sunt considerate o parte esențială a echipamentului stației de control. Modelele și tendințele meteorologice pot, într-o anumită măsură, să fie prezise dintr-o analiză meteorologică.

O Interfață Grafică pentru Utilizator (*Eng. Graphical User Interface, GUI*) joacă un rol important în modul în care un utilizator interacționează cu un sistem de operare. GUI-ul se utilizează pentru a edita vizual codurile (prin intermediul unui computer) care vor fi încărcate în controlerul de zbor. Interfețele Grafice pentru Utilizator moderne sunt interactive pentru a ajuta la configurarea parametrilor necesari.

Caracteristici suplimentare:

- Sistemul de navigare autonomă permite setarea punctelor GPS de urmat în mod autonom;
- Mișcarea pe orbită, adică deplasarea continuă în jurul unei coordonate GPS fixe cu partea frontală a UAV-ului direcționată spre coordonata dată;
- Funcția „Urmați-mă” poate fi realizată cu ajutorul sistemului GPS;

- Obținerea imaginilor 3D cu utilizarea imaginilor captureate în timpul zborului și a datelor GPS.

First person view (FPV)

Vizualizare de prima persoană (First person View, FPV) implică instalarea unei camere video pe un vehicul aerian fără pilot, care transmite pilotului înregistrarea video în timp real (*Fig. 1.1.29*). Drona FPV este un vehicul aerian fără pilot, cu o cameră care transmite fără fir un video către un set cu cască, un dispozitiv mobil sau alt ecran. Utilizatorul are un mediu FPV în care UAV-ul zboară și poate captura imagini video sau statice.



Fig. 1.1.29. First person view

8. Controler de zbor

Controlerul de zbor (Eng. Flight Controller) este creierul unei drone și reprezintă un circuit integrat alcătuit dintr-un microprocesor (CPU – Central Processing Unit), senzori (cel puțin, IMU – Inertial Measurement Unit – Unitatea de Măsurare Inerțială) și porturi digitale (*din eng. pins*) de intrare- ieșire (*Fig. 1.1.30*).

Unitatea de Măsurare Inerțială, IMU, este un dispozitiv electronic care măsoară viteza, direcția și accelerația dronelor. IMU conține de obicei un giroscop (**Gyro**) și un accelerometru (**ACC**). Cu alte cuvinte, **controlerul de zbor** reprezintă un microcontroler programabil cu unii senzori specifici.

Unii parametrii ai controlerului de zbor trebuie să fie setați cu ajutorul unui program software și, odată finalizată, această configurație este încărcată la bord. Controlerul de zbor controlează modul de zbor, utilizând senzori și intrare R/C pentru a zbura și stabiliza aeronava. Sistemul de control **PID** (*Eng. Proportional Integral Derivative – regulatorul proporțional-integral-derivativ*) și ajustarea (*Eng. Tuning*) permit schimbarea caracteristicilor zborului: modul în care reacționează la comanda utilizatorului, cât de bine și cât de repede stabilizează aeronava. Setările PID sunt foarte importante. Constructorii de drone personale trebuie să utilizeze controlere de zbor care sunt proiectate pentru a putea fi folosite pentru aproape orice tip de dronă multirotor și, prin urmare, trebuie să ajusteze valorile până când sunt satisfăcuți de caracteristicile de zbor.



Fig. 1.1.30. Controler de zbor

1.3. Bazele aerodinamicii

1. Definiții de bază
2. Modelarea zborului. Suprafețele de control aerodinamic.
Centrul de greutate. Centrul de masa. Componentele unui avion
3. Dinamica fluidelor. Principiul lui Bernoulli
4. Manevrarea aeronavei. Stabilitatea statică și dinamică

Aerodinamica este o ramură a mecanicii fluidelor, care studiază:

- efectele provocate de mișcarea relativă dintre corpurile solide (de exemplu, aeronave) și fluidele (mai ales aer);
- forțele care acționează asupra acestor corpuri solide în timpul mișcării în aer.

1. Definiții de bază

Masă (m): este o proprietate a unui corp și reprezintă o măsură a inerției acestui corp. Inerție reprezintă rezistența corpului la modificarea stării sale de repaus sau de mișcare. Masa este o mărime constantă și, în sistemul SI, se măsoară în kilograme (kg).

Forță (F): este o mărime fizică ce reprezintă o măsură a interacțiunii corpuri. Forță este o mărime vectorială (are atât valoare scalară, cât și direcție). Unitate de măsură în sistemul SI este Newton (N).

Forță de greutate (forță gravitațională) (G): este o forță cu care un câmp gravitațional acționează asupra corpului. În câmpul gravitațional al Pământului, forța de greutate: $G = mg$,

unde $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ este accelerația căderii libere.

Greutate (pondere) (P) este o forță cu care un corp acționează asupra unui suport sau a unei suspensii.

Viteză (v): este o mărime fizică vectorială care reprezintă distanța parcursă de un corp în unitatea de timp într-o anumită direcție, sau rata de schimbare a poziției în timp (derivata poziției în raport cu timpul): $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$.

Unitate de măsură este metrul pe secundă (m/s).

Acceleratie (a): este o mărime fizică vectorială care arată cât de rapid se modifică în timp viteza unui corp, sau reprezintă rata de schimbare a vitezei în timp (derivata vitezei în raport cu timpul): $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$.

Unitate de măsură este metrul pe secundă la pătrat (m/s^2).

Corpul accelerează sub acțiunea unei forțe efective (care este egală cu suma vectorială a forțelor care acționează asupra corpului). Cu cât mai mare este forța efectivă, cu atât mai mare este accelerarea.

Legile mișării ale lui Newton sunt legile fundamentale, cu ajutorul căror se poate stabili distanța, timpul, viteza unui obiect care se mișcă cu accelerare.

Legea I a lui Newton (principiul inerției): orice corp își menține starea de repaus sau de mișcare rectilinie uniformă atât timp cât asupra lui nu acționează alte forțe sau suma forțelor care acționează asupra lui este egală cu zero. Sistemele de referință sau cadrele de referință în care este valabil principiul inerției sunt numite sisteme de referință inerțiale.

Legea a II-a a lui Newton (principiul fundamental al dinamicii): o forță efectivă (sumară) care acționează asupra unui corp îi imprimă acestuia o accelerare; accelerarea este direct proporțională cu forța efectivă și invers proporțională cu masa corpului: $\vec{F} = m\vec{a}$

În forma diferențială: $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$, unde $\vec{p} = m\vec{v}$ este impulsul mecanic al corpului. \Rightarrow Forța efectivă asupra unui corp este egală cu rata de schimbare a impulsului corpului în timp.

Legea a III-a a lui Newton (principiul acțiunii și reacțiunii): dacă un corp acționează cu o forță asupra altui corp, acesta din urmă acționează (Fig.1.1.31), la rândul său, asupra primului corp cu o forță egală și de sens contrar:

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}.$$

Altfel spus, pentru fiecare acțiune există o reacțiune egală și opusă.

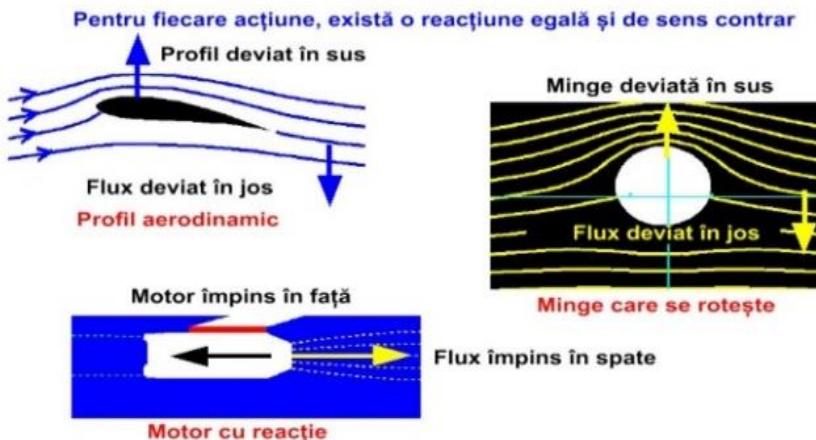


Fig. 1.1.31. Demonstrația legii a III-a a lui Newton

Momente și cupluri de rotație:

O forță care acționează asupra unui corp are nu numai tendința să deplaseze corpul, ci și să-l rotească în jurul unei axe – se creează momentul forței. **Momentul forței** în raport cu un punct este o mărime vectorială egală cu produsul vectorial dintre forță și vectorul de poziție:

$$\vec{M} = [\vec{r} \cdot \vec{F}]$$

Vectorul \vec{M} este perpendicular pe planul ce conține vectorii \vec{r} și \vec{F} și sensul se determină conform regulii burghiului drept (Fig. 1.32).

Regula burghiului drept: se ține burghiul perpendicular pe planul descris de vectorii \vec{r} și \vec{F} și se rotește în sensul de aducere a vectorului de poziție \vec{r} peste vectorul forță \vec{F} pe drumul cel mai scurt – sensul de înaintare a burghiului indică sensul momentului forței (Fig. 1.1.32).

Valoarea numerică a momentului forței:

$$M = r \cdot F \cdot \sin \angle(\vec{r}, \vec{F}) = F \cdot d,$$

unde $d = r \cdot \sin \angle(\vec{r}, \vec{F})$ este brațul forței.

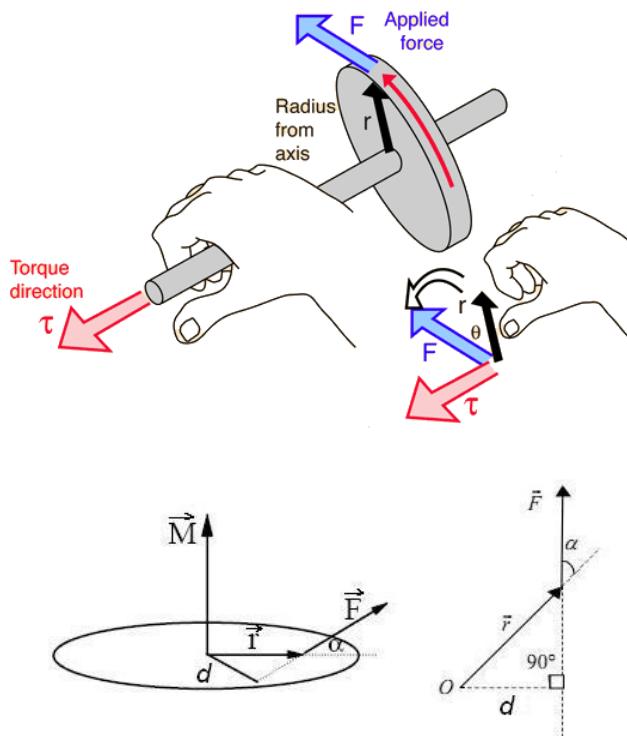


Fig. 1.1.32. Momentul forței și regula burghiu lui drept

Un **cuplu** (Eng. **torque**) reprezintă o pereche de două forțe egale, paralele și de sensuri opuse: $C = F \cdot d$, unde d este distanța dintre cele două forțe, $F = |\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|$.

Într-un cuplu (Fig. 1.1.33), cele două forțe sunt egale ca mărime și au direcții opuse, anulându-se reciproc. Dar ele sunt aplicate în diferite puncte ale unui obiect și astfel pot produce încă un cuplu efectiv (sumar). Imagineați-vă o persoană care trage în sus pe partea stângă a unui elice și o altă persoană care trage în jos pe partea dreaptă. Forțele sunt egale: $F_1 = F_2$, dar ambele forțe

tind să rotească elice în sensul invers acelor de ceasornic, producând un cuplu efectiv, în pofida absenței unei forțe efective.

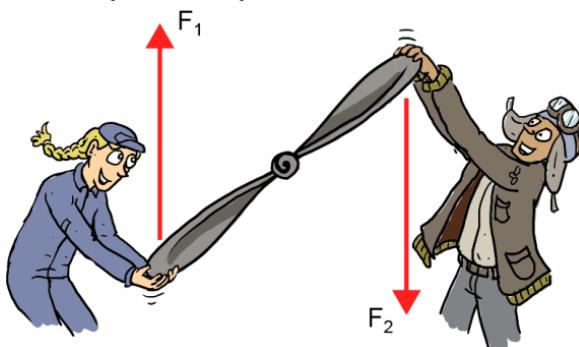


Fig. 1.1.33. Cuplu

- Pentru descrierea mișcării unui corp, avem nevoie de trei dimensiuni spațiale și o dimensiune temporală.
- Obiectele se deplasează în spațiu în două moduri. Un obiect își schimbă poziția astfel ca segmentul între oricare două puncte ale obiectului își păstrează direcția (mișcarea de translație) sau se rotește (mișcarea de rotație).
 - În general, mișcarea oricărui obiect poate fi reprezentată prin suprapunerea mișcării de translație și mișcării de rotație.
 - Mișcare de translație reprezintă un răspuns direct la forțele externe.
 - Mișcarea de rotație reprezintă un răspuns direct la cuplurile sau momentele exteroare.

2. Modelarea zborului. Suprafețele de control aerodinamic. Centrul de greutate. Centrul de masă. Componentele unui avion

Mișcarea unei aeronave este deosebit de complexă, deoarece rotațiile și translațiile sunt legate; o mișcare de rotație afectează mărimea și direcția forțelor aerodinamice care afectează mișcarea de translație. Dinamica zborului determină orientarea și controlul vehiculelor aeriene în trei dimensiuni. Paramet-

rii critici ale dinamicii zborului sunt **ruliu (Roll)**, **tangaj (Pitch)** și **girație (Yaw)** care se referă la rotații în jurul axelor x, y și z respectiv (Fig. 1.1.34).

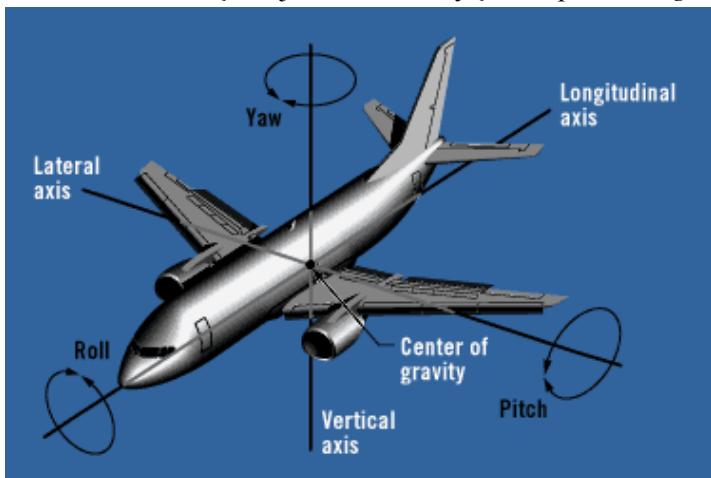


Fig. 1.1.34. Axele de referință ale aeronavei

Ruliu, tangaj și girație sunt **suprafețele de control** al aeronavei:

- **Ruliu** este determinat ca mișcarea de rotație în jurul axei longitudinale și este pozitiv în direcția aripiei drepte în jos.
- **Tangajul** este determinat ca mișcarea de rotație în jurul axei laterale și este pozitiv în direcția nasului aeronavei în sus.
- **Girația** este determinată ca mișcarea de rotație în jurul axei verticale și este pozitivă în direcția nasului aeronavei spre dreapta.

Centrul de greutate vs centrul de masă

Centrul de gravitație, sau **centrul de greutate** (Eng. **center of gravity**) al aeronavei este punctul de aplicație a rezultantei forțelor de gravitație exercitate asupra părților care alcătuiesc aeronava. Momentul efectiv (sumar) al acestor forțe de gravitație față de centrul de greutate este egal cu zero. Altfel spus, centrul de greutate al unei aeronave este locația medie a greutății aeronavei. Poziția aeronavei în spațiu depinde de rotațiile în jurul centrului de greutate.

Centrul de masă (*Eng. center of mass*) este punctul geometric a cărui poziție caracterizează distribuția maselor în corp și este determinat cu ajutorul ecuației:

$$\vec{r}_c = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{\sum_i m_i},$$

unde m_i este masa a elementului i , \vec{r}_i este vectorul de poziție al elementului i . Sistemul mecanic este întotdeauna în echilibru față de axa de rotație care trece prin centrul de masă.

Centrul de masă poate fi localizat atât în interiorul corpului (disc, pătrat, triunghi), cât și în afara acestuia (inel, cadru). În jurul centrului de masă se poate amplasa un cadru astfel încât suma greutăților părților care alcătuiesc cadrul să fie egală cu greutatea întreagă a cadrului.

Spre deosebire de **centrul de greutate**, **centrul de masă** are sens pentru orice corp sau sistem mecanic, în timp ce centrul de greutate este definit doar pentru un corp solid care se află într-un câmp gravitațional uniform. Într-un câmp gravitațional uniform, **centrul de gravitație** (**centrul de greutate**) al unui corp coincide cu **centrul de masă**.

O aeronavă poate fi manevrată de către pilot folosind suprafețele de control aerodinamic, elevatoare, cârma sau eleroane. Pe măsură ce suprafețele de control schimbă mărimea forței pe care o generează fiecare suprafață, aeronava se va roti în jurul **centrului de greutate**. Masa (și greutatea) este efectiv distribuită în întregul avion și, pentru unele probleme, este important să se cunoască distribuția acesteia. Dar pentru manevrarea generală a aeronavei, trebuie să ne ocupăm doar de greutatea totală și de localizarea **centrului de greutate**.

Componentele unui avion (Fig. 1.1.35):

- Stabilizatorul (ampenajul) vertical (*Eng. Vertical Stabilizer*) – controlează direcția de zbor (mișcare de giroație);
- Cârma (*Eng. Rudder*) – modifică direcția de zbor (mișcare de giroație);

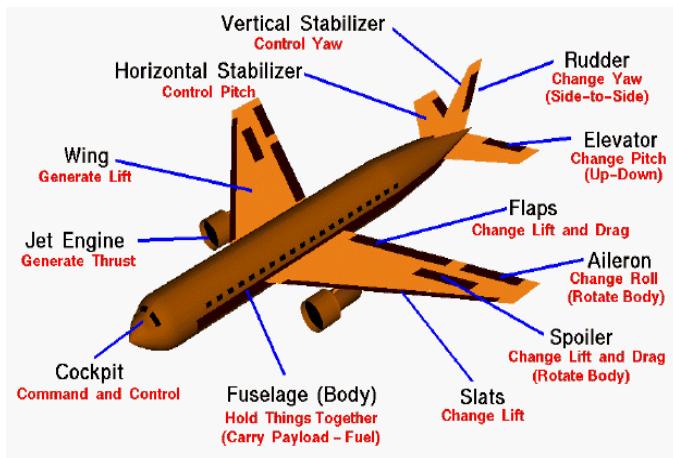
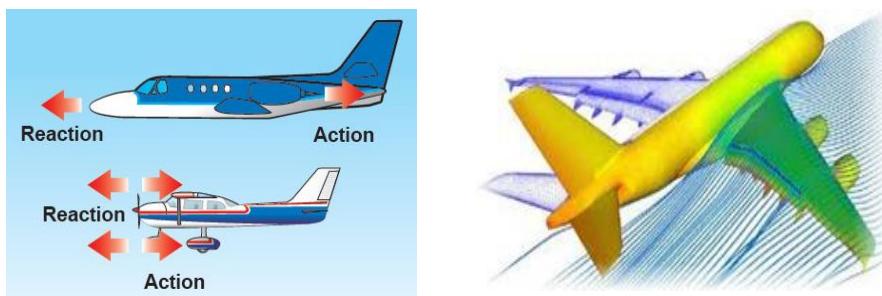


Fig. 1.1.35. Componentele unui avion

- Elevatoarele (Eng. Elevators) – modifică înclinația longitudinală (mișcare de tangaj);
- Flapsurile (Eng. Flaps) – modifică portanța (creșterea portanței la decolare și aerizare) și rezistența la înaintare;
- Eleroanele (Eng. Ailerons) – suprafețele de comandă care modifică ruliul;
 - Spoilerele (Eng. Spoilers) – modifică portanța și rezistența la înaintare (portanță descrește, rezistența la înaintare crește);
 - Voleturile (voleții) la bordul de atac (Eng. Slats) – modifică portanța (unghiul maxim de atac crește);
- Fuselajul, corpul (Eng. Fuselage, Body) – fixează rigid componentele avionului;
- Carlinga, cockpit-ul (Eng. Cockpit) – punct de comandă și control;
- Motorul cu reacție (Eng. Jet Engine) – generează propulsie;
- Aripa (Eng. Wing) – generează portanță;
- Stabilizatorul (ampenajul) orizontal (Eng. Horizontal Stabilizer) – controlează înclinația longitudinală (mișcare de tangaj).

3. Dinamica fluidelor. Principiul lui Bernoulli

Dinamica fluidelor studiază mișcarea fluidelor și interacțiunea acestora cu corpurile solide, ținând seama de forțele care determină starea de mișcare și de transformările energetice produse în timpul mișcării. Dinamica fluidelor joacă un rol principal în dezvoltarea **forței de tracțiune (Thrust)** într-un motor cu turbină pe gaz și generarea **forței de rezistență la înaintare (Drag)** în timpul zborului aeronavei în atmosferă.



*Fig. 1.1.36. Principiul acțiunii și reacțiunii
în dinamica fluidelor*

Aerodinamica studiază forțele care acționează asupra corpurilor solide în timpul mișcării în aer. Conform legii a III-a a lui Newton (principiul acțiunii și reacțiunii), acțiunea forței de tracțiune a motoarelor turboreactive sau tracțiunea elicei conduce la mișcarea înainte a aeronavei (Fig. 1.1.36). Această lege, de asemenea, este responsabilă pentru o componentă a **forței de portanță** care este produsă de o aripă datorită mișcării descendente a fluxului de aer din jurul aeronavei.

Reamintim că forțele care acționează asupra aeronavei în zbor sunt:

- **Forța de portanță (Lift)** – în sus;
- **Forța de tracțiune (Thrust)** – înainte;
- **Forța de greutate (Weight)** – în jos;
- **Forța de rezistență la înaintare (Drag)** – înapoi.

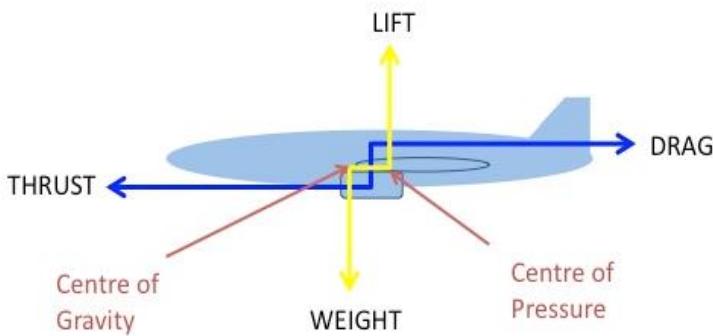


Fig. 1.1.37. Forțele aerodinamice care acționează asupra aeronavei în zbor

Pentru a depăși greutatea, avionul generează o forță opusă numită **forță de portanță**. **Forța de portanță** este generată de mișcarea avionului prin aer și reprezintă o forță aerodinamică. **Forța de greutate** este direcționată jos (datorită atracției Pământului), iar **forța de portanță** este direcționată sus și este perpendiculară direcției mișcării aeronavei. Mărimea forței de portanță depinde de mai mulți factori, inclusiv formă, dimensiunile și viteza aeronavei. Ca și în cazul greutății, fiecare parte a aeronavei contribuie la forța de portanță a aeronavei. Cea mai mare componentă a **forței de portanță** este generată de aripi.

Punctul de aplicare a **forței de portanță** este numit **centrul de presiune**. Centrul de presiune este definit la fel ca centrul de greutate, dar prin distribuția de presiune în jurul corpului aeronavei în loc de distribuția greutății. Altfel spus, centrul de presiune reprezintă locația medie a presiunii, și forța aerodinamică acționează prin intermediul centrului de presiune.

Din *Figură 1.1.37* observăm că punctele de aplicare ale celor patru forțe nu coincid. Majoritatea aeronavelor convenționale sunt construite în aşa fel ca **centrul de presiune** (punctul de aplicare a **forței de portanță**) este localizat mai departe de **centrul de greutate** (punctul de aplicare a **forței de greutate**). Datorită acestui fapt, aeronava are tendință de a fi înclinată în jos. Pentru a echili-

libra aeronava, inginerii „plasează”, în mod intenționat, punctul de aplicare a **forței de rezistență la înaintare** mai sus de punctul de aplicare a **forței de tracțiune**. În plus, prezența stabilizatorului orizontal contribuie, de asemenea, la contracararea tendinței de înclinare în jos, ceea ce face aeronava mai stabilă.

În timpul zborului aeronavei, aerul rezistă mișcării aeronavei datorită viscozității sale. Această forță de frecare vâscoasă e o componentă a **forței de rezistență la înaintare**. **Forța de rezistență la înaintare totală** este suma totală a diferitelor forțe de frânare care acționează asupra aeronavei. Rezistența la înaintare totală este suma tuturor forțelor aerodinamice care acționează paralel cu și opus direcției de zbor. Mulți factori afectează mărimea forței de rezistență la înaintare, inclusiv forma aeronavei, viscozitatea aerului și viteza aeronavei. Similar cu forța de portanță, forțele de rezistență la înaintare ale tuturor componentelor aeronavei (aripi, fuselaj, motoare, stabilizatorul orizontal, stabilizatorul vertical) se combină într-o forță totală de rezistență la înaintare.

Experimental s-a stabilit că, aerul care curge de-a lungul suprafeței unei aripi la diferite unghiuri de atac, formează regiuni de-a lungul suprafeței în care presiunea este negativă, sau mai mică decât cea atmosferică (*Fig. 1.1.38*, săgețile albastre), și regiuni în care presiunea este pozitivă, sau mai mare decât cea atmosferică (*Fig. 1.1.38*, săgețile roșii). Această presiune negativă de pe suprafața superioară creează o forță relativ mai mare pe aripă decât cea cauzată de presiunea pozitivă care rezultă din aerul care lovește suprafața aripii inferioare.

Presiunea scăzută de pe suprafața superioară

Dacă aripa este înclinață astfel încât fluxul de aer să o lovească la un unghi de atac, aerul care se deplasează pe suprafața superioară este forțat să se miște mai rapid decât aerul care se deplasează pe partea inferioară. Această viteză accelerată reduce presiunea de pe suprafața superioară. Aplicând principiul de presiune a lui Bernoulli, creșterea vitezei aerului care se deplasează pe partea superioară la un profil aerodinamic produce o scădere a presiunii. Această presiune scăzută este o componentă a portanței totale.

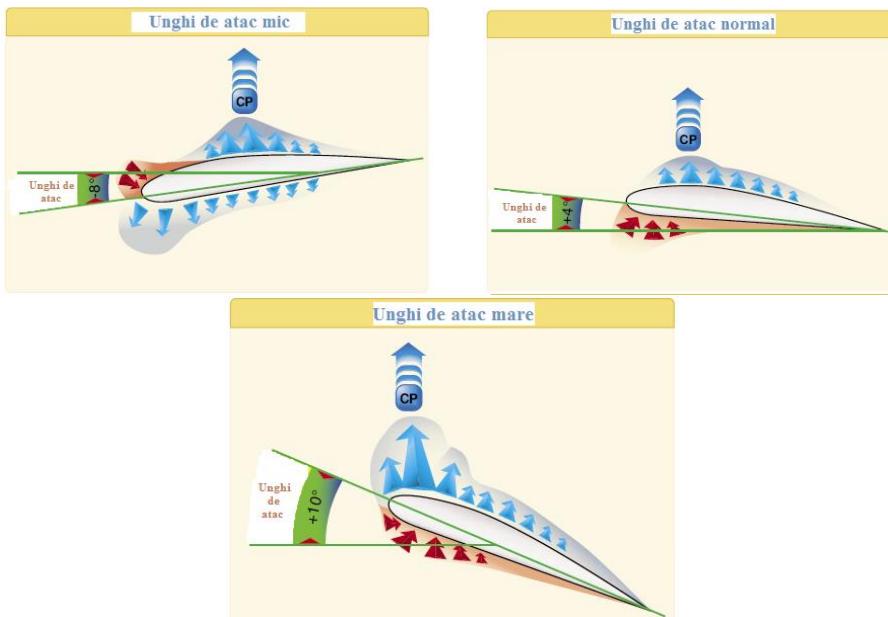


Fig. 1.1.38. Regiunile de presiune negativă (săgețile albastre) și pozitive (săgețile roșii) față de presiune atmosferică

Presiunea ridicată de pe suprafața inferioară

Un anumit procent din portanță este generat de presiunea de pe suprafața inferioară. Din cauza modului în care fluxurile de aer curg pe suprafața inferioară, rezultă o presiune pozitivă, în special la unghiuri de atac mai mari. Dar există și un alt aspect al acestui flux de aer care trebuie luat în considerație. Într-un punct, foarte aproape de marginea în care fluxul de aer părăsește profilul, acesta este practic oprit (punct de stagnare) și apoi crește treptat viteza. La un moment dat, lângă marginea în care fluxul părăsește profilul, ajunge din nou la o viteză egală cu cea de pe suprafața superioară. În conformitate cu principiul lui Bernoulli, în cazul în care fluxul de aer a fost încetinit pe suprafața inferioară, o presiune pozitivă ascendentă a fost creată. Pe măsură ce viteza fluidului scade, presiunea trebuie să crească. Având în

vedere că diferența de presiune dintre suprafața superioară și inferioară a profilului crește, crește și portanța totală.

Doar diferența de presiune dintre suprafața superioară și inferioară a unei aripi nu poate produce portanța totală. Principiul lui Bernoulli și Legile lui Newton acționează ori de câte ori portanța este generată de un profil aerodinamic.

Principiul lui Bernoulli

În dinamica fluidelor, **principiul lui Bernoulli** afirmă că o creștere a vitezei unui lichid are loc simultan cu o scădere a presiunii sau o scădere a energiei potențiale a fluidului. Acest principiu se aplică curgerii staționare a unui lichid ideal care nu are viscozitate, este incompresibil și viteza unei particule de lichid este independentă de timp. Principiul este valabil numai pentru fluxurile izentropice pentru care efectele de turbulență și procesele non-adiabatice (de exemplu, radiația termică) sunt mici și pot fi neglijate.

Datorită faptului că fluidul este incompresibil, volumul $V_1 = v_1 \Delta t S_1$ de fluid care traversează secțiunea S_1 în intervalul de timp Δt este egal cu volumul $V_2 = v_2 \Delta t S_2$ de fluid care traversează secțiunea S_2 în același interval de timp (Fig. 1.1.39). Din egalitatea volumurilor urmează că $v_1 S_1 = v_2 S_2$, de unde rezultă că, cu creșterea ariei secțiunii transversale, viteza scade, și vice-versa.

Efectul Venturi constă în accelerarea curentului unui fluid când este redusă secțiunea transversală a țevii prin care curge fluidul. Viteza maximă de curgere se observă în partea țevii cu cea mai mică secțiune transversală.

Suma dintre energiile cinetică și potențială a masei de fluid rămâne constantă în orice secțiune a tubului de scurgere, dacă nu există pierderi de energie. De aici rezultă că suma dintre presiunea statică, presiunea dinamică și presiunea hidrostatică sunt mărimi constante pentru fiecare secțiune:

$$p_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 = p_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2 = \text{const}$$

Dacă viteza fluxului crește, presiunea scade, și vice-versa.

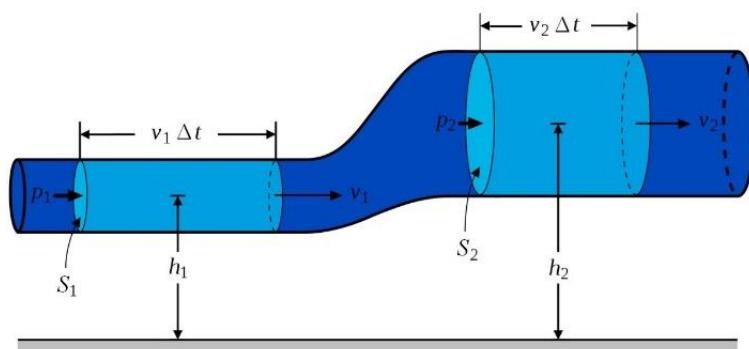


Fig. 1.1.39. Demonstrația principiului lui Bernoulli și a efectului Venturi

Principiul lui Bernoulli poate fi utilizat pentru a calcula **forța de portanță**, dacă se cunoaște comportamentul fluxului de fluid în vecinătatea profilului aerodinamic. Dacă aerul care trece prin suprafața superioară a unei aripi de aeronavă se mișcă mai repede decât aerul care curge peste suprafața inferioară, atunci principiul lui Bernoulli implică faptul că presiunea pe suprafețele aripii va fi mai mică decât cea de dedesubt. Această diferență de presiune determină o **forță de portanță** în sus. Ori de câte ori este cunoscută distribuția vitezei peste suprafețele superioare și inferioare ale unei aripi, **forțele de portanță** pot fi calculate (cu o aproximare bună) folosind **ecuația lui Bernoulli**. **Principiul lui Bernoulli** nu explică de ce aerul curge mai repede deasupra vârfului aripii și mai încet dincolo de partea inferioară, dar afirmă că dacă viteza fluxului crește, presiunea scade.

4. Manevrarea aeronavei. Stabilitatea statică și dinamică

În funcție de mărimele și direcțiile relative ale forțelor de tracțiune, portanță, rezistență la înaintare și greutate, aeronava își schimbă altitudinea sau ruloul. În configurația dronei prezentate în Fig. 1.1.40, rotoarele roșii se rotesc în sens invers acelor de ceasornic, iar rotoarele verde se rotesc în sensul acelor de ceasornic. Deoarece o dronă este simetrică, mișcarea înainte și mișcarea înapoi nu se deosebesc. Același lucru este valabil și pentru mișcarea laterală.

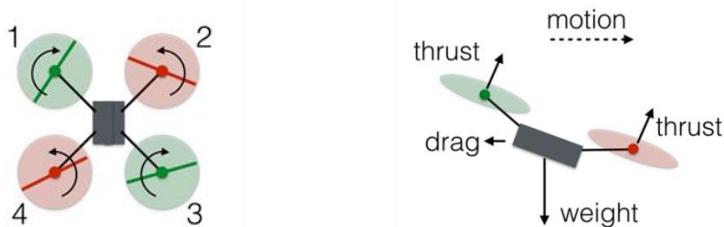


Fig. 1.1.40. Forțele aerodinamice care acționează asupra quadrotorului ce zboară cu viteză constantă

Pentru a zbura înainte, este nevoie de o componentă înainte a tracțiunii rotoarelor. Pentru această, se poate mări rata de rotație a rotoarelor 3 și 4 (cele din spate) și micșora rata de rotație a rotoarelor 1 și 2 (cele din față). Forța totală de tracțiune va rămâne egală cu greutatea, astfel încât drona va rămâne la același nivel vertical. De asemenea, deoarece unul dintre rotoarele din spate se rotește în sens opus celor de ceasornic și celălalt – în sensul acelor de ceasornic, rotația mărită a acestor rotoare va păstra un moment unghiular zero. Același lucru este valabil și pentru rotoarele din față, deci drona nu se rotește. Cu toate acestea, forță mai mare din spatele dronelui va cauza înclinarea dronelui înainte. O mărire ușoară a forței de tracțiune pentru toate rotoarele va produce o forță de tracțiune netă care are o componentă pentru a echilibră greutatea împreună cu o componentă de mișcare înainte.

Pentru a depăși forța de rezistență la înaintare, avioanele folosesc un sistem de propulsie care generează o forță de tracțiune. Direcția forței de tracțiune depinde de modul în care motoarele sunt atașate la aeronavă. Mărimea forței de tracțiune depinde de factorii asociați cu sistemul de propulsie: tipul motorului, numărul de motoare și setările clapetei de accelerație (*Eng. throttle*).

Când aeronava este echilibrată, rotațiile cauzate de forțele aerodinamice sunt echilibrate și aeronava nu se rotește.

- În timpul zborului la altitudine constantă, dacă **forțele de tracțiune și de rezistență la înaintare** sunt egale, aeronava are viteză constantă față de aer (*Eng. constant airspeed*).

- Dacă **forța de tracțiune** se mărește, aeronava accelerează, iar viteza ei față de aer crește, atunci și **forța de rezistență la înaintare** crește, deoarece ea depinde de această viteză.
- Când **forțele de tracțiune și de rezistență la înaintare** sunt din nou egale, aeronava nu mai accelerează, dar are o nouă viteză constantă față de aer, care este mai mare.

Stabilitatea statică este tendința aeronavei de a reveni la starea inițială după încetarea efectului unei perturbații, în timp ce **stabilitatea dinamică** are în vedere evoluția în timp a avionului după încetarea perturbației. Pe o perioadă lungă se consideră că „stabilitatea (statică) este inamicul manevrabilității”. O aeronavă stabilă statică poate fi stabilă sau instabilă dinamic. Invers, pentru a fi stabilă dinamic, o aeronavă trebuie să fie săbilă static.

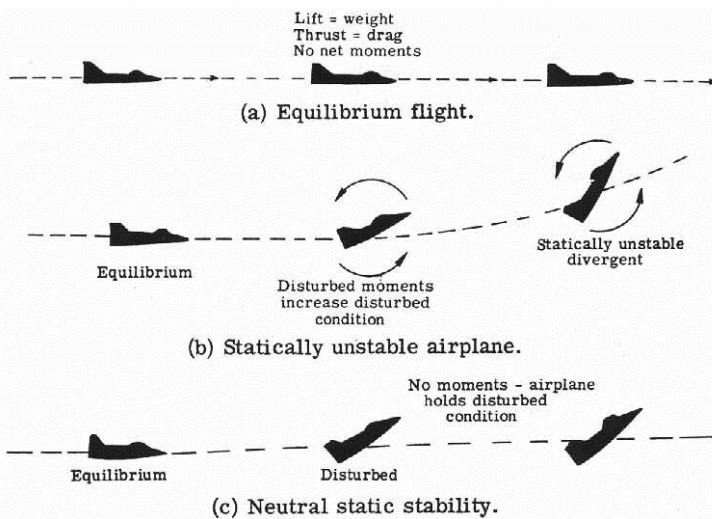


Fig. 1.1.41. Stabilitatea statică

O aeronavă are stabilitatea statică longitudinală dacă la apariția unui factor perturbator (de exemplu, variația incidentei aripiei) care rotește aeronava în jurul axei de tangaj, apare, fără intervenția pilotului, un moment stabilizator ce readuce aeronava în poziția inițială (Fig. 1.1.41). În timpul zborului planat cu

viteză constantă, momentul **forței de portanță** a aripii față de **centrul de greutate** al aeronavei este echilibrat de momentul **forței de portanță** a **ampenajului** (stabilizatorului) orizontal față de același **centru de greutate**.

Din cauza acțiunii unui factor perturbator (de exemplu, o rafală orizontală sau verticală), se va modifica **forța de portanță** a aripii și ampenajului (prin modificarea unghiului de atac sau a vitezei), deci și echilibrul momentelor, aeronava rotindu-se în jurul axei de tangaj. De aceea, este foarte importantă poziționarea **centrului de greutate**. Dacă acesta se găsește prea în spate, este posibil ca, la apariția unei perturbații, momentul portanței aripii să nu mai poată fi echilibrat, fapt care duce la evoluții necontrolate, în limită de viteză. Dimpotrivă, dacă poziția sa este prea înaintată, stabilitatea este prea mare și aeronava devine leneșă în comenzi.

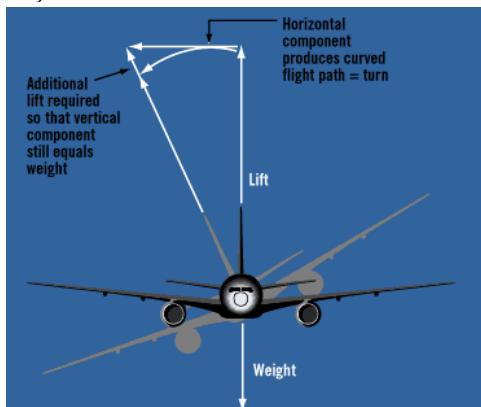


Fig. 1.1.42. Mecanica echilibrării unghiului de ruliu

Ori de câte ori avionul nu se află în zbor „cu unghiul zero de ruliu” (*Eng. zero-angle-of-bank flight*), **forța de portanță** dezvoltată de aripi nu echilibrează pe deplin **forța de greutate**. La unghiuri mari de ruliu, scopul principal este de a manevra **forța de portanță** a avionului pentru a se opune **forței de greutate** prin ruliu la nivelul aripilor. Pentru aceasta, se aplică controlul lateral al ruliului și, uneori, este necesară utilizarea cârmei în direcția ruliului (Fig. 1.1.42).

1.4. Lansarea și aterizarea

- 1. Prezentarea generală a metodelor de lansare și aterizare**
- 2. Lansarea și recuperarea UAV-ului cu aripi rotative**
- 3. Lansarea și recuperarea UAV-ului cu aripi fixe**
- 4. Evaluarea tehniciilor de lansare a UAV-urilor**

1. Prezentarea generală a metodelor de lansare și aterizare

Toate vehiculele aeriene fără pilot trebuie să decoleze / să fie lansate inițial pentru a ajunge în aer. În plus, la sfârșitul misiunii de zbor, trebuie să aterizeze pe un aerodrom sau să fie recuperate. *Lansarea* implică tranziția UAV-ului din starea staționară în starea de zbor. În cazul lansării obișnuite de pe o pistă, aceasta poate fi numită *decolare* (Eng. take-off). Diverse tehnici de lansare și recuperare convenționale și neconvenționale au fost aplicate asupra vehiculelor aeriene cu pilot pe parcursul unui secol. Gama de opțiuni este mai largă pentru aviația fără pilot. Tehnicile acestea sunt facilitate prin excluderea constrângerilor fizice ale pilotului și de masa redusă a UAV-urilor.

Metodele de lansare a aeronavelor pot fi incluse în trei tipuri, fiecare având mijloace corespunzătoare de recuperare:

- Decolare și aterizare orizontale (**Eng. horizontal take-off and landing – HTOL**) pe un tren de aterizare (dispozitiv de aterizare, Eng. *landing gear*) atunci când este disponibilă o suprafață de lungime suficientă (pistă);
- Lansare prin catapultare sau lansare asistată de rachetă atunci când aeronava nu are capacitate de zbor vertical sau când condițiile de operare sau de teren exclud disponibilitatea unei piste;
- Decolare și aterizare verticale (**Eng. vertical take-off and landing – VTOL**).

Metodele tipice de lansare includ:

- Lansare de pe şine;
- Lansare asistată de rachetă;
- Lansare aeriană;

- Lansare manuală;
- Lansare cu fir tensionat (i.e. catapultă);
- lansare cu vehicul de sol.

2. Lansarea și recuperarea UAV-ului cu aripi rotative

În afară de stocare între misiuni de zbor, UAV-ul cu decolare și aterizare verticale (*Eng. VTOL Unmanned Aerial Vehicle – VUAV*) trebuie doar poziționat pe platformă înainte de lansare și recuperat după aterizare. Astfel, numărul personalului de deservire este redus. VUAV-urile de dimensiuni mici pot fi recuperate manual, iar cele mai mari pot necesita echipamentul special pentru recuperare și stocare.

O metodă ar fi aterizarea VUAV-ului pe un suport montat pe platformă cu ajutorul unor şine. Şinele permit transportarea mai ușoară a UAV-ului de pe platforma pentru elicoptere în hangar. Un sistem asemănător destinat elicopterelor este sistemul electro-optic de urmărire **Aircraft Ship Integrated Secure and Traverse (ASIST)** creat de *Indal Technologies*. Odată ce sistemul a detectat că elicopterul a aterizat pe platformă, dispozitivul de siguranță se apropie automat de elicopter și îl asigură. Dispozitivul de fixare și sistemul de traversare sunt apoi folosite pentru a manevra elicopterul într-un hangar, fără a fi nevoie de intervenție umană. Dezavantajul sistemului acesta este complexitatea și necesitatea de echipament auxiliar fixat pe VUAV.

O abordare mai simplă este utilizarea unei plase integrate în corpul VUAV-ului. VUAV-ul “Fire Scout” a companiei Northrop Grumman are un sistem de aterizare **Light Harpoon Landing Restraint System (LHLRS)** instalat sub fuselajul. Atunci când VUAV-ul se aterizează pe platformă, harponul nimerește în plasă și se blochează mecanic în acesta. Pentru a lansa din nou, sistemul de blocare este dezactivat de la distanță de către operator chiar înainte de decolare. Sistemul de același tip este folosit de elicopter Super Lynx în operațiuni navale.

3. Lansarea și recuperarea UAV-ului cu aripi fixe

În afara de tipurile de UAV-uri mai mici (cum ar fi Skylark I) care pot fi lansate manual, celelalte au nevoie de un mijloc prin care să accelereze până la o anumită viteză pentru a putea decola.

De obicei, se folosește o pistă pe care UAV-ul accelerează prin propria propulsie, dar pe suprafața unei corvete sau a unei fregate, spațiul este prea limitat pentru a permite utilizarea acestei metode. Trebuie să fie luate alte măsuri pentru a asista decolarea. Acesta se poate executa în câteva moduri diferite, iar mai jos sunt descrise patru dintre categoriile de sisteme de lansare utilizate în prezent:

- Decolarea asistată de rachetă (*Eng. rocket assisted take-off – RATO*);
- Coarda de bungee;
- Lansatoarele hidraulice;
- Lansatoarele pneumatice.

Decolarea asistată de rachetă (rocket assisted take-off – RATO)

Acest sistem are avantajul principal în dimensiunile sale mici care aproape nu necesită distanță de decolare. În cadrul acestei metode, UAV-ul este plasat pe un suport în rampă. De UAV este atașată o rachetă ce se află într-un sistem de motor reîncărcabil. La decolare, racheta este aprinsă pentru a accelera UAV-ul suficient până ca propriul său motor să preia zborul (*Fig. 1.1.43*).

Apoi racheta este eliberată pentru a nu mări greutatea UAV-ului în timpul operării. La eliberare, racheta este aruncată în apă, de obicei. Din această cauză, sistemul nu este favorabil din punctul de vedere al protecției mediului sau se cheltuie timp în plus pentru colectarea rachetei.

Dimensiunea și numărul componentelor necesare pentru lansare fac ca acest sistem să fie ușor de transportat pe o navă și exclud necesitatea unor modificări considerabile ale navei. Totuși depozitarea rachetelor poate deveni o problemă, acestea fiind componente pirotehnice care trebuie păstrate ca

atare. Aceasta prezintă și o problemă de personal, fiindcă este nevoie de echipaj suplimentar pentru prevenirea incendiilor.

În timpul lansării, există un interval de timp în care UAV-ul se află în aer, dar nu are viteza și fluxul de aer suficiente pentru a produce forțele aerodinamice necesare pentru a controla UAV-ul.



Fig. 1.1.43. UAV-ul Pioneer lansat cu ajutorul sistemului RATO

Avantaje:

- Amprentă redusă asupra navei/vehiculului-suport;
- Costul inițial mic;
- Poate fi pregătit în prealabil;
- Instalare minimă necesară.

Dezavantaje:

- Efecte negative optice, auditive, de temperatură;
- Rachetele necesită îngrijire specială;
- Considerații de siguranță;
- Costuri recurente considerabile.

Coarda de bungee:

Este un dispozitiv de lansare cu catapultă ce utilizează energie stocată în coardele elastice de bungee pentru a lansa UAV-ul (*Fig. 1.1.44*). De obicei, dispozitivul constă din şine de metal plasate la un unghi de lansare, una sau mai multe corzi de bungee și un troliu folosit pentru a întinde coarda. Înainte de lansare, coarda de bungee este întinsă până la tensiunea necesară și fixată cu ace de siguranță. Acestea sunt înlăturate apoi pentru a lansa UAV-ul. Dacă se utilizează un troliu fără motor, această metodă de lansare este relativ silentioasă. Datorită simplicității designului sistemului care nu necesită multe componente mecanice sau electrice, este relativ ușor. Totuși sistemul este limitat de caracteristicile corzii și este nevoie de şine lungi pentru ca UAV-ul să poată accelera până la viteza necesară.

Lansatoarele cu corzi de bungee sunt deseori limitate la UAV-urile ușoare. Lansarea inițială se produce fără amortizare, ceea ce poate rezulta într-o mișcare neregulată la începutul lansării. Acest fapt poate fi problematic dacă UAV-ul sau încărcătura să nu poată suporta acest tip de accelerare. Metoda este limitată la UAV-uri de dimensiuni mai mici. În forma ei cea mai simplă, coarda de bungee este, probabil, tehnica cea mai „secretă”.



Fig. 1.1.44. UAV-ul LUNA lansat de pe o catapultă cu coardă de bungee

Avantaje:

- Concept simplu;
- Efect redus asupra mediului;
- Cost redus.

Dezavantaje:

- Utilizarea limitată la UAV-urile mai mici;
- Accelerăția inițială înaltă;
- Viteza finală dificil de estimat.

Lansatoarele hidraulice

Dispozitivele de lansare hidraulică sunt proiectate, de obicei, ca și lansatoarele cu catapultă cu şine (Fig. 1.1.45). La baza sistemului este un cilindru cu două compartimente. Compartimentele sunt separate printr-un piston care are un gaz compresibil de o parte și un ulei hidraulic de cealaltă parte. Pentru a acumula energia necesară pentru lansare, uleiul este pompat așa încât să apese pistonul, care, la rândul său, va comprima gazul din celălalt compartiment. Compartimentul ce conține uleiul hidraulic este conectat la un motor hidraulic printr-o supapă cu deschidere rapidă. Motorul acționează un trolley atașat de suportul montat pe şine pe care este plasat UAV-ul. Pentru a lansa UAV-ul, supapa menționată se deschide. Aceasta permite gazului din cilindru să se dilate și să împingă uleiul înapoi, acționând motorul hidraulic.



Fig. 1.45. Lansare hidraulică

Motorul întoarce troloul care, la rândul său, trage suportul (de-a lungul şinelor), astfel accelerând UAV-ul până la viteza de lansare. Sistemul de lansare hidraulic este mai complex decât cel cu coardă de bungee sau rachetă și are nevoie de energie ca să opereze. Avantajele sistemului constau în faptul că acesta poate produce viteză de lansare relativ înaltă și că startul inițial poate fi atenuat pentru a evita o accelerare prea mare. Astfel, această metodă de lansare poate fi aplicată pentru mai multe designuri de UAV.

Avantaje:

- Întregul proces de lansare poate fi dirijat;
- Lansarea este repetabilă și poate fi resetată rapid;
- Metoda poate fi adaptată pentru diferite tipuri de UAV-uri;
- Costuri recurente reduse.

Dezavantaje:

- Cost inițial înalt;
- Amprentă mareasupra navei/vehicului-suport.

Lansatoare pneumatică

Sistemele de lansare pneumatică se aseamănă cu cele hidraulice (Fig. 1.1.46). Energia este stocată de gazul comprimat, iar şinele și suportul (montat pe şine) sunt bazate pe același principiu. De obicei, gazul folosit este aer păstrat la presiune înaltă în rezervoare de acumulare. Lansarea se produce prin evacuarea aerului comprimat printr-o valvă, ceea ce accelerează platforma pe care plasat UAV-ul. Forța cu care se efectuează lansarea poate fi reglată prin ajustarea presiunii, ceea ce permite lansarea UAV-urilor cu mase diferite. Unele dintre inconvenientele metodei sunt necesitatea acțiunării unui compresor pentru a pune aerul sub presiune și timpul de care este nevoie pentru a reumple rezervoarele de acumulare. Problema poate fi rezolvată prin folosirea sistemului de comprimare a aerului ce aparține navei (dacă există), dar, pentru aceasta, designul navei ar trebui să includă borne pentru aer presurizat în apropiere de platforma de lansare.



Fig. 1.1.46. Lansator pneumatic

Avantaje:

- Întregul proces de lansare poate fi dirijat;
- Design verificat;
- Costuri recurente reduse;
- Metoda poate fi adaptată pentru diferite tipuri de UAV-uri.

Dezavantaje:

- Timp îndelungat necesar pentru presurizare;
- Amprentă mareasă asupra navei/vehiculului-suport;
- Costuri inițiale înalte.

Alte sisteme de lansare

Lansarea cu parașută (Eng. parasail launch)

Asemănătoare cu parasailing-ul practicat de turiști în scopuri de agrement, această metodă poate fi folosită atât pentru lansarea, cât și pentru recuperarea UAV-urilor. Pentru a lansa UAV-ul, parașuta trebuie lăsată să se umfle cu aer și să planeze, ridicând UAV-ul la altitudine (Fig. 1.1.47). Odată ajuns la altitudinea corespunzătoare, UAV-ul este eliberat și plonjează, accelerând până la viteza necesară pentru a efectua o manevră de „pull-up” care îl va plasa la nivelul potrivit pentru zbor dirijat. Această metodă utilizează tehnologii și

subcomponente sigure și accesibile. După cum am menționat, tehnica se folosește în sporturi recreaționale de pe bărci cu motor mici, ceea ce demonstrează că amprenta asupra navei-suport este redusă. Pentru aplicația cea mai simplă, unicul echipament necesar este un troliu împreună cu o frângie de tractat.

Parașuta este ușor de stocat, fiindcă poate fi împăturită și păstrată în husă. Un dezavantaj al metodei este faptul că exclude alte tipuri de operațiuni, de exemplu, aterizarea elicopterului. Parasailing-ul depinde de vânt, ceea ce înseamnă că dirijarea UAV-ului în timpul lansării este limitată și că s-ar putea să fie necesare condiții atmosferice speciale pentru a asigura viteza de lansare corespunzătoare. Pentru mai multe informații, citiți secțiunea **Recuperarea cu parașută** de mai jos.



Fig. 1.1.47. UAV-ul Exdrone ridicat de parașută

Avantaje:

- Amprentă redusă asupra navei/vehiculului-suport atunci când parașuta nu este în uz;
- Metodă verificată (parasailing recreațional);
- Costuri recurente reduse;

- Metoda poate fi adaptată pentru diferite tipuri de UAV-uri;
- Poate fi folosită atât pentru lansare, cât și pentru recuperare.

Dezavantaje:

- Amprentă mare asupra navei-suport atunci când parașuta este în uz;
- Dependentă de vânt.

Recuperarea UAV-ului cu aripi fixe

Cea mai simplă și necostisitoare metodă de recuperare a unui UAV cu aripi fixe este opțiunea care se folosește și pentru nave aeriene de dimensiuni mari, cu echipaj la bord, adică aterizarea convențională pe pistă.

- Recuperarea cu plasă (*Eng. Net recovery*)
- Frânghia de fixare (*Eng. Arresting line, Arresting gear*)
- Macaraua cu cârlig (*Eng. Skyhook*)
- Mâneca de vânt (*Eng. Windsock*)
- Recuperare cu parașută (*Eng. Parasail recovery*)

Recuperarea cu plasă (Net recovery)

Utilizarea unei plase pentru a recupera UAV-ul este o soluție destul de directă și simplă (*Fig. 1.1.48*). Tehnica are la bază o plasă montată vertical spre care va zbura UAV-ul pentru o aterizare rapidă. Este o metodă simplă, care nu implică componente complexe. Un inconvenient al metodei este faptul că UAV-ul se poate deteriora din cauza decelerației relativ rapide sau elicele se pot defecta din cauza încâlcirii în plasă. Totuși, în prezent multe dintre UAV-urile cu aripi fixe au un dispozitiv cu impulsuri în calitate de propulsor, ceea ce reduce riscul de deteriorare a elicelor.

Un alt dezavantaj este că sistemul cu plasă este complex din punctul de vedere al logisticii și implică multă muncă, fiindcă trebuie montat și demontat între operațiuni. Amprenta asupra bordului este destul de mare, deci atunci când plasa este instalată pe platforma pentru elicotere, ea împiedică operarea elicopterului. Pentru UAV-uri de dimensiuni mai mari, plasa nu este suficientă pentru a absorbi toată energia pe care o are un UAV în mișcare, aşa

că un sistem de frâne complementar este necesar. În timpul Războiului din Golf, Marina SUA avea UAV-uri Pioneer, care foloseau sistemul cu plasă verticală Ship Pioneer Arresting System (SPARS). Acesta avea statistici bune de capturare a UAV-urilor, dar vehiculele erau deseori deteriorate la capturarea în plasă.



Fig. 1.1.48. Recuperarea cu plasă a UAV-ului Pioneer

Avantaje:

- Metodă simplă;
- Recuperare la „zero-distanță”.

Dezavantaje:

- Necesită mult personal;
- Amprentă mareă asupra navei-suport;
- Timp îndelungat de montare-demontare;
- Risc de deteriorare a UAV-ului.

Frânghia de fixare (Arresting line, arresting gear)

Există diverse căi de folosire a unei frânghii de fixare ca metodă de recuperare. O metodă ușor de înțeles este cea folosită pentru avioane la aterizarea lor pe suprafața unui portavion (Fig. 1.1.49). Pentru UAV-uri, sistemul este, desigur, mai mic. Acesta include, de obicei, frânghia de fixare și un sistem de frânare care sunt folosite împreună cu un stâlp de susținere și un braț de

macara. Brațul de macara este fixat de navă într-un mod oarecare, fie pe punte sau pe partea laterală. Un dezavantaj al metodei constă în faptul că UAV-ul trebuie să fie modificat aşa încât să aibă un cârlig cu care să se prindă de frânghia de fixare. Aceste modificări ar putea limita încărcătura pe care o poate transporta UAV-ul, precum și schimba caracteristicile aerodinamice ale vehiculului.



Fig. 1.1.49. Frânghia de fixare

Avantaje:

- Recuperare rapidă;
- Recuperare la „zero-distanță”.

Dezavantaje:

- Aterizare dură;
- Sistemul este, de obicei, fixat la sol (sau portavion).

Macaraua cu cârlig (Skyhook)

O variantă a metodei frânghiei de fixare este sistemul de recuperare Skyhook, care folosește un cablu vertical. Sistemul include un braț de macara extensibil și un cablu de prindere. Procedura de recuperare decurge astfel: UAV-ul zboară spre cablul de prindere cu vârful aripii anterioare, prințându-se de el; aceasta face UAV-ul să pivoteze în jos spre carcasa macaralei, încă fiind în contact cu cablul; apoi UAV-ul alunecă puțin de-a lungul cablului

până când cablul este fixat între latura anterioară a aripii și cârligul de la vârful aripii (Fig. 1.1.50). Procesul este destul de „violent”, fiindcă decelerația este rapidă și impactul inițial al UAV-ului ce se lovește de cablu este concentrat pe o suprafață redusă. Amprenta asupra bordului navei-suport este mai redusă decât în cazul plasei de recuperare, dar brațul de macara ocupă mai mult spațiu atunci când este stocat. În prezent, această metodă de recuperare este integrată într-un produs al companiei Insitu Inc. și este livrat ca sistem complet destinat UAV-ului Scan Eagle.



Fig. 1.1.50. Recuperarea UAV-ului ScanEagle prin metoda Skyhook

Avantaje:

- Număr mic de personal necesar;
- Recuperare la „zero-distanță”;
- Design verificat.

Dezavantaje:

- Ocupă mult spațiu atunci când este stocat;
- Este afectat de mișcările navei-suport;
- Metodă de recuperare foarte dură.

Mâneca de vânt

Dispozitivul de recuperare cu mâneca de vânt necesită puțin timp și are un grad redus de complexitate. Designul are formă conică, iar dimensiunea deschizăturii mai mari depășește cu mult anvergura UAV-ului (Fig. 1.1.51). Deschizătura mai mică a mânecei este aproape închisă. Pentru recuperare, UAV-ul zboară prin deschizătura mare a mânecei și este decelerat din cauza spațiului redus din interiorul mânecei. Odată ce se oprește, UAV-ul poate fi recuperat cu ușurință prin deschiderea capătului îngust al mânecei. În afară de faptul că ar putea împiedica aterizarea elicopterelor prin amprenta mareă asupra bordului, impactul asupra operațiunilor navei-suport este minim. Una dintre constrângerile metodei este faptul că aceasta nu se poate utiliza pentru UAV-urile ce folosesc elice frontale pentru propulsie, deoarece ar putea duce la deteriorarea atât a UAV-ului, cât și a mânecei de vânt.

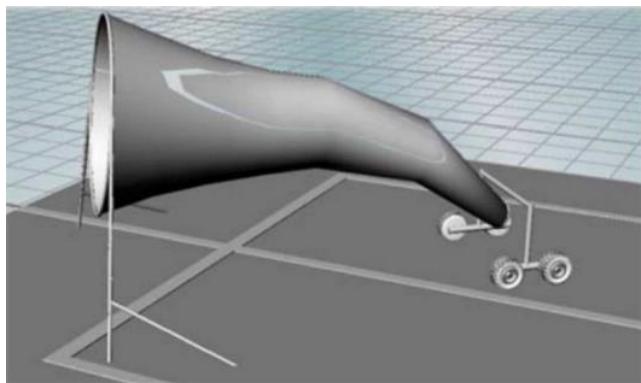


Fig. 1.1.51. Metoda de recuperare cu mâneca de vânt vizualizată

Avantaje:

- Recuperare rapidă;
- Cost redus;
- Masă redusă.

Dezavantaje:

- Limitează tipul de propulsie al UAV-ului;

- Amprentă mărită asupra navei-suport;
- Metoda nu a fost implementată în practică.

Recuperarea cu parașută (Eng. Parasail recovery)

După cum s-a menționat în secțiunea **Lansarea cu parașută** de mai sus, parasailing-ul poate fi utilizat atât pentru lansarea, cât și pentru recuperarea UAV-urilor. Pentru claritate, precizăm că această metodă de recuperare cu parașuta nu se bazează pe coborârea necontrolată a UAV-ului, ci implică folosirea unei pânze, care este conectată cu nava printr-un troliu și o frângie de tractat. Metoda de recuperare constă în faptul că UAV-ul se prinde de mecanismul de prindere plasat în apropierea parașutei sau zboară într-o plasă care este conectată cu frângia de tractat prin cablurile secundare atașate de parașută. Motoarele UAV-ului pot fi deconectate și UAV-ul rămâne suspendat de parașută.

Parașuta este apoi trasă spre navă cu ajutorul troliului, ducând la aterizarea UAV-ului. Această metodă de recuperare este relativ sigură, deoarece recuperarea se efectuează în aer și nu în apropierea unor obiecte (de exemplu, suprastructura navei) de care UAV-ul ar putea să se lovească. De asemenea, prin această tehnică se evită problema turbulențelor cauzate de mișcarea prin aer a suprastructurii navei-suport. În comparație cu metodele de recuperare executate la suprafața bordului, recuperarea cu parașuta nu este afectată de mișcările navei. Un dezavantaj major al metodei este faptul că acesta împiedică operarea elicopterelor pe navă până ce tot echipamentul folosit se înlătură de pe bord.

Avantaje:

- Echipamentul poate fi folosit atât pentru lansare, cât și pentru recuperare;
- Recuperare lină;
- Recuperarea nu depinde de mișcările navei;
- Riscurile de securitate sunt îndepărtate de navă.

Dezavantaje:

- Metoda depinde de viteza vântului;
- Se folosește un troliu și s-ar putea să fie necesar să se instaleze permanent.

4. Evaluarea tehniciilor de lansare a UAV-urilor

Lista tehniciilor de lansare a UAV-urilor cu aripi fixe prezentată mai sus poate fi considerată drept rezultatul inițial al încercării de generare a unor concepte. Aceste metode vor fi evaluate și comparate între ele după modul în care influențează designul UAV-ului și după performanță. Cu cât mai mare este scorul, cu atât mai bună este prestația sistemului conform unui anumit criteriu de evaluare.

Apoi rezultatele sunt sumate și se determină ponderea fiecărui criteriu în raport cu decizia finală, ceea ce ajută mai târziu la alegerea unui concept cu care se va lucra în continuare. Criteriile de design sunt următoarele:

- Impactul asupra designului navei-suport: Cât de mult influențează metoda asupra design-ului navei. Dacă sistemul are nevoie de sprijin din partea navei, de exemplu, de energie, acest fapt va fi considerat o modificare a designului.
- Probleme de siguranță: Riscurile de a deteriora nava, UAV-ul sau echipajul în timpul operațiunilor de lansare.
- Impactul asupra operațiunilor navei: În ce măsură schema de lansare afectează eficiența operațională normală a navei.
- Greutatea: Greutatea sistemului de lansare.
- Amprenta asupra bordului: Suprafața pe care o ocupă sistemul. Se ia în considerație atât suprafața atunci când sistemul este în uz, cât și suprafața de stocare.
- Costul: Estimările de cost care depind de disponibilitatea părților și/sau a subsistemelor în comerț.
- Timpul de montare: Timpul în care sistemul se montează și se pregătește de lansare.
- Personalul: Numărul de personal necesar pentru a opera sistemul.

1.5. Efectele condițiilor meteorologice asupra UAV-urilor de mici dimensiuni

Atmosfera este compusă din gaze. În orice gaz există un număr mare de molecule între care forțele de atracție sunt foarte reduse și care se deplasează liber prin spațiu. **Atmosfera Pământului** constă dintr-un înveliș subțire de aer care se extinde de la suprafața Pământului până la marginea spațiului cosmic, aproximativ 100 km deasupra scoarței terestre (Fig. 1.1.52). Forța de gravitație menține atmosfera lângă suprafața terestră. Atmosfera nu este uniformă: proprietățile sale fluide se schimbă continuu în timp și spațiu. Aceste schimbări constituie **vremea**.

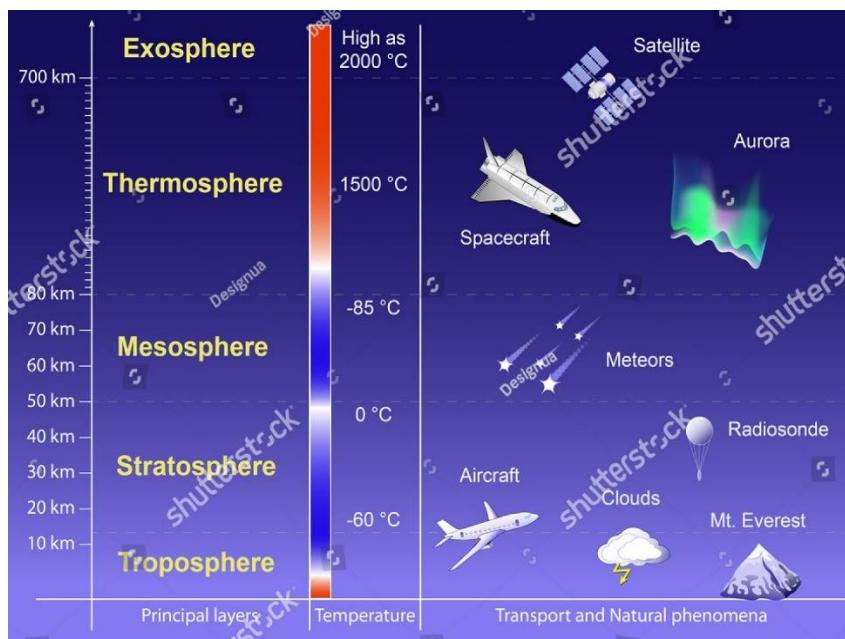


Fig. 1.1.52. Diagramele straturilor din atmosfera Pământului
<https://www.shutterstock.com/image-vector/layers-atmosphere-exosphere-thermosphere-mesosphere-stratosphere-452501140>

Modelul atmosferei are trei zone cu curbe separate: **troposfera, stratosfera inferioară și stratosfera superioară**.

Troposfera se extinde de la suprafața Terrei până la altitudinea de 11 km. Temperatura descrește în mod linear, iar presiunea descrește exponențial. Rata de descreștere a temperaturii se numește gradient termic.

Stratosfera inferioară se extinde de la altitudinea de 11 km până la 25 de km. Temperatura este constantă, iar presiunea descrește exponențial. Modelul **stratosferei superioare** se utilizează pentru altitudini ce depășesc 25 de km. Temperatura crește ușor, iar presiunea descrește exponențial.

Aerul este un amestec de gaze: 78% azot și 21% oxigen, cu urme de vaporii de apă, dioxid de carbon, argon și alte componente. De obicei, aerul este modelizat ca un gaz uniform, iar proprietățile sale constituie media proprietăților tuturor componentelor individuale.

Presiunea și temperatura aerului depind de locație și de anotimp. În unele anotimpuri este mai cald decât în altele, pe când presiunea și temperatura se schimbă de la zi la zi, de la oră la oră, uneori chiar de la minut la minut în condiții meteorologice extreme. Valorile standard ale temperaturii, presiunii și densității aerului sunt înregistrate la nivelul mării, în condiții statice. Odată cu mărirea altitudinii, densitatea aerului, presiunea și temperatura (pentru altitudini mai joase) descresc. În vecinătatea punctului de contact cu spațiul cosmic, densitatea este aproape zero. Variația proprietăților aerului în raport cu standardul poate fi foarte importantă, fiindcă aceasta afectează parametrii aerodinamici, de exemplu, viteza sunetului.

Forțele aerodinamice depind direct de densitatea aerului. Pentru a facilita designul vehiculelor aeriene, este convenabil să se definească un model standard al variației proprietăților atmosferice la diferite niveluri ale atmosferei (*Tab. 1.1.1*). De fapt, sunt disponibile mai multe modele: pentru o zi standard sau medie, pentru o zi căldă, o zi rece și o zi tropicală.

Modelele atmosferei sunt actualizate odată la câțiva ani pentru a include datele atmosferice cele mai recente. Modelul a fost dezvoltat cu ajutorul unor măsurători ale proprietăților atmosferice ale căror valori medii au fost

calculate și, pe baza lor, s-au construit curbe și s-au obținut ecuații. Modelul presupune că presiunea și temperatura variază doar odată cu altitudinea.

Tabelul 1.1.1

Model standard al variației proprietăților atmosferice
la diferite niveluri ale atmosferei

Altitudine față de nivelul mării (m)	Presiune (mm Hg)	Temperatură (°C)
0	760	15,0
200	742	13,7
400	724	12,4
600	706	11,1
800	690	9,8
1000	674	8,5
1200	658	7,2
1400	642	5,9
1600	626	4,6
1800	612	3,3
2000	598	2,0
2500	563	-1,3
3000	530	-4,5
3500	493	-7,8
4000	463	-11,0
4500	433	-14,3
5000	405	-17,5

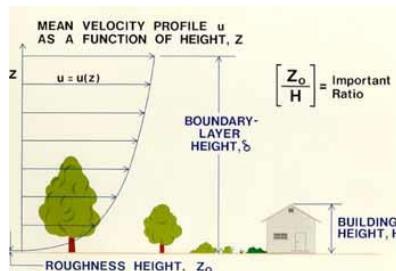


Fig. 1.1.53. Stratul limită atmosferic

Stratul limită (Eng. boundary layer) se poate desprinde de corp, creând o formă efectivă foarte diferită de forma fizică a obiectului (Fig. 1.1.53). Condițiile de curgere în și în apropiere de stratul limită sunt deseori instabile (variază în timp) și pot deveni turbulente. Stratul limită este important la determinarea atât a forței de rezistență la înaintare, cât și a portanței unui obiect.

Viscozitatea: La mișcarea unui obiect printr-un gaz, viscozitatea gazului devine un factor important. Moleculele de gaz aderă la orice suprafață, creând un strat de aer lângă suprafață, numit strat limită, care practic schimbă forma obiectului.

Tabelul 1.1.2

Viscozitatea apei și aerului la diferite temperaturi.

Temp. (°C)	Water		Air	
	Viscosity, μ (Pas $\times 10^5$)	Kinematic viscosity, ν (m 2 /s $\times 10^6$)	Viscosity, μ (Pas $\times 10^5$)	Kinematic viscosity, ν (m 2 /s $\times 10^6$)
0	179.2	1.792	1.724	13.33
10	130.7	1.307	1.773	14.21
20	100.2	1.004	1.822	15.12
30	79.7	0.801	1.869	16.04
40	65.3	0.658	1.915	16.98

Compresibilitatea: La mișcarea unui obiect printr-un gaz, compresibilitatea gazului devine și ea un factor important. Moleculele gazului se mișcă în jurul obiectului în timp ce acesta trece printre ele. Dacă obiectul se deplacează cu viteze joase (< 350 km/h), densitatea fluidului rămâne constantă.

Dar la viteze mari, o parte din energia obiectului contribuie la comprimarea fluidului, deplasând moleculele mai aproape una de alta și schimbând densitatea fluidului, care, la rândul său, schimbă forța rezultantă ce acționează asupra obiectului. Acest efect are un impact mai mare odată cu mărirea vitezei. La viteze apropiate de viteza sunetului și mai mari, se produc unde de soc care afectează atât forța de rezistență la înaintare, cât și portanța obiectului.

Viteza sunetului în aer depinde în principal de temperatură. La o temperatură tipică a mării, sunetul se propaga cu aproximativ 1220 de kilometri pe oră. La altitudini mari, unde este mult mai rece, sunetul se propaga mai încet (*Fig. 1.1.54*).

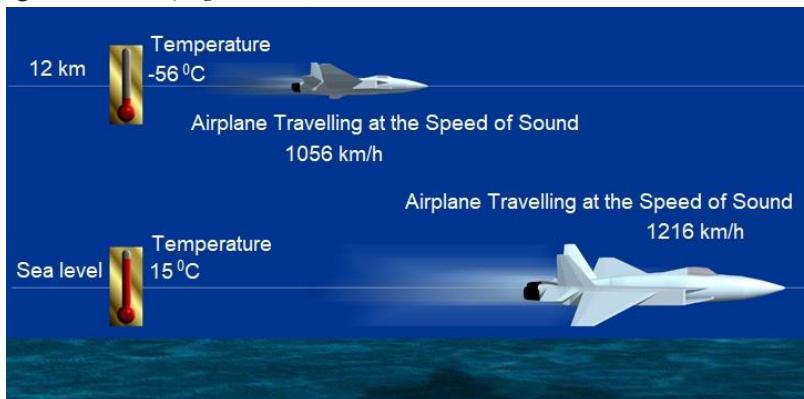


Fig. 1.1.54. Viteza de propagare a sunetului la diferite temperaturi

Datele despre vreme exacte și furnizate la timp, permit piloților de UAV să ia decizii informate pentru a planifica și executa cu eficiență managementul rezervelor de combustibil și pentru a planifica redirecționarea și rute alternative. UAV-urile pot fi mai susceptibile la vânt și precipitații decât navele aeriene mari, dar, în schimb, se pot adapta mai agil la schimbările condițiilor meteo datorită faptului că operează la altitudini mai joase. Informațiile despre **viteza și direcția vântului, plafonul (înălțimea) norilor, vizibilitate, precipitații, umiditate și temperatură** sunt foarte importante pentru pregătirea și execuția planului de zbor.

Vremea este factorul extern cu impactul cel mai mare asupra performanței UAV-urilor. Piloții navelor aeriene cu echipaj au acces la diverse resurse, publicații și instrumente meteo care să-i ajute să evaluateze riscurile meteo și modul în care vremea le-ar putea afecta misiunea (ex.: Flight Services, Sirius XM weather, NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), National Weather Service, etc.). Resursele meteo pentru UAV-uri sunt:

MDCRS (Meteorological Data, Collection and Reporting System), TAMDAR (Tropospheric Airborne Meteorological Data Reporting), UAV Forecast (<https://www.uavforecast.com>).

Misiunile de zbor fără echipaj sunt, de obicei, mult mai scurte decât cele cu echipaj. Aceasta aduce avantajul semnificativ de a permite operatorilor să și bazeze pregătirile dinainte de zbor pe observațiile meteo în timp real, și nu pe prognoza meteo (Fig. 1.1.55).



Fig. 1.1.55. Observațiile meteo în timp real (UAV forecast app)

Capacitate de a redirecționa zborul, de a-l anula sau de a executa o aterizare de urgență în cazul unor condiții meteo neprevăzute este limitată. Deci, pentru a planifica zborul, trebuie să fie luate în considerație condițiile meteo în detaliu. Fiindcă UAV-urile, spre deosebire de navele aeriene cu echipaj, pot fi abandonate în condiții meteo critice, aceasta face mai dificilă luarea deciziilor în cazurile în care persoane sau proprietate sunt puse în pericol de către zbor.

Există diverse riscuri meteo de care operatorii UAV-urilor trebuie să țină cont și care depind de următoarele proprietăți ale atmosferei:

- Densitatea altitudinii;
- Temperatura;
- Vizibilitatea;
- Umiditatea și saturarea;
- Vântul.

Moderat cu riscuri: vizibilitate redusă; tipuri de vreme: ceată, pâclă, lumină orbitoare, nori.

Adverse cu riscuri: pierdere a semnalului, pierdere a controlului, pierdere a comenzi, performanță aerodinamică redusă, efectivitate redusă a operatorului; tipuri de vreme: vânt și turbulențe, ploaie, furtuni solare, temperatură și umiditate, zăpadă și gheată.

Extreme cu riscuri: defecțiuni grave sau pierdere a navei, riscuri inaceptabile pentru operator și personal; tipuri de vreme: descărcări electrice, grindină, tornado, uragan. Aerul devine mai rar la altitudine și temperaturi mai înalte; densitatea altitudinii prognosează performanța aeronavei în funcție de altitudine, presiune non-standard și temperatură.

Densitatea altitudinii

Densitatea altitudinii este definită de presiunea altitudinii și temperatura ambiantă și are un efect semnificativ asupra performanței unei aeronave. Atunci când densitatea altitudinii este înaltă, performanța aeronavei este redusă. Densitatea altitudinii devine înaltă la altitudine mai mare, presiune atmosferică redusă, temperatură înaltă, umiditate înaltă. O densitate a altitudini mai înaltă înseamnă aer mai rarefiat și duce la o performanță redusă a aeronavei. O densitate a altitudinii mai joasă înseamnă aer mai dens și duce la o performanță mai bună a aeronavei.

Odată cu creșterea densității altitudinii, performanța UAV-ului se reduce. Acest fapt joacă un rol important într-un mediu montan. Ridicarea la 60 de metri de la sol este diferită în munte comparativ cu nivelul mării. Zborul la 2

km altitudine în munți sau la 35 grade vara va reduce cu mult abilitatea elicelor unui multicopter de a genera portanță, ceea ce va afecta încărcătura maximă permisibilă și timpul de zbor.

Temperatura

Atât temperaturile înalte, cât și cele joase vor cauza reacții adverse diverselor componente ale UAV-urilor, având drept rezultat performanța de zbor redusă. La temperaturi înalte motoarele vor trebui să lucreze mai intens pentru a genera o forță de portanță mai mare, acest fapt reducând timpul disponibil pentru zbor; în plus, căldura generată ar putea supraîncălzi părțile electronice și/sau topi firele de conexiune în unele cazuri. Dacă se rezervă perioade de repaos mai lungi între zboruri, atunci părțile electronice au suficient timp ca să se răcească până la o temperatură stabilă înainte de pornire. La temperaturi joase, voltajul bateriilor poate scădea mai jos de voltajul necesar pentru operarea regulatorului de turație (ESC). De asemenea, bateriile se descarcă mai repede, reducând timpul de zbor.

Vizibilitatea

Vizibilitatea influențează măsura în care operatorul își poate vedea UAV-ul (în cazul operațiunilor în care operatorul are contact vizual cu UAV-ul), dar afectează și opțiunile de navigație bazate pe cameră, cum ar fi sistemul de poziționare vizuală.

Norii cumulonimbus sunt cei mai periculoși. Ei apar individual sau în grupuri. Încălzirea aerului de lângă suprafața Pământului creează furtuni din mase de aer; mișcarea de ascensiune a aerului în regiuni montane cauzează furtuni orografice. Norii cumulonimbus ce se formează în linie continuă se numesc linii de furtună (*Eng. squall line*).

De exemplu, dacă un UAV de dimensiuni mici se găsește într-o furtună, el ar putea suferi sub acțiunea unor curenți ascendenți și descendenți cu viteza ce depășește 15 m/s. În plus, în timpul furtunilor mai pot apărea și grindina, descărcările electrice, tornade și cantități mari de apă, toate acestea fiind periculoase pentru UAV.

Umiditatea și saturarea

Umezeala în formă de ceață, abur sau ploaie poate cauza scurt-circuit părților electronice ale UAV-ului care nu sunt bine protejate. Dacă valoarea umidității relative e prea aproape de 100%, acesta este un semn al umezelii. Dacă vremea nu este destul de plăcută pentru ca operatorul să rămână afară pe parcursul zborului, atunci misiunile ce necesită contact vizual cu UAV-ul ar trebui amâname.

Vântul

Forța de frecare a vântului care suflă de-a lungul suprafeței Pământului își schimbă direcția de la altitudinea de 600 m. De asemenea, condițiile locale, clădirile și alte structuri de origine antropică, formațiunile geologice și alte obstacole pot schimba direcția și viteza vântului în apropiere de suprafața Pământului.

Încălzirea neuniformă a suprafeței Pământului cauzează curenți de convecție (Fig. 1.1.56). Solul se încălzește mai repede decât apa, de aceea, aerul aflat deasupra solului devine mai cald și mai puțin dens. Acesta se ridică și este înlocuit de aer mai rece și mai dens care circulă din direcția apei. În timpul nopții are loc procesul invers. Solul se răcește mai repede decât apa, așa că aerul mai cald de deasupra apei se ridică și este înlocuit de aerul mai rece și dens de deasupra solului. Acest proces creează un vânt în apropierea corporilor de apă numit briză de uscat.

Diverse suprafețe radiază căldură în măsură diferită. Pământul arat, rocile, nisipul, pământul pustiu produc cantități mari de căldură; apa, copaci și alte zone acoperite cu vegetație tend să absoarbă și să rețină căldura. Încălzirea neuniformă a aerului creează mici arii de circulație locală numite curenți de convecție. Curenții de convecție cauzează turbulențe în aer simțite în timpul zborurilor la altitudini joase pe vreme caldă. La zborul de altitudine redusă deasupra suprafețelor de diverse tipuri, curenții ascendenți apar, de obicei, deasupra zonelor precum asfaltul sau nisipul, iar cei descendenți – deasupra apelor sau a zonelor acoperite cu vegetație.

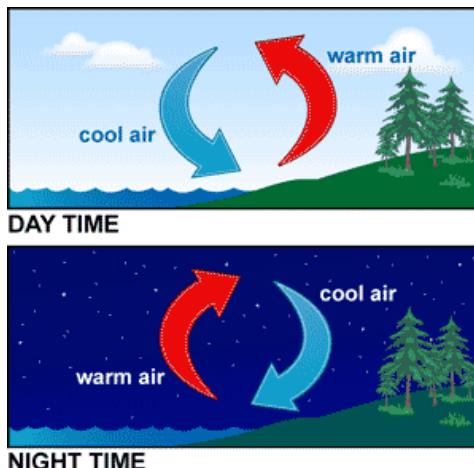


Fig. 1.1.56. Curenți de convecție

Obstacolele de pe pământ influențează circulația vântului, ceea ce constituie un pericol nevăzut. Relieful pământului și clădirile înalte îintrerup circulația vântului și creează rafale de vânt care își schimbă rapid direcția și viteza. Aceste obstacole variază de la structuri antropice, cum ar fi hangarele, până la obstrucții naturale de dimensiuni mari, precum munții, falezele sau canioanele. Intensitatea turbulentelor cauzate de obstacolele terestre depinde de mărimea acestora și de viteza primară a vântului. În timpul planificării rutei, este important să se ia în considerație obstacolele mari, fiindcă ele ar putea influența operațiunile de zbor.

În zonele montane, vântul circulă uniform pe partea muntelui orientată spre vânt, dar pe partea opusă, vântul urmează conturul terenului și poate deveni destul de turbulent. Aceasta se numește vânt catabasic. Cu cât mai puternic este vântul, cu atât mai mare este presiunea la coborâre.

Vânturile puternice pot împiedica operatorul să controleze și să mențină UAV-ul într-o anumită locație GPS. Bateria va fi consumată mai rapid la menținerea locației pe timp de vânt sau la zborul împotriva direcției vântului. Cu cât mai mare e viteza vântului, cu atât mai dificilă devine menținerea

poziției UAV-ului. Aceasta va avea drept rezultat un timp de zbor redus, o menținere a poziției mai puțin exactă și manevrare mai dificilă a UAV-ului.

Cel mai bun mod de a zbura pe timp de vânt este zborul în direcția vântului, adică cu fuzelajul paralel vântului. Zborul în direcția vântului va permite ca latura anterioară a aripii să atingă viteza maximă a vântului (datorită designului acesteia). Dar acest lucru nu este posibil întotdeauna, deoarece traectoria de zbor planificată ar putea fi orientată în direcția opusă vântului sau la un unghi față de aceasta. În astfel de cazuri, aeronavele vor zbura cu partea anterioară orientată în direcția vântului, și nu în direcția de zbor.

Forfecarea vântului constă în schimbarea subită, drastică a vitezei și/sau direcției vântului pe o distanță relativ redusă (*Fig. 1.1.57*). Forfecarea poate avea loc la orice altitudine, în orice direcție, și este caracterizată prin schimbarea direcției vântului cu 180° sau schimbarea vitezei cu 50 de noduri sau mai mult (1 nod = 1,852 km/h). Vântul de forfecare la niveluri joase poate fi deosebit de periculos pentru piloți la distanță din cauza că UAV-ul este situat în apropiere de sol. Forfecarea poate provoca curenți ascendenți și descendenți violenți și, din cauza vitezei sporite a vântului, poate deplasa orizontal UAV-ul cu forță bruscă și neprevăzută. Forfecarea este asociată, de obicei, cu deplasarea fronturilor de aer, furtunile și inversiunile de temperatură cu vânturi puternice de nivel înalt (> 25 noduri).



Fig. 1.1.57. Forfecarea vântului

Microrafalele sunt un tip de vânt de forfecare. Acestea sunt asociate cu precipitațiile convective, care sunt mai scurte și mai intense. Microrafalele apar într-un spațiu orizontal mai mic de 1,6 km și vertical mai mic de 300 m,

timp de circa 15 min. Ele pot produce curenți descendenți violenți de până la 30,5 m/s. De asemenea, ele pot cauza schimbări periculoase ale direcției vântului – de 45°, în doar câteva secunde.

Microrafalele sunt deseori dificil de detectat fiindcă apar în zone de dimensiuni reduse. Multe aeroporturi au sisteme de alarmă de forfecare pentru a avertiza piloții, numite sisteme de alertă de forfecare la nivel jos (Low-Level Wind shear Alert System – LLWAS).

Vântul de forfecare este deosebit de important atunci când UAV-ul zboară în interiorul și în apropierea furtunilor și a fronturilor de aer sau atunci când viteza vântului la altitudinea de 600-1200 m depășește 25 de noduri.

Stabilitatea unei mase de aer determină caracteristicile sale meteorologice. Atunci când un tip de masă de aer este suprapusă alteia, condițiile meteo se schimbă odată cu înălțimea:

- aer stabil: norii stratiformi și ceața, precipitațiile continui, aerul uniform, vizibilitate bună până la redusă în pâclă și fum;
- aer instabil: nori cumuliformi, averse intermitente, turbulențe, vizibilitate bună.

Atunci când aerul se ridică, acesta se dilată și se răcește, iar la coborâre, se comprimă și se încalzește. Această schimbare de temperatură care loc în timpul oricărei mișcări ascendente sau descendente a aerului se numește încălzire și răcire adiabatice (fără transfer de căldură). Rata cu care descrește temperatura pe măsură ce se mărește altitudinea aerului este numită **gradient termic**. Gradientul termic la ascensiunea prin atmosferă este de $9,8^{\circ}\text{C}$ pe un kilometru de aer nesaturat. Gradientul termic permite determinarea stabilității atmosferei. Cu cât mai mare este diferența dintre gradientul termic actual și cel nominal, cu atât mai instabilă este atmosfera.

Combinarea dintre temperatură și umiditate determină stabilitatea atmosferei și condițiile meteo. Aerul rece și uscat este foarte stabil și opune rezistență mișcării verticale a maselor de aer, creând timp bun și senin. Nori strigiforme se pot forma în acest caz. Cea mai mare instabilitate este cauzată de aerul cald și umed. În aceste condiții prevalează turbulențele și precipitațiile. De obicei, furtunile apar zilnic în aceste regiuni din cauza instabilității aerului din vecinătate.

Influența condițiilor meteo asupra UAV-ului la decolare/aterizare și în timpul zborului

Decolare: Operatorii trebuie să disponă oricând de informații exacte asupra vitezei și direcției vântului, presiunii atmosferice, umiditatea și vizibilitatea în zona de decolare. Datele despre nori și precipitații le permit să determine dacă sunt favorabile condițiile pentru o decolare sigură. În funcție de climă, condițiile meteo extreme pot împiedica cursul UAV-ului.

În timpul zborului: multe UAV-uri zboară deseori la altitudini joase, așa că sunt afectate direct de condițiile meteo. Date exacte despre precipitații, înălțimea și adâncimea norilor și umiditatea permit operatorilor să ia decizii legate de planificarea și schimbarea cursului de zbor, precum și gestionarea combustibilului. O problemă frecventă a UAV-urilor este acumularea gheții pe aripi și carcasă – givrajul.

Aterizare sigură: Operatorii au nevoie de informații exacte despre viteza și direcția vântului (în special, a vânturilor ce traversează pista), presiunea atmosferică, temperatura și umiditatea (utilizate pentru a calcula densitatea altitudinii), și precipitațiile din zona de aterizare. Condițiile meteo periculoase, cum ar fi ploaia înghețată și furtunile, pot afecta aterizarea UAV-urilor dacă piloții nu sunt informați despre acestea. Datele despre furtuni obținute de către detectorii descărcarilor electrice indică prezența descărcarilor electrice în zonă. Dispunând de informații meteo exacte, piloții pot determina cum să abordeze aterizarea, și chiar, în unele cazuri, dacă aterizarea este posibilă sau este nevoie de o bază de aterizare alternativă.

Informație meteo de pe Internet și alte surse de date meteo disponibile pentru planificarea zborurilor sunt:

- Comunicate meteo de rutină în aviație (Meteorological Aerodrome Report – METAR);
- Prognoză meteo de aerodrom (Terminal Aerodrome Forecasts – TAF);
- Hărți meteo (furnizează informații despre fronturile de aer, zonele de președinție înaltă și joasă, vânturile de suprafață și presiunea pentru fiecare stație);
- Sistem automat de observație de suprafață (ASOS) și sistem automat de observație meteo (AWOS).

Nu este recomandabil ca un UAV să fie operat:

- pe timp de vânt puternic;
- atunci când viteza rafalelor, și nu doar viteza medie a vântului, poate depăși viteza maximă a UAV-ului;
- la o distanță mai mică de 37 de km (20 mile marine) de o furtună, fiindcă grindina poate cădea la distanță mare de norii de furtună
- în apropierea *tornadelor* (orice nor conectat cu norii de furtună intensă ar putea forma o tornadă, chiar dacă este localizat la distanță mare de norul principal);
 - pe timp de ploi înghețate (cele mai nefavorabile condiții meteo), deoarece poate avea loc *givrajul* - depozitarea gheții pe suprafața UAV-ului, și acesta nu mai poate zbura, iar caracteristicile aerodinamice ale elicelor se schimbă;
 - pe timp de ceată, deoarece este mai dificil să se mențină contactul vizual cu UAV-ul.

Bibliografie selectivă:

1. Conectarea UBEC-ului: <https://www.motionrc.com/products/ztw-10a-bec-ubec>
2. Legea a III-a a lui Newton: <https://www.setthings.com/ro/treia-lege-de--misiune-lui-newton-actiunea-si-reactia/>
3. Axele de referință ale aeronavei:
http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/aero_03/textonly/fo01txt.html
4. Componentele unui avion: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/VirtualAero-/BottleRocket/airplane/airplane.html>
5. Centrul de greutate, centrul de masă al quadrotorului:
<https://cdn.intechopen.com/pdfs/57334.pdf>
6. Bazele aerodinamicii: <https://www.flighliteracy.com/review-of-basic-aerodynamics-part-two/>
7. Distribuția presiunii și schimbarea centrului de presiune:
<http://www.infoaviatie.ro/distributia-presiunii-pe-aripa/24>
8. Prinzipiul lui Bernoulli: <https://www.setthings.com/ro/principiul-lui-bernoulli/>
9. Manevrarea quadrotorului: <https://uav.jreyn.net/the-basics/flight-control>
10. Mecanica echilibrării unghiului de ruliu: http://www.boeing.com/commercial/-aeromagazine/aero_03/textonly/fo01txt.html
11. Body frame pentru un quadrotor: http://file.scirp.org/Html/12-7900231_35654.htm

12. *Building Your Own Drones A Beginner's Guide to Drones, UAVs, and ROVs* – John Baichtal, 2016.
13. Eriksson M., Ringman P. *Launch and recovery systems for unmanned vehicles onboard ships*. A study and initial concepts, Master Thesis, ThyssenKrupp Marine System AB, Karlskrona, Sweden, 2013.
<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:783979/FULLTEXT01.pdf>
14. Viteza sunetului la diferite temperaturi: <http://howthingsfly.si.edu/media/speed-sound>
15. 7 Must-Have Apps for Drone Pilots: <http://fromwheredrone.com/7-must-have-apps-for-drone-pilots/>

Test de autoevaluare

1. Determinații suprafetele de control **ruliu (Roll)**, **tangaj (Pitch)** și **girafie (Yaw)**.
2. Enumerați avantajele și dezavantajele UAV-urilor cu aripi rotative (multirotor) față de UAV-urile cu aripi fixe.
3. Prezentați schematic regulatorul de turație (**ESC – Electronic Speed Controller**) și modul de conectare la sursa de alimentare, motor, receptor RC.
4. Prezentați schematic quadrotorul și indicați direcțiile de rotație a elicelor (CW și CCW). Indicați vitezele de rotație a elicelor (prin săgețile mai mari sau mai mici) în cazul mișcării de ruliu (de tangaj, de girafie).
5. Descrieți ce reprezintă configurațiile Y6 pentru un hexacopter și X8 pentru un octocopter.
6. Prezentați schematic corpul aeronavei și indicați **Forța de portanță (Lift)**, **Forța de tracțiune (Thrust)**, **Forța de greutate (Weight)** și **Forța de rezistență la înaintare (Drag)**. Descrieți cum echilibrează rotațiile dronei cauzate de forțele aerodinamice sus-numite.
7. Determinați centrul de greutate și centrul de presiune pentru o aeronavă.
8. Explicați, pe baza principiul lui Bernoulli, apariția forței de portanță care acționează asupra unui profil aerodinamic în zbor.
9. Clasificați metodele de lansare a UAV-urilor cu aripi fixe. Alegeti o metodă și descrieți avantaje și dezavantaje ale metodei prezentate.
10. Enumerați condițiile meteorologice, care prezintă un risc pentru operația UAV-ului.

§2. Tehnici de pilotare

- 1. Sisteme de redundanță**
- 2. Planificarea și gestionarea zborurilor**
- 3. Luarea deciziilor aeronautice**
- 4. *Lucru Practic – Bazele controlului la distanță al aparatelor de zbor fără pilot***
- 5. *Lucru Practic – Tehnici de urgență în controlul și gestionarea aparatelor de zbor fără pilot***
- 6. *Lucru Practic – Planificarea și simularea operațiunilor cu aparete de zbor fără pilot autonome***

1. Sisteme de redundanță

Redundanță, Securitatea Operării, Sisteme de Urgență

Întrucât securitatea operării aparatelor de zbor fără pilot, dar și buna desfășurare a zborurilor constituie o prioritate, sistemele de bord și control critice pot fi dublu și chiar triplu redundante. La fel sunt prevăzute și proceduri automatizate de urgență care sunt declanșate în scenarii specifice.

Grupurile de sisteme preferabil redundante:

- Sisteme IMU (Accelerometru, Giroscop)
- Sisteme GNSS
- Comunicații Radio de Control
- Elemente de stocare și furnizare a energiei
- Sisteme și scenarii de management al zborului
- Unități și grupuri de propulsie

FAILSAFE – este un regim sau scenariu, cu comportament pre-definit de pilotul sau operatorul aparatului de zbor fără pilot, care intră în desfășurare în unul din cazurile de urgență posibile. Scenariul poate fi unic pentru fiecare urgență în parte sau comun pentru multiple urgențe posibile.

Exemple de cazuri de urgență:

- Pierderea comunicațiilor radio cu aparatul de zbor fără pilot
- Pierderea semnalului GNSS
- Pierderea datelor IMU
- Scăderea tensiunii în sistemul energetic
- Pierderea unității de propulsie
- altele

❖ **Return To Launch (RTL)** – este un scenariu în care aparatul de zbor fără pilot va opri orice activitate sau misiune în derulare și va purcede la întoarcerea automată sau autonomă în punctul de lansare (**HOME**), urmând un traseu linear.

❖ **Smart Return To Launch (Smart RTL, SRTL)** – este un scenariu în care aparatul de zbor fără pilot va opri orice activitate sau misiune în derulare și va purcede la întoarcerea automată sau autonomă în punctul de lansare (**HOME**), urmând un traseu calculat din coordonatele parcuse în timpul zborului, astfel excludând penetrarea secțiunilor de spațiu aerian „nedescoperite” și minimizând riscul de tamponare a obstrucțiilor posibile din imediata apropiere.

❖ Scenariile **RTL** pot fi declanșate atât de pilot în mod manual, cât și de stația de control (**GCS**), dar și de sistemul de autopilot aflat la bordul aparatului de zbor fără pilot.

❖ **GEOFence/Virtual Fence** – zonă limită virtuală, definită prin coordonate GPS, în formă de poligon, sau cuprinsul unei raze pre-definite de la punctul lansării. Zona limită poate fi definită atât numai în plan, cât și în volum, cu o altitudine maximă și/sau minimă.

❖ În cazul penetrării de aparatul de zbor fără pilot a zonei **GEOFence**, va fi declanșat unul din scenariile pre-stabilite pentru acest eveniment, de exemplu – revenirea în punctul lansării, staționarea la limita zonei de **GEOFencing** sau orice alt tip de comportament programat de utilizator, după caz.

❖ **TELEMETRIE** – noțiune care descrie datele aferente indicilor de zbor, care cuprind parametri precum **altitudinea**, **viteza aeriană**, **viteza terestră**, **direcția de zbor**, **tensiunea energetică** etc. Astfel de parametri pot

ajunge la un număr de sute de indici, proveniți de la multiplii senzori de la bordul aparatului de zbor fără pilot.

❖ Datele telemetrice sunt stocate, dar și transmise în stația de control GCS, după caz. Din acest proces reies **2 tipuri** de **LOG** fișiere, fișiere de stocare a datelor, care apoi pot fi supuse analizei, un așa zis „**BLACK BOX**”:

❖ 1 – **Telemetrie în timp real (TLOG)** – sunt datele transmise către stația de control și stocate în memoria acesteia, deseori prezintă o culegere de date superficială, din motivul canalului de transmisie de date limitat;

❖ 2 – **DATAFLASH LOG (DFLOG)** – culegerea completă de date înregistrate, se stochează în memoria autopilotului de la bord și poate fi accesată post-flight prin conectarea directă la autopilot.

2. Planificarea și operarea zborurilor

Proceduri de planificare și operare ale zborurilor

1. Planificarea și pregătirea zborurilor

- a. Determinarea scopurilor și obiectivelor ale zborurilor
- b. Prospecția ariei de desfășurare a zborurilor – Tipul spațiului aerian, crearea și planificarea zonei de operare, marcarea punctelor și zonelor de interes, coordonarea cu echipa sau echipajul, conformarea la cerințele legale etc.
- c. Managementul riscurilor
- d. Permișuni și pregătiri

2. Proceduri la fața locului și verificări înainte de decolare

- a. Survolarea zonei de operare
- b. Planificarea zborului în zonă și identificarea alternativelor
- c. Briefingul echipajului
- d. Identificarea și marcarea zonei de securitate
- e. Verificări înainte de decolare

3. Pașii de zbor – Pregătire, decolare, zbor, aterizare, oprirea sistemelor.

4. Acțiuni după zbor: Închiderea turei de zbor, furnizarea datelor obținute, mențenanța ordinară

Determinarea scopurilor și obiectivelor

Primul pas este recepționarea informațiilor privind zborurile preconizate. Este utilă studierea hărții împrejurimilor și proiecția efectuată personal de pilotul la distanță. Aceste lucruri sunt importante pentru asigurarea securității zborului planificat. Informația inițială, deși este livrată pilotului de terți, urmează a fi verificată personal de pilotul la distanță.

Zona desfășurării zborurilor

1 – Tipul spațiului aerian: Utilizând harta locală de navigație aeriană, urmează a fi identificat tipul spațiului aerian din zona zborurilor preconizate. În funcție de tipul spațiului aerian urmează conformarea la cerințele legale instaurate pentru tipul de spațiu aerian respectiv.

Exemplu:

- Dacă zborurile sunt preconizate pentru un anumit tip de spațiu aerian cu restricții impuse, operatorul ar putea fi nevoie să coordoneze cu Furnizorul de Servicii de Navigație Aeriană și să aplice pentru obținerea permisului de operare de la Autoritatea Aeronautică locală.
- Dacă operațiunile presupun zboruri deasupra personalului sau a bunurilor terților, vor fi induse proceduri de coordonare și briefing de securitate.
- Dacă operațiunile presupun zboruri deasupra terților neafiliați, va fi necesară obținerea permisiunii specifice etc.

2 – Identificarea zonei de zbor: În funcție de obiectivul propus, zona de zbor poate fi destul de vastă (de exemplu, pentru cartografiere) sau foarte restrânsă (de exemplu, inspecția turnului eolian). Indiferent de aria totală a zonei, urmează a fi clar definite atât limitele acesteia, cât și punctele de poziționare a echipajului, dar și cele de decolare și aterizare.

3 – Marcajul punctelor de interes și al pericolelor din zonă: Punctele de interes urmează a fi identificate și marcate din timp, astfel încât în timpul zborului să nu persiste momente de ghici. Totodată, trebuie luate în calcul toa-

te pericolele din zonă și planul de zbor trebuie să includă evitarea acestora. Drept pericole pentru zbor pot servi – linii de înaltă tensiune, drumuri publice, locuri populate, obstrucții naturale etc. Trecerea în zona desfășurării zborurilor a terților urmează a fi restricționată, iar obstacolele și obstrucțiile existente urmează a fi evitate.

4 – Coordonarea cu echipajul și planificarea zborurilor: Planul de zboruri urmează a fi coordonat cu toți membrii echipajului și confirmată înțelegerea acestuia de către toți figurații.

5 – Alte activități aeronautice: Necesită să fie confirmat faptul că în zonă nu sunt desfășurate alte activități aeronautice, precum zboruri pilotate, exerciții ale parașutistilor etc.; în dependență de acest fapt urmează coordonarea cu Furnizorul de Servicii de Navigație Aeriană.

6 - Pericole: Urmează a fi utilizate hărțile aeronautice pentru a asigura faptul că în zona zborurilor preconizate nu sunt prezente stații radio de înaltă putere, aerodromuri sportive, aerodromuri militare, aeroporturi, zone restricționate etc.

7 – Cerințe legale: Pentru oricare regiune nouă, pilotul la distanță urmează să se asigure că activează conform cerințelor legale impuse asupra regiunii respective.

8 – Obstrucții: Utilizând toate sursele disponibile de informare preventivă, dar și proiecția ad-hoc, pilotul la distanță trebuie să se familiarizeze cu toate obstrucțiile și pericolele din zonă.

9 – Restricții extraordinare: Utilizând hărțile aeronautice și verificând „Notițele către navigatorii aerieni” NOTAM, piloții la distanță trebuie să se asigure că asupra zonei de zboruri preconizate nu au fost impuse restricții temporare sau condiții speciale extraordinare.

10 – Zone publice și de agrement: Pilotul la distanță se asigură că zona desfășurării zborurilor nu este una de interes public, de exemplu, zonă pentru picnic, plimbătul câinilor, sport etc.

11 – Acces public: Pilotul la distanță, dar și echipajul, se asigură că în zona desfășurării zborurilor nu vor avea acces terțe persoane, neimplicate în procesul operațiunilor în desfășurare.

12 - Permisii: Pilotul la distanță se va asigura că dispune de toate permisiunile necesare atât pentru zona de zboruri, cât și pentru tipul activității desfășurate.

13 – Zona de zbor și zonele alternative: Se identifică înaintea de începerea zborurilor zona primară de zbor, decolare și aterizare, dar și zone alternative, pentru cazul în care zona primară va fi compromisă sau inaccesibilă.

14 – Condiții meteo: Pilotul la distanță se va asigura, înaintea începerii zborurilor propuse, că condițiile meteo sunt favorabile și nu prezintă pericol pentru tipul de aparat de zbor fără pilot utilizat.

15 – Altele: Întreg echipajul, dar și pilotul la distanță, se asigură că starea tehnică a utilajului folosit este impecabilă și gata de lucru, bateriile sunt încărcate, pilotul la distanță este instruit corespunzător, aparatul de zbor fără pilot corespunde cerințelor tehnice pentru tipul de operațiuni desfășurate etc.

Managementul Riscurilor

Un lucru foarte important este și estimarea riscurilor potențiale și a impactului aferent unor potențiale incidente.

Tinând cont de împrejurimile, circumstanțele și condițiile efectuării zborurilor, se pot face simulări imaginare a incidentelor posibile. Tabelul de mai jos, poate servi drept unealtă pentru stabilirea factorilor decizionali, dacă îl suprapunem cu posibilitatea producerii unui incident și impactul posibil al acestuia.

Likelihood / Impact	Nearly None	Minor	Moderate	Major	Disaster
Almost Certain	Medium	High	High	Extreme	Extreme
Most Likely	Medium	Medium	High	High	Extreme
Possible	Low	Medium	Medium	High	Extreme
Unlikely	Low	Medium	Medium	Medium	High
Very Unlikely	Low	Low	Medium	Medium	High

Condițiile pentru luarea deciziei de a anula zborul, „NO GO”, pot apărea la orice stadiu al procesului de pregătire sau efectuare a zborurilor. Incapa-

bilitatea de a realiza și a se autosesiza poate duce la dezvoltarea celor mai sumbre scenarii cu incidente și accidente aviatice.

Cinci atitudini cu risc sporit:

Anti-autoritate: “regulile nu mă privesc!”

Impulsivitate: “O fac orice ar fi!”

Invulnerabilitate: “Nu se poate întâmpla cu mine!”

Macho: “Pot face orice!”

Demisie “Nu pot face asta (frica de a spune nu)”

Pașii de zbor

Pregătire

Înainte de a începe derularea misiunii de zbor, pilotul la distanță va verifica toate sistemele aparatului de zbor fără pilot și se va asigura că acestea funcționează normal. Înainte de decolare, se vor verifica indicii senzorilor precum GNSS, AS, BARO etc., se vor verifica de asemenea nivelul curentului în baterii și nivelul combustibilului, după caz.

Decolare

La decolare, pilotul la distanță va anunța toți cei prezenți despre faptul decolării. Pilotul la distanță se va asigura că decolare nu prezintă pericol pentru terți și nu poate fi compromisă de circumstanțe neprevăzute.

Desfășurarea zborului

În timpul zborului, pilotul la distanță va fi maxim concentrat la atitudinea aparatului de zbor fără pilot, la indicii telemetrici aferenți proceselor vitale ale zborului. Pilotul la distanță va gestiona zborul conform agendei pre-stabilite și nu se va abate de la aceasta. În cazul apariției oricărora circumstanțe capabile să compromită securitatea și siguranța desfășurării zborului, pilotul la distanță va efectua imediat procedura de aterizare a aparatul de zbor fără pilot.

În cazul unui accident imminent cu aparatul de zbor fără pilot, pilotul la distanță va întreprinde toate măsurile posibile pentru minimizarea impactului

afferent accidentului, prioritatea fiind alocată integrității vieții și sănătății personalului implicat și a terțelor persoane.

Aterizarea

Înainte de aterizare, pilotul la distanță se va asigura că zona inițial rezervată pentru aceasta este liberă de obstrucții extraordinare, terțe persoane etc. Procedura de aterizare va fi executată cu maximă prudență și va putea fi considerată îndeplinită numai din momentul în care cadrul aparatului de zbor fără pilot va fi absolut static în raport cu solul și toate elementele de propulsie vor ajunge în stare de repaos complet.

Acțiuni după zbor

Închiderea turei de zbor

După finalizarea zborurilor, sunt verificate datele obținute și conformitatea acestora cu agenda propusă. În caz de abateri de la scopurile propuse, este mult mai eficient de a re-executa zborurile eronate înainte de a părăsi locația desfășurării acestora decât de a reveni după o analiză întârziată.

Aparatul de zbor fără pilot va fi inspectat după fiecare aterizare, după caz, deservit, dacă e nevoie de menenanță extraordinară ori s-au produse incidente, acest lucru va fi reflectat în raportul pentru tura dată.

La sfârșitul turei este oportun de a trece în registrul de zbor raportul pentru operațiunile executate, cu reflectarea datelor atât despre mijloacele tehnice, cât și despre resursele umane implicate în buna desfășurare a operațiunilor cu aparatul de zbor fără pilot în cauză.

Decizii Aeronautice

Factorul uman rămâne cel mai răspândit motiv al accidentelor și incidentelor aviatice. Dat fiind faptul că aparatele de zbor fără pilot, tangențial, totuși fac parte din familia aviației civile, deciziile care se iau în domeniul aplicării acestor aparate de zbor trebuie să fie bine cugetate și rezonabile.

Toate deciziile aferente exploatarii aparatelor de zbor fără pilot trebuie să fie bazate pe indici exacti, circumstanțe reale. Aceste decizii trebuie să fie

lipsite de emoții și componentă de interes, fie el comercial, economic, social sau de orice alt gen.

Incapacitatea de a evalua și realiza riscurile, dar și de a se autosesiza într-o situație cu risc sporit este cauza marii majorități a incidentelor și accidentelor, atât în industria aviației, cât și în orice alt domeniu.

Pașii spre luarea unii decizii rezonabile sunt:

- Identificarea atitudinilor personale, potențial periculoase pentru desfășurarea zborului
 - Învățarea tehniciilor de modificare a comportamentului
 - Învățarea de a depista stresul și de a-i face față
 - Dezvoltarea abilităților de evaluare a riscurilor
 - Utilizarea tuturor resurselor

Managementul Riscurilor

Scopul managementului riscurilor este identificarea proactivă a pericolelor de compromitere a siguranței și securității aeronautice și atenuarea acestora.

Atunci când pilotul se ghidează după bunele practici de luare a deciziilor, riscurile aferente siguranței zborurilor sunt reduse sau chiar eliminate. Abilitatea de a lua decizii rezonabile este datorată experienței sau educației în domeniu.

Este important de reținut principiile fundamentale ale managementului riscurilor:

Nu se acceptă riscuri inutile. Nu există zboruri fără de risc, dar riscul inutil nu are la bază nici o rezonabilitate.

- Deciziile aferente riscurilor se iau la nivelul potrivit. Deciziile cu privire la risc se iau de persoane care pot dezvolta și implementa mecanisme de control al riscurilor.
 - Se acceptă riscuri numai când beneficiile depășesc pericolele sau costurile.
 - Se integrează managementul riscurilor în toate nivelele de planificare și executare a zborurilor.



Fig. 1.2.1. Managementul riscurilor

Atenuarea Riscurilor

Atenuarea riscurilor este o parte din ecuație. O modalitate pentru piloți de a se autosesiza în expunerea la risc legat de starea personală este utilizarea checklist-ului IMSAFE, care va ajuta la determinarea stării fizice și pregătirii mentale pentru zbor ale pilotului:

- Illness (Boală) – Sunt oare sănătos (gripă, răceală, dureri de cap, alte maladii sau îmbolnăviri)? Boala este un evident risc pentru pilot.
- Medication (Luarea medicamentelor) — Oare iau eu acum medicamente care ar putea afecta reacția, atenția, starea mentală?
- Stress (Expunerea la stres) – Oare sunt psihologic stresat? Probleme de familie, serviciu, starea financiară? Stresul cauzează probleme de concentrare și performanță.
- Alcohol (Alcool) – Am servit alcool în ultimele 8h? Ultimele 24h? Alcoolul influențează timpul reacției și poate duce la pierderea orientării în spațiu.

- Fatigue (Oboseala) – Sunt oare obosit sau neodihnit? Oboseala este unul dintre cele mai grave riscuri, deseori rămâne neobservată până e prea târziu.

- Emotion (Emoții) — Oare sunt eu emoțional indispus?

Conștientizarea situațională

Conștientizarea situațională descrie starea de conștientizare a celor ce se întâmplă în jur, în timp real, și înțelegerea evoluțiilor instantanee, dar și distanțe ce se pot produce în urma evenimentelor, parvenirii datelor informaționale, acțiunilor sau inacțiunilor executate.

Lipsa sau nivelul neadecvat de conștientizare situațională au fost identificate ca unii dintre factorii primari care au contribuit la dezvoltarea unor situații de accidente sau incidente cauzate de factorul uman.

Menținerea conștientizării situaționale necesită o înțelegere promptă a importanței relative a tuturor factorilor care pot afecta, într-o oarecare măsură, cu un anumit grad de impact, zborul în desfășurare. Când pilotul la distanță este capabil, în paralel cu gestionarea zborului sistemului de aparat de zbor fără pilot, să percepă și informațiile aferente care parvin continuu, dar și să le prelucreze mental într-o manieră adecvată, atunci zborul, în particular, dar și toată operațiunea, în general, încep să poarte un caracter controlabil și previzibil.

Piedici pentru menținerea unui nivel adecvat de conștientizare situațională

Oboseala, stresul, lucrul peste program pot duce la incapacitatea pilotului la distanță de a-și fixa atenția asupra elementelor vitale pentru menținerea nivelului acceptabil de conștientizare situațională.

Bibliografie selectivă:

1. Groves D. Paul. 2008. *Principles of GNSS, inertial and multisensor integrated navigation systems*. p. 3-159. Artech House.
2. Woodman J. Oliver. August 2007. An introduction to inertial navigation. *Tehnical Report nr.696*, p. 5-21. University of Cambridge
3. Nasiri S. A critical review of MEMS gyroscopes technology and commercialization status. InvenSense. California.

Test de autoevaluare

1. Ce este FAILSAFE?
2. Ce este RTL? Câte tipuri de RTL cunoașteți? Dați exemple.
3. Care este cel mai răspândit motiv de incidente și accidente aviatice?
4. În ce condiții un zbor cu risc sporit poate fi efectuat?
5. Descrieți efectele manetelor stației de control în schema de amplasare MODE 2 (cea mai populară).
6. Care componentă mecanică a unui aparat de zbor fără pilot necesită cea mai mare atenție la deservire?
7. Care sunt senzorii care măsoară atitudinea unui aparat de zbor fără pilot?
8. Care sunt senzorii care măsoară altitudinea unui aparat de zbor fără pilot?

§3. Echipamente de dronă pentru măsurare și monitorizare

3.1. Introducere în echipamentele de măsurare și monitorizare

Sistemele de observare a Pământului aduc servicii indispensabile în cercetările care vizează prevenirea sau atenuarea unor dezastre, sub forma colectării de măsurători și de imagini din zonele de risc, a schimbului de date, cartografierii de manieră precisă a regiunilor de risc, actualizării Sistemelor Informaționale Geografice și a creării de modele.

Pentru a supraveghea în permanență ansamblul globului și pentru a analiza detaliat mediul terestru, tehniciile UAV sunt înzestrate cu senzori care operează în sisteme diferite (optic, infraroșu termal, hiperfrecvențe, laser) și înregistrează/măsoară cu metode/tehnici diferite: **sepectrometrie pasivă, spectrometrie activă, altimetrie, interferometrie**.

Spectrometria pasivă constituie metoda prin care informația de la suprafața terestră și din atmosferă este obținută prin înregistrarea radiației emise sau remise de aceasta. Pentru perceperea radiației electromagnetice în diversele sale lungimi de undă sunt utilizati senzori optici în domeniul vizibil și în infraroșu apropiat și mediu, respective, camere și scanere. Radiometrul este cel mai frecvent utilizat instrument de teledeteccie în sistemul optic. În funcție de detaliile care trebuie să fie puse în evidență, pe aceste dispozitive pot fi instalate filtre întocmai ca la un aparat fotografic numeric. Astfel se procedează la luarea de vederi în diferite game spectrale: albastru, verde, galben, roșu, infraroșu apropiat, infraroșu mediu. Cea mai recentă creație este camera hyperspectrală, un aparat care baleiază cu mare finețe în sute de benzi ale spectrului electromagnetic. Imaginele și hărțile spațiale realizate în sistem digital sunt documente care se obțin prin prelucrarea pe computer a clișeelor înregistrate. Acestea reprezintă o sursă excepțională de informații pentru variate domenii de activitate și pentru cei mai diferenți utilizatori.

Spectrometria activă constă în sondarea suprafeței terestre prin emiterea de impulsuri radio de mare frecvență (hiperfrecvențe, microunde, radar) și în receptarea ecourilor acestora (radiația reflectată). Acesta este sistemul radar, după

care este denumit și instrumentul de teledetectie – RADAR (Radio Detection and Ranging). Spre deosebire de dispozitivele de teledetectie prin spectrometrie pasivă, radarul poate fi folosit continuu, ziua și noaptea, în orice condiții meteorologice. Prin tratarea pe computer a înregistrărilor, folosind programe speciale, se obțin imagini radar, documente din care se pot extrage informații utilizabile în diferite domenii.

Altimetria spațială, una din oportunitățile oferite de sistemul radar, este tehnica prin care se măsoară din spațiu altitudinile suprafeței terestre, atât în domeniul continental cât și marin. Altitudinea este diferența dintre distanța satelit și centrul Pământului (sau suprafața de referință-geoidul) și distanța satelit-suprafața terestră într-un punct oarecare. Precizia determinărilor (rezoluția pe verticală) a ajuns să fie de ordinul centimetrelor. Ridicările altimetrice din spațiu permit măsurători ale reliefului ușcăturilor și topografiei măriilor și oceanelor (înălțimea valurilor și, prin deducție, viteza vânturilor, variațiile de nivel ritmice și pe termen lung). Cercetările oceanografice se bazează în tot mai mare măsură pe datele furnizate de radarele spațiale.

Interferometria este tehnica prin care se combină două semnale radar (ecouri) rezultate din impulsuri (sondaje) în două momente diferite îndreptate asupra aceleiasi regiuni. Înregistrarea grafică a undei combinate se numește interferogramă. Dacă cele două semnale sunt identice, forma undei semnalului combinat este și ea identică, ceea ce înseamnă că în perimetru respectiv nu s-au produs modificări în intervalul dintre cele două înregistrări. Din contra, dacă cele două semnale sunt diferite, forma undei combinate (de interferență) prezintă diferențe sau franjuri de interferență, ceea ce semnifică apariția unor modificări în configurația suprafeței terestre. Prin tratarea și interpretarea interferogramelor se pot identifica cele mai mici schimbări ale reliefului, ca expresie a deformărilor la nivelul scoarței și al solului. De aceea, interferometria se aplică în studiul morfodinamicii actuale (de albie sau de versant), în studiul activității seismice și vulcanice. Înregistrările (măsurătorile) de acest fel sunt de mare finețe. Amintim în acest sens inițiativa CNES de a pune la punct un software performant (Diapason) care va permite prelucrarea datelor furnizate de satelitul radar ERS-2, astfel încât să fie detectate în mod automat deplasări de câțiva milimetri pe secțiuni de 1 km ale suprafeței terestre.

Radiațiile electromagnetice reprezintă o formă de manifestare a materiei, concretizată în emisii energetice care pot fi detectate, măsurate și chiar înregistrate, folosind diferite instrumente, în anumite condiții.

Radiațiile, mai precis, o parte a acestora, pot fi și generate cu ajutorul unor sisteme speciale în laboratoare în diferite scopuri.

Orice obiect din natură emite radiații, indiferent de proprietățile lui fizice, chimice și biologice.

În natură, radiațiile se diferențiază în funcție de caracteristicile lor energetice, de lungimea lor de undă, frecvența și modul de propagare. Lungimea de undă (λ) este elementul cel mai important pentru teledetectie, aceasta fiind rezultatul raportului dintre viteza de propagare (c sau viteza luminii în vid) și frecvența (v):

$$\lambda = c/v$$

Comportamentul radiațiilor. Orice corp din natură emite radiații în funcție de proprietățile sale fizice sau chimice. Emisiile de radiație ale corpurilor nu sunt identice, deoarece acestea sunt legate de individualitatea fiecărui corp.

Două corperi din natură (de ex., un copac înverzit emite radiație în infraroșu și o casă emite radiație în spectrul vizibil, zonele verde și roșu) emit radiații cu lungimi de undă diferite, fapt ce permite identificarea lor. Corpurile din natură pot fi identificate pe baza emisiilor de radiații. Radiațiile electromagnetice au un comportament diferențiat, ce se definește prin patru forme:

1. *Transmisia sau propagarea* radiațiilor este penetrarea unui mediu de către radiațiile electro-magnetice (trecerea radiațiilor printr-un mediu oarecare), fără a suferi modificări substanțiale (de ex., trecerea radiației solare directe din zona infraroșului termal prin atmosferă).

2. *Reflexia* se produce atunci când radiația se întoarce în mediul de unde a venit, sub un unghi egal cu cel de incidență, numit și unghi de reflexie (de ex., radiația vizibilă la contactul cu un teren calcaros sau cu o construcție de culoare albă din zona mediteraneană).

3. *Difuzia* reprezintă risipirea radiațiilor la contactul cu un mediu (de ex., lumina solară la trecerea prin norii compacți).

4. *Absorbția* este datorată pierderii radiațiilor într-un mediu (de ex., radiația solară ultravioletă absorbită de stratul de ozon).

O modalitate ușoară de a clasifica senzorii este de a-i grupa în senzori activi și pasivi.

1. Senzorii pasivi măsoară radiațiile naturale reflectate sau emise de obiectele țintă.

2. Senzorii activi emit radiații și măsoară fracția reflectată înapoi de obiectele țintă.

1. Senzori pasivi

Senzorii optici pasivi măsoară radiația în regiunea vizibilă (0,4-0,7 microni) și în cea infraroșie (0,7-14 microni) a spectrului electromagnetic.

Senzorii optici se bazează pe soare ca sursă de iluminare, ceea ce îi fac potrivită numai în condiții de lumină naturală și ai căror performanță este limitată de intemperii, cum ar fi nori, ceață sau fum. Un exemplu de senzor pasiv care nu se bazează pe radiația solară este un radiometru pasiv cu microunde care detectează energia cu microunde cu intensitate mică de emisie.

Senzorii optici sunt, în multe privințe, asemănători cu ochiul uman.

În funcție de numărul de benzi, senzorii optici sunt cunoscuți ca *panchromatici* (de o bandă largă), *multispectrali* (de obicei de la 3 la 10 benzi spectrale) sau *hiperspectrali* (de obicei, de la 10 la sute de benzi spectrale înguste).

Gama de posibilități oferite de senzorii optici este limitată de diverse probleme legate de camerele foto digitale care pot fi implementate pe un avion fără pilot:

- greutatea camerei în raport cu încărcătura utilă a UAV;
- formatul foarte mic al imaginii din cameră;
- multe caracteristici non-metrice ale camerelor ieftine;
- lentile și rezoluție;
- intervale fotografice;
- necesitatea unui timp de expunere foarte scurt pentru combaterea instabilității platformei (datorată vitezei, înclinării, perturbărilor);
- cerințele pentru o rată de cadre înaltă care rezultă din viteza unei platforme UAV de la o altitudine foarte mică;
- suprapunerile longitudinală și laterală foarte mare (adică procentul suprapunerii finale și laterale) care trebuie utilizată pentru cartografiere.

2. Senzorii activi

Senzorii activi emite un fel de radiații și măsoară fracția reflectată de obiectele-țintă, precum și diferența de timp dintre emisie și recepție.

Senzorii activi necesită o sursă de energie, ceea ce mărește în mod inevitabil greutatea sistemului de antenă.

Din acest motiv, echipamentul activ este mai puțin versatil în aplicațiile pentru vehiculele aeriene fără pilot în comparație cu echipamentele pasive.

- Radar;
- LiDAR (Light Detection and Ranging)(detectarea luminii și distanței).

Cele mai importante limitări sunt, probabil, greutatea senzorilor cu o rezoluție mai mare față de capacitatea de încărcare.

Acest lucru este valabil, mai ales pentru platformele mici, deoarece senzorii infraroșii electro-optici reprezintă de obicei 10-30% din greutatea încărcăturii utile și mai puțin de 5% din greutatea vehiculului.

Alte limitări se referă la construcția optică a camerei și diafragma, vitalitatea și înregistrarea datelor.

Camerele noi pot produce mai multe date, dar au mai multe componente electronice, care necesită mai multă energie și generează mai multă căldură.

În mod alternativ, ultimele evoluții tehnologice stimulează așteptări înalte în ceea ce privește miniaturizarea senzorului și capacitatea mai mare a bateriei.

Una dintre cele mai importante, dar în mare măsură ignorate, cerințe pentru o încărcătură electro-optică în vehiculele aeriene mici fără pilot este capacitatea de a menține senzorul suficient de stabil în timpul zborului pentru a oferi înregistrări video și imagini utile.

Cu cât UAV-ul este mai mic, cu atât mai multă influență poate avea vântul asupra capacitații senzorului de a se concentra asupra zonelor de interes.

Din punct de vedere istoric, tehnologia de stabilizare a fost o problemă ce necesita a fi rezolvată – soluțiile au fost grele, costisoare și solicitante de consum de energie.

Cu toate acestea, în ciuda dezavantajelor evidente pentru utilizarea pe vehiculele aeriene fără pilot, cercetătorii de sarcină utilă pentru senzori se concentrează pe

utilizarea tehnologiei de stabilizare nu numai pentru a îmbunătăți performanța, dar și pentru a rezolva problemele de dimensiune și greutate.

3.2. Echipamente de măsurare și monitorizare

Principiul scanării multispectrale

Este unul dintre cele mai frecvent folosite principii pentru că duce la obținerea unor imagini de bună calitate la nivelul rezoluției spectrale și spațiale. Principiul perfectionat în ultimele trei decenii se bazează pe faptul că, în natură, orice obiect sau fenomen emite radiații electromagnetice, în funcție de proprietățile fizice și chimice, prin intermediul cărora acestea pot fi înregistrate, descrise și analizate.

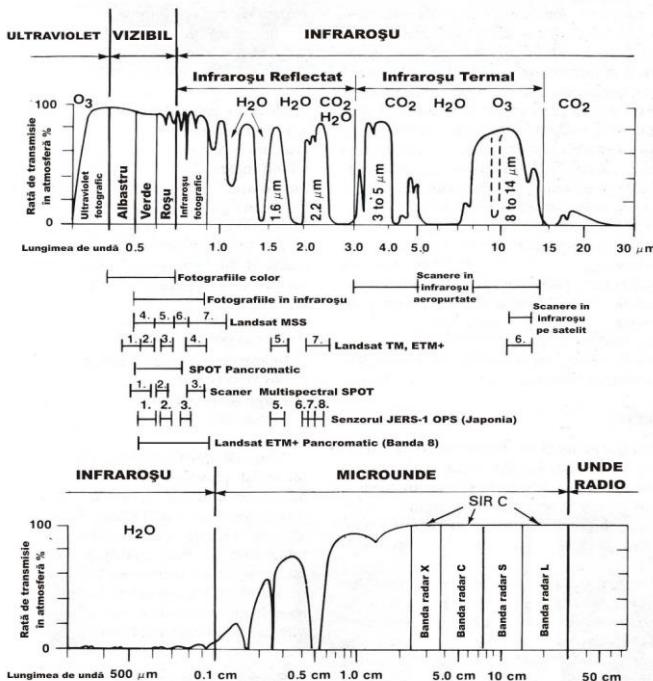


Fig. 1.3.1. Comportamentul atmosferic al radiațiilor electromagnetice și aplicații de teledetectie (Sabins, 1997)

Acstea aplicații presupun cunoașterea exactă, din cercetări de laborator, a radiațiilor electromagnetice emise de diferite corperi sau medii în vederea proiectării, construirii și utilizării unor senzori speciali care ar înregistra radiațiile sub formă de imagine.

Scanarea multispectrală utilizează radiațiile luminoase cu diferite lungimi de undă emise de către corpurile de pe suprafața terestră. Aceste radiații sunt, de fapt, radiațiile solare reflectate de către obiecte. Imaginele obținute prin acest principiu sunt numite multispectrale și sunt reprezentate prin mai multe înregistrări ce corespund câte unui interval spectral. Legate de acestea sunt noțiunile de bandă spectrală și scenă satelitară.

Banda spectrală reprezintă un interval din spectru căreia îi corespunde o imagine în cazul unei înregistrări multispectrale. Înregistrarea imaginilor se realizează întotdeauna pe principiul baleierii, adică punct cu punct și linie cu linie. Fiecarei benzi spectrale îi corespunde o imagine alb-negru, aşa cum se observă în Fig.1.3.1. sistemele de scanare pot înregistra astfel mai multe benzi (de ex., 4 pentru landsat mss, 7 pentru landsat tm, 5 pentru spot, 4 pentru ikonos și 5 pentru quickbird etc.).

În Fig.1.3.2 sunt evidențiate câteva aplicații în raport cu spectrul utilizat, prin segmente de dreapta ce semnifică, de fapt, câte o bandă spectrală (de ex., 8 benzi la satelitul japonez JERS cu senzor optic).

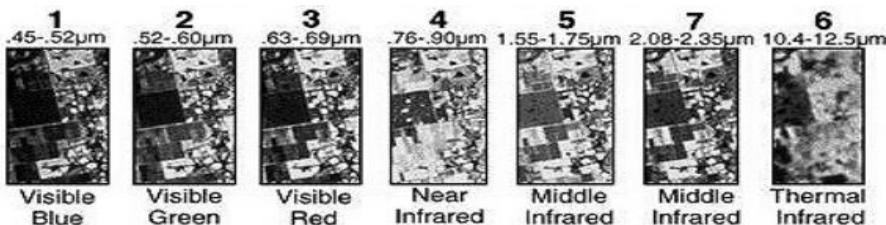


Fig.1.3.2. Imagini multispectrale Landsat TM (Short, 2006)

Sistemul de scanare multispectrală prezentat simplificat în Fig.1.3.3 cuprinde o serie de componente ce au ca scop captarea, detectarea, înregistrarea și transmiterea la stațiile de sol a imaginilor prin unde radio, în scopul obținerii pe computer a imaginilor.

MSS SCANNING ARRANGEMENT

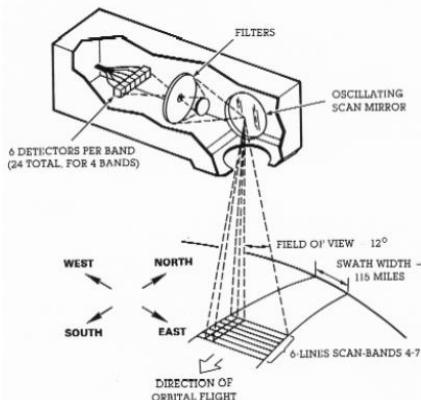


Fig. 1.3.3. Sistemul de scanare multispectrală Landsat MSS (Short, 2006)

Radiațiile luminoase reflectate de obiectele de pe Pământ sunt captate cu un sistem de oglinzi speciale, mobile, cu unghi mic de deschidere, prin baleiere sau scanare, mai exact, prin explorare punct cu punct și linie cu linie. Direcția de scanare poate fi paralelă sau perpendiculară față de traseul orbitei. Oglinzelor oscilante captează lumina și o trimit către filtre, unde este filtrată după lungimea de undă și suferă o serie de conversii pentru a fi sesizată de sistemul cu detectori (6 pentru o bandă spectrală în Fig.1.3.3, la Landsat MSS). După detectarea selectivă, semnalul radio va fi trimis la sol, unde se obțin, în stațiile specializate și laboratoare, imaginile punct cu punct și linie cu linie.

Sistemul a atins în prezent performanțe deosebit de înalte prin apariția scannerului hiperspectral, ce poate detecta și înregistra simultan un număr foarte mare de lungimi de undă în limitele unui mare număr de benzi spectrale (ex.: scannerul AVIRIS în 224 de benzi spectrale).

Aplicațiile imaginilor obținute astfel sunt deosebit de diversificate și au o mare utilitate socială (analiza vegetației, a culturilor agricole, urbanism, investigarea excesului de umiditate, prospectare geologică etc.).

Imaginiile multispectrale sunt obținute utilizând senzori care măsoară energia reflectată în mai multe domenii specifice ale spectrului electromagnetic.

Senzorii multispectrali au, în general, de la 3 la 10 măsurători diferite ale benzii în fiecare pixel al imaginilor pe care le produc.

Exemple de benzi ale acestor senzori include, de obicei, verde vizibil, roșu vizibil și infraroșu apropiat.

Măsurările simultane ale mai multor lungimi de undă spectrale furnizează informații care pot fi interpretate vizual sau automat.

Pentru o locație dată, combinațiile algebrice de valori în diferite benzi spectrale, cum ar fi indicii de vegetație, pot fi foarte utile în detectarea caracteristicilor de mediu.

Vizualizarea multispectrală a vegetației este foarte utilă pentru identificarea stresului, a bolilor și a stării nutritive sau a apei din plante.

Dăunătorii sau alți factori de stres ai plantelor, cum ar fi substanțele chimice (de exemplu, revărsările de petrol), care lasă, de asemenea, amprenta lor spectrală pe plantă, pot fi identificați cu ușurință folosind camere multi-spectrale (MS) la bordul UAV-ului.



Fig. 1.3.4. Imagine multispectrală

Folosind camere infraroșu la colectarea imaginilor cu intervale regulate, suprapuse și aliniate, imaginile obținute pot fi prelucrate utilizând unele programe de filtrare spectrală pentru căptarea indicelui NDVI (Indice Normalizat de Diferențiere a Vegetației)

Prin monitorizarea diferențelor în NDVI, este posibil să se ia decizii critice cu privire la starea culturilor în stadiu incipient, ceea ce ar fi imposibil fără ajutorul teledetectiei.

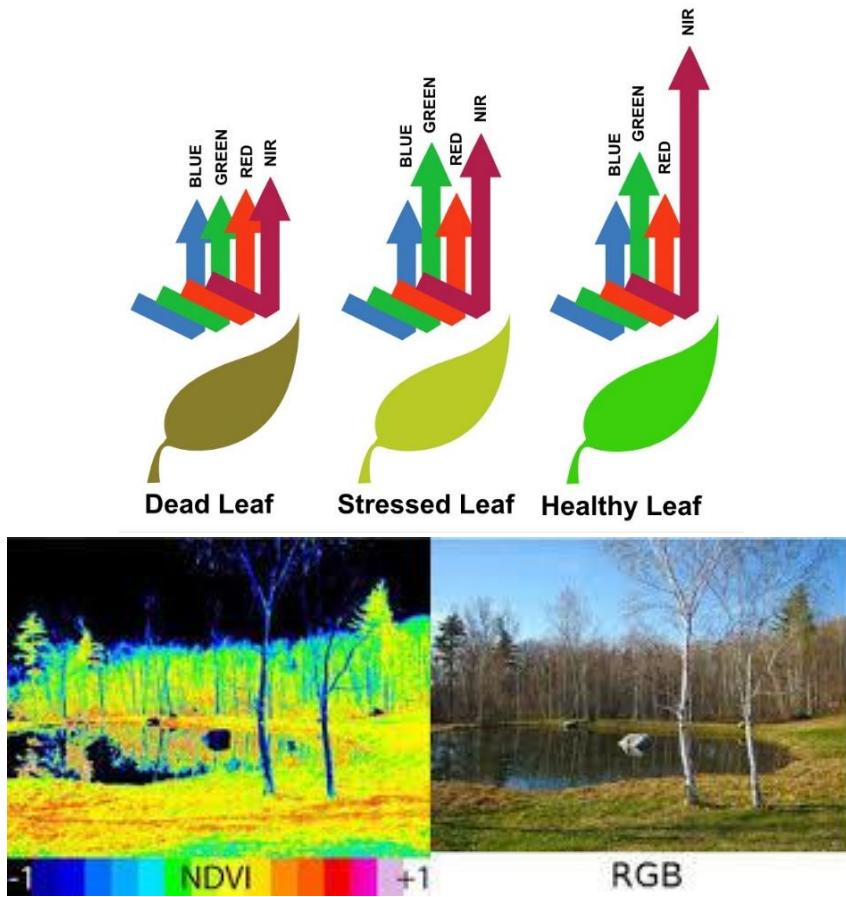


Fig. 1.3.5. Imagine multispectrală pentru căptarea indicelui – NDVI

Principiul radiometriei

Principiul radiometriei se bazează, asemenei scanării multispectrale, pe detectarea simultană și selectivă a radiațiilor electromagnetice emise de corpuri, în diferite zone ale spectrului, de la ultraviolet fotografic la vizibil, infraroșu reflectat și chiar infraroșu termal. Sistemele de senzori sunt însă speciale și se numesc radiometre.

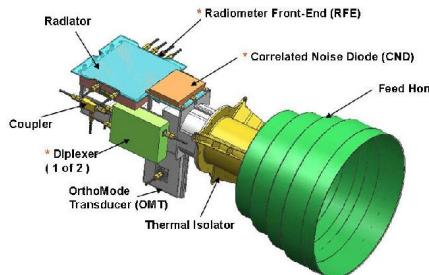


Fig. 1.3.6. Radiometru

Radiometrele sunt sisteme complexe sau instrumente de teledetectie pasivă (Fig.1.3.6.) care măsoară radiațiile electromagnetice emise de corpuri sau medii (apa mărilor, soluri, vegetație, roci etc.) prin compararea lungimii de undă specifică acestora cu lungimi de undă standard ale unor radiații generate artificial. Au fost utilizate la început la sateliții meteorologici americani Nimbus.



Fig. 1.3.7. Imagine fals-color

Radiometria permite obținerea prin baleiere a unor imagini multispectrale, similară celor rezultate din scanarea multispectrală. Cu ajutorul radiometriei se obțin simultan imagini în intervale mai înguste ale spectrului electromagnetic, fapt deosebit de util la înregistrarea comportamentului spectral al obiectelor. Prin combinarea imaginilor radiometrice rezultă imagini fals-color, în care culorile naturale au fost înlocuite cu alte culori, numite și culori convenționale (Fig.1.3.7.), ce caracterizează diferențele elemente de mediu în vederea identificării acestora. Acestea se mai numesc și biblioteci spectrale (de ex., Biblioteca de amprente spectrale ale mineralelor a USGS).

Radiometria cu ajutorul radiației infraroșii apropiate (NIR – Near infrared). Radiația în infraroșu (NIR) este cuprinsă între 0,7-14 μm . Caracteristica spectrală a vegetației sănătoase se încadrează în zona tranziției dintre lungimile de undă ale spectrului vizibil și infraroșu apropiat, cu absorbția părții vizibile în timpul activității fotosintetice și reflexia ridicată în domeniul infraroșu apropiat.

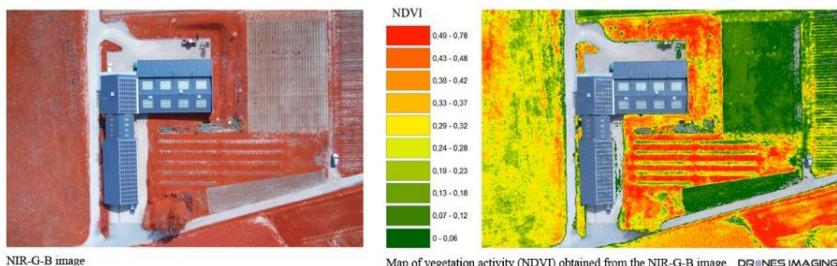


Fig. 1.3.8. Caracteristica spectrală a vegetației sănătoase

Valoarea NIR a rezultatelor expedițiilor aeriene pentru monitorizarea și cartografierea vegetației și a stării vegetative este bine documentată în literatura de teledetectie și a fost extinsă pentru a furniza indicatori de vegetație simpli (de exemplu, Indicele optimizat al vegetației – EVI, Indicele de vegetație al solului – SAVI).

Măsurările repetitive pe mai multe perioade în lungimi de undă vizibile și infraroșu apropiat pot oferi o analiză în perspectivă asupra sănătății plantelor.

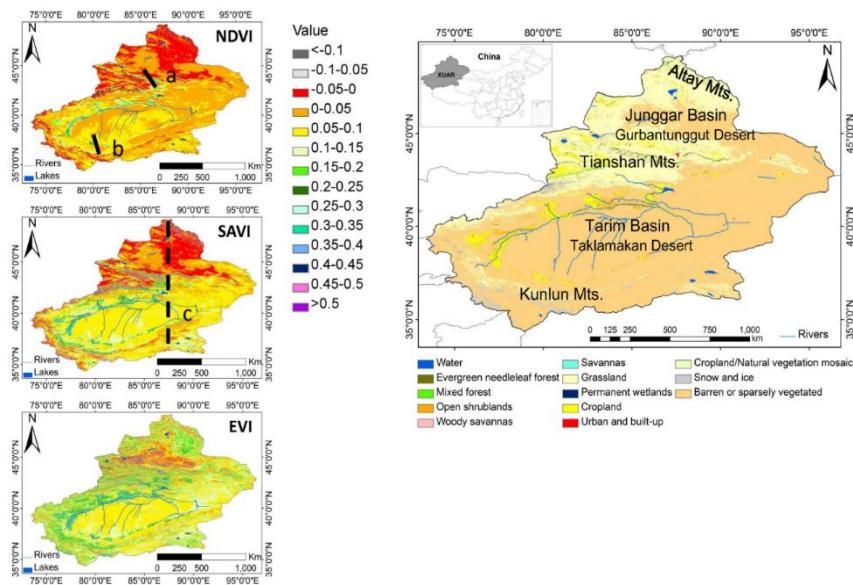


Fig. 1.3.9. Indicatori de vegetație simplă

Radiometria cu ajutorul radiației infraroșii de undă scurtă (SWIR).

Radiația în intervalul infraroșu cu frecvență scurtă (SWIR) (de obicei, între 0,9 și 1,7 microni) nu este vizibilă pentru ochiul uman, dar poate fi detectată de senzori speciali de indiu-galiu-arseniu – InGaAs.

Ca lumină reflectată, radiația SWIR este reflectată de obiecte, iar imaginile înregistrate conțin umbre și contrast.



Figura. 1.3.10. Camere de tip InGaAs

Imaginile capturate de camera InGaAs sunt comparabile cu imaginile din spectrul vizibil în rezoluție și detaliu, ceea ce face ca obiectele să fie ușor de recunoscut (spre deosebire de imaginile termice).

Unul dintre principalele avantaje ale imaginii SWIR este consumul redus de energie, deoarece folosește un răcitor termoelectric sau niciun răcitor, dacă curentul închis este destul de mic, dar oferă o imagine destul de bună în condiții de lumină redusă.



Figura. 1.3.11. Compararea imaginilor capturate cu cameră SWIR și cameră obișnuită

Datorită proprietăților lor chimice, multe materiale au caracteristici specifice de reflexie și absorbție în benzile SWIR, care le permit să fie caracterizate cu ușurință:

- mineralele în explorarea minelor,
- obiecte din localitățile urbane, precum acoperișurile și materialele de construcție,
- vegetația și uleiul (de exemplu, o deversare de petrol).

Zăpada și gheata prezintă diferențe caracteristice în unele diapazoane SWIR, iar imaginile bazate pe SWIR pot penetra chiar și unele tipuri de fum, de exemplu, cel apărut în urma unui incendiu forestier.

Radiometria hiperspectrală

Imagistica hiperspectrală prezintă o gamă largă de lățimi de bandă în spectrul luminii pentru a furniza un set bogat de date și pentru a detecta obiecte de interes care nu sunt vizibile pentru senzorii de imagine cu o lățime de bandă unică.

Cu un număr mai mare de lățimi de bandă spectrală fine, condițiile și caracteristicile specifice pot fi identificate în număr mai mare.

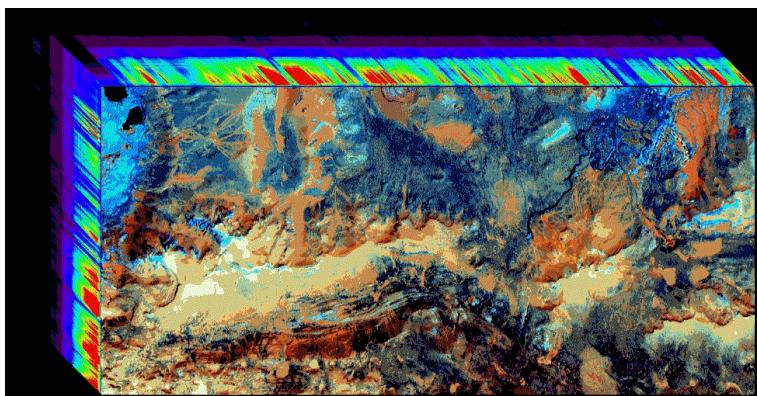


Fig. 1.3.12. Imagine hiperspectrală

Senzorii cu sute de benzi (de exemplu, 255) sunt folosiți din ce în ce mai frecvent pentru identificarea speciilor de vegetație și caracterizarea geologică, precum și pentru multe alte aplicații.

Adăugarea imaginilor hiperspectrale ca element standard într-o suită de senzori electro-optici și infraroșii (EO/IR) pentru UAV-uri a prezentat totuși o provocare dificilă de ingererie până în prezent.

Spectroscopia a dovedit, de asemenea, că oferă rezultate fiabile pentru detectarea timpurie a vegetației afectate de boală.

Fluorescența emisă este direct legată de producția primară și, prin urmare, măsurările fluorescenței induse de soare pot fi folosite ca indicator timpuriu al sănătății și al stării vegetației.

Estimările fluorescenței (F) pot fi obținute cu ajutorul senzorilor de radiație multispectrală și hiperspectrală, exploataând linia Fraunhofer și decuplarea F de fluxul reflectat.

Mai mult, indicii optici legați de F pot fi derivați din reflexia detectată de senzorii multispectrali.

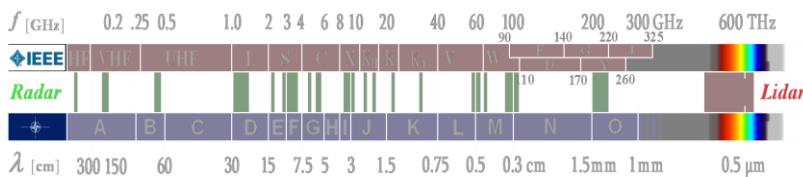
Cu toate acestea, estimarea cantitativă a fluorescenței din aer devine complicată din cauza absorbției atmosferei pe calea către sensor și nu au fost încă dezvoltate abordări care ar face față efectelor atmosferice.

Modelele spațiale ale F furnizate de spectrometrele de imagine din aer oferă perspective asupra fotosintezei și stresului plantelor, care diferă de cele procurate de indicii spectrali.

În prezent, tehniciile de fluorescentă vegetală indusă de soare sunt mai puțin dezvoltate decât alte strategii de monitorizare a vegetației cu teledetectie, totuși este un domeniu promițător.

Principiul Radarului. RADAR (Radio Detection and Ranging, adică detectarea prin radio și determinarea distanței) reprezintă o instalație de radiolocație care radiază microunde electromagnetice și folosește reflexia acestora pe diferite obiecte pentru a determina existența și distanța lor față de antenă. Este compus, de obicei, dintr-un emițător, un receptor și un sistem de antene cu directivitate pronunțată. Receptorul cuprinde și un indicator al existenței și poziției obiectului.

Principiul electronic de funcționare a radarului este foarte asemănător cu principiul reflexiei undelor sonore. Dacă o persoană strigă în direcția unui obiect care reflectă sunetul (cum ar fi un canion, un tunel sau o peșteră), va auzi un ecou. Cunoscând viteza sunetului în aer, se poate estima distanța și direcția aproximativă a acelui obiect. Timpul necesar revenirii ecoului poate fi utilizat pentru calcularea distanței, cunoscând viteza sunetului.



Radarul folosește undele electromagnetice în aproximativ același mod. Un impuls de radiofrecvență este emis în spațiu și reflectat de către un obiect. O mică parte din energie este reflectată înapoi pe direcția radarului. Acst semnal reflectat înapoi către radar poartă denumirea de semnal ECOU, ca și în cazul undelor sonore.

Sistemul radar utilizează acest semnal-ecou pentru a determina distanța și direcția obiectului respectiv.

Principiul radarului se aplică de peste cinci decenii în domeniul navegației aeriene și maritime sau fluviale. Imaginea radar permite sesizarea pe monitoare, în timp util, a obstacolelor existente în câmpul sau raza de acțiune a sistemului. Acesta utilizează microundele, mai exact, o parte a acestora, cu lungimi de undă mai mari de 0,5 cm, deoarece aceste radiații, vecine în spectru cu undele radio, au o bună rată de transmisie atmosferică. Mai mult, microundele se pot propaga indiferent de condițiile atmosferice și sunt reflectate diferit de obiecte în funcție de expunerea lor la fluxuri de undă și de caracteristicile suprafeței lor.

Radarul de teledetectie are ca aplicație principală obținerea de imagini ale terenului și utilizează microundele generate artificial cu ajutorul unor sisteme amplasate la bordul avioanelor, elicopterelor sau sateliților.

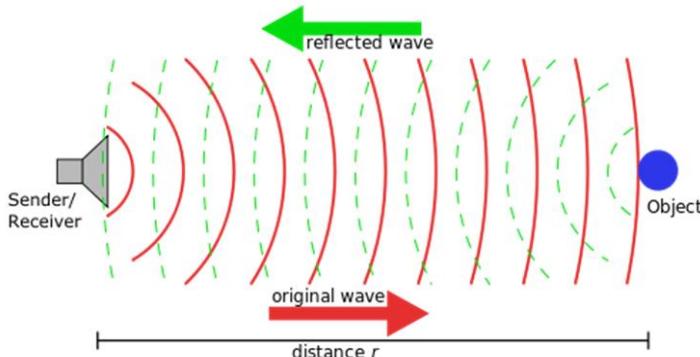


Fig. 1.3.14. Principiul funcționării sistemului radar

În figura de mai sus se observă emisia la interval egale (cadențată) de radiație incidentă, cu parametri cunoscuți, în direcția unor obiecte din teren (construcții), respectiv, depolarizarea acestor fluxuri la contactul cu obiecte de forme diferite. Microundele reflectate sunt captate după un interval de timp la bordul avionului de către sistemul radar, însă au proprietăți diferite de radiațiile incidente. Recepția acestor radiații permite înregistrarea lor, conversia în curenti electrici, proiectarea

lor pe tuburi catodice, dar, mai ales înregistrarea imaginii, fie la bordul aparatului de zbor, fie la stațiile special de la sol, unde sunt procesate imaginile.

Sistemele radar sunt de două tipuri, în funcție de localizarea fluxurilor de radiații și acoperirea terenului.

În teledetectie, sistemele radar sunt de două tipuri, în funcție de posibilitățile obținerii imaginilor de emisie verticală. În primul caz, cel al radarului cu emisie verticală, se obține o imagine îngustă, similară unui profil topografic al terenului. Aplicația este utilă mai ales navigației aeriene, în diferite misiuni de fotografiere aeriană, deoarece se impune cunoașterea exactă a plafonului de zbor.

Al doilea sistem este radarul lateral aeropurtat, cu acronimul SLAR (*Eng. Side Looking Airborne Radar*), cel mai frecvent utilizată aplicație de acest tip. Acesta permite emiterea de microunde cu ajutorul unor antene mobile amplasate oblic pe fuselajul avionului, de o parte și de cealaltă a acestuia, sau lateral și perpendicular față de direcția de zbor. În aceste condiții rezultă o mult mai bună acoperire a terenului, ce se mărește în funcție de plafonul de zbor (ex.: lățimea zonei de acoperire în teren atinge 9 km la un plafon de 3000 m, iar la un plafon de cca. 7000 m – peste 20 km). În figura următoare este prezentat schematic principiul acestei aplicații.

În desenul de mai jos se observă interacțiunea componentelor de mediu cu fluxurile oblice de microunde cu emisie cadențată (peste 2000 de impulsuri pe secundă la unele sisteme). Acestea imprimă o reflexie diferită a radiațiilor incidente, datorată pe de o parte – rugozității suprafețelor, materialelor componente (podul metalic determină un vârf de intensitate a semnalului de răspuns) și pe de altă parte – un răspuns slab în cazul apei lacului (penetrate de microunde), dar mai ales pentru suprafețele „ascunse” sau „umbrite” în raport cu fluxul de radiații. În acest mod, imaginea radar rezultată este o sumă de puncte luminoase și întunecate, o imagine alb-negru sau în scara de gri (*Eng. grayscale*) în care suprafețele expuse spre radiația incidentă sunt deschise la culoare, iar cele adăpostite apar întunecate, aşa cum se observă și în banda ce însoțește figura. De asemenea, imaginea suprafețelor cu o mare netezime (de ex., cele metalice, din sticlă, beton etc.) apare în tonuri deschise datorită dispersiei slabe a microundelor, în timp ce suprafețele cu aspect

neuniform, rugos apar mai închise datorită dispersării fluxurilor de radiații incidente. Imaginele se obțin prin baleiere în timpul deplasării avionului sau satelitului, prin coordonarea fluxurilor incidente și reflectate cu viteza de zbor și momentul înregistrării punctelor luminoase. Aplicația permite obținerea imaginilor oblice, cu deformări geometrice, de mare utilitate în reprezentarea suprafeței topografice (Fig.1.3.16).

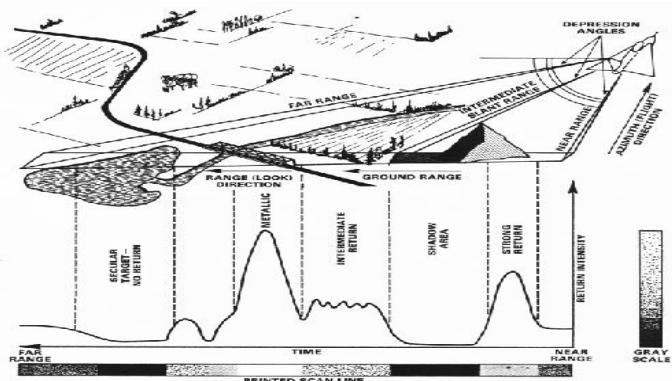


Fig. 1.3.15. Interacțiunea componentelor de mediu cu fluxurile oblice de microunde

Sistemul a devenit tot mai performant în ultimul deceniu, fiind posibilă obținerea imaginilor cu rezoluții din ce în ce mai mari – rezultatul unei sincronizări perfecte a vitezei de zbor, poziției antenei și timpilor de emisie și de răspuns ai semnalului. Aplicația SAR (*Eng. Synthetic Aperture Radar*) sau radar cu deschidere sintetică, ce utilizează efectul doppler (aplică ecoul în propagarea semnalului de răspuns), are ca scop obținerea de imagini radar cu rezoluții mari și foarte mari.

Mijloacele actuale computerizate au atins performanța de a permite generarea automată a modelelor numerice sau digitale ale terenului din imagini de radar oblice, cu o anumită suprapunere laterală. Procedeul mai e numit și interferometrie și este de mare utilitate în analiza dinamicii reliefului, dar mai ales la obținerea elementelor de altimetrie necesare hărților topografice. În vara anului 2000, NASA a realizat o aplicație de teledetectie radar, destinată obținerii de imagini și, mai apoi, de modele digitale ale suprafeței topografice a întregului uscat terestru, la rezoluții

de 30 m, prelucrate la 90 m. Misiunea SRTM (engl. Shuttle Radar Topographic Mission) a fost un succes, deoarece, în prezent, aceste date topografice sunt accesibile diferitelor domenii de cercetare teoretică și aplicată.

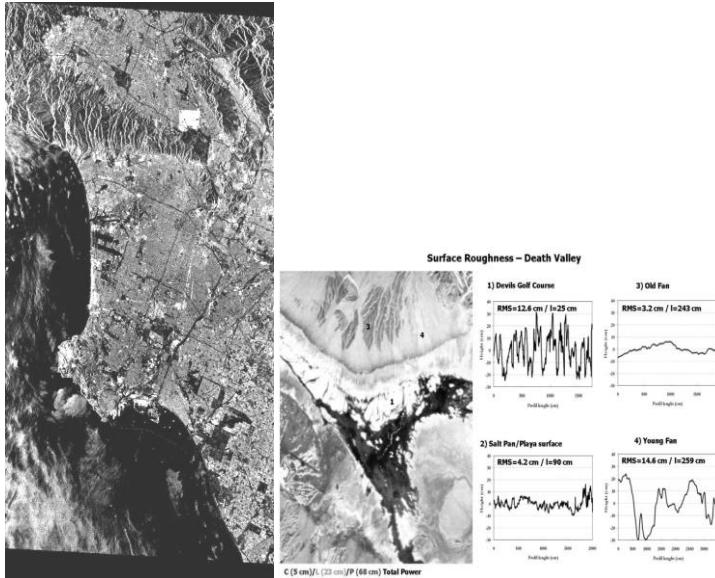


Fig. 1.3.16. Imagini oblice, cu deformări geometrice

Sonarul. Sonarul (Eng. Sound Navigation and Ranging), numit și ecosondă, utilizează undele sonore generate, în limitele unor parametri cunoscuți, de sisteme speciale. Aplicațiile sunt legate aproape exclusiv de mediul marin, de bazinile acvatice, deoarece propagarea sunetului, a ultrasunetelor este optimă prin apă și mult mai dificilă în atmosferă. Principiul (Fig.1.3.17a) este destul de apropiat de cel al radarului sau lidarului. Undele sonore sunt emise de generatoare submersă asemeni unor antene fixe sau mobile de pe nave sau submarine, în direcția fundului apei marine, unde interacționează cu diferite medii cu structuri și rugozități diferite, expuse diferit în raport cu fluxul sonor incident. Sistemul explorează obiectele tot prin scanare sau baleiere, în limitele razei de acțiune.

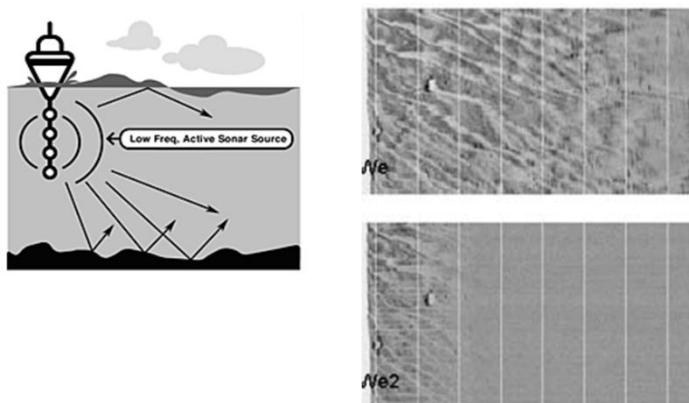


Fig. 1.3.17. Principiul sonarului

Reflectate în parte, aceste radiații electomagnetice se întorc spre navă unde sunt receptate cu senzori numiți geofoane, similare unor microfoane. Semnalul de răspuns este captat, înregistrat, prelucrat și vizualizat pe tub catodic, unde apare o imagine alb-negru numită și sonogramă (Fig.1.3.17 b). Aceasta arată destul de fidel imaginea sedimentelor și a formelor sau structurilor de pe fundul bazinului acvatic și este utilă în studiul reliefului și geologiei acestora. Din imagini dublet, aşa cum apar în Fig.1.3.17 b, se pot genera chiar și modele digitale ale topografiei subacvatice, aplicație ce se poate dezvolta și din interpolarea unor profile cu o ecosondă portabilă. Suprafețele expuse undelor sonore sunt mai deschise la culoare, comparativ cu cele ascunse în raport cu fluxul de unde. De asemenea, rocile sedimentare moi absorb sau difuzează undele, mai ales când sunt slab consolidate, de aceea apar în ton închis, comparativ cu roci sau obiecte dure ce apar deschise.

Principiul LIDAR. Tehnologia LIDAR (Light Detection and Ranging) reprezintă o tehnică activă de teledetectie cu ajutorul căreia putem obține date de o acuratețe înaltă despre topografia terenului, vegetație, clădiri etc.

Informații despre principiile LIDAR apar dinainte de descoperirea laserului. Din anul 1930 datează prima încercare de măsurare a densității aerului în partea superioară a atmosferei.

Acronymul de LIDAR a fost introdus pentru prima data în anul 1953 de către Middleton și Spilhaus.

În anul 1960, odată cu descoperirea laserului (implementat de compania Hughes Aircraft), se începe dezvoltarea tehnologilor LIDAR moderne, evoluție ce a continuat de-a lungul timpului.

Este un mijloc activ de a obține imagini, similar până la un punct radarului, însă mai nou, fiind creat și perfecționat după anii 60. Lidarul folosește în locul microundelor lumina polarizată, numită și laser.

Radiațiile luminoase cu un fascicul foarte îngust și un mare potențial energetic pot fi generate de către unele cristale sau substanțe gazoase supuse influenței unor câmpuri magnetice sau electrice. Prințipiu utilizează scanarea sau baleierea unor suprafețe situate lateral în raport cu direcția de zbor, prin coordonarea perfectă cu viteza de zbor a avionului sau elicopterului ce transportă instrumentul. La contactul cu obiectele din teren, semnalul incident cu parametri cunoscuți este reflectat, o parte a luminii este absorbită, difuzată, astfel fiind captată intensitatea răspunsului, măsurată și înregistrată sub forma unei imaginii alb-negru. Explorarea terenului se realizează prin baleiere sau scanare cu fasciculul monocromatic generat la bordul avionului, satelitului, elicopterului sau UAV-ului, iar coordonarea vitezei de deplasare cu cea de scanare se face cu ajutorul unui sistem special GPS (Fig.1.3.18). Radiațiile luminoase cu alte lungimi de undă, provenite de la diverse surse, sunt eliminate prin filtrare în condițiile receptiei semnalului de răspuns cu antena specială.



Fig. 1.3.18. Prințipiu funcționării sistemului LIDAR

Servicii LIDAR:

- a) Generarea de modele 3D.
- b) Detectarea și înlăturarea punctelor din afara zonei de interes.
- c) Clasificarea și descrierea suprafetelor și a utilizării acestora.
- d) Captarea terenului, modelarea suprafetei solului și filtrarea datelor.
- e) Detectarea avansată și captarea clădirilor, obiectelor, generarea de modele specific.
- f) Generarea profilelor de elevație, DSM și DTM în format raster, TIN, curbe de nivel sau tiparul pantelor.
- g) Clasificarea suprafetei solului.
- h) Eliminarea zgomotului la nivel de imagine.
- i) Clasificarea clădirilor.
- j) Vectorizarea clădirilor.
- k) Clasificarea tipurilor de vegetație (înaltă, medie și joasă).
- l) Detectarea și clasificarea turnurilor și cablurilor de înaltă tensiune.
- m) Generarea curbelor de nivel.

Caracteristici ale tehnologiei LIDAR:

- a) Tehnologia LIDAR folosește 3 sisteme de bază: scanarea laser pentru o cât mai bună măsurare a distanțelor, Sistemul de Poziționare Globală (GPS) și Inertial Measurement Unit (IMU) pentru înregistrarea orientării. Toate aceste sisteme necesită calculatoare puternice cu o capacitate înaltă de stocare și calcul.
- b) Cu ajutorul scanării laser sunt înregistrate diferențele de timp dintre impulsurile laser emise din avionul ce efectuează zborul și cele reflectate de suprafața topografică.
- c) Sistemul GPS (Global Position System) este reprezentat dintr-un receptor GPS situat în avionul ce realizează zborul pentru a înregistra poziția continuă a acestuia și o stație GPS (diferențial GPS) amplasată în teren pentru a corecta diferențele, astfel încât să se obțină o traiectorie cât mai bună a aparatului de zbor.
- d) Sistemul IMU constă dintr-un set de giroscopă și accelerometre ce măsoară continuu înălțimea și accelerația avionului.

Aplicații utile pentru procesarea datelor LIDAR:

- a) ALDPAT, aplicație utilă în analiza și clasificarea datelor LIDAR. Aplicație gratuită.
- b) HHViewer, aplicație ce permite utilizatorilor să vizualizeze, analizeze, editeze seturi de date 2D și 3D. Aplicație comercială.
- c) LIDAR Analyst – extensie a aplicației ArcGIS ce extrage automat și permite vizualizarea 3D a datelor despre topografia terenului, clădiri, pomi și areale acoperite cu păduri, obținute din seturi de date LIDAR. Aplicație comercială.
- d) LViz, aplicație implementată de către Jeffrey Conner, cercetător în cadrul Universității din Arizona, concepută special pentru interpolarea și vizualizarea 3D a datelor LIDAR. Aplicație gratuită.
- e) MARS, aplicație concepută pentru analiza, procesarea și manipularea seturilor mari de date. Aplicație comercială.
- f) Quick Terrain Modeler, aplicație implementată de Laboratorul de Fizică Aplicată a Universității Johns Hopkins, ce reușește să proceseze și să vizualizeze 3D seturi mari de date (aproximativ 200 de milioane de puncte). Aplicație comercială.
- g) Terrasolid, aplicație destinată procesării seturilor mari de date obținute prin scanare laser. Aplicație comercială.

Principiul scanării termice

Utilizează lungimile de undă din regiunea infraroșie termală în vederea obținerii de imagini ale potențialului caloric al obiectelor din teren. Imaginele în infraroșu termal se obțin în cazul oricărui corp cu o temperatură mai mare de 1°K. Corpurile emit radiații calorice ce devin radiații luminoase atunci când ating starea de incandescență. Ferestrele atmosferice ce permit aceste aplicații sunt limitate la două intervale ale infraroșului termal (Fig.1.3.1), 3-5 μm , respectiv, 8-14 μm . Intensitatea radiației reflectate este dependentă de culoarea și rugozitatea suprafețelor.

Sistemele de teledetectie obțin imagini prin baleiere, similar sistemelor de scanare multispectrală, utilizând însă senzori cu trăsături diferite. Senzorii de teledetectie sunt sensibili la diferențele de temperatură.

În general, senzorii sunt reprezentăți de cristale compuse din metale rare obținute în laborator (aliaje de PbS, InSb, CdHgTe, adaptate radiațiilor cu anumite

lungimi de undă), plasate într-un mediu gazos (He), care permite răcirea permanentă a acestora pentru a fi aduse la temperatura de referință.

Imaginiile de teledetectie prin scanare termică (în unele lucrări, termografiere) sunt alb-negru, în care corpurile calde apar în tonuri deschise (Fig.1.3.19). Obținerea de imagini prin scanare termică este posibilă inclusiv pe timp de noapte și indiferent de condițiile meteorologice. Imaginele în infraroșu termal diferă în funcție de momentul zilei când au fost preluate, deoarece comportamentul calorific este diferit. Fiecare modificare de la un ton de culoare la altul semnifică și o anumită diferență de temperatură, ce se poate calcula prin aplicarea unor formule de calcul în funcție de parametrii imaginii.

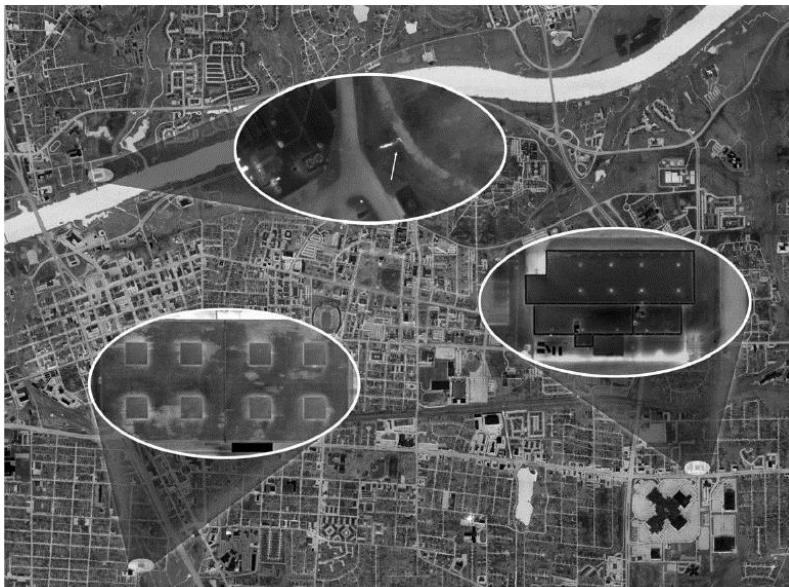


Fig. 1.3.19. Imagine în infraroșu termal (TIR)

Aplicațiile scanării termice sunt importante în domeniul analizelor de mediu, de pildă, analiza topoclimatică și microclimatică, analiza specificului utilizării terenurilor, urbanismul, analiza tipurilor de minerale și roci utile, dar și în aplicații din domeniul militar (monitorizarea prin imagini multitemporale a mișcărilor de trupe și tehnică militară).

3.3. Dispozitive de captare a imaginii

Camerele fotogrammetrice aeriene sunt echipamente speciale de fotografiere, care pot lucra în condiții deosebite de presiune, temperatură și umiditate. Distanța până la obiectele fotografiate este cuprinsă între câteva sute de metri și câteva zeci de mii de metri. Unele camere pot fi instalate pe vehicule spațiale (sateliți artificiali sau stații orbitale) care operează la peste 200 km altitudine (KVR-1000, Corona). În țara noastră, aerofotografierile se realizează cu avioane, fiind destinate elaborării de hărți și planuri cu diverse destinații.

Elementele orientării interioare sunt determinate în urma unor măsurători de calibrare precise, făcute în laborator de către firma producătoare și sunt trecute în certificatul de calibrare care însoțește fiecare cameră.

Obiectivul camerei fotoaeriene este focalizat pentru ∞ , datorită distanței mari până la obiectele fotografiate. Înaintea executării aerofotografierii pentru o zonă anumită, se întocmește un proiect de aerofotografiere, având în vedere o serie de date inițiale (scopul aerofotografierii, acoperirile longitudinale și transversale între fotograme, tipul platformei și al camerei cu care se face aerofotografiera, condițiile climatice locale etc.). Pe baza acestor date se întocmește fișă tehnică a zborului, calculându-se scara la care trebuie făcută aerofotografiera, înălțimea de zbor, suprafața de teren cuprinsă pe o fotogramă, numărul de benzi, numărul total de fotograme și, din fiecare bandă, unghiul de derivă, timpul de aşteptare, timpul de expunere, metrajul de film necesar, durata zborului etc.

Pe o hartă la scara 1:50.000 sau 1:100.000, în funcție de scara aerofotografierii și mărimea zonei aerofotografiate, se marchează traseele de zbor (se aleg puncte de reper la sol). În țara noastră, aerofotografierile se realizează cu avioane, fiind destinate realizării de hărți și planuri cu diverse destinații.

Camerele fotoaeriene asigură, prin folosirea lor corectă, preluarea fotogramelor la o anumită scară, cu acoperiri prestabilite, după un proiect de zbor întocmit în prealabil. Pe cadrul fiecărei fotograme preluată cu o astfel de cameră sunt înregistrate elemente care asigură identificarea, facilitând exploatarea lor ulterioară (indici de referință, număr de ordine, constanta camerei, ora preluării, altitudinea platformei aeriene, înclinări ale acesteia).

Clasificare – tipuri de camere fotoaeriene

- 1) Wild RC10: formatul fotogramelor – 23 x 23 cm, obiectiv Universal Aviogon; distanță focală – 152 mm; obturator cu lamele, timp de expunere – 1/500-1/1000 secunde; deschiderea relativă maximă – 1/5,6; film – 60 m/24 cm;
- 2) RMK A30/23 (Zeiss Oberkochen): formatul fotogramelor – 23 x 23 cm. obiectiv Pleogon; distanță focală – 300 mm; deschiderea relativă maximă – 1/5,6; timp de expunere – 1/100-1/1000 secunde; film – 120 m/24 cm;
- 3) Wild RC20: formatul fotogramelor – 23 x 23 cm, 4 obiective interșanjabile de mare rezoluție Aviogon sau Aviotar cu distanțele focale: 88 mm, 153 mm, 213 mm și 303 mm; obturator cu lamele; timp de expunere – 1/100-1/1000 secunde, deschiderea relativă maxima – 1/4-1/22; film – 120-219 m/24 cm; dispozitiv de compensare a trenării;
- 4) Wild RC36: formatul fotogramelor – 23 x 23 cm, 3 obiective interșanjabile.

Aparatul fotoaerian

În vederea întocmirii planurilor topografice, aerofotografierea terenului se execută cu ajutorul unor aparate fotoaeriene speciale (camere aerofotogrammetrice). Spre deosebire de alte aparate de înregistrare fotografică de la înălțime a scoarței terestre, aparatele fotoaeriene destinate furnizării de fotograme (adică fotografii pe care se pot face măsurători) au distanță focală constantă în orice condiții.

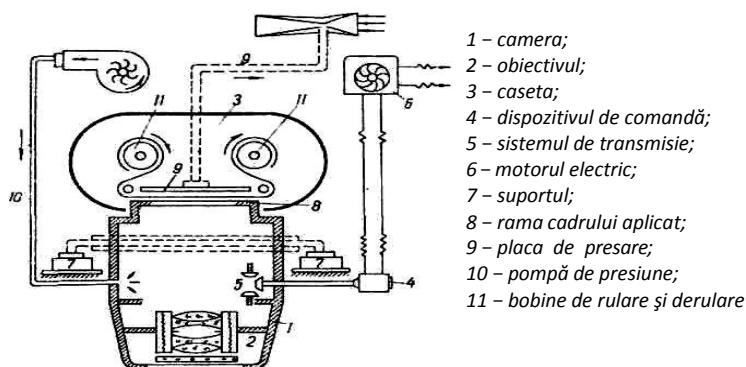


Fig. 1.3.20. Construcția aparatului fotoaerian

Aparatul fotoaerian se așează astfel încât să fie cât mai aproape de centrul de greutate al navei. El ocupă în cabină un spațiu cu dimensiunile de aproximativ 50 x 70 x 50 cm.

Camerele aerofotogrammetrice pot fi cu film (60-120 m lungime) sau cu plăci. Fotogramele pe plăci au avantajul că nu se deformă, asigurând în acest mod o mai mare precizie a lucrărilor.

La aparatele fotoaeriene moderne, toate procesele de fotografiere (bobinarea filmului, expunerea, păstrarea intervalului între expunerii etc.) sunt executate automat. Obturatorul și caseta sunt sincronizate electric. În partea de sus a camerei se află un cadru aplicat (8), situat în planul focal al obiectivului. Imaginea cadrului aplicat apare pe fotogramă, constituind sistemul de coordonate proprii.

Dispozitivul de comandă (4) acționează obturatorul aparatului, rolele cu film etc. Cu ajutorul unor becuri de semnalizare se poate urmări modul de lucru al diferitelor mecanisme ale aparatului.

Caseta (3) cuprinde mecanismul de rulare și derulare care deplasează filmul, cadru cu cadru, în planul focal al obiectivului, mecanisme de măsurare, precum și de asigurare a planeității filmului (9 și 10).

După mărimea distanței focale a obiectivului, aparatele fotoaeriene pot fi: cu distanță focală mică (de la 50 la 150 mm), cu distanță focală medie (de la 150 la 300 mm), cu distanță focală mare (mai mare de 300 mm).

Obiectivele cu distanțe focale de 50 mm se folosesc pentru fotografierea unor terenuri plane (scări peste 1 : 10 000), cele cu distanțe focale de 70 mm – pentru terenuri cu forme de relief diferite (dealuri, șes etc.), cele cu distanțe focale de 100-140 mm, în zone muntoase, iar cele cu distanțe focale de la 200 mm la 500 mm, pentru descifrări și aerofotografierea centrelor populate.

Camera aeriană digitală LEICA ADS40 (AIRBORNE DIGITAL SENSOR). Camera aeriană digitală ADS40 (Fig.1.3.21.), creată de firma Leica Geosystems pe baza principiului emis de dr. Otto Hofmann în anul 1970, este concepută cu trei linii de senzori în bandă pancromatică pentru exploatarea fotogrammetrică și patru linii de senzori pentru înregistrări multispectrale (benzile: infraroșu apropiat, albastru, verde și roșu), având ca

rezultat captarea simultană a șapte benzi de informații. Spre deosebire de imaginile de formă pătrată sau dreptunghiulară înregistrate de camerele aeriene bazate pe film, camera aeriană digitală ADS40 captează benzi de imagini cu șiruri liniare de senzori.



Fig. 1.3.21. Camera aeriană digitală ADS40

- Pe de o parte, imaginile pancromaticice sunt înregistrate cu trei linii de senzori, respectiv: cei din prima linie sunt înclinați în față, cei din linia de mijloc sunt în poziție verticală, iar cei din linia a treia sunt înclinați în spate.
- Pe de altă parte, imaginile în banda infraroșu apropiat se înregistrează cu un șir liniar de senzori în poziție nadirală, în timp ce în benzile roșu, verde și albastru – cu șiruri liniare de senzori amplasate în față, în direcția zborului.

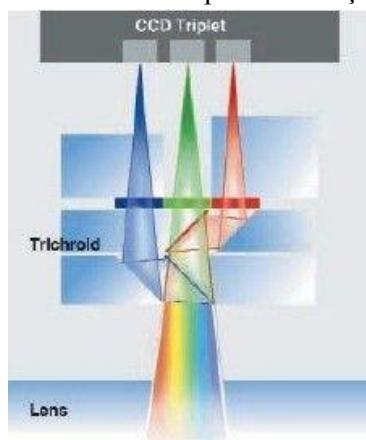


Fig. 1.3.22. Sistemul optic "tricroid"

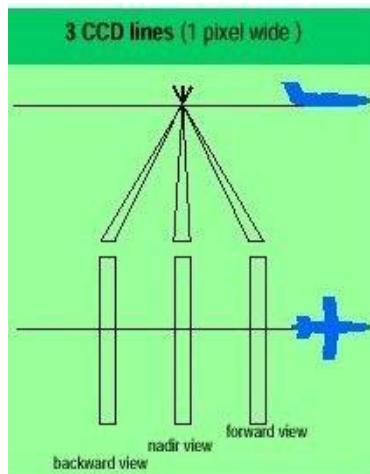


Fig. 1.3.23. Caracteristicile geometrice ale senzorului digital triliniar

Astfel, imaginile care se obțin cu scannerul digital „triliniar” ADS40 (Fig.1.3.23) au o geometrie absolut diferită de imaginile obținute cu camere bazate pe film, acoperind suprafața de teren în proporție de 100% cu fiecare din cele trei benzi (Fig.1.3.24a), ceea ce nu întâlnim în cazul camerelor clasice (Fig.1.3.24b), întrucât acestea acoperă 50% de trei ori și 50% numai de două ori.

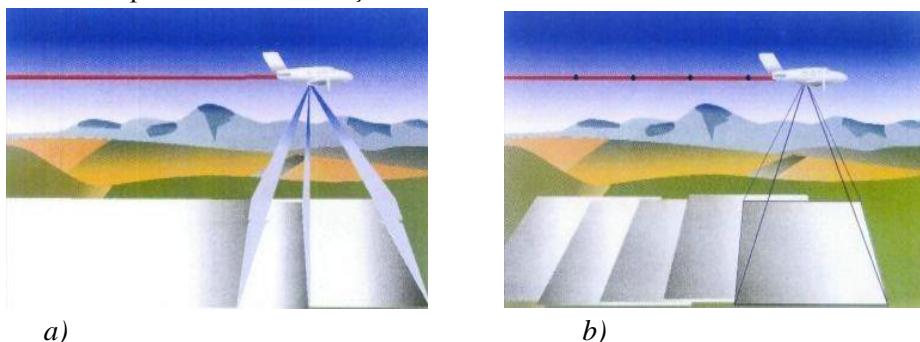


Fig. 1.3.24. Obținerea imaginilor

- Camera digitală bazată pe principiul perspectivei de linie*
- Camera clasică bazată pe principiul perspectivei central*

Componentele camerei ADS 40

Sistemul camerei digitale ADS40 (Airborne Digital Senzor), instalat pe platformă aeropurtată, este format (Fig.1.3.25.) din următoarele componente principale:

- Interfață operator (Operator Interface – OI40) și suportul interfeței (Interface Stand – IS40);
- Partea superioară a camerei care protejează sistemul senzorial și face legătură electronică cu computerul de la bordul avionului (Sensor Head – SH40);
- Partea inferioară a camerei care protejează sistemul optic ”tricroid”, descompunând lumina incidentă (Fig.1.3.22) în componentele ei de bază (roșu, verde și albastru), folosind o serie de filtre (Digital Optic – DO64), la care se adaugă un girostabilizator (PAV30);
- Memoria în masă a calculatorului (Mass Memory – MM40) și unitatea de control (Control Unit – CU40).

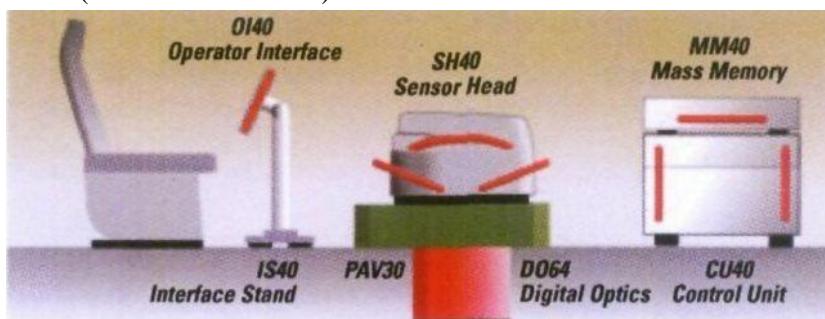


Fig. 1.3.25. Componentele camerei ADS40

Tabelul 1.3.1

Datele tehnice

Caracteristicile electronice	
- Cadrul dinamic	12 biți
- Rezoluția radiometrică	8 biți
- Modalitate de normalizare	8 bit linear
- Factorul de compresie	2,5-25
- Intervalul de înregistrare	>1.2 m/sec.(800 Hz)
- Domeniul spectral	Pan, RVA, IRA

Banda	Lungimea (nm)
Pan (trapezoidal)	465-680 ($\lambda=50\%$)
Roșu (rectangular)	610-660
Verde (rectangular)	535-585
Albastru (rectangular)	430-490
Infraroșu apropiat – IRA (dreptunghiular)	835-885

Interfață mecanică	
Sensor Head (SH40)	Greutate: 66 kg Diametru: 59 cm Înălțime: 74 cm Suportul: PAV30
Control Unit (CU40)	Greutate: 43 kg Diametru: 45 cm Înălțime: 34 cm
Mass Memory (MM40)	Greutate portabilă: 18 kg Capacitate reîncărcabilă harddisk: 540 GB
Operator Interface (OI40)	Greutate: Montare: 14 kg IS40
IMU/GPS (Applanix System)	IMU integrat în SH40; GPS și POS integrate în CU40

Funcționarea Sistemului ADS 40

a) Înregistrările Pan și MSS

Senzorii pancromatici din configurația camerei digitale ADS40, care se utilizează, de fapt, în exploatarea fotogrammetrică, constau din două șiruri liniare CCD de 12.000 pixeli (cu \varnothing 6,50 μm .), fiecare amplasat decalat unul față de altul cu jumătate de pixel (cu \varnothing 3,25 μm .), soluție care asigură imagini mult mai detaliate.

De asemenea, în planul focal se mai găsesc, aşa cum s-a menționat, pe lângă șirurile liniare de senzori pancromatici (orientați spre partea din față, în poziție nadirală și orientați spre poziția din spate), și patru șiruri suplimentare cu 12.000 pixeli fiecare, pentru obținerea informațiilor multispectrale (MSS).

Șirurile liniare de senzori pentru înregistrări pancromaticice sunt puși în legătură cu un sistem optic ce are un câmp de vedere transversal pe traseul de zbor de 64°, care furnizează lățimea benzii și acoperirea suprafeței scanate.

Factorul limitativ la senzorii de acest tip este timpul de citire a informațiilor furnizate de șirurile liniare ale acestora și viteza avionului deasupra solului, elemente care trebuie sincronizate, cum se procedează, de altfel, și în cazul camerelor de aerofotografie cu film pentru a evita trenarea imaginii. Viteza de citire a liniilor de senzori CCD este astfel sincronizată cu viteza de zbor a avionului, încât produce pixeli pătrați.

Astfel, un detaliu de dimensiuni mici pe teren va avea un impact asupra radiațiilor recepționate la cel puțin patru poziții de pixeli – un pixel în fiecare din cele două șiruri ale unei perechi și la două momente diferite de timp pentru fiecare din cei doi pixeli. Rezultatul este o imagine cu o rezoluție mai înaltă furnizată de șirurile dispuse decalat decât dacă s-ar fi utilizat un singur șir de 12 000 elemente.

b) Filtrele de interferență

Filtrele cu care este echipată camera digitală aeriană ADS40 furnizează sensibilitate (cu rol de senzori) benzilor multispectrale; acestea au fost astfel selecționate, încât să furnizeze informațiile necesare pentru redarea corectă a culorilor și interpretarea imaginilor. La selecționarea filtrelor s-au avut în vedere, de asemenea, restricțiile cauzate de absorbția atmosferică.

Camera digitală ADS40 dispune de o instalație electronică sofisticată care furnizează și transmite datele înregistrate și comprimate de la toate canalele calculatorului de la bord. Unitatea de măsurători inerțiale ale POS este un sistem special proiectat pentru determinarea poziției și orientării, montat rigid în planul focal.

Calculatorul instalat pe platforma aeriană include un sistem separat de memorie în masă. Un asemenea sistem de memorie este necesar, încearcăt camera digitală aeriană ADS40 generează până la 100 GB de date pe ora de zbor.

c) Sistemul optic tricroid și senzorul digital triliniar (Fig. 1.3.22, 1.3.23.)

Sistemul optic digital DO64 constă dintr-un ansamblu de lentile telecentrice. Un detaliu care trebuie remarcat este faptul că toate razele de lumină întâlnesc planul focal în unghiuri drepte, ceea ce permite filtrelor de interferență să ofere per-

formanțele menționate. Lungimea distanței focale a sistemului optic este de 62,77 mm, iar câmpul de vedere sau lărgimea fasciculului (traseul transversal) este de 64°.

Planul focal poate cuprinde cinci grupuri de câte trei șiruri liniare CCD, respectiv 15 șiruri liniare. În prezent, camera digitală aeriană ADS40 utilizează numai 10 șiruri liniare, adică trei perechi de șiruri liniare pentru imagini pancromatice și patru șiruri (a câte un rând) pentru benzile multispectrale. Așa cum s-a mai menționat, șirurile liniare au 12.000 de elemente (pixeli) și dimensiunile unui pixel sunt de 6,5 μm /6,5 μm . Șirurile în perechile pancromatice sunt și ele deplasate unul față de altul cu jumătate de pixel, respectiv cu 3,25 μm .

d) Unitățile CU40 și MM40 (Fig. 1.3.25)

Unitatea de control CU40 este un PC robust de înaltă performanță, în care este instalat Windows XP cu extensie în timp real. Această unitate are legătură prin fibră optică cu partea superioară a senzorului – SH40, și include subsistemul integrat Applanix POS, Position & Altitude Computer, și un receptor GPS, de asemenea integrat. Ieșirea datelor are loc cu o medie de 45 MB/sec. la sistemul de memorie în masă MM40, constituit dintr-un sir detașabil, robust, de șase hard-diskuri de înaltă performanță, cu o capacitate de stocare de 0,5 TB. Volumul enorm de date de la senzori și imagini, precum și de la CU40, sunt dirijate direct spre Memoria în Masă (MM40). Astfel, toate datele de la misiunea de zbor sunt stocate în MM40, memorie care este transferată apoi din avion după aterizare și conectată la o stație fotogrammetrică de prelucrare la sol.

e) Sistemul FCMS

Pentru a fi complet operațională, camera ADS40 este însoțită de un software special pentru rezolvarea tuturor aspectelor de rutină, denumit Sistem de management al zborului și de control al funcționării senzorilor (Flight & Senzor Control Management System – FCMS). Operatorul comunică cu acest program prin intermediul OI40. De asemenea, pilotul are prevăzut un display (Pilot Indicator – PI40). Sarcina operatorului este însă simplificată de configurația predefinită a FCMS-ului, iar navigarea se face cu ajutorul unui meniu-arboare.

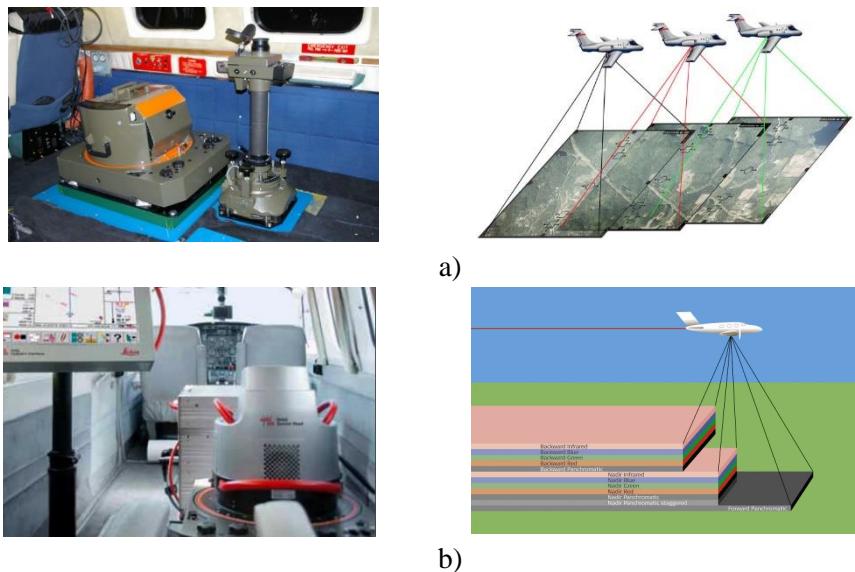


Fig. 1.3.26. Principiul fotografierii aeriene: a) analogice (camera Wild RC-30, film color normal); b) digitale (camera Leica ADS-40, grile de senzori multispectrali, trei moduri de lucru)



Fig. 1.3.27 Tipuri de imaginiale camerei Leica ADS-40

Camerele ultracompacte și ușoare s-au dovedit a fi, pentru profesioniști și amatori, senzori ideală pentru înregistrarea fotografiilor digitale și a imaginilor de înaltă rezoluție.

Odată cu adăugarea echipamentelor de vizualizare pe ecrane, zborurile pot fi monitorizate în timp real, chiar și pe un ecran intelligent (dispozitive cum ar fi telefoanele și computerele).



Fig. 1.3.28. Modele de camere pentru UAV

Actualele implementări ale UAV-urilor pot transmite video live către utilizatorul final, dar acestea au trei dezavantaje semnificative:

- 1) costul apelurilor video,

- 2) înregistrări video în exces,
- 3) dificultatea de a găsi informații.

Unele sisteme UAV utilizează acum și smartphone-uri și computere compacte în loc de instrumente tradiționale de vizualizare pe ecran pentru observarea suprafeței.

Imaginile de înaltă rezoluție (de exemplu, 12+ Mp) oferă imagini detaliate de culoare și filtre de la zboruri de joasă și medie altitudine pe platforme precum DJI Phantom 1, Phantom 2 și 3D Robotics IRIS.

Folosind instrumentele și metodele tradiționale de procesare a imaginilor digitale (de exemplu, AgiSoft, MosaicMill, 2d3 sau Pix4D), imaginile rezultate pot fi apoi interpretate și analizate manual sau pe ecran sau pot extrase fi informații utilizând abordări semi-automate.

De asemenea, pot fi create imagini ortofoto tridimensionale și modele digitale de teren (DTM).

Platformele mari pot, desigur, să poarte încărcături mari și chiar mai multe camere. În plus, capacitatea de a transporta o sarcină utilă mare înseamnă că poate fi folosită cea mai bună suspensie cardanică, precum și mulți alți senzori.

3.4 Proprietățile fotografiei aeriene

Fotogrammetrie (engl. photogrammetry) – de la *photos* – lumină și *metron* – măsură, original *germ. photogrammetrie* – domeniu al tehnicii sau știință, după unii autori (Albotă, Zegheru, 2009, Vorovencii, 2010), care utilizează imaginile aeriene (și terestre) ale obiectelor în scopul reconstituirii geometriei acestora și poziției lor în spațiu, în vederea măsurării lor și reprezentării grafice și cartografice cât mai precise.

Obiectivul constă în inversarea procesului de fotografiere (adică reconstrucția spațiului-obiect din spațiul imaginii).

Rezultatele pot fi: hărți topografice/planimetrice/tematice, modele 3D, coordonatele punctelor obiectului-țintă.

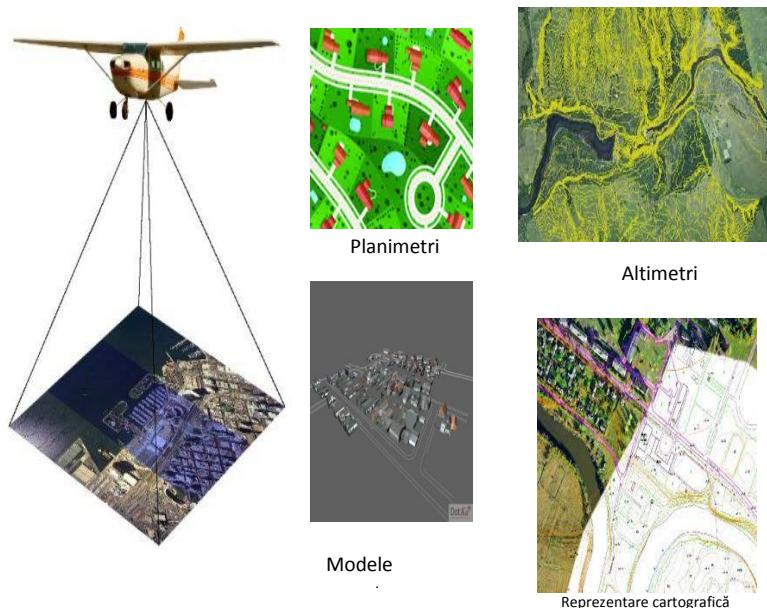


Fig. 1.3.29. Modele de hărți

Fotogrammetria digitală (HEIPKE 1995) este ramura fotogrammetriei care studiază tehnologiile de achiziție, stocare, prelucrare și analiză a imaginilor digitale (2D și 3D) utilizând informații geometrice, radiometrice și semantice ale spațiului-obiect.

Prelucrările imaginilor în cazul utilizării stațiilor fotogrammetrice digitale sunt complexe și necesită hardware și software specializate, precum și sisteme de măsurare performante. Aplicațiile informatiche au la bază procedurile fotogrammetrice analitice și realizează cu succes integrarea deplină în mediul GIS.

Procesele interactive ce au loc într-un sistem de tip stație fotogrammetrică digitală sunt concepute astfel încât datele obținute din prelucrarea imaginilor să conveargă în seturi de date structurate topologic și care sunt compatibile cu analizele spațiale ce se efectuează în mediul GIS. Una dintre cele mai importante aplicații ce necesită integrarea datelor de tip vector sau raster în mediul GIS este

utilizarea datelor multitemporale pentru analizarea modificărilor apărute la obiectele sau fenomenele studiate, cu scopul de a actualiza datele raster sau vector existente.

Stația de lucru digitală, privită ca un sistem complex de hardware și software, are capacitatea de a realiza vizualizarea stereoscopică (tridimensională) și asigură posibilitatea măsurătorilor precise în coordonate tridimensionale (X, Y, Z).

În mediul GIS este necesară afișarea datelor și prelucrarea vectorilor în format 3D, ceea ce reușește să realizeze fotogrammetria digitală.

În epoca electronicii, administrarea și distribuirea datelor și imaginilor este o operațiune extrem de complexă. Cu ajutorul tehniciilor și aparaturii fotogrammetrice digitale se colectează date compatibile cu sistemul de tip GIS, care gestionează datele de tip geoimagini (imagini georeferențiate, modele digitale ale terenului, rastere digitizate etc.), de la culegerea lor până la exploatarea, stocarea și distribuirea acestora.

Procesul de prelucrare a imaginilor fotogrammetrice începe cu determinarea centrului fiecărei fotografie (orientarea interioară), orientarea fotogramelor între ele prin procedee de corelație automată și semiautomată (orientarea relativă) și determinarea poziției și orientării absolute în spațiu a fiecărei fotografie (orientarea absolută). După aceste etape se creează modele stereoscopice orientate (perechi de fotografie orientate) care pot fi astfel exploataate independent.

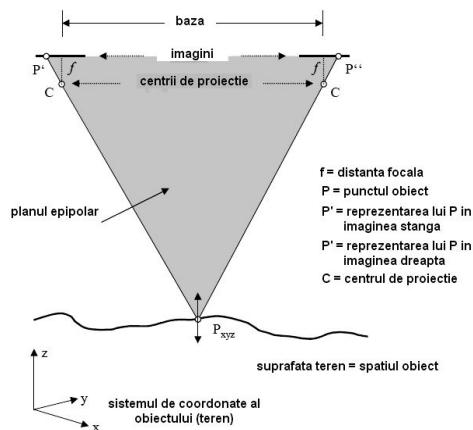


Fig. 1.3.30. Geometria unui stereomodel orientat

Modificând înălțimea în punctul P (situat pe suprafață) se obține o deplasare liniară ale punctelor (P' – stânga și P' – dreapta) din imagini, în interiorul planului epipolar

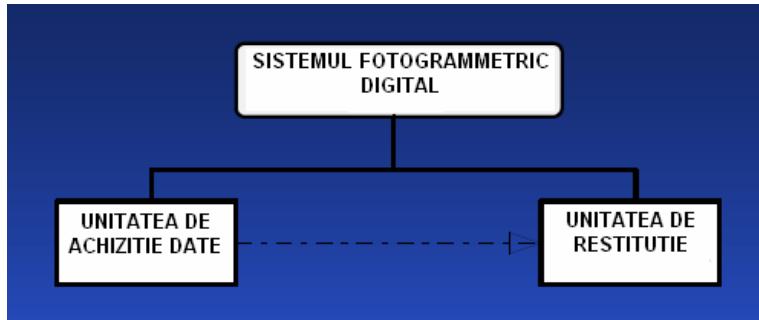


Fig. 1.3.31. Sistemul fotogrammetric digital

Dată fiind necesitatea unui număr mare de puncte în procesul de determinare a orientării absolute, pentru proiecte fotogrammetrice mari, trebuie efectuată o îndesire a punctelor inițiale corespondente teren-imagine, astfel încât fiecare model stereoscopic să conțină puncte cu coordonate în sistemul fotogramei și în sistemul terenului. Această operație se execută automat sau semiautomat în procesul numit aerotriangulație.

Ca rezultat al aerotriangulației se obțin parametrii de orientare exterioară a fotogramelor și se poate continua cu operațiile de extragere a informațiilor prin procedeul de restituție.

Restituția (vectorizarea) este metoda prin care parcurgerea în modelele stereoscopice a detaliilor liniare cu ajutorul unui cursor special generează harta digitală a zonei respective în format vectorial, editabilă apoi cu softuri CAD de cartografie automată. În același fel se extrag puncte necesare modelării 3D sau se desenează curbe de nivel pentru reprezentarea reliefului.

Aerofotografierea digitală multiplă este o tehnică nou dezvoltată mai întâi pentru localități, însă avantajele sale au impus-o în numeroase alte aplicații și în afara mediului urban. Ideea este bazată pe combinarea imaginilor verticale cu imaginile oblice și gestionarea acestora cu softuri specializate

care să permită efectuarea măsurătorilor metrice chiar și pe imaginile oblice și, mai mult, să poată fi integrate în aplicații GIS. O astfel de tehnologie mai este cunoscută sub numele de pictometrie. Astfel de sisteme se bazează pe înregistrarea simultană cu 8 sau 12 camere dispuse astfel încât să preia simultan imagini în toate direcțiile, după caz, imagini oblice cu unghi mare de înclinare (atunci când linia orizontului se vede în imagine) sau unghi mic de înclinare (linia orizontului nu apare în imagine). Tehnologia se bazează pe determinarea precisă a vectorilor axelor de vizare și a centrelor de fotografiere și combinarea imaginilor, astfel încât determinările metrice, mai ales în altitudine, devin mult mai precise decât în fotogrammetria clasică (unghiurile de intersecție pentru determinarea punctelor sunt mai mari, iar direcțiile – mai multe).

Dezvoltarea fotogrammetriei este strâns legată de dezvoltarea în domeniul fotografiei și al aviației. Acum aproape 100 de ani, fotografiile erau realizate pe plăci de sticlă fotosensibile sau pe materiale fotosensibile de tip film (negativ sau pozitiv). În principiu, camerele de fotografiere fotogrammetrice (numite și camere fotografice metrice) funcționează ca și cele obișnuite, nonmetrice, pentru amatori. Diferențele rezultă din cerințele calitative pe care primele trebuie să le îndeplinească.

În afară de precizia înaltă optică și mecanică, camerele de aerofotografiere utilizează formate mari de filme. Dacă o cameră de amator utilizează un format de 24 mm X 36 mm, camerele de aerofotografiere normale utilizează formate de 23 cm X 23cm. Acest lucru este necesar pentru a asigura receptarea unei bune rezoluții a terenului în fotografii. În consecință, valoarea lungimii distanței focale diferă în cazul camerelor cu deschidere cu „unghi mărit” de cea a camerelor „normale” sau a celor cu „teleobiectiv”. Mai des utilizată a fost camera de aerofotografiere cu unghi de deschidere mărit și având distanță focală de 153 mm, spre deosebire de o cameră cu deschidere normală cu distanță focală de 305 mm.

Mai mult, sistemul de lentile al camerelor de aerofotografiere este construit unitar cu corpul camerei. Pentru a asigura o bună stabilitate și o bună corecție a erorilor datorate lentilelor, nu este posibilă nici o modificare a lentilelor sau „zoom”. Distanța focală este fixă, iar camera are un declanșator central automat.

Unitatea de achiziție a datelor transformă imaginea în format numeric, astfel încât fiecarei valori radiometrice (discrete) să i se asocieze valoarea corectă a coordonatelor 2D de referință, trecând prin coordonatele pixel și corectând erorile sistematice (distorsiunile optice, calibrarea etc.).

Unitatea de restituție permite operatorului să manevreze imaginile digitale și să efectueze operații fotogrammetrice (orientarea interioară, orientările relativă și absolută, cartografierea, etc.).

Imaginiile digitale utilizate în fotogrammetria digitală pot fi obținute prin două metode:

- prin achiziție directă, cu ajutorul camerelor de fotografiere digitale;
- prin achiziție indirectă, utilizând fotogramele clasice care sunt digitizate prin proceful de scanare.

Fotogramele clasice sunt realizate cu ajutorul camerelor de fotografiere analogice, au ca suport filmul fotografic (negativ și pozitiv, alb-negru sau color) sub formă de rolă și au dimensiuni de 23 cm X 23 cm, iar în cazul fotogramelor satelitare – 12" X 18". Rezoluția geometrică a acestor imagini este de 15 µm/pixel, iar acuratețea poziționării în aerotriangulație este de 2 µm. Rezoluția radiometrică este de 10 sau 15 biți (intern sau 8 biți la datele ieșire).

Imaginiile satelitare și aeriene sunt reprezentări obiective și instantanee ale realității terenului, raportate precis la repere spațio-temporale. Această trăsătură le conferă proprietăți diferite în raport cu harta sau planul și le recomandă drept una dintre cele mai utile și mai sigure surse de informații cu localizare spațială sau informații geografice. Cu toate acestea, integrarea lor în diverse aplicații necesită cunoașterea proprietăților lor, a avantajelor și limitărilor ce rezultă din folosirea lor.

1. Scara imaginilor

Scara imaginilor reprezintă raportul de micșorare a unui element din teren care apare în cuprinsul imaginii. Scara imaginilor este o caracteristică individuală, astfel încât fiecare imagine, fie satelitară, fie aeriană, posedă o scară proprie ce se impune și determinată în multe cazuri.

Scara unei imagini este un raport al căruia numitor nu este un număr rotund. Explicația trebuie legată de formula de mai jos, pe care o aplicăm unei fotograme

aeriene (aerofotogramă obținută cu o cameră cu film). Relația se poate adapta ușor chiar și imaginilor satelitare, prin eliminarea ultimului raport.

$$1/n = d/D = f/H$$

unde, n este numitorul scării hărții; d este dimensiunea în imagine a unui detaliu din teren (m); D este dimensiunea în teren a detaliului din imagine (m); f este distanța focală a obiectivului camerei de fotografiere aeriană, specificată în cartea tehnică (mm); H este plafonul de zbor de la care a fost preluată imaginea, specificat la fiecare fotogramă aeriană.

Cea mai simplă modalitate de a explica scara unei imagini este reprezentarea grafică a proiecției centrale specifică fotogramelor aeriene (Fig.1.3.32) obținute pe film cu o cameră specială (principiu convențional). Proiecția centrală este caracteristică fotogramelor aeriene și are ca punct de perspectivă focalul (B sau C în Fig.1.3.32 a și b). Razele de proiecție corespund razelor de lumină reflectate de obiectele din teren, care trec prin focar și ajung la suprafața materialului fotosensibil, la nivelul căruia are loc reacția fotochimică. Prin developare și alte prelucrări de laborator rezultă fotograma aeriană.

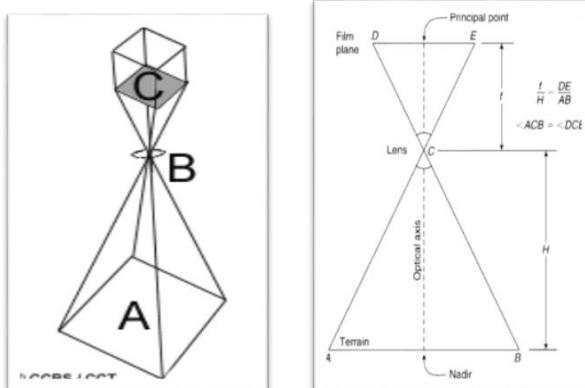


Fig.1.3.32. (a) Proiecția centrală a unei fotograme aeriene verticale.

Imaginea suprafeței de teren A este proiectată prin lentile camerei de fotografiere B, rezultând imaginea aeriană sau fotograma micșorată C. (b) Relația de calcul a scării imaginii, pe baza raporturilor dintre laturile a două triunghiuri asemenea (AB este D din formulă, DE este d din formulă)

Scara unei imagini este însă o noțiune mai complexă, în condițiile în care punctele și obiectele din imagine sunt situate în realitate la altitudini diferite, deși pe planul imaginii ele apar la același nivel. Rezultă că obiectele mai apropiate de cameră sau de senzor, de pildă, cele de pe înălțimi, au scara mai mare decât cele mai îndepărțate, situate, de pildă, în văi sau depresiuni. Această deformare mai e numită și efect topografic și poate fi corectată prin modificarea proiecției centrale și înlocuirea ei cu cea ortografică.

În formula scării, valoarea plafonului de zbor (H) se va modifica în funcție de fragmentarea terenului, care determină o valoare diferită pentru fiecare punct în funcție de altitudine. Rezultă că în imaginea de teledetectie inițială, neprelucrată, scara poate fi calculată pentru fiecare punct. Valoarea ce ține seama de plafonul afișat pe altimetru de pe marginea fotogrammei este mai mult orientativă și are un caracter general. În Fig.1.3.32 b, se prezintă un exemplu de calcul a scării unei imagini aeriene, în valoare medie, prin diferențierea din plafonul de zbor, raportat la nivelul mării a altitudinii medii a terenului din imagine.

Asemeni hărților, și imaginile de teledetectie se pot grupa după criteriul scării, deși în acest caz, rezoluția este cea care face diferența mai evidentă. După Sabins (1997), imaginile se împart în trei categorii:

imagini la scară mare (>1:50 000, de ex., fotogrammele aeriene, imaginile satelitare de rezoluție mare și medie)

imagini la scară medie (între 1:50 000-1:500 000, de ex., o parte a imaginilor satelitare de rezoluție medie și mică)

imagini la scară mică (<1:500 000, de ex., imagini de la sateliții meteorologici geostaționari).

2. Rezoluția imaginilor

Rezoluția este una dintre cele mai însemnante caracteristici ale unei imagini, deoarece aceasta permite identificarea unui obiect de către analistul care utilizează imaginea în diferite scopuri. Din acest punct de vedere, rezoluția se poate clasifica în rezoluție spațială, spectrală și temporală.

Rezoluția spațială reprezintă dimensiunea liniară a celui mai mic obiect din teren prezent într-o imagine. Ea poate fi considerată și ca lățimea liniei care separă două

obiecte învecinate de mici dimensiuni dintr-o imagine, de pildă, un automobil și o clădire. La imaginile digitale, rezoluția spațială corespunde dimensiunii în teren a laturii unui pixel, cel mai mic element ce alcătuiește imaginea respectivă.

Puterea de rezoluție sau de rezolvare exprimă performanța unei camere de aerofotografiere, a unui senzor, în general, de a permite obținerea imaginilor de cea mai bună calitate. Aceasta se precizează în manualul instrumentului și este mai mare decât rezoluția spațială. Se exprimă în număr de perechi de linii albe și negre pe cm sau mm în imaginea-test obținută în vederea calibrării instrumentului (aducerii acestuia la specificațiile lui tehnice).

Rezoluția spectrală reprezintă intervalul spectral sau intervalul de lungime de undă în limitele căruia s-a realizat înregistrarea unei imagini. În cazul imaginilor multispectrale, rezoluția spectrală se exprimă, în egală măsură, prin numarul de benzi sau intervale spectrale în care s-au obținut în mod simultan imagini ale aceleiași suprafețe de teren (de ex., scena satelitară). Aceasta permite identificarea unui obiect sau fenomen din teren prin intermediul radiației electomagnetice reflectate în limitele unei ferestre atmosferice. Astfel unele obiecte din teren mai mici decât rezoluția spațială a imaginii se pot identifica datorită rezoluției spectrale care determină o mare valoare a reflectanței specifice acestui obiect. Este cazul unui drum ce traversează un teren agricol cultivat.

Rezoluția spectrală depinde de două elemente, de comportamentul spectral al obiectelor raportat la lungimea de undă a radiației electromagnetice și de sensibilitatea senzorului (sau a filmului la imaginile fotografice) în raport cu diferite intervale spectrale. În legătură cu această trăsătură a imaginilor se definesc două noțiuni.

Reflectanța reprezintă procentul din radiația solară incidentă pe care un corp relativ omogen fizic și chimic îl reflectă în atmosferă. Depinde de proprietățile corpului și de intervalul spectral la care se raportează. Pe baza reflectanței, în raport cu lungimile de undă ale spectrului electromagnetic, se generează o reprezentare grafică numită și curbă spectrală. Aceasta este

specifică fiecărui obiect din teren și exprimă variația reflectanței în raport cu lungimea de undă a radiației reflectate. Imaginele de mare rezoluție spectrală utilizează curbele spectrale în contextul obținerii lor prin scanare multispectrală sau radiometrie

O altă noțiune folosită în definirea rezoluției spectrale este *radianță*. Aceasta corespunde valorii cantitative a energiei radiate sau emise în spațiu de un obiect relativ omogen fizic și chimic. Este exprimată în unități de energie raportate la unghi solid, suprafață și lungime de undă ($\text{W}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$). Fiecare obiect din imagine îi corespunde un anumit nivel al radianței, care este exprimat în imagini printr-o anumită strălucire. Aceasta se află în relație de dependență liniară cu reflectanța, exprimată, la rândul ei, prin numărul digital sau valoarea spectrală, ce vor fi definite mai târziu. Rezultă că datele din imaginea de teledetectie sunt exprimate spectral prin radianță și reflectanță.

Rezoluția temporală localizează în timp caracteristicile imaginii de teledetectie și reprezintă momentul de timp bine precizat (an, lună, ziua, oră) în care a fost înregistrată o imagine. Acesta este precizat împreună cu datele auxiliare care însoțesc imaginea, indiferent de formatul analogic (pe hârtie sau peliculă transparentă) ori digital.

Un alt mod de a defini rezoluția temporală îl reprezintă intervalul de timp în limitele căruia un sistem de teledetectie a înregistrat imagini sau acoperirea temporală a arhivei de imagini. Acest element este deosebit de util, deoarece imaginile multitemporale obținute în mai multe momente de timp permit urmărirea unui fenomen natural.

Rezoluția temporală explică, în egală măsură, prezența sau absența unui element din imagine la un moment dat. De exemplu, apariția unor autostrăzi într-o imagine a unei regiuni.

3. Amprenta spectrală

Amprenta spectrală reprezintă expresia cromatică (nuanță la imaginile color sau ton de culoare la cele alb-negru) a proprietăților spectrale ale unui obiect relativ omogen ce apare într-o imagine.

Pentru a înțelege mai ușor această noțiune de bază în teledetecție, vom folosi exemplul vegetației în timpul primăverii sau al verii. În Figura 1.3.33, copacul și frunza reprezintă elemente ce apar în imaginea de teledetecție. Copacul și frunza primesc radiația solară incidentă sub formă de radiații vizibile și infraroșii. Acestea sunt absorbite de clorofilă (radiația albastră și roșie), astfel încât vegetația reflectă în atmosferă radiațiile verzi (vizibile) și infraroșii. Acest comportament definește însăși amprenta spectrală a corpurilor, explicată cel mai concret prin intermediul curbelor spectrale.

În aceste condiții, imaginile în verde și infraroșu apropiat sunt utile la interpretarea vegetației, în timp ce imaginile în benzile albastru și roșu sunt mai puțin utilizate în acest scop.

Din punctul de vedere al amprentelor spectrale, imaginile de teledetecție se clasifică în două tipuri: imagini alb-negru sau aşa numitele imagini în tonuri de culoare sau imagini în scară de gri și imagini color.

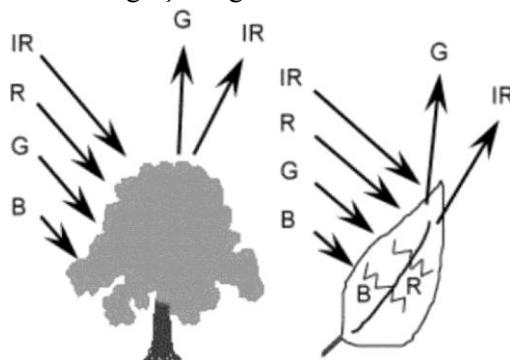


Fig. 1.3.33. Comportamentul spectral ce definește amprenta spectrală a vegetației (după CCRS, Canada)

Imaginiile alb-negru prezintă amprente spectrale sub formă de treceri de la alb la negru, numite și tonuri de culoare (ce definesc scara de gri). Acestea sunt de două tipuri: imagini într-o singură bandă spectrală, sau imagini spectrozonale – imagini alb-negru care au fost înregistrate într-un interval spectral îngust aparținând unui singur segment al spectrului electromagnetic (de ex., benzile spectrale ale unei imagini multispectrale ca infraroșul apropiat, verde etc.); imagini pancromaticice sunt

imagini alb-negru, înregistrate într-un interval mai larg de lungimi de undă din spectrul electromagnetic, ce cuprinde, de regulă, o mare parte din spectrul vizibil și chiar o parte a regiunii infraroșii apropiate. De regulă, imaginile pancromatice se obțin fie pe film, fie cu ajutorul scannerelor multispectrale. În al doilea caz, imaginile pancromatice se obțin simultan cu imaginile în diferite benzi spectrale (spectrozonale). Imaginea pancromatică obținută astfel are o rezoluție spațială mai mare decât cea a imaginilor înregistrate în diferitele benzi spectrale. Aceasta oferă un mare avantaj în perfecționarea imaginilor prin procesare digitală (procedeul *image sharpening*, ce permite îmbunătățirea rezoluției unei combinații de benzi color, cu ajutorul benzii pancromatice).

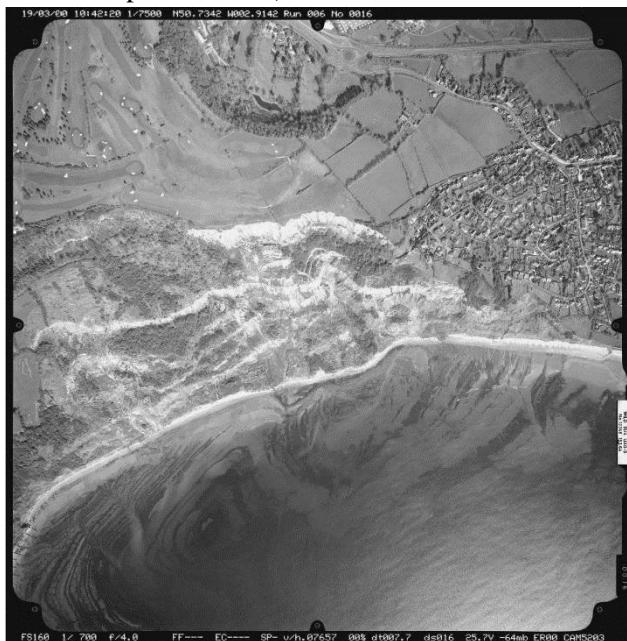


Fig. 1.3.34. Fotogramă aeriană alb-negru, micșorată, de tip pancromatic, reprezentând o zonă costieră. Sunt evidente elementele de morfodinamică litorală, batimetria, plajele, vegetația de pădure și pașiști și chiar o serie de deplasări în masă pe versant, în condițiile amprentelor spectrale ce corespund vizibilului și infraroșului apropiat

Imaginile satelitare și fotogramele aeriene sunt, initial, imagini alb-negru, cu excepția fotogramelor obținute pe filmul color. Imaginea color rezultă doar prin procesarea la computer prin diferiți algoritmi, de la simpla combinație de benzi până la analiza componentelor principale și perfecționarea rezoluției.

Analiza și interpretarea generală a imaginilor alb-negru de teledetecție trebuie să înceapă prin cunoașterea semnificației și naturii amprentelor spectrale în funcție de tipul imaginii, de modul ei de obținere. Tonurile de culoare au semnificații diferite. De exemplu, o imagine în banda infraroșu apropiat arată, în esență, comportamentul spectral al corpurilor în acest interval (de ex., vegetația în plin sezon apare prin pixeli cu tonuri deschise datorită clorofilei). Aceeași imagine în infraroșul termal arată vegetația în tonuri închise, deoarece temperatura acestui element este mai joasă decât cea a unui drum sau a unei clădiri. În imaginea radar, pixelii în tonuri deschise corespund unei reflexii puternice a microundelor la nivelul obiectelor expuse către senzor, iar cei întunecați corespund elementelor ascunse. Există imagini în care datele asociate amprentelor spectrale sunt exprimate prin radianță (strălucire), dar și imagini obținute după prelucrare sau după efectuarea unor operații de matematică spectrală, ce sunt caracterizate prin valori de indici sau chiar diverși parametri (de ex., temperatura corpurilor, derivată matematic din imaginea lor în infraroșul termal).

Imaginile color se grupează în imagini în culori naturale, imagini în care amprenta spectrală a obiectelor este exprimată prin culori apropiate de cele pe care le percepem omul (de ex., pădurea – verde, apa – albastru-verzui, drumurile și construcțiile în cenușiu deschis), și imagini fals color sau imagini în culori convenționale ce rezultă la înlocuirea culorilor naturale cu alte culori pe care ochiul uman nu le percepem în realitate, dar care aduc informații suplimentare (de ex., vegetația ce apare roșie). Amprenta spectrală a aceluiași obiect omogen nu este identică în orice imagine fals color pentru că imaginile acestea rezultă din cele mai diverse combinații de benzi spectrale, în conținutul cărora obiectele apar diferit în funcție de reflectanța lor.

3.5. Tipurile de imagine

1. Imaginile analogice

Fotografia clasică, alb-negru și color, obținută pe materiale fotosensibile obișnuite, care cuprinde mai ales zona vizibilă a spectrului, se numește fotografie convențională. Necessitățile teledetectiei au dezvoltat fotografie neconvențională, respectiv, spectrozonală, multispectrală, fals color și color compus.

Fotografia alb-negru și color

Obiectivul unei camere fotografice captează imaginea unui obiect, mai mică decât acesta, răsturnată, inversată stânga-dreapta, dar pentru a fi păstrată, această imagine trebuie să fie înregistrată pe un material fotosensibil. Energia luminoasă acționează asupra substanțelor fotosensibile din conținutul emulsiei fotografice într-o măsură determinată de intensitatea și durata iluminării.

Fotografia alb-negru

Prin impresionarea materialului fotosensibil se formează o imagine latentă, invizibilă, care poate fi făcută vizibilă la tratarea chimică, prin reducerea sării de argint în argint metalic. În acest fel se obține o imagine negativă a obiectului, care conține diferite nuanțe de cenușiu, culorile naturale fiind transformate în tonuri de gri. Pentru a păstra imaginea obținută, se recurge la o nouă tratare chimică în procesul de fixare.

Emulsiile fotografice pentru filmele obișnuite sunt sensibile pentru anumite porțiuni ale spectrului din zona vizibilului. Pentru filmul aerian alb-negru, limitele sunt cuprinse între 0,360 μm și 0,720 μm , iar la filmele aeriene infraroșii, limita superioară ajunge la 0,900 μm .

Fotografia color

Datorită faptului că ochiul omenești poate să distingă câteva zeci de mii de culori și doar câteva sute de tonuri de gri, imaginea fotografică în culoare poate oferi o cantitate mai mare de informație cu privire la obiectul sau fenomenul înregistrat. Sesizarea culorilor este explicitată pe baza teoriei tricromatice a vederii, care susține că perceperea unei culori se compune din perceperea a trei culori fundamentale în proporții diferite. Cele trei culori ale spectrului sunt:

albastru-violet (0,400 – 0,490 μm)

verde (0,490-0,585 μm)

roșu (0,585-0,750 μm)

Se consideră că retina ochiului posedă elemente senzoriale sensibile la cele trei zone, ea putând sintetiza orice culoare dacă este excitată simultan de cele trei culori corespunzătoare. Prin suprapunerea a două culori de bază se obțin culorile complementare: galben, purpuriu și azuriu, iar prin suprapunerea celor 3 culori de bază se realizează sinteza aditivă a luminii, obținându-se culoarea albă.

Fotografia aeriană color depinde, în mare măsură, de starea atmosferică. Starea atmosferică se apreciază vizual cu ajutorul scării de vizibilitate (elaborată de Optical Standard Atmosphere). În acest scop, se au în vedere 4 trepte, stabilite în raport cu distanța pe orizontală până la care obiectele pot fi corect identificate:

- Treapta 6, vizibilitate 4-10 km = văl atmosferic moderat
- Treapta 7, vizibilitate 10-20 km = văl luminos
- Treapta 8, vizibilitate 20-50 km = aproape senin
- Treapta 9, vizibilitate peste 50 km = senin

Fotografia spectrozonală și multispectrală

Din nevoie de a scoate în evidență anumite elemente calitative conținute în plus de o imagine fotografică față de o imagine convențională, s-a urmărit producerea de materiale fotosensibile, sensibilizate pentru anumite zone bine delimitate ale spectrului vizibil sau din imediata sa vecinătate sau au fost utilizate filtre în procesul fotografierii. Înregistrările fotografice pentru una sau mai multe zone înguste aparținând domeniului vizibil, celui ultraviolet apropiat sau celui infraroșu apropiat constituie ceea ce se numește fotografia spectrozonală și fotografia multispectrală.

Cu ajutorul emulsiilor fotosensibile se fac în prezent înregistrări în zona 0,750-0,950 μm a regiunii de infraroșu apropiat. Fotografile se realizează în alb-negru sau color.

Fotografia spectrozonală selecționează anumite obiecte sau fenomene, precum și unele caracteristici ale acestora, fiind un instrument prețios la îndemâna celor care folosesc înregistrările fotografice de teledetectie pentru diferite utilități.

De obicei, se execută fotografii multispectrale, aeriene sau din spațiul cosmic, folosind grupaje de mai multe camere fotografice cu filme și filtre diferite sau camere fotografice multispectrale speciale. Înregistrările multispectrale se realizează și cu dispozitivele de baleiere multispectrală, obținându-se înregistrări digitale care se convertesc în imagini fotografice. Așa sunt sateliții de teledetectie Landsat 1 și 2, care fragmentează domeniul 0,5-1,1 μm al spectrului în patru zone: 0,5-0,6 μm , 0,6-0,7 μm pentru domeniul vizibil (verde-galben și roșu) și 0,7-0,8 μm și 0,8-1,1 μm pentru domeniul infraroșu apropiat.

Apollo 9 a realizat cu patru camere multispectrale înregistrări în benzile 0,510-0,890 μm (color I.R.), 0,470-0,610 μm (alb-negru), 0,680-0,890 (alb-negru IR) și 0,590-0,715 μm (alb-negru).

Imaginile multispectrale stau la baza realizării fotografiilor color compus.

Fotografia fals color și color compus

Fotografia fals color se realizează din fotografia alb-negru convențională, colorată în mod artificial prin procese chimice de laborator cu intenția de a evidenția anumite elemente de conținut. Tot în această categorie intră și fotografia color infraroșu. Cele trei straturi ale filmului color infraroșu sunt sensibilizate pentru radiațiile infraroșu, roșu și verde. Radiațiile albastre sunt eliminate cu un filtru galben, astfel că vălul atmosferic și chiar ceața nu mai reprezintă un impediment pentru înregistrările pe acest film. Din această cauză, culorile din natură apar altfel redate, verdele apare albastru, roșul apare prin verde, iar infraroșul apropiat apare prin roșu. Spre exemplu, vegetația verde, sănătoasă reflectă mult mai puternic în porțiunea infraroșie decât în cea verde a spectrului, astfel apărând pe fotografie în roșu intens. Atunci când frunzele sunt atacate de dăunători, ele apar pe fotografie în roșu deschis spre alb.

Fotografia color compus este obținută la combinarea fotografiilor multispectrale. Se folosesc, de obicei, combinațiile a câte trei imagini spectrale ale înregistrărilor Landsat MSS, pentru benzile 0,5-0,6 μm , 0,6-0,7 μm și 0,8-1,1 μm sau 0,7-0,8 μm .

Aceste fotografii fac posibilă o mai bună cunoaștere a fenomenelor din natură, mărirea conținutului informațional al imaginilor și interpretarea mai cuprinzătoare.

2. Imaginile digitale

Radiația electromagnetică recepționată de la o suprafață prin intermediul unui sistem optic sau electronic produce o imagine bidimensională. Această imagine poate fi convertită direct într-un semnal electric analogic de către un senzor sau poate fi înregistrată fotografic și convertită ulterior.

Imaginile recepționate de captatorii satelitari pot ajunge la sol fie prin aducerea filmelor și benzilor magnetice de către echipajul aflat la bord sau prin aducerea directă a satelitului sau doar a capsulei cu aceste materiale (metodă utilizată mai ales de ruși), fie prin transformarea imaginii în semnal electric și apoi în semnal radio și emis către stațiile terestre. Imaginile luate de captatorii analogici sunt baleiate, scanate la nivelul platformei satelitare, transformate în semnale electrice și apoi în semnal radio. Imaginile recepționate de captatorii digitali sunt preluate ca semnale electrice, numerizate direct și transformate în semnale radio. Transmiterea la sol prin sistem radio este utilizată de sateliții LANDSAT, NOAA, SPOT și METEOSAT.

La sol, informațiile sunt primite de către stații de recepție care înregistrează și prelucrează în mod continuu datele. Transmisia și receptia datelor se face în sistem analogic sau digital. Semnalele electrice, reprezentate printr-un curent electric cu tensiune variabilă, sunt numite semnale analogice. Având o structură continuă, ele nu se pretează la prelucrarea computerizată, fiind necesar ca semnalele electrice să fie convertite în semnale numerice. Pentru aceasta, curentul electric este secționat în segmente egale, cât mai subțiri. Fiecare segment primește un număr ce reprezintă valoarea tensiunii

medii a segmentului respectiv. Segmentarea și numerizarea se face cu o anumită cadență, ce corespunde unei anumite lungimi de baleaj, adică unei mici parcele a suprafeței terestre. Această suprafață este desemnată în funcție de mărimea rezoluției spațiale. Ea reprezintă un punct al imaginii cu o anumită valoare radiometrică. Acest punct este numit pixel (picture element), element ce reprezintă cea mai mică parte dintr-o imagine. Valoarea unui pixel se numește nivel de gri și reprezintă măsura strălucirii unei porțiuni de teren într-un anumit canal spectral. Strălucirea este proporțională cu cantitatea de lumină sau căldură emisă de porțiunea de teren înregistrată, aceasta fiind dependentă de tipul de ocupare a terenului respectiv. Considerând pixelul un pătrat, mărimea laturii să a acestuia se numește rezoluție. Pentru identificarea poziției pixelului, se folosește un sistem rectangular de axe, notate cu X și Y. Se creează în acest fel o grilă de linii și de coloane, facând ca fiecare pixel să poată fi identificat cu ușurință.

Fiecare senzor (receptor) este caracterizat de o anumită sensibilitate spectrală, ceea ce însemnă că răspunsul său depinde de lungimea de undă a radiației recepționate. Răspunsul total al senzorului la radiația electromagnetică primită de la o scenă este dat de sensibilitatea senzorului și intensitatea radiației recepționate, ambele exprimate ca funcție a lungimii de undă.

Atunci când o imagine este digitizată (sau discretizată), se realizează un proces de eșantionare prin care se extrage din imagine un set de valori numerice egale. Aceste eșanțioane sunt nivele de gri, măsurate într-o rețea regulată (rectangulară) de puncte (punctul fiind adimensional, se măsoară, de fapt, nivelul de gri mediu pentru o anumită zonă, vecinătate, în jurul punctului). În continuare, valorile obținute sunt cuantificate la un set de valori egal distribuite. Astfel, scara de gri a fost împărțită în $K+1$ intervale egale și cuprinde un număr de 256 valori posibile (între 0 și 255).

Bibliografie selectivă:

1. Mihai B., Săvulescu, I., Șandric, I. (2006) *Apports de la méthode de détection des changements pour l'évaluation de la dynamique de*

- l'étagement de la végétation dans les monts de Bucegi (Carpates Méridionales, Roumanie), Télédetection, 6, 3.*
- 2. Mihai, B.A. (2007) *Teledetectie. Introducere în procesarea digitală a imaginilor.*, Ed. Universității din București.
 - 3. Sabins, F.F. (1997) *Remote sensing. Principles and interpretation*, Freeman.
 - 4. Savulescu, I., Sandric, I., Mihai, B. (2005) *Dinamica etajelor de vegetație în Masivul Iezer. Analiză Change Detection.*, Comunicări de Geografie, 9, București.
 - 5. Short, N. (coord.) (2006) *The Remote Sensing Tutorial*, rst.gsfc.nasa.gov, site administrat de NASA.
 - 6. Sidjak, R.W., Wheate, R.D. (1999) *Glacier mapping of the Illecillewaet icefield*, British Columbia, Canada, using Landsat TM and digital elevation data, , International Journal of Remote Sensing, 20, 273-284.
 - 7. Zha, Y., Gao, J., Ni, S. (2003) *Use of normalized difference built-up index in automatically mapping of urban areas from TM imagery*, International Journal of Remote Sensing, 24, 583-594.
 - 8. Zăvoianu, F. (1999) *Fotogrammetria*, Ed.Tehnică, București.
 - 9. Zegheru, N., Albota, M. (1979) *Introducere în teledetectie*, Ed. Științifică și Enciclopedică, București (2001) ENVI tutorials. Research Systems – Kodak.
- 10.https://www.termoviziune.ro/ro/Produs/Sisteme-si-camere-termale-pentru-UAV-uri_Modul-multispectral-pentru-UAV-uri-372
 - 11.<https://www.dronele.ro/drone-pentru-cartografiere-si-teledetectie/>
 - 12.<https://www.pix4d.com/>
 - 13.<https://support.pix4d.com/hc/en-us/categories/200228639-Desktop>
 - 14.<https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202557299-Software-Download-and-Installation>
 - 15.https://ru-clip.net/channel/UCXHBqjCbv1wj_itfpvVNIA
 - 16.https://www.youtube.com/results?search_query=pix4d%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%B8

Test de autoevaluare:

1. Descrieți sensorii pasivi (optici: panchromatici, multispectral, hiperspectral).
2. Descrieți sensorii activi
3. Principiile funcționării Sistemului LiDAR
4. Principiile funcționării Sistemului Radar
5. Sistemele de control la sol
6. Întrebări de autoevaluare
7. Diferența între sensorii activi și cei pasivi?
8. Cum funcționează scannerele multispectrale?
9. Ce aplicații au radiometrele?
10. Cum poate fi interpretată o imagine obținută prin scanarea termică.
11. Ce asemănări și deosebiri există între sistemele de teledetectie activă?
12. Ce aplicații ale lidarului sunt importante pentru studiul reliefului?
13. Cum poate fi interpretată geografic o imagine radar?

§4. Avionica dronelor

Introducere în avionica

Avionica este un termen, cuvânt-valiză, care exprimă totalitatea sistemelor electrice și electronice utilizate pe aeronave, sateliți artificiali și nave spațiale. Sistemele de avionică includ aparatula de navigație, afișajul și gestionarea de sisteme multiple, precum și sutele de sisteme care sunt montate pe aeronavă pentru a efectua funcții individuale. *Cuvântul „avionica” a apărut pentru prima dată în anii 1940, în timpul celui de-al Doilea Război Mondial.*

Lumea se schimbă rapid cu apariția noilor tehnologii: *tranzistorul, circuitul integrat, ecranele plate, computerele pe chipuri, memoria solidă etc.*

Evoluțiile majore ale electronicii în aviație începând cu anul 1930 le putem vedea reprezentate schematic în Fig.1.4.1.

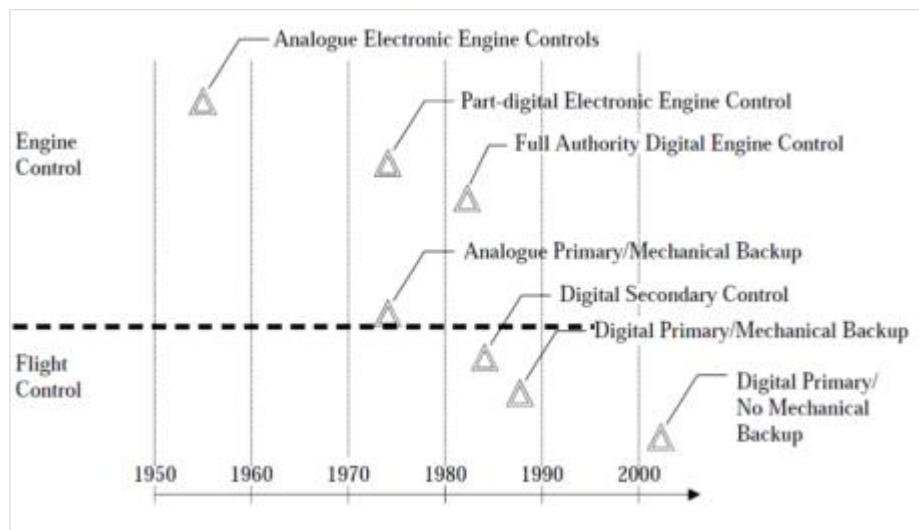


Fig. 1.4.1. Evoluțiile electronice majore în aviație din 1930

4.1. Subsistemele avionice

Subsistemele avionice sunt împărțite în mai multe categorii, cum ar fi:

- Comunicații
- Controlul zborului
- Controlul motorului
- Managementul zborului
- Monitorizarea și controlul subsistemelor
- Evitarea coliziunii
- Identificarea condițiilor meteo.



Fig. 1.4.2. Sistem primar de comunicare

Comunicațiile sunt sistemele de comunicații ale avionului, care constau dintr-un interfon între membrii echipajului și una sau mai multe conexiuni de voce și date în două direcții. În Fig.1.4.2 putem vedea unul din primele sisteme de comunicare.



Fig.1.4.3. Aparat pentru monitorizarea și controlul zborului

Controlul zborului – acesta constă din sistemul de augmentare a stabilității și din autopilot. Primul arată corpul aeronavei și controlează oscilațiile sale, iar cel din urmă oferă funcții precum determinarea poziției și a altitudinii. Clapele, lamelele și spoilerele sunt controlate electronic.

Controlul motorului – acesta reprezintă controlul electronic al tracțiunii motorului, adesea numit „managementul accelerării”. Aparatele de ardere și arborii de împingere pot fi controlate manual, probabil, printr-un sistem de control prin împingere.

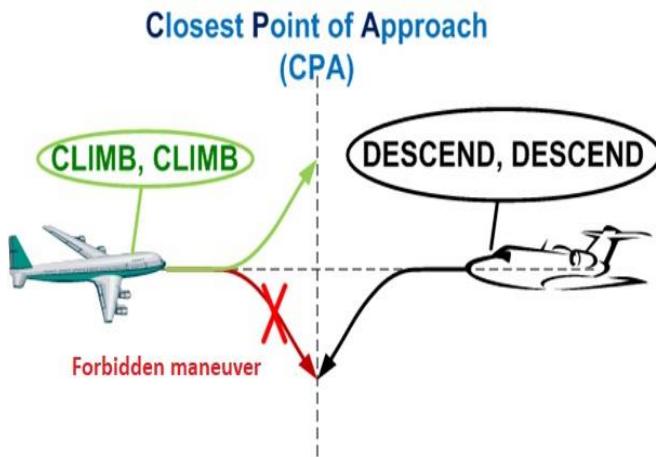


Fig. 1.4.2. Cel mai apropiat punct de abordare (CPA)

Managementul zborului – acest subsistem stochează coordonatele punctelor de parcurs și calculează semnalele de direcție pentru a zbura spre ele. Calculează profilurile de urcare și de coborâre care pot fi urmate cu sau fără constrângeri în momentul în care se traversează punctele și altitudinile desemnate.

Monitorizarea și controlul subsistemelor – în acest subsistem sunt afișate defecțiunile tuturor subsistemelor, precum și acțiunile recomandate pentru rezolvarea problemelor apărute. Acest subsistem include legăturile logice și software-ul pentru reconfigurarea automată a defecțiunilor în subsisteme la momentul critic.

Evitarea coliziunii – acest subsistem prezice coliziunile iminente cu alte aeronave sau cu solul și recomandă o manevră de evitare.

Identificarea condițiilor meteo – acest subsistem detectează condițiile meteo din fața aeronavei, astfel încât traseul de zbor să poată fi modificat pentru a evita furtunile și zonele cu forfecare puternică a vântului.

Subsisteme avionice cu destinație specială

Subsistemele avionice cu destinație specială constau din următoarele categorii:

- Radarele infraroșii și senzorii
- Gestionarea armelor:
 - a) Controlul focului
 - b) Gestiona rezervelor
- Contramăsuri electronice
- Planificarea misiunii
- Coordonarea zborului

Radar infraroșu și senzorii – aceștia pot avea propriile lor afișaje și comenzi sau pot partaja dispozitive multifuncționale.

Gestionarea armelor constă din:

Controlul focului – calculează unghiul de atac pentru arme și rachete nedirijate îndreptate spre alte aeronave și obiecte terestre.

Gestiunea stocurilor – inițiază și lansează arme ghidate, rachete și bombe.

Contramăsuri electronice – acest subsistem detectează emisiile radiațiilor electromagnetice provenite de la corpuri inamice și pot, de asemenea, genera semnale de bruiaj.

Planificarea misiunii – aceasta se efectuează înainte de zbor și se face, de obicei, în mod computerizat la baza aeriană, unde se pregătesc planurile de zbor pentru o întreagă escadrilă. Trasarea planificării pe teren necesită hărți de teren și detectarea în timp real a radarelor inamice.

Coordonarea zborului – acest subsistem menține zborul în condiții meteorologice normale. El constă din semnale luminoase, transpondere și legături de comunicații, dar este înlocuit, într-o oarecare măsură, de GPS.

Arhitectura sistemelor avionice

Arhitectura sistemelor avionice stă la baza interconectivității electronice a bordului și include următoarele categorii:

- Monitoare
- Controale
- Separarea siguranței
- Calculul
 - a) Centralizat
 - b) Descentralizat
- Magistrale de date
- Mediul înconjurător.

Monitoare – ele prezintă informații de la avionică la piloți. Informația constă în date de navigație verticale și orizontale, date de control al zborului. Afisajele arată starea tuturor subsistemelor, inclusiv a defecțiunilor acestora. Afisajele sunt alcătuite din manometre speciale, ecrane speciale din sticlă, afișaje din sticlă multifuncțională și generatoare de simboluri de susținere.

Controale – acestea sunt mijloacele de introducere a informațiilor de la piloți la avionică. Controalele de zbor constau, în mod traditional, din pedalele de cârme și din manșa sau stickul de comandă. Aparatele de zbor (avioanele) utilizează tot mai frecvent controale de mână cu două sau trei axe. Controalele subsistemului constau din butoane și comutatoare montate pe panou.

Separarea siguranței – constă din aeronavele de tip fly-by-wire care împart avionica într-un sistem de control al zborului extrem de redundant pentru siguranță, un sistem redundant de gestionare a zborurilor cu misiune redundantă și un sistem de întreținere neredundant, care colectează și înregistrează datele.

Calculul – este o metodă de prelucrare a datelor senzorilor care se împarte în două categorii:

Centralizat: datele provenite de la toți senzorii sunt colectate într-o bandă de computerele centrale în care se stochează datele din mai multe subsisteme.

Descentralizate: fiecare subsistem tradițional își păstrează integritatea, adică senzorii de navigație alimentează un calculator de navigație, senzorii sistemului de control al zborului alimentează un calculator de zbor.

Magistrale de date – sunt niște căi de cupru sau fibră optică între senzori, calculatoare, dispozitive de acționare, afișaje etc.

Mediul înconjurător – constă din echipamentele avionice care constituie obiectul unor tranziții de electricitate generate de aeronave, ale căror efecte sunt reduse prin filtrare și baterii. Echipamentele sunt, de asemenea, supuse unor perturbații generate din exterior de la emițătoare radio și lumini.

4.2. Senzorii și servomotoarele dronelor

Introducere

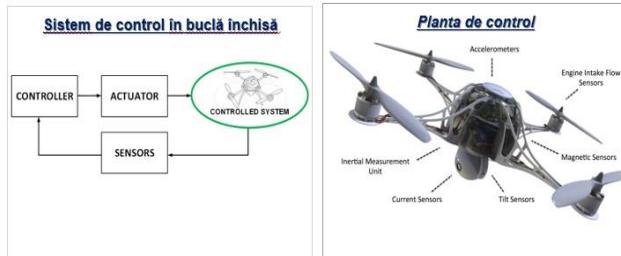


Fig. 1.4.5. Sistemul de control al dronei

Senzorii și servomotoarele sunt două componente critice ale fiecarui sistem de control în buclă închisă.

În cadrul sistemului se folosesc mai multe tipuri de senzori, dintre care:

- **Senzori liniari/rotativi** (liniar/traductor diferențial variabil rotativ, codificator optic, tahometru electric, senzor magnetic, giroscop);
- **Senzori de acceleratie** (accelerometru seismic, accelerometru piezoelectric);
- **Forța, cuprul și senzorul de presiune** (senzor de tensiune, dinamometre/celule de sarcină, celule de sarcină piezoelectrice, senzor tactil, senzor de tensiune cu ultrasunete);

- **Senzori de debit** (tub Pitot, placă cu orificiu, duză de debit, tuburi Venturi, rotametru, debitmetru cu turbină, debitmetru electromagnetic);
- **Senzori de temperatură** (termocupluri, termistoare, diode termice, termotranzistoare, termorezistoare electrice (TE sau RTD));
- **Senzori de proximitate** (inductanță, curent turbionar, efect Hall, fotoelectric, capacitate);
- **Senzori de lumină** (foterezistoare, fotodiode, tranzistoare foto, conductori foto);
- **Senzori din materiale inteligente** (fibră optică ca senzor de tensiune, senzor de forță etc.);
- **Micro și nanosenzori** (senzor de imagine micro CCD, senzor micro-ultrasonic, senzor microtactil);

Totodată ei se împart în patru categorii:

- **Senzori pasivi** – puterea necesară pentru a produce semnalul este asigurată de fenomenul fizic sesizat.
- **Senzori activi** – necesită sursă externă de alimentare.
- **Senzori analogi** – produc semnale ce sunt proporționale cu parametrul senzorului; necesită conversie analog-digitală înainte de a fi conectat la controlerul digital.
- **Senzori digitali** – produc semnale digitale ce pot fi conectate direct la controlerul digital.

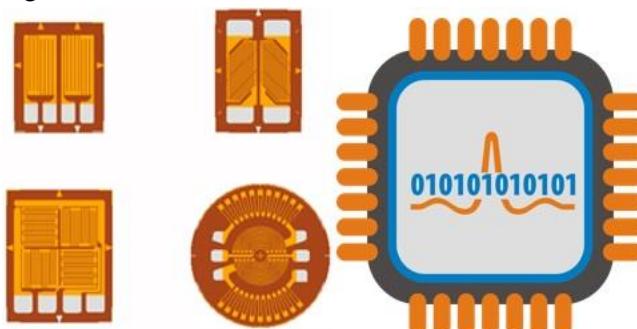


Fig. 1.4.6. Senzori

4.3. Servomotoarele

Servomotoarele sunt „sistemul muscular” care acceptă o comandă de control și produce o schimbare în sistemul fizic, generând forță, mișcarea, căldura, fluxul etc.

Servomotorul și sistemul fizic sunt conectate prin următoarele mecanisme: *rulment cu dinți, angrenaj, curea, șurub de plumb și piuliță, piston și legături*.

Tipul dispozitivelor de acționare este:

- **electric** (diode, tiristor, releu de stare solidă);
- **electromecanice** (motoare de curent continuu/ curent alternativ, motor pas cu pas);
- **electromagnetic** (dispozitive de tip solenoid, electromagneți, releu);
- **pneumatic, hidraulic** (cilindru, motor hidraulic, motor de aer, supape);
- **dispozitive de acționare inteligente** (piezoelectric, electrostrictiv, magnetostrictiv, formă de aliaj cu memorie);

4.4. Tehnologia mems

Sistemul micro-electromecanic (MEMS – Microelectromechanical systems) este combinația sinergică dintre microelectronică și structuri mecanice de dimensiuni mici sau micromașini, care formează împreună un sistem electro-mecanic.

Mărimea, performanțele și costurile senzorilor inerțiali pot varia cu câteva ordine de mărime, funcție de tehnologia de producere pe care o utilizează.

În prezent, accentul în dezvoltarea acestor senzori este pus pe tehnologia MEMS sau “micro-electromechanical systems”. Această tehnică folosește mecanisme de dimensiuni de ordinul micronilor, capabile să execute mișcări foarte precise. Adesea aceste mecanisme sunt acționate fie de forțe electro-magnetice, fie de energie chimică sau luminoasă [1]. MEMSurile sunt sisteme integrate foarte mici (de ordinul micronilor sau milimetrelor) având în componență elemente mecanice și electrice. Fabricarea lor este asemănatoare cu cea a circuitelor integrate, dar sunt proiectate în maniera în care pot fi

exploataate atât proprietățile electrice, cât și cele mecanice ale semiconducatorului siliciu. Pe lângă structurile miniaturizate componente, găsi și microsenzori și microactuatori responsabili pentru conversia unui semnal mecanic într-unul electric (cel mai frecvent). Tehnologia MEMS își atinge potențialul odată cu îmbinarea componentelor sale laolaltă cu circuite integrate. În timp ce electronicele sunt fabricate folosind secvențele procesului circuitelor integrate (CI) (de exemplu, CMOS, bipolar, etc), componentele micromecanice sunt fabricate folosind procese "microtehnologice" compatibile care îndepărtează în mod selectiv părți din plăcuța de siliciu sau adaugă noi straturi structurale pentru a forma dispozitive mecanice și electromecanice.

Componentele sistemelor MEMS sunt menționate în Fig.1.4.7.

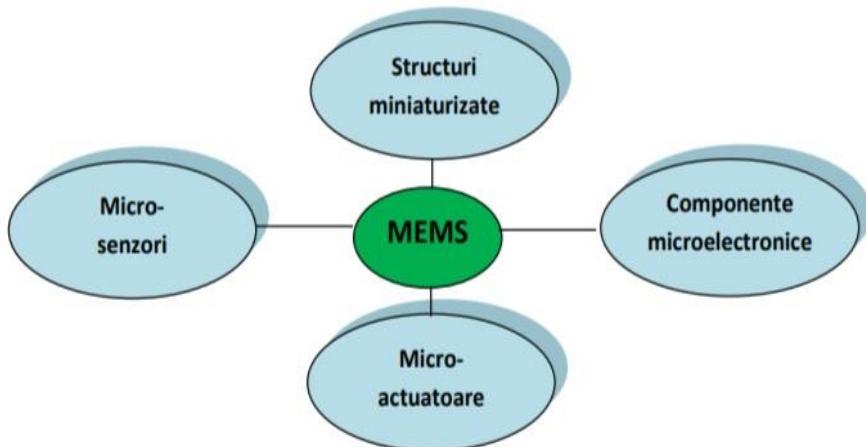


Fig. 1.4.7. Componente MEMS

Perspectiva MEMS prin care microsenzorii, microactuatorii, microelectronicile și alte tehnologii, ar putea fi înglobate într-un singur microchip, reprezintă viitorul acestui domeniu al tehnologiei MEMS. Acest lucru va permite dezvoltarea produselor inteligente sporind capacitatea de calcul a microelectronicelor. În Fig.1.4.8. este prezentată o plăcuță MEMS realizată practic.

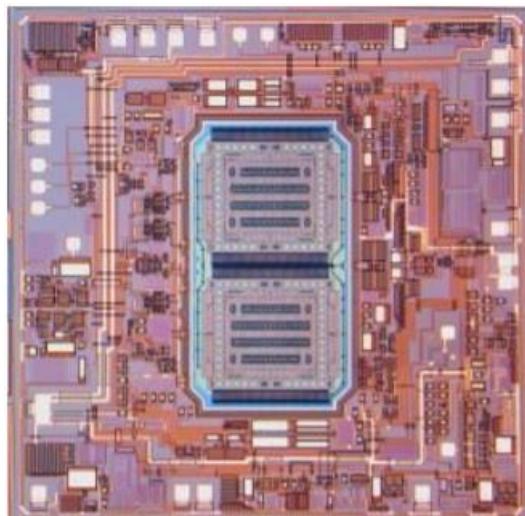


Fig. 1.3.8. Placuță MEMS

Combinația dintre microelectronică și structurile micromecanice înseamnă că circuitele electrice și componentele sunt integrate în dispozitivul mecanic, permitându-i să funcționeze ca senzor sau actuator. În Fig.1.4.9. este prezentat un model de aplicare a senzorului MEMS.

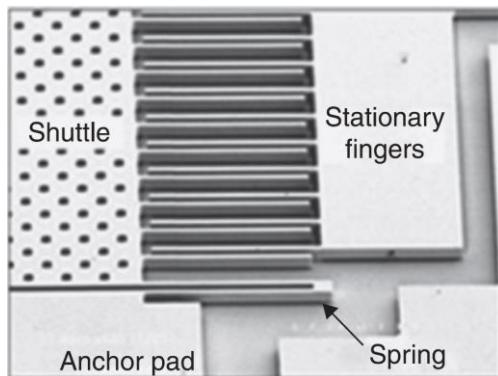


Fig. 1.4.9. Senzor MEMS de schimbare a tensiunii cu degete inter-cifre, navetă, ancoră și arc

Nanotehnologia este des asimilată cu tehnologia MEMS, dar ea reprezintă abilitatea de a manipula materia la nivel atomic sau molecular pentru a face ceva util, la scară nanodimensională. Avantajele dispozitivelor nano-dimensionale față de MEMS implică beneficii deriveate în special din legile de scalare. Deși MEMS și nanotehnologia sunt uneori citate ca tehnologiile separate și distincte, în realitate diferența dintre cele două nu este atât de clară. De fapt, aceste două tehnologii sunt extrem de dependente una de alta



Fig. 1.4.10. Suprafață acoperită de senzori MEMS de căldură

[2]. În prezent, cea mai importantă în aplicațiile MEMS este abilitatea de a face un dispozitiv de dimensiuni microscopice, sau de a crea un nou dispozitiv, care nu ar funcționa dacă ar avea dimensiuni de câțiva centimetri, dar care funcționează bine

la scară micro [2]. Tehnologia MEMS este deseori utilizată pentru a produce senzori, în special accelerometre și giroscopă, aşa cum este și cazul de față, oferind acestor avantajele unor costuri scăzute, dimensiuni reduse și toleranță ridicată la șocuri, dar cu performanțe mai slabe.

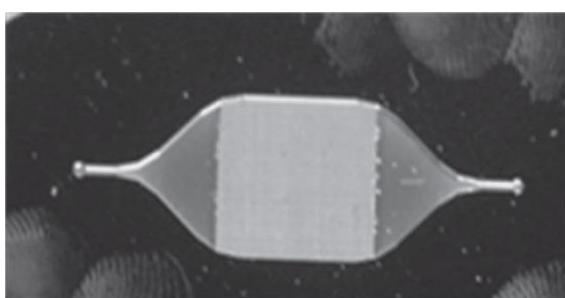


Fig. 1.4.11. Reactor microcatalitic pe bază de MEMS

În Fig. 1.4.10. și 1.4.11. sunt vizualizate modele și domenii de utilizare a senzorilor MEMS.

Microsenzori

Microsenzorii se bazează, de obicei, fie pe măsurarea tensiunii mecanice, fie pe măsurarea deplasării mecanice, fie pe măsurarea frecvenței unei rezonanțe structurale.

Pe lângă structurile miniaturizate componente, găsi și microsenzori și microactuatori responsabili pentru conversia unui semnal mecanic într-unul electric.

În Fig. 1.4.12. avem o comparație a mărimii dintre o monetă și un microsenzor.

Microdispozitiv de acționare

Dispozitivele de acționare electrostatice pot fi considerate, de asemenea, un tip de capacitate variabilă, deoarece funcționează într-un mod analogic cu servomotoare electromagnetice cu reductanță variabilă.

Dispozitivul de acționare electromagnetic este bazat pe un conductor care transportă curent într-un câmp magnetic.

Accelerometru

Generic, acceleto metrele sunt aparate cu care se măsoară accelerările, în special la vehiculele aeriene sau, mai specific, un transductor electromecanic de măsurat structurile vibrante. Sistemele inerțiale de navigație se bazează pe măsurarea accelerării în scopul obținerii vitezei și poziției vehiculului în urma integrării matematice succesive. Accelerometrele măsoară atât forța inerțială, cât și componenta gravitațională. Prinzipiul lor de funcționare se bazează pe o structură de masă ce se deplasează liber în interiorul unei carcase de-a lungul axelor de sensibilitate ale accelerometrului, structură prinsă cu



Fig. 1.4.12. Microsenzor

arcuri. Corpul senzorului (cunoscut în literatura ca „pickoff”) măsoară poziția masei inerțiale relativ cu carcasa accelerometrului. Atunci când este aplicată o forță de tracțiune ce modifică accelerația, masa inerțială va continua deplasarea cu aceeași viteză, în timp ce carcasa se va deplasa comprimând unul dintre arcuri și dărându-l pe celălalt. Poziția rezultată a masei este proporțională cu accelerația aplicată carcsei, excepție făcând accelerația gravitațională ce acționează direct asupra masei inerțiale (și nu prin intermediul arcurilor). Astfel, se poate trage concluzia că accelerometrele sunt capabile să măsoare accelerația negravitațională (ceea ce se datorează unei forțe specifice imprimate dispozitivului).

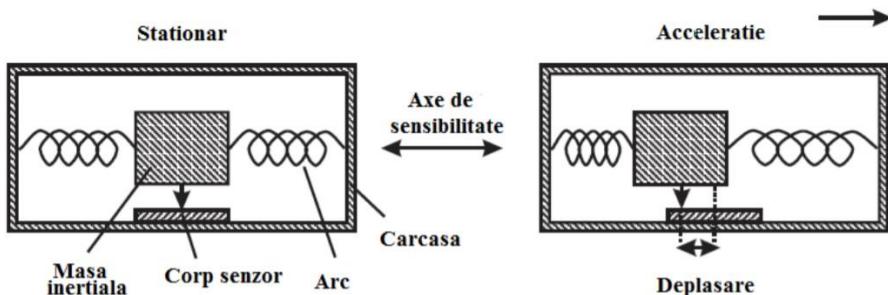


Fig. 1.4.13. Structura unui accelerometru clasic

Structura prezentată în Fig. 1.4.13. după [3] este incompletă deoarece masa inerțială trebuie să aibă suport și pe axele perpendiculare, pe axele de sensibilitate ale accelerometrului, necesară fiind și amortizarea oscilațiilor masei, însă acest principiu de funcționare stă la baza tuturor accelerometrelor. Accelerometrele folosite în sistemele de tip „strapdown” pot fi:

- tip pendul (mecanice);
- tip rezonant;
- tip MEMS.

Accelerometrele tip pendul sunt compuse dintr-o masă suspendată cu ajutorul unor arcuri, ca în Fig.1.4.13. Deplasarea masei este măsurată prin intermediul unui senzor („pickoff”) de deplasare, care oferă la ieșire un

semnal proporțional cu forța F aplicată masei. Pentru a calcula accelerarea proprie-zisă este utilizat al II-lea principiu fundamental al mecanicii,

$$\vec{F} = m * \vec{a}.$$

Accelerometrele de tip rezonant pot fi, la rândul lor, împărțite în funcție de suprafața rezonantă folosită :

- unde acustice de suprafăță (SAW – surface acoustic wave);
- vibrante;
- ce utilizează siliconul;
- ce utilizează cuarțul.

Spre exemplu, accelerometrul de tip SAW, ilustrat mai jos în Fig.1.4.14. după [5], conține o grindă încastrată în consolă care rezonează la o anumită frecvență. Un capăt al grinzelii este fixat de carcăsă, în timp ce cel de-al doilea capăt are atașată masa inertială.

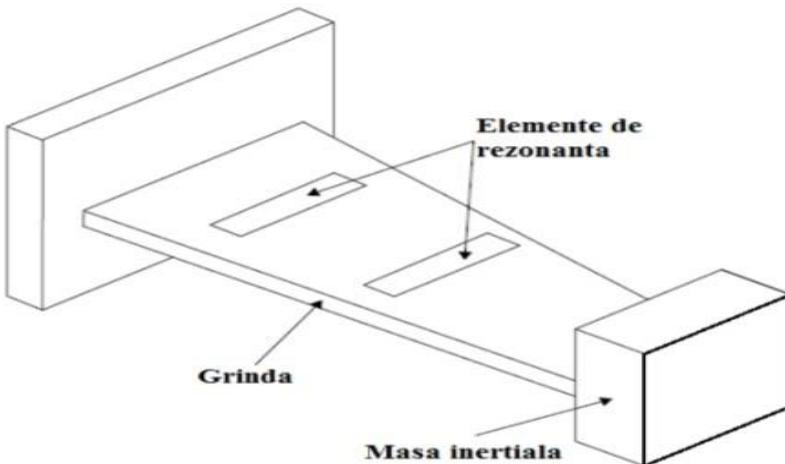


Fig.1.4.14. Componența accelerometrului de tip SAW

Atunci când este aplicată o accelerare pe direcția axelor, grinda începe să se îndoiească. Comprimarea grinzelii reprezintă scăderea frecvenței, în timp de

dilatarea (întinderea) reprezintă creșterea frecvenței. Astfel, măsurând frecvența cu care rezonează grinda, se poate determina forța ce acționează de-a lungul axelor de sensibilitate ale accelerometrului. Performanțele obținute pot fi îmbunătățite dacă se folosește o pereche de grinzi astfel încât, în timp ce una se comprimă, celalătă se dilată. În această situație se pot folosi fie una, fie două mase inerțiale. Un astfel de accelerometru este prezentat în Fig.1.4.15. după [3].

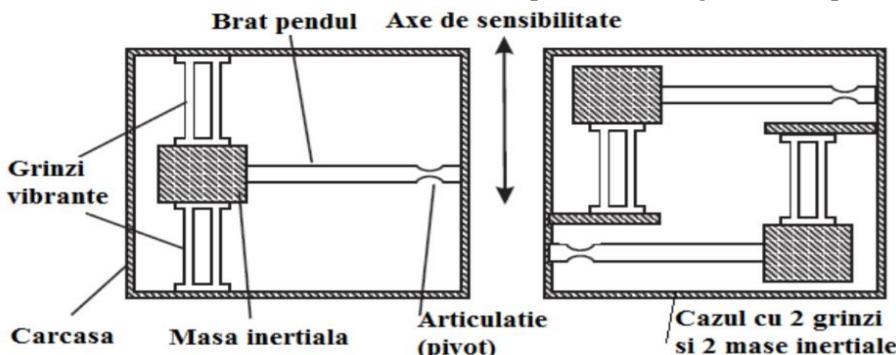


Fig. 1.4.15. Variantă a accelerometrului cu două grinzi

Accelerometrele de tip MEMS folosesc aceleași principii ca și cele anterioare, diferită fiind tehnologia de producere. Conțin tot un chip de silicon pe care sunt montate senzorul și structura sensibilă. Sunt fabricate în totalitate din silicon și sunt compuse din două părți: masa inerțială ce este suspendată prin intermediul către unui arc montat la fiecare capăt și o pereche de electrozi sensibili care sunt capabili să detecteze mișcarea masei inerțiale relativ cu platforma de silicon. Atunci când chipul este supus unei accelerări, masa inerțială se deplasează relativ cu chipul și cu restul structurilor fixe din componența accelerometrului. Amplitudinea mișării depinde de accelerația imprimată, rigiditatea arcurilor și masă. Atunci când se detecteză o deviație a masei, se induce o diferență de potențial între aceasta și structurile sensibile ale chipului.

Această structură prezentată mai sus se dublează sau triplează în funcție de numărul de axe ale accelerometrului, pe fiecare dintre axe fiind posibilă determinarea unei accelerării.

Nanotehnologiile

Nanotehnologie este un termen colectiv pentru dezvoltările tehnologice la scară nanometrică. În sens larg, nanotehnologia reprezintă orice tehnologie al cărei rezultat finit e de ordin nanometric: particule fine, sinteză chimică, microlitografie avansată și.a.m.d. Într-un sens restrâns, nanotehnologia reprezintă orice tehnologie ce se bazează pe abilitatea de a construi structuri complexe respectând specificații la nivel atomic, folosindu-se sinteza mecanică. Structurile nanometrice nu numai că sunt foarte mici, ajungându-se chiar până la scară atomică, dar ele posedă unele proprietăți total deosebite și neașteptate, în comparație cu aceeași substanță luată la nivel macroscopic.

Nanotehnologiile variază de la cele mai mici dispozitive la scară microscopică până la asamblarea moleculelor individuale pentru formarea dispozitivelor moleculare.

Formele de transducție fizică electromecanică:

- transducția cu componente multiple – utilizează comportamentul de tip „acțiune la distanță” între mai multe corpuși;
- transducția pe bază de deformare sau transducția în stare solidă – utilizează fenomene caracteristice mecanicii materialelor, cum ar fi tranziția fazelor de agregare în materiale cristaline sau alinierarea dipolilor moleculari.

Caracteristicile importante ale tehnologiei microdispozitivelor de acționare și microsenzorilor sunt repetabilitatea, abilitatea de a le fabrica la scară redusă, imunitatea la influențele externe, lărgimea de bandă suficientă, și, dacă e posibilă, liniaritatea.

- Caracteristicile importante specifice microdispozitivelor de acționare sunt *forță maximă posibil de atins, deplasarea, puterea, lărgimea de bandă (viteza de răspuns) și eficiența*.
- Caracteristicile importante specifice microsenzorilor sunt *rezoluția înaltă și absența devierilor și a histerezisului*.

Microdispozitivele de acționare electromagneticice

Majoritatea transducției electromagneticice e bazată pe un conductor purtător de curent plasat într-un câmp magnetic, descris de ecuația Lorentz:

$$dF = IdlxB,$$

unde: F – forță ce acționează asupra conductorului; I – curentul în conductor; l – lungimea conductorului; B – densitatea fluxului magnetic.

Densitatea fluxului magnetic e o variabilă intensivă, aşa că (pentru un anumit material) nu se schimbă odată cu modificarea scării. Însă modificarea scării curentului nu e la fel de simplă. Rezistența unui cablu este reprezentată de relația:

$$R = \frac{\rho l}{A},$$

unde: ρ – resistivitatea cablului; l – lungimea cablului; A – suprafața secțiunii transversale;

În Fig.1.4.16 putem vedea abordările de tip Lorentz ale microdispozitivelor de acționare ce utilizează microbobine obținute prin microprelucrarea suprafeței.

Interacțiunea dintre bobina prin care circulă curent electric și electromagnetul staționar face clapa să se miște în sus sau în jos, în funcție de direcția de circulație a curentului în microbobină.

Microsenzorii sunt bazați pe măsurarea deformării mecanice, a deplasării mecanice sau a frecvenței unei rezonațe structurale.

Senzorii de tip rezonanță măsoară frecvența în locul amplitudinii și sunt mai puțin susceptibili la zgomot, furnizând astfel măsurători cu o rezoluție mai înaltă.

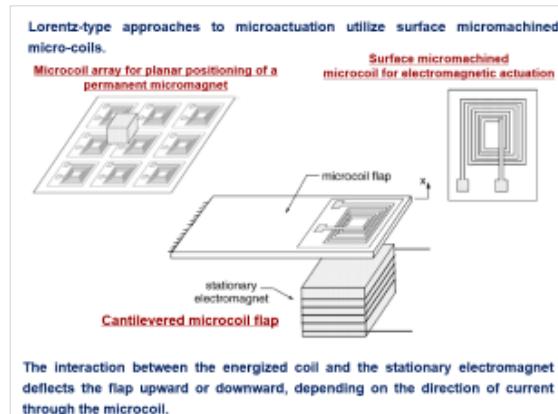


Fig. 1.4.16. Abordările de tip Lorentz ale microdispozitivelor de acționare utilizează microbobine obținute prin microprelucrarea suprafeței

Măsurătorile deformării mecanice se bazează în principal pe efectul piezorezistiv, iar cele ale deplasării mecanice – pe efectul capacativ. Senzorii de rezonanță necesită atât o sursă de excitație structurală, cât și o metodă de detecție a frecvenței de rezonanță.

Mai multe combinații de tipuri de transducție sunt folosite în acest scop, incluzând excitația electrostatică, detecția capacativă, excitația și detecția magnetică, excitația termică și detecția optică. În Fig.1.4.17 putem vedea diferite tipuri de microsenzori.

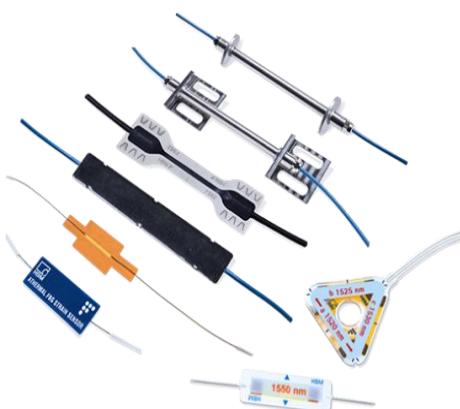


Fig. 1.4.17. Microsenzori

la măsurarea deformării. De exemplu, deformarea mecanică induce o sarcină electrică într-un fragment de ceramică piezoelectrică.

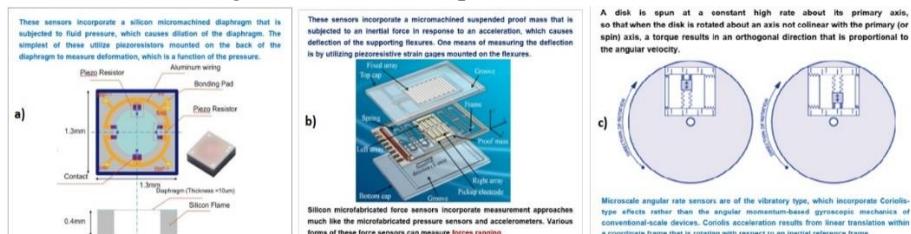


Fig.1.4.18. Modele: a) microsenzor al presiunii,
b) microaccelerometru, c) microgiroscoape

Microsenzorii de presiune (Fig.1.4.18a) încorporează o diafragmă microprelucrată din silicon care e supusă presiunii unui fluid, cauzând dilatarea diafragmei. Cei mai simpli dintre acești senzori utilizează piezorezistori montați pe partea posterioară a diafragmei la măsurarea deformării, care e o funcție a presiunii.

Microaccelerometrele (Fig. 1.4.18b) încorporează o masă seismică (masă de probă) microprelucrată suspendată care e supusă unei forțe inerțiale în răspuns la o accelerare, facând ca structurile de suport să se miște (să devieze). Devierea poate fi măsurată utilizând tensometre piezorezistive montate pe structurile de suport.

Microsenzorii de forță fabricați din silicon funcționează în mod asemănător cu microsenzorii de presiune și microaccelerometrele. Diverse forme ale acestor senzori pot măsura forțe începând cu ordinul micronewtonilor și până la ordinul newtonilor.

În cazul microgiroscoapelor (Fig. 1.4.18c), un disc se rotește cu o viteza constantă înaltă împrejurul axei sale primare astfel încât, la rotirea discului în jurul unei axe necoliniare cu cea primară, va apărea un moment al forței într-o direcție ortogonală, de mărime proporțională cu viteza unghiulară.

Microsenzorii de detecție a vitezei unghiulare sunt de tip vibrator, încorporând efecte de tip Coriolis, spre deosebire de senzorii de mărime obișnuită, ce utilizează mecanica giroscopelor bazate pe determinarea momentului unghiular. Accelerarea de tip Coriolis este provocată de translația liniară într-un sistem de coordonate ce se rotește în raport cu un sistem de referință inerțial.

Senzorii

Senzori sistemelor de date aeriene

Un sistem de date aeriene constă din senzori aerodinamici și termodinamici și elementele electronice asociate. Senzorii măsoară caracteristicile aerului dimprejurul vehiculului și convertesc aceste informații în semnale electrice (prin intermediul senzorilor), care sunt mai apoi procesate

pentru a calcula parametrii de zbor. Parametrii de zbor tipici calculați de vehiculele aeriene:

- viteza calibrată;
- viteza reală;
- numărul mach;
- presiunea statică a fluxului liber;
- presiunea altitudinii;
- altitudinea baro-corectată;
- densitatea aerului;
- temperatura fluxului de aer liber;
- unghiul de atac;
- unghiul de glisadă.

În trecut, sistemele de date aeriene erau bazate pe instrumente pneumaticice.

Calculele erau efectuate de mecanisme neliniare cu resort încorporate în foale proiectate în mod special, care se dilatau sau se contractau în funcție de presiunea detectată, astfel mișcând acele de pe cadranele instrumentelor de zbor Fig. 1.4.19.

În prezent, toate calculele și administrarea datelor sunt efectuate în mod digital cu ajutorul micropresesoarelor.

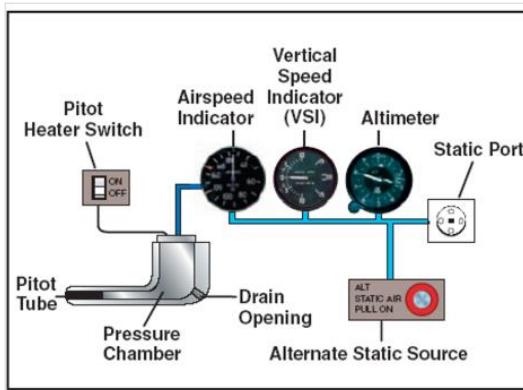


Fig. 1.4.19. Sisteme clasice de date obținute cu ajutorul aerul pe instrumente pneumaticice

Toți parametrii de zbor relevanți sunt derivați prin calcule de la mărimile presiunii, temperaturii și direcției fluxurilor de aer dimprejurul vehiculului.

Presiunile și temperaturile fluxurilor de aer liber trebuie să fie cunoscute pentru a calcula temperatura statică a aerului, altitudinea, viteza și numărul Mach.

Presiunea totală trebuie să fie măsurată la deschizătura anterioară a tubului Pitot, care se extinde direct în fluxul de aer.

Presiunea statică este presiunea absolută a aerului nemîșcat din jurul aeronavei.

Pentru a obține o moștră de aer static într-un vehicul în mișcare, se fac una sau mai multe găuri (porturi statice) într-o placă de pe suprafața fuzelajului sau în tubul Pitot care se extinde în fluxul de aer liber.

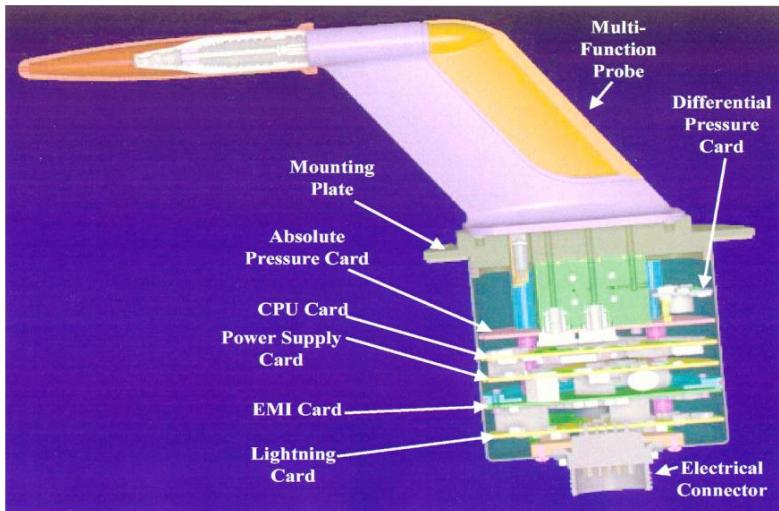


Fig. 1.4.20. Model de senzor al sistemelor de date aeriene

Termenii *presiune totală*, *presiune de stagnare*, *presiune Pitot* se referă la presiunea înregistrată într-un tub care e deschis la un capăt și închis la celălalt.

Acstea tuburi trebuie încălzite electric pentru a împiedica formarea gheții. Tevile aeronavelor, numite țevi pneumatice, transmit presiunea înregistrată

spre transductorii asociați cu calculul parametrilor de zbor și cu indicatorii de viteză.

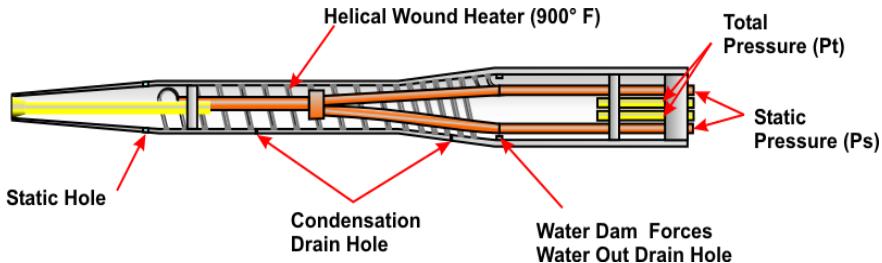


Fig. 1.4.21. Model al tubului Pitot

Presiunea dinamică q_c se măsoară cu un traducător de presiune diferențial:

$$q_c = p_t - p,$$

unde: p_t – presiunea totală; p – presiunea statică.

Presiunea dinamică este deseori folosită în calculele aerodinamice datorită simplității sale:

$$q = \frac{1}{2} \rho V^2,$$

unde: ρ – densitatea aerului; V – viteza reală;

Viteza calibrată V_c e viteza ce ar rezulta din valoarea măsurată a presiunii dinamice q_c dacă vehiculul s-ar afla la nivelul mării.

Viteza indicată V_i reprezintă viteza înregistrată de un instrument care nu a fost ajustat să ia în calcul erorile statice Pitot și altele.

Viteza echivalentă V_e este un parametru teoretic:

$$V_e = V_t \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}},$$

unde: ρ – densitatea aerului; V – viteza reală.

Sondă de determinare a temperaturii aerului

Pentru a calcula viteza reală e necesar să se cunoască temperatura aerului din exterior (temperatura statică T_s). Această mărime mai e folosită și la calcularea densității aerului, care e necesară pentru ținerea precisă a sistemului de control al armelor.

Sonda de temperatură Fig.1.4.22 este instalată în aşa mod încât să fie orientată în direcția curentului de aer local. Sonda comprimă aerul ce vine în contact cu ea până când aerul capătă viteza zero, astfel cauzând apariția unei temperaturi „totale” sau „de stagnare” la termometru. Pentru a evita decalajul de timp la măsurarea temperaturii, un orificiu de „scurgere” în partea posterioară a sondei permite schimbarea rapidă a aerului.



Fig. 1.4.22. Sonda de temperatură

Temperatura măsurată de fapt de termometru este T_m :

$$T_m = T_s [1 + 0.2\eta M^2],$$

unde: M – numărul Mach local; η – factorul de recuperare a sondei;

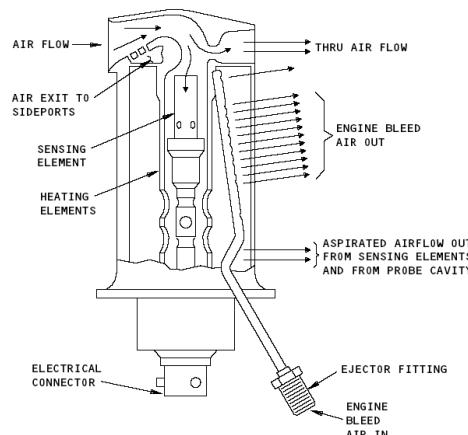


Fig. 1.4.23. Termometru

De obicei, termometrul (Fig. 1.4.23) constă dintr-o bobină mică a căruia fir își modifică rezistență în funcție de temperatură. Variația rezistenței este detectată de un circuit în punte (*bridge circuit*), ale căruia excitații și procesare de semnal sunt localizate într-o cutie de condiționare a semnalelor sau într-un computer.

Unghiul de atac și unghiul de glisadă

Unghiul de atac a platformei (Fig. 1.4.24) este unghiul din planul normal vertical de simetrie a vehiculului sub care direcția relativă a vântului intersectează o linie de referință longitudinală arbitrară a fuzelajului.

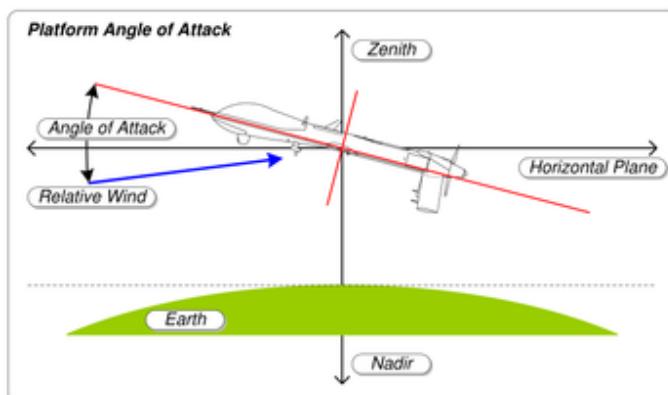


Fig. 1.4.24. Unghiul de atac al platformei

De obicei, linia de referință este axa x a vehiculului, linia ortogonală ce unește centrul de gravitate cu aripa dreaptă este axa y , iar axa z este orientată în jos pentru a completa un sistem de coordonate pentru mâna dreaptă.

Unghiul de atac α și cel de glisadă β pot fi definite cu ajutorul proiecțiilor vitezei pe axele V_x , V_y și V_z .

$$\alpha = \arctan\left(\frac{V_z}{V_x}\right)$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{V_y}{V_x}\right).$$

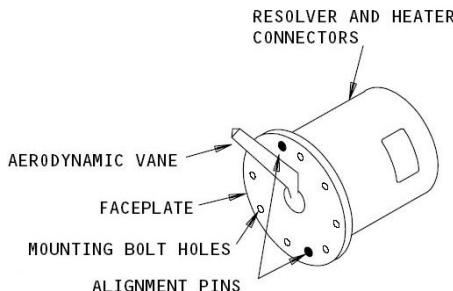


Fig. 1.4.25. Dispozitivul de măsurare a unghiului de curgere (a aerului) cu paletă rotativă

Dispozitivul de măsurare a unghiului de curgere (a aerului) cu paletă rotativă (Fig.1.4.25) este metoda folosită cel mai frecvent la măsurarea unghiurilor de atac și de glisadă.

Magnetometrele

Componența de detecție a unui magnetometru e caracterizată de următorii parametri:

- Măsurătoarea e mai puțin influențată de câmpul magnetic static rezidual al obiectului. Acest fapt este valabil pentru componentele variabile ale câmpului magnetic produse de curentul ce circulă prin obiect sau de acțiunile efectuate de aparatelor din încărcătura utilă a obiectului.
- Cutia electronică a magnetometrului poate fi plasată într-o poziție liberă din interiorul obiectului pentru a permite manifestarea moderată a influențelor temperaturii.
- Riscul de magnetizare nedorită a părții superioare a senzorului în timpul integrării, testării și operării poate fi minimizat.

Câmpul magnetic al pământului

Câmpul magnetic al Pământului (Fig. 1.4.26) este generat de o „bară magnetică” (dipol) orientată la un unghi de 11° de axa de rotație și situată la o distanță de câteva sute de kilometri de la centrul Pământului.

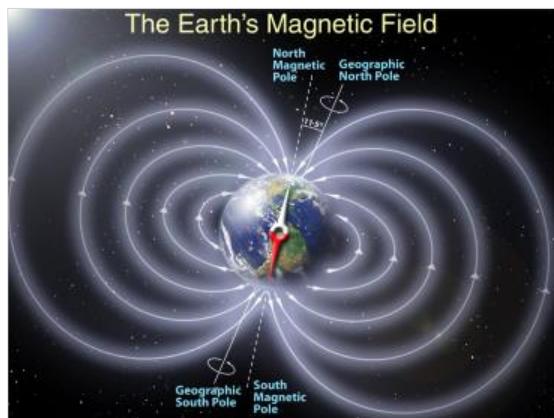


Fig. 1.4.26. Câmpul magnetic al pământului

Intensitatea câmpului magnetic variază de la 0,3 gauss în apropiere de Ecuator până la 0,6 gauss lângă poli. În orice punct, înclinația este egală cu devierea câmpului magnetic de la orizontală (inclinarea este egală cu 0° la Ecuatorul magnetic și cu 90° la poli).

Câmpul magnetic poate fi determinat prin măsurarea înclinației. Înclinația câmpului magnetic al Pământului este de 90° la Polul Magnetic Nord și de -90° la Polul Magnetic Sud. Cei doi poli se mișcă independent unul de altul și nu sunt direct opuși unul altuia pe glob.

Reperele de orientare autonome mai puțin costisitoare, mai puțin precise și de dimensiuni mai mici ale aeronavelor – busolele – depind de câmpul magnetic al Pământului.

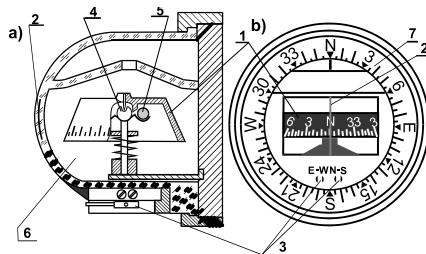


Fig. 1.4.27. Busola magnetică clasică

Cele mai simple busole (Fig. 1.4.27) măsoară orientarea unui magnet permanent aproape liber („acul” busolei) atașat la un corp flotabil ce plutește într-un lichid. Corpul flotabil este de tip pendul pentru a păstra magnetul în poziție orizontală în timpul zborului neaccelerat. Corpul flotabil are indicatori de orientare care sunt vizibili printr-un cadran.

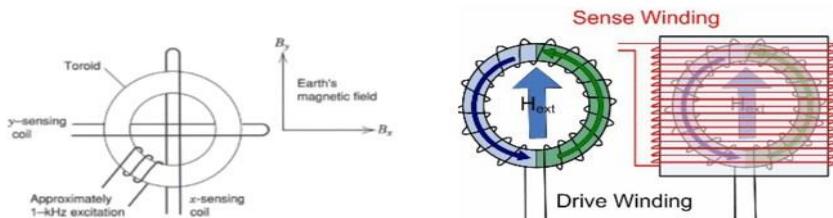


Fig. 1.4.28. Compasul fluxului magnetic

Busola Fluxgate (Fig. 1.4.28, 1.4.29) constă dintr-un toroid bobinat cu un conductor electric, excitat de un curent cu frecvență de aproximativ 1 kHz. Două bobine ortogonale de detecție afișează rezultatele măsurătorii la un curent cu frecvență de 2 kHz.

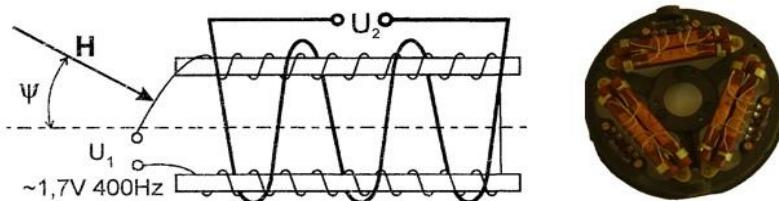


Fig. 1.4.29. Busola Fluxgate

Acestea măsoară componentele B_x și B_y ale câmpului magnetic al Pământului în sistemul de coordonate al toroidului. Busolele Fluxgate erau cel mai frecvent utilizate magnetometre aeriene. Două sau mai multe porți ortogonale de inducție magnetică constituie un magnetometru cu trei axe.

Busolele Fluxgate operate la distanță, care produc un semnal de ieșire în format analogic, au trei bobine, valoarea fluxului magnetic în fiecare bobină fiind proporțional cu componenta câmpului magnetic terestru de-a lungul axei bobinei. Fluxul din fiecare bobină este modulat cu ajutorul unui câmp electric de curent alternativ produs de bobina de excitație.

Acest câmp cauzează saturarea miezului magnetic al bobinei la o frecvență de două ori mai mare decât frecvența de excitație. Firul triplu-bobinat este conectat la statorul sincro-receptorului. O combinație tipică compusă dintr-un senzor magnetic la distanță și un sincro-receptor va avea erori atât de 1 ciclu, cât și de două cicluri pe rotație, fiecare cu mărimea de $0,2^\circ$.

Giroscopul

Girocoapele măsoară rotațiile într-un sistem de referință inerțial. Avantajul acestora în raport cu alți senzori de poziție constă în faptul că girocoapele sunt independente de sursele externe.

Girocoapele sunt utile la stabilizarea rotației unui vehicul și la acoperirea intervalelor de timp fără măsurători directe ale poziției. Valoarea măsurătorilor este afișată sau în forma creșterii unghiulare înregistrate în raport cu măsurarea precedentă sau ca viteza unghiulară reală.

Pentru a determina poziția cu ajutorul giroscopului e necesară o valoare inițială a poziției. Această valoare poate fi propagată utilizând măsurătorile giroscopului.

Pozitia mai poate fi calculată și printr-o combinație dintre măsurătorile directe ale poziției și valorile înregistrate de giroscop, obținând aşa-numitele „soluții mixte”.

Giroscopul mecanic. Măsurarea vitezei cu ajutorul giroscopului mecanic e bazată pe efectul giroscopic: *un corp axisimetric rigid e pus în rotație și, în consecință, are un moment cinetic*.

Momentul cinetic este o mărime inerțială, influențată doar de momentul forței:

$$M = \dot{H}_g,$$

unde: *M – momentul forței ce acționează asupra masei în rotație; H_g – momentul cinetic al masei aflate în rotație.*

Dacă nu acționează vreun moment al forței, momentul cinetic rămâne constant ca mărime. Vectorul momentului cinetic crează o referință inerțială. Unghiurile de poziție în raport cu axa momentului cinetic pot fi măsurate direct cu ajutorul unei structuri cu articulație cardanică lipsită de moment al forței.

Pentru efectuarea măsurătorilor pe o singură axă, giroscopul constă dintr-un rotor suspendat în mod elastic într-un cadru. Cadrul poate fi înclinat.

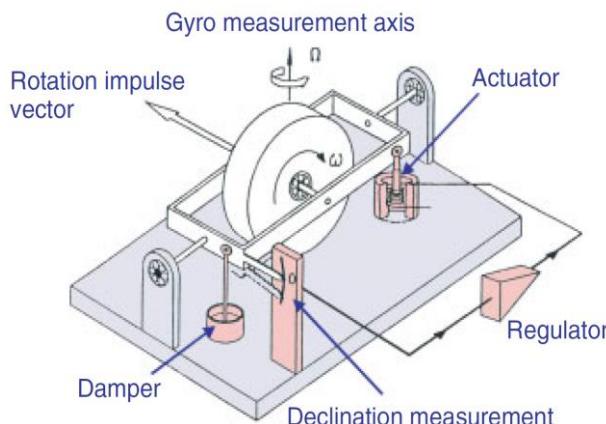


Fig. 1.4.30. Giroscop mecanic

Dacă giroscopul este rotit în jurul axei sale de măsurare, atunci se generează momentul de precesie, rezultând o declinație a axei momentului cinetic. Unghiul de declinație este proporțional cu viteza unghiulară.

Giroscopul tip laser inelar (*Ring Laser Gyroscope – RLG*), ilustrat în Fig. 1.4.31 după [3], are la bază același principiu Sagnac, dar se consideră că fasciculul de lumină este direcționat cu ajutorul unor oglinzi pentru a forma bucla închisă. Există o cavitate activă a laserului ce are cel puțin trei canale sub formă unui triunghi echilateral, care sunt umplute cu un amestec de gaz He-Ne. Sursa laser generează două fascicule coerente ce se propagă în sensuri opuse. Anodul și catodul sunt folosite pentru a crea o diferență de potențial al amestecului gazos, generând un câmp electric. Pentru a putea măsura și viteză

unghiulare foarte mici, RLG-urile au implementate și o roată oscilantă („dither wheel”) [6].

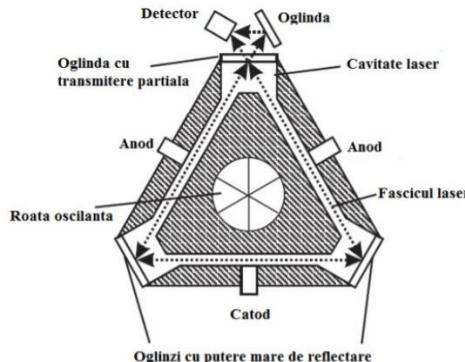


Fig. 1.4.31. Structura unui RLG

În timpul rotației, fasciculul orientat împotriva direcției de rotație are o lungime de undă ușor redusă, pe când fasciculul orientat în direcția de rotație are o lungime de undă ușor mărită.

Prin decuplarea și suprapunearea parțială a ambelor fascicule luminoase, detectorul poate măsura un ritm/puls a cărui frecvență este proporțională cu viteza de rotație.

Giroscopul cu fibră optică (*Fiber Optic Gyroscope – FOG* (Fig. 1.4.32)) este un giroscop pasiv (solid) cu laser ce constă dintr-o bobină fabricată din fibră optică monomodală, în care fasciculele laser sunt cuplate din exterior. Lumina laser este divizată în două fascicule de o oglindă semipermeabilă și este direcționată spre capetele opuse ale aceleiași fibre.

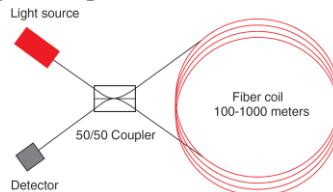


Fig. 1.4.32. Componentele unui FOG

Fasciculele circulă prin fibră în direcții opuse. La mișcarea de rotație a giroscopului, fasciculele au nevoie de intervaluri de timp ușor diferite pentru a circula aceeași distanță. Ambele fascicule sunt apoi suprapuse de oglinda semipermeabilă. Diferențele de fază rezultate de viteza unghiulară cauzează o atenuare sau o amplificare fasciculului suprapus.

Giroscopul MEMS conține elemente vibrante ce măsoara efectul Coriolis. Acestea pot fi corzi, grinzi, roți, inele sau cilindre vibrante. Ele sunt capabile să detecteze accelerarea Coriolis atunci când giroscopul se rotește. Cel mai simplu exemplu îl reprezintă o masă inerțială ce începe să vibreze de-a lungul axei pe care se deplasează. Când giroscopul este rotit, se induc o a doua vibrație pe axa perpendiculară cu elementul, datorată accelerării Coriolis ca în Fig. 1.4.33 după [5].

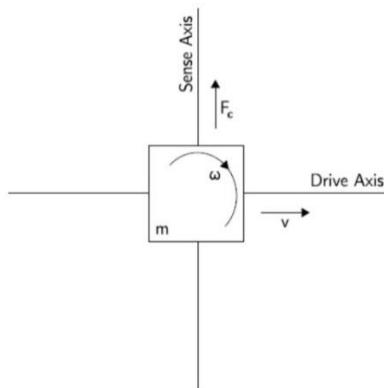


Fig. 1.4.33. Accelerarea Coriolis

Acuratețea și precizia datelor oferite în prezent de giroscopele MEMS este inferioară celor optice, dar ele oferă avantajele oferite de tehnologia MEMS, și anume cost, dimensiune, putere consumată.

Sistemele de acționare

Sistemele de acționare electrice

Dacă un conductor se mișcă printr-un câmp magnetic, un curent va fi induș în conductor. În acest caz, deplasarea conductorului prin câmp provoacă

circulația curentului. Dimpotrivă, dacă un curent dintr-o sursă externă trece printr-un conductor aflat într-un câmp magnetic, conductorul tinde să se mișe de-a lungul câmpului, adică circulația curentului cauzează deplasarea conductorului (Fig. 1.4.34a).

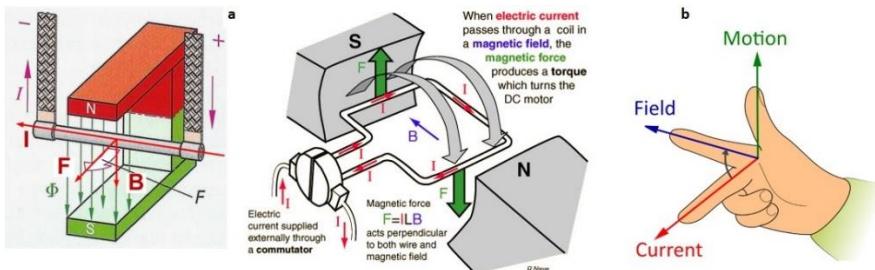


Fig. 1.4.34. Servomotoare electrice, a) Motoare cu curent direct, b) Regula mâinii drepte a lui Fleming

Pentru a determina direcția de deplasare a conductorului, se folosește regula mâinii drepte: întindeți degetul mare, arătătorul și degetul mijlociu ale mâinii drepte așa încât acestea să fie perpendiculare. Întoarceți mâna așa ca arătătorul să indice direcția fluxului magnetic, iar degetul mijlociu – direcția curentului din conductor. Degetul mare va indica direcția în care se va deplasa conductorul (Fig. 1.4.34b).

Sistemele de acționare din materiale inteligente

Sistemele de acționare din materiale inteligente fac parte, de obicei, din structura de susținere. Aceasta se realizează prin încorporarea într-o distribuție uniformă a dispozitivelor de acționare în structura de susținere, care poate fi folosită pentru a atenua vibrațiile, zgomotul, sau pentru a schimba formă.

Sistemele de acționare din materiale inteligente se bazează pe:

- *aliaje cu memoria formei*
- *materiale piezoelectrice (PZT)*
- *materiale magnetostrictive*
- *fluide electroreologice*
- *polimeri cu schimb ionic.*

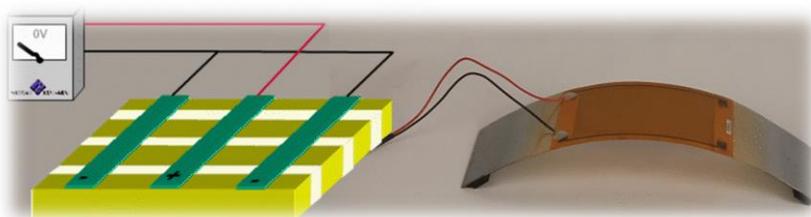


Fig. 1.4.35. Aliajele cu memoria formei

Aliajele cu memoria formei (Shape Memory Alloys – SMA) (Fig. 1.4.35) sunt aliaje din nichel și titaniu care suferă o tranziție de fază atunci când sunt supuse unui câmp termic.

Sistemele de acționare PZT

Sistemele de acționare PZT (Fig. 1.4.36) sunt, în esență, piezocristale cu pelicule conductoare în partea superioară și inferioară. Atunci când peliculele conductoare sunt supuse unui curent electric, cristalul se dilată în direcția transversală.

Atunci când polaritatea curentului se inversează, cristalul se contractă, astfel fiind posibilă acționarea în două direcții.

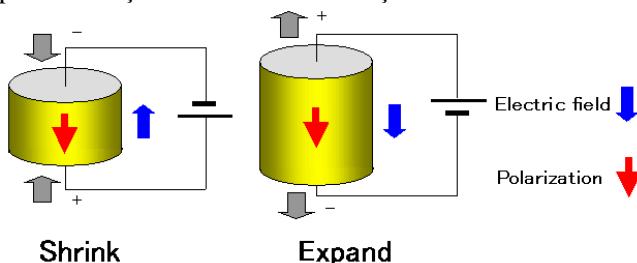


Fig. 1.4.36. Sistemele de acționare PZT

Interacțiunea dintre comportamentul mecanic și cel electric al materialelor piezoelectrice poate fi exprimată astfel:

$$T = c^E S - eE,$$

unde: T – tensiunea mecanică; c^E – coeficientul elastic într-un câmp electric constant; S – deformarea mecanică; ϵ – permitivitatea dielectrică; E – intensitatea câmpului electric.

Cele două porțiuni piezoelectrice sunt excitate de curent cu polaritate opusă pentru a crea vibrații transversale ale părții suspendate. Sistemele de acționare de acest tip oferă o lărgime de undă înaltă (de obicei, 0–10 kHz) cu deplasare redusă.

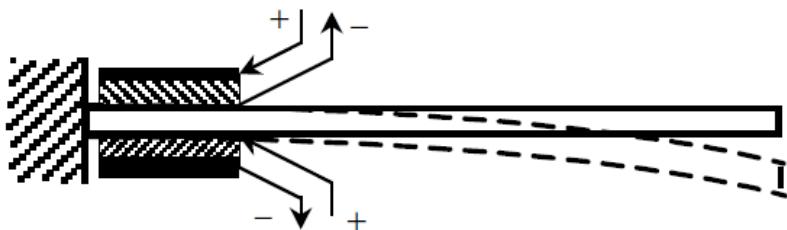


Fig. 1.4.37. Porțiuni piezoelectrice

Materialele magnetostrictive

Materialele magnetostrictive (Fig. 1.4.38) sunt aliaje de terbiu, disprosiu și fier care pot genera o deformare mecanică de până la 2000 microstrain atunci când sunt supuse unui câmp magnetic. Ele sunt disponibile în formă de tije, plăci, șaibe și praf.

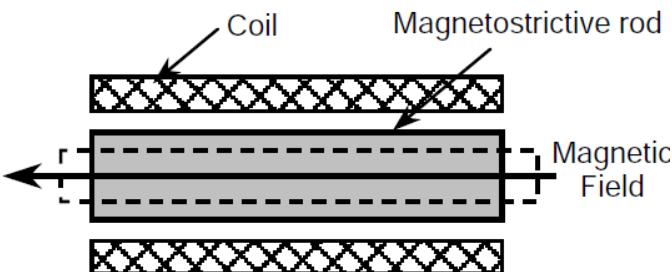


Fig. 1.4.38. Materialele magnetostrictive

Dispozitivele de acționare magnetostrictive de forma tijelor sunt, de obicei, înconjurate de o bobină magnetică. La excitarea bobinei, tija se dilată

proporțional cu intensitatea câmpului magnetic generat. Relația magnetomecanică se exprimă astfel:

$$\varepsilon = S^H \sigma + dH,$$

unde: ε – deformarea; S^H – capacitatea de delatare (compliance) într-un câmp magnetic constant; σ – tensiunea; d – constanta de magnetostricție; H – intensitatea câmpului magnetic.

Polimerii cu schimb ionic

Polimerii cu schimb ionic exploatează fenomenul de electro-osmoză al polimerilor ionici naturali pentru a-l aplica în sistemele de acționare. Atunci când rețeaua reticulată polielectrolică a polimerilor este supusă unui curent electric, grupurile ionizabile capătă o sarcină electrică, astfel generând o deformare mecanică. Acest tip de dispozitive de acționare a fost folosit la dezvoltarea mușchilor și membrelor artificiale. Principalul lor avantaj este capacitatea lor de a produce o deformare destul de mare la excitarea cu un curent relativ mic.

Bibliografie:

4. Budiu M. Decembrie 2000. Discuri micro-electro-mecanice.
5. Manole C., Ionescu D. Micromotoare realizate în tehnologie MEMS.
6. Groves D. Paul. 2008. Principles of GNSS, inertial and multisensor integrated navigation systems. p. 3-159. Artech House.
7. Woodman J. Oliver. August 2007. An introduction to inertial navigation. Technical Report nr.696, p. 5-21. University of Cambridge
8. Nasiri S. A critical review of MEMS gyroscopes technology and commercialization status. InvenSense. California

4.5. Sistemul de navigație prin satelit

Introducere

Așezarea geografică este stabilită prin coordonate geografice, și anume, prin latitudine și longitudine – date care ne ajută la stabilirea poziției unui punct de pe globul pământesc, globul fiind împărțit în 360° latitudine și 180° longitudine Fig. 1.4.39.

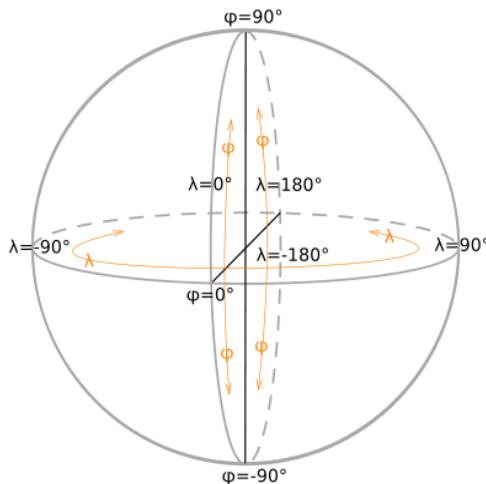


Fig. 1.4.39. Stabilirea poziției unui punct de pe globul pământesc

Rețeaua liniilor meridianelor și latitudinilor care se intesectează sub un unghi de 90° este un sistem imaginar care împarte suprafața globului cu scopul ușurării orientării. Ecuatorul aparține liniilor de latitudine, fiind linia cea mai lungă ce împarte globul în două emisfere – cea de nord și cea de sud, care sunt așezate perpendicular (90°) pe raza globului terestru, Ecuatorul fiind linia care delimitizează emisfera nordică de cea sudică. Meridianele intersectează liniile de latitudine sub un unghi de 90° și unesc cei doi poli ai pământului. Meridianul care trece prin obsevatorul astronomic din localitatea Greenwich, Marea Britanie, este considerat meridianul zero, de aici se determină dacă longitudinea este estică sau vestică, în funcție de poziția meridianului față de meridianul zero și prelungirea acestui meridian. Pe plan internațional faptul că meridianul 0 trece prin Greenwich, pământul fiind considerat de formă sferică, mai precis, de forma unui geoid.

Sistemul de Poziționare Globală GPS (Global Positioning System)

Încercarea de a determina unde ne aflăm și spre ce ne îndreptăm este, probabil, una din cele mai vechi frământari ale omului. Navigația și

poziționarea sunt cruciale pentru multe activități. Odată cu trecerea anilor, o serie de tehnologii au încercat să simplifice aceste sarcină, dar toate prezintau unele dezavantaje. În cele din urmă, Departamentul de Apărare al S.U.A a decis că armata trebuie să dețină un sistem de poziționare globală superprecis. Rezultatul este Sistemul de Poziționare Globală, un sistem care a schimbat navigația pentru totdeauna.

Ce este GPS?

Sistemul de Poziționare Globală (GPS) este un sistem de radio-navigație globală format dintr-o „constelație” de 24 de sateliți și stațiile lor de la sol Fig. 1.4.40.

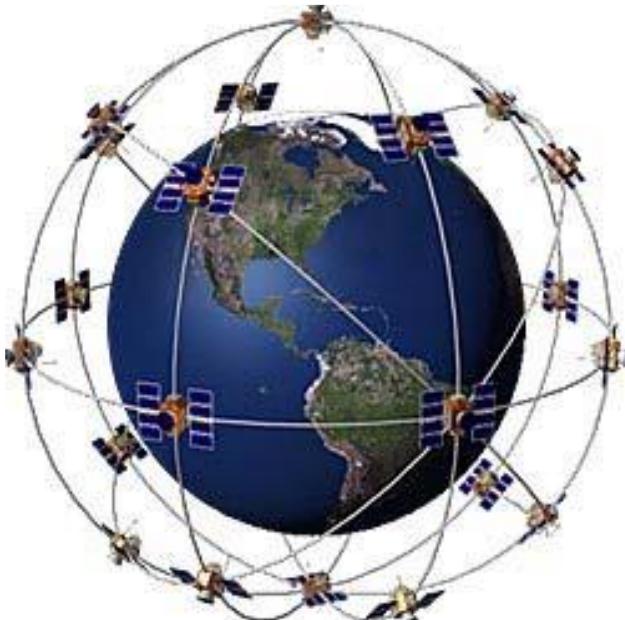


Fig. 1.4.40. Constelație de 24 de sateliți

GPS-ul folosește sateliții ca puncte de referință pentru a calcula pozițiile cu o acuratețe de ordinul metrilor, dar cu variante avansate de GPS se pot face

măsurători cu o precizie de ordinul centimetrilor. Într-un fel, e ca și cum s-ar aloca o adresa unică fiecărui metru pătrat al planetei. Receptoarele GPS au fost miniaturizate până la nivelul a câteva circuite integrate, astfel devenind și foarte economice. Aceasta face tehnologia foarte accesibilă practic tuturor. La ora actuală, tehnologia GPS își găsește locul în mașini, vapoare, avioane, echipamente de construcții, mașini agricole, până și computere portabile etc.

Funcționarea GPS-ului

GPS sau Global Positioning System este un sistem de poziționare în spațiu cu ajutorul sateliților și este alcătuit din trei sectoare Fig 1.4.41.

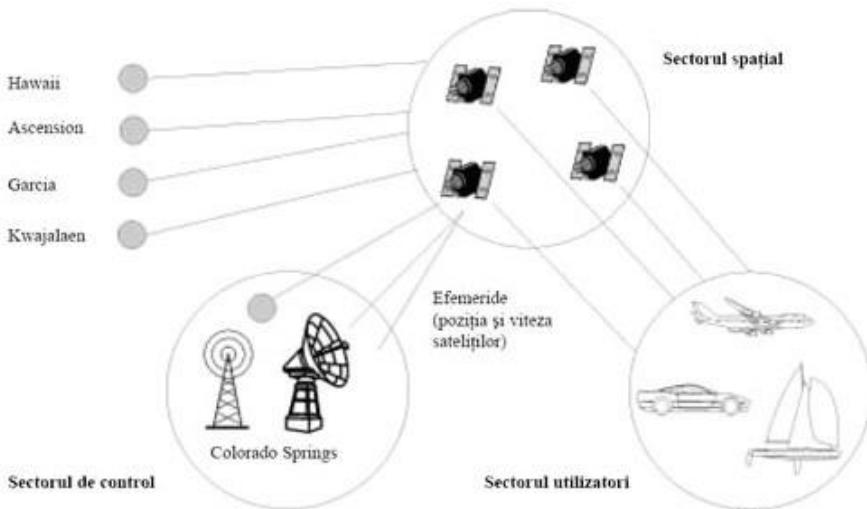


Fig. 1.4.41. Sistem de poziționare globală

Cum funcționează GPS-ul?

1. Baza GPS-ului este „triangulația” de la sateliți.
2. Pentru a triangula, un receptor GPS măsoară distanța folosind timpul de propagare a undelor radio.
3. Pentru a măsura timpul de propagare, GPS-ul are nevoie de o cronometrare precisă care poate fi obținută cu ajutorul unor trucuri.

4. Pe lângă distanță, este nevoie să se cunoască exact unde se află sateliții în spațiu. Orbitele aflate la mare altitudine și o monitorizare atentă sunt secretul.

5. În sfârșit, trebuie corectat semnalul radio de orice erori apărute la propagarea prin atmosferă.

Vom explica fiecare din aceste puncte în următoarele cinci secțiuni.

Poate părea improbabil, dar ideea din spatele GPS-ului este de a folosi sateliții din spațiu ca puncte de referință pentru localizarea la sol. În aşa mod, printr-o măsurare foarte exactă a distanței de la trei sateliți, putem „triangula” poziția oriunde pe Pamânt. Pentru început, să analizăm cum măsurarea distanței de la cei trei sateliți poate determina poziționarea în spațiu. Din punct de vedere geometric:

Să presupunem că am măsurat distanța de la un satelit și aflăm că aceasta este de 17,702784 km. Știind că ne aflăm la 17,702784 km de un satelit, fixăm toate posibilele locații în care ne putem afla în Univers la suprafața unei sfere cu raza de 17,702784 km, al cărei centru este satelitul. În continuare, vom măsura distanța până la cel de-al doilea satelit și vom afla că este de 19,312128 km. Aceasta ne spune că nu suntem doar pe prima sferă, ci suntem și pe o sferă cu raza de 19,312128 km și centrul în al doilea satelit. Cu alte cuvinte, suntem pe un cerc, unde se intersectează cele două sfere.

Dacă în acest moment facem o măsurătoare de la al treilea satelit și aflăm că suntem la o distanță de 20,921472 km de el, astfel fixând poziția și mai bine, reducând-o până la două puncte, acolo unde sfera cu raza de 20,921472 km taie cercul care este rezultatul intersecției primelor două sfere. Deci prin măsurarea distanței de la trei sateliți putem fixa poziția la doar două puncte în spațiu.

Pentru a decide care dintre ele este poziția corectă, putem face o a patra măsurătoare. Dar, de obicei, unul din cele două puncte este o soluție incompletă (ori este prea aproape de Pamânt, ori se deplasează cu o viteză imposibilă) și poate fi refuzat fără o măsurătoare. A patra măsurătoare devine foarte utilă pentru alte cauze. În continuare vom vedea cum sistemul măsoară distanța până la sateliți.

Triangulația – în trigonometrie și geometrie, triangulația este un mod de determinare a poziției unui punct prin măsurarea unghiurilor dintre aceasta și alte două puncte de referință a căror poziție este cunoscută și care constituie o bază fixă, în locul măsurării directe a distanței spre punct (trilaterat). Punctul apoi se fixează ca al treilea vârf al unui triunghi cu o latură și două unghiuri cunoscute.

1. Poziția este determinată prin măsurarea distanței până la sateliți.
2. Matematic, avem nevoie de distanța până la patru sateliți pentru a determina poziția exactă.
3. Trei distanțe sunt de ajuns dacă refuzăm soluțiile nesigure sau folosim unele trucuri.
4. Mai este nevoie de o măsurătoare pentru cazuri tehnice.

Am văzut în ultima secțiune că poziția este calculată prin măsurarea distanței până la cel puțin trei sateliți. Dar cum poți măsura distanța către un obiect care plutește în spațiu? O facem calculând cât timp îi ia semnalului trimis de la satelit să ajungă la receptor. Din punct de vedere matematic, este asemănător cu vechea problemă: „Dacă o mașină calatorește cu 60 km/h timp de două ore, cât de departe ajunge?”. Viteza (60 km/h) x timpul (2 h) = Distanță (120 km). În cazul GPS-ului, măsurăm un semnal radio, deci viteza va fi egală cu viteza luminii (299 792 458 m/s). Problema este măsurarea timpului de propagare. Cronometrarea este foarte problematică. În primul rând, timpii sunt foarte mici. Dacă satelitul este chiar deasupra, timpul de propagare va fi de circa 0,06 secunde. Deci vom avea nevoie de niște ceasuri foarte precise. Presupunând că avem ceasuri precise, cum măsuram timpul de propagare? Pentru a explica vom folosi urmatoarea analogie:

Presupunând că există o cale de a face doi sateliți și receptorul să emită o melodie exact la ora 12.00. Dacă sunetul ar ajunge la noi din spațiu (ceea ce este ridicol, bineînțeles) și stând lângă receptor vom auzi două versiuni ale melodiei, una de la receptor și una de la satelit. Aceste două versiuni vor fi desincronizate. Versiunea care vine de la satelit va fi întârziată, pentru că semnalul trebuie să parcurgă mai mult de 11.000 mile. Dacă dorim să aflăm

cu cât întârzie versiunea de la satelit, va trebui să întârziem semnalul de la receptor până la o sincronizare perfectă. Valoarea este trimisă înapoi și versiunea receptorului este egală cu timpul de programare a versiunii satelitului. Deci multiplicăm acest timp cu viteza luminii și obținem distanța până la satelit.

În general, cam aşa funcționează GPS-ul. Numai că, în loc de acea melodie, sateliții și receptoarele folosesc aşa-numitul „Pseudorandom Code”, care este, probabil, mai ușor de emis decât acea melodie. *Pseudorandom Code-ul PRC* (PRN-Pseudo Random Noise Code) este o parte fundamentală a GPS-ului. Din punct de vedere fizic, este un cod digital foarte complicat, cu alte cuvinte, este o secvență complicată de pulsuri 1 și 0. Sunt câteva motive care explică această complexitate. Mai întâi, construcția complexă asigură că receptorul nu se va sincroniza accidental cu alte semnale. Tiparul este atât de complex încât este aproape imposibil ca un semnal rătăcit să aibă aceeași formă.

Fiecare satelit are propriul PRC unic, ceea ce garantează că receptorul nu va capta accidental semnalul altui satelit. Deci toți sateliții pot folosi aceeași frecvență fără a se bruiua reciproc, ceea ce face și mai dificilă bruierea sistemului de către o forță ostilă. De fapt, PRC-ul oferă Departamentului de Apărare al S.U.A o cale de a controla accesul la sistem. Dar există și o altă cauză pentru complexitatea PRC-ului, fiind crucială pentru a face tehnologia GPS economă. Codul face posibilă folosirea „teoriei informației” pentru a „amplifica” semnalul GPS. De aceea, receptoarele GPS nu au nevoie de antene mari de satelit pentru a recepționa semnalele GPS.

Asta înseamnă că și satelitul, și receptorul generează codurile în același timp. Dar cum ne asigurăm că sunt perfect sincronizate?

Măsurarea distanței

1. Distanța până la un satelit este determinată prin măsurarea timpului în care semnalul ajunge la noi de la satelit.
2. Pentru a face măsurarea, presupunem că și satelitul, și receptorul generează același *Pseudorandom Code* exact în același timp.

3. Comparând cât de târziu apare PRC-ul satelitului față de codul receptorului, determinăm de cât timp a avut nevoie ca să ajungă la noi.

4. Multiplicăm timpul de propagare cu viteza luminii și obținem distanța.

Dacă măsurarea timpului de propagare a semnalului radio este secretul bunei funcționări a GPS-ului, ceasurile trebuie să fie cu adevărat precise, pentru că o eroare de o miile de secundă, la viteza luminii înseamnă aproape 200 mile eroare. Din punct de vedere al sateliștilor, cronometrarea este aproape perfectă pentru că aceștia dețin ceasuri atomice, care sunt incredibil de precise.

Dar ce se întâmplă cu receptoarele de la sol? Atât satelitul, cât și receptorul trebuie să-și poată sincroniza cu precizie PRC-ul pentru a face sistemul să funcționeze. Dacă receptoarele ar avea nevoie de ceasuri atomice, GPS-ul ar fi o tehnologie pe care nu și-ar putea-o permite nimeni. Din fericire, proiectanții GPS-ului au avut ideea excelentă care ne permite să avem ceasuri mai puțin precise în receptoare. Secretul unei sincronizări perfecte este efectuarea unei măsurători suplimentare la satelit. Adică, dacă trei măsurători perfecte pot localiza un punct în spațiul 3-D, atunci patru măsurători imperfecte pot face același lucru.

Măsurătoarea suplimentară rezolvă problema erorilor de sincronizare. Dacă ceasurile receptoarelor ar fi perfecte, atunci toate domeniile sateliștilor să ar intersecta într-un singur punct (care este, practic, poziția noastră). Dar cu ceasuri imperfecte, o a patra masuratoare, efectuată ca o verificare, nu se va intersecta cu primele trei.

Deci computerul receptorului va realiza că există o discrepanță între măsurători, acestea nefiind perfect sincronizate cu timpul universal. Pentru că orice eroare de la timpul universal va afecta măsurătorile, receptorul caută un factor de corecție care poate reduce erorile de sincronizare până când se intersectează într-un singur punct. Această corecție face ca ceasul receptorului să se sincronizeze cu timpul universal, obținând astfel precizie atomică. Din moment ce această corecție se aplică și la restul măsurătorilor, avem o poziționare precisă. O consecință a acestui principiu este că orice GPS

rezonabil va avea nevoie de patru canale pentru a face patru măsurători simultan. Cu acest *Pseudorandom Code* și o măsurătoare suplimentară care ne fac perfect sincronizarea timpului universal, avem toate cele necesare pentru a măsura distanța până la un satelit din spațiu. Dar pentru a realiza triangulația nu este de ajuns să știm distanța, mai trebuie să știm exact unde se află sateliții. Aceasta o vom face în următoarea secțiune.

Sincronizarea perfectă

1. Sincronizarea perfectă este cheia măsurării distanței până la sateliți.
2. Sateliții sunt extrem de preciși pentru că dețin ceasuri atomice.
3. Ceasurile receptoarelor nu trebuie să fie atât de precise pentru că o măsurătoare suplimentară la satelit poate elimina erorile.

În prezentarea de mai sus am presupus că știm unde se află sateliții pentru a-i putea folosi ca puncte de referință. Dar cum putem să ști cu exactitate unde se află dacă aceștia se rotesc în spațiu la o altitudine de 17,702784 km? Altitudinea de 17,702784 km este un beneficiu în acest caz, pentru că este situat cu mult în afara atmosferei. Asta înseamnă că va orbita conform unor formule matematice simple. La sol, fiecare computer de pe receptor este programat să cunoască poziția exactă a fiecărui satelit în spațiu în orice moment. Orbitele de bază sunt foarte exacte, dar pentru asigurarea unei precizii perfecte, sateliții GPS sunt monitorizați în mod constant de către Departamentul de Apărare al S.U.A. Se folosesc radare foarte precise pentru a verifica altitudinea, poziția și viteza fiecărui satelit. Erorile pe care le verifică și corectează sunt numite erori efemere – efemeride, pentru că afectează orbita sateliților și nu sunt de lungă durată. Aceste erori sunt cauzate de pulsul gravitațional al lunii și soarelui și de presiunea radiației solare asupra sateliților. Erorile sunt foarte mici, dar dacă se dorește o mare precizie, acestea trebuie luate în calcul. Odată ce Departamentul de Apărare al S.U.A. a măsurat poziția exactă a satelitului, acesta transmite informația la satelit. Atunci satelitul include poziția corectată în semnalele de sincronizare pe care le transmite. Așadar, semnalul GPS este mai mult decât un *Pseudorandom Code* folosit pentru sincronizare. El conține, de asemenea, un mesaj de

navigație cu corecții. Cu o sincronizare perfectă și cu poziția exactă a satelitului, ar părea că suntem gata să facem un calcul perfect al poziției.

Pozиїile sateliїilor

1. Pentru a folosi sateliți ca puncte de referință pentru măsurători, trebuie să știm exact unde se află.
2. Sateliții GPS se află la mare altitudine și sunt bine „fixați” pe orbită.
3. Variațiile minore ale orbitei sunt măsurate de către Departamentul de Apărare al S.U.A.
4. Informațiile conținând eroarea sunt transmise la sateliți pentru a fi incluse în semnalul de sincronizare.

Până acum am tratat calculele efectuate de către GPS într-un mod foarte abstract, ca și cum totul s-ar petrece în vid. Dar în realitate există mai multe surse de erori. Pentru a obține tot ce e mai bun de la sistem, un bun receptor GPS trebuie să țină seama de o varietate de posibile erori. Dar să vedem ce se poate întâmpla: Pentru început, una din presupunerile pe care le folosim în prezentare nu este în întregime corectă. Am spus că vom calcula distanța până la un satelit multiplicând timpul de propagare al semnalului cu viteza luminii. Dar viteza luminii este constantă doar în vid.

Trecând printre particulele încărcate ale ionosferei și apoi prin vaporii de apă din troposferă, semnalul GPS este încetinit puțin, aceasta creând același fel de erori ca niște ceasuri imprecise. Există mai multe metode de a minimiza asemenea erori. De exemplu, putem estima ce întârziere va apărea într-o zi obișnuită. Aceasta se realizează prin modelare la calculator, care e foarte utilă, dar condițiile atmosferice sunt rareori la fel. Altă cale de a rezolva aceste erori induse de atmosferă ar fi de a compara vitezele relative a două semnale diferite. Această masurare de tip frecvență duală este foarte sofisticată și este posibilă doar cu receptoare avansate. Problemele nu se termină atunci când semnalul GPS ajunge la sol. Semnalul se poate „lovi” de multe piedici locale până ajunge la receptor. Aceasta este numită eroare multibandă și este similară cu efectul de „fantomă” întâlnit la receptoarele TV. Receptoarele bune folosesc tehnici sofisticate de respingere a semnalului pentru a minimiza problema.

Probleme legate de satelit:

Deși sateliții sunt foarte sofisticăți, aceștia sunt dispuși la unele mici erori în sistem. Ceasurile atomice pe care le folosesc sunt foarte, foarte precise dar nu sunt perfecte. Pot apărea mici discrepanțe care duc la erori de măsurare. Deși pozițiile sateliților sunt constant monitorizate, ele nu pot fi urmărite în fiecare secundă. Bazele geometriei pot scoate în evidență aceste erori după un principiu numit „Geometric Dilution of Precision” sau GDOP. De obicei, sunt mai mulți sateliți disponibili decât are nevoie un receptor pentru a fixa o poziție, așa că receptorul alege doar câțiva și îl ignoră pe restul. Dacă alege sateliții care sunt mai aproape unul de celălalt în spațiu, cercurile care definesc o pozitie se vor interseca în unghiuri mai mult decât superficiale.

Dacă alege sateliți care sunt mai îndepărtați, cercurile se intersecțează la unghiuri aproape corecte, ceea ce va minimiza zona erorilor. Receptoarele bune determină care dintre sateliți va da cea mai mică eroare GDOP.

Corectarea erorilor

1. Atmosfera și ionosfera Pământului cauzează întârzieri ale semnalului GPS, care se traduc prin erori de poziționare.
2. Unele erori pot fi rezolvate folosind matematica și modelarea.
3. Configurația sateliților în spațiu poate afecta erorile.
4. GPS-ul diferențial poate elimina aproape toate erorile.

Erorile GPS-ului și soluționarea lor. Determinarea erorilor în cadrul sistemului de poziționare globală.

La folosirea sistemelor de poziționare globală în scopuri geodezice, poziționarea relativă rămâne în continuare cea mai precisă metodă de măsurare, indiferent dacă se măsoară faza codurilor sau faza undei purtătoare. Când precizia solicitată este de câțiva centimetri sau chiar subcentimetrică, doar poziționarea relativă cu măsurători pe undă purtătoare poate fi luată în considerare. Erorile care apar la poziționarea relativă pot fi împărțite în două grupe semnificative:

- erori care pot fi reduse substanțial în procesul de prelucrare a datelor, care au fost înregistrate concomitent în două stații diferite, dar reziduurile

influențează puternic rezultatul în funcție de distanța dintre cele două stații. În această categorie de erori sunt incluse erorile pozițiilor orbitale ale sateliților și erorile de refracție din timpul propagării semnalului pe traseul satelit-antenă;

- erori proprii fiecărei stații, care, de regulă, nu pot fi eliminate prin poziționare relativă. Cele mai frecvente erori din această categorie sunt cele de reflexie a semnalelor din jurul stației (multipath).

În situația în care se folosesc în măsurători antene de același tip, erorile datorate excentricității centrului de fază al antenelor pot apartine primei grupe de erori. Dacă antenele sunt de tipuri diferite, erorile generate de excentricitatea centrelor de fază aparțin celei de-a doua categorii de erori.

Într-o poziționare relativă sunt implicate întotdeauna cel puțin două receptoare, care măsoară simultan distanța spre aceeași constelație satelitară. Abaterea între ceasurile celor două receptoare nu depășește astăzi 2 ms, astfel încât măsurătorile din cele două stații pot fi considerate simultane, momentele de înregistrare fiind sincronizate cu o abatere maximă de ± 1 ms la o secundă. Sofware-urile comerciale de prelucrare a observațiilor satelitare operează în marea lor majoritate după modul diferențial.

Erorile orbitelor sateliților

Erorile orbitelor sateliților sunt erori care nu aparțin procesului de măsurare, dar efemeridele sateliților intrând în procesul de prelucrare, erorile acestora influențează rezultatul prelucrării, inclusiv rezultatul final – coordonatele punctelor. În practica curentă sunt folosite aproape exclusiv efemeridele transmise (efemeride broadcast) cuprinse în mesajul de navigație. La stadiul actual de dezvoltare al sistemelor satelitare se estimează că în efemeridele transmise, erorile de poziție ale sateliților pe orbită nu depășesc ± 3 m.

Erori datorate refracției troposferice și ionosferice

Troposfera: stratul de la suprafața Pământului până la cca. 50 km înălțime; este un mediu nedispersiv pentru microunde, iar efectul ei asupra propagării semnalelor satelitare este în mare măsură controlat de modelele atmosferice. În poziționarea relativă, prin algoritmul de prelucrare diferențial, reziduurile

efectului acestei refracții nu depășește câțiva metri, chiar pentru baze foarte lungi.

Ionosfera: este definită ca fiind domeniul din partea superioară a atmosferei, în care au loc ionozări puternice, care influențează timpul de propagare a undelor electromagnetice. În conformitate cu această localizare, ionosfera se întinde de la 50 km deasupra Pământului și ajunge până la câteva sute de km. Densitatea maximă de electroni este atinsă la înălțimile cuprinse între 250-500 km (Wanninger, 2000). Ionosfera este un mediu dispersiv pentru microunde, cum sunt cele emise de sateliți sistemelor de poziționare globală, în sensul că timpul de propagare este dependent de frecvența semnalului care străbate ionosfera. Cu cât frecvența semnalului este mai mare, cu atât influența ionosferei este mai redusă.

Ionosfera neperturbată

Două proprietăți ale ionesferei neperturbate influențează rezultatele poziționării relative:

- conținutul absolut de electroni;
- gradienții orizontali zonali ai conținutului de electroni.

Conținutul absolut de electroni influențează ca o eroare sistematică măsurătorile din două stații de înregistrare de la sol, întrucât unghiul de elevație sub care este observat un satelit în cele două stații este diferit. Unui unghi de elevație mai mare îi corespunde un drum prin ionosferă mai scurt și, în consecință, efectul refracției ionosferice este mai redus. Erorile care apar în măsurători sunt proporționale cu lungimea bazei și cu conținutul de electroni din ionosferă. Efectul conținutului de electroni pe verticala punctului este cel mai puternic în zonele ecuatoriale, în perioadele de activitate solară maximă. În zonele de latitudine medie – cazul R. Moldovei – acest efect nu depășește 1-2 cm pentru lungimi ale bazelor de 10 km.

Gradienții orizontali zonali de mare întindere în ionosferă pe direcția Est-Vest sunt generați de mișcarea diurnă a Pământului. Gradienții orizontali zonali de mare întindere în ionosferă pe direcția Nord-Sud sunt generați de variația conținutului de electroni în funcție de latitudine și sunt mult mai

puternici. Acest efect este resimțit în zonele ecuatoriale, unde influența este deosebit de puternică. În zonele de latitudine medie și situații extreme, influența gradenților se estimează la câțiva cm pentru baze cu lungimi de 10 km.

Ionosfera perturbată

Perturbațiile ionosferice sunt neomogenități locale sau regionale ale conținutului de electroni în ionosferă. În zone de latitudine medie, cea mai mare influență o au perturbațiile ionosferice migratoare de nivel mediu (Medium Scale Travelling Ionospheric Disturbances – MSTID). Aceste perturbații sunt structuri ondulatorii ale distribuției electronilor în ionosferă și au perioada de 12 până la 60 de minute și o viteză de 100-300 m/s. Lungimea de undă a acestor structuri ajunge la câteva sute de km.

GPS diferențial – DGPS

GPS-ul este cel mai precis sistem radio de navigație dezvoltat vreodată. Pentru multe aplicații este destul de precis. Totuși, o echipă de ingineri a venit cu ideea unui GPS diferențial, practic, o cale de a corecta inexactitățile din sistemul GPS, îmbunătățind precizia acestuia. GPS-ul diferențial, sau DGPS, poate face măsurători cu erori de câțiva metri pentru aplicații mobile și chiar mai bine pentru cele staționare. Această îmbunătățire a preciziei are un efect profund asupra importanței GPS-ului ca resursă. Cu ea, GPS-ul devine mai mult decât un sistem de navigație pentru vapoare și avioane în jurul lumii. El devine un sistem de măsurare universal, capabil de a poziționa obiecte la o scară extrem de precisă. GPS-ul diferențial presupune cooperarea a două receptoare, unul staționar și celălalt în mișcare, efectuând măsurători ale poziției. Receptorul staționar este cheia. Aceasta leagă toate măsurătorile sateliștilor de un punct local solid de referință. Să vedem cum funcționează:

Amintim că receptoarele GPS folosesc semnale de sincronizare de la cel puțin patru sateliți pentru a stabili o poziție. Fiecare din aceste semnale de sincronizare vor avea unele erori sau întârzieri, în funcție de obstacolele pe care le-au întâlnit în călătoria lor spre sol. Pentru că fiecare din semnalele care contribuie la calculul poziției au unele erori, calcul va conține și el aceste erori. Din fericire, scara perpendiculară a sistemului GPS ne vine în ajutor.

Sateliți sunt situați atât de departe în spațiu încât micile distanțe pe care le parcurgem pe pamânt sunt insignificante. Deci, dacă două receptoare sunt apropiate unul de celălalt, să spunem, la câteva sute de kilometri, semnalele care ajung la ele au călărit practic prin aceeași parte a atmosferei și deci vor avea aceleași erori. Aceasta este ideea din spatele GPS-ului diferențial: avem un receptor care măsoară erorile de sincronizare și care transmite informațiile corectate la celălalt receptor ce e în mișcare. În acest mod pot fi eliminate toate erorile din sistem, chiar și eroarea Disponibilității Selective introdusă de către Departamentul de Apărare al S.U.A. Ideea este simplă. Se plasează receptorul de referință într-un punct care este foarte precis supravegheat și se ține acolo. Acest receptor-referință recepționează același semnal GPS ca și receptorul aflat în mișcare, dar, în loc să funcționeze ca un receptor GPS normal, el lucrează exact invers. În loc să folosească semnalele de sincronizare pentru a-și calcula poziția, el își folosește poziția cunoscută pentru a calcula sincronizarea, aflând care trebuie să fie timpul de propagare a semnalului GPS și compară unde se află. Diferența este un factor de corecție a erorii. După aceasta, receptorul transmite informația referitoare la eroare către receptorul aflat în mișcare pentru a corecta măsurătorile. Din moment ce receptorul-referință nu are cum să știe care dintre sateliți disponibili sunt folosiți de receptorul aflat în mișcare pentru a calcula poziția, receptorul-referință trece în revistă toți sateliții disponibili și le calculează erorile. După aceea, codează informația într-un format standard și îl transmite către receptorul aflat în mișcare. Aceasta primește lista completă cu erori și aplică corecția pentru sateliți pe care îi folosește. Dar în momentul de față, există destule agenții publice care transmit aceste corecții, chiar gratis.

Aplicații cu GPS

Vom prezenta câteva exemple de aplicații cu GPS. Aceste aplicații se împart în cinci categorii:

1. Localizarea – determinarea unei poziții
2. Navigația – deplasarea de la o locație la alta
3. Urmărire – monitorizarea deplasării oamenilor și obiectelor

4. Maparea – crearea hărților
5. Sincronizarea – prezentarea unei sincronizări precise.

În Fig. 1.4.42. este prezentat unde poate fi aplicată tehnologia GPS.

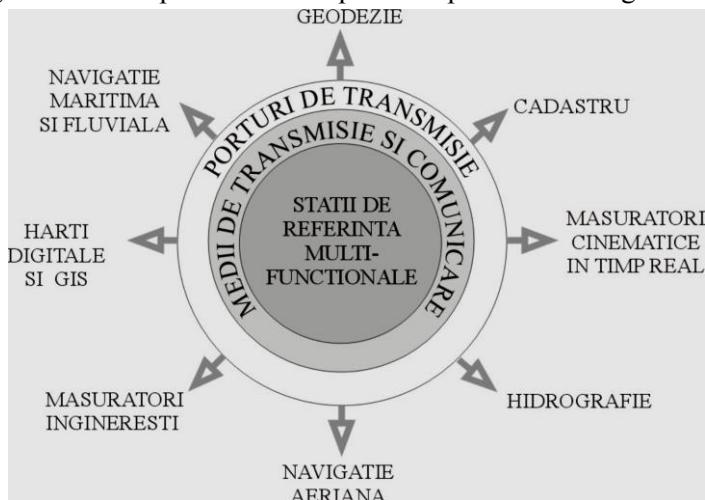


Fig. 1.4.42. Aplicațiile GPS-ului în lume

Bibliografie selectivă:

1. Panafieu, B., Les essais de recepteurs GPS; L'onde Electrique, 1994, p. 3-8.
2. Recepteurs GPS; Le Haut-Parleur; aug. 1993; p. 28-31.

Test de autoevaluare

1. Definiți noțiunea de avionică
2. Enumerați subsistemele avionice.
3. Enumerați subsistemele avionici cu destinație specială
4. Enumerați și definiți senzorii și servomotoarele dronelor
5. Definiți și argumentați plusurile și minusurile tehnologiei mems.
6. Descrieți și caracterizați tipurile de giroscopuri.
7. Descrieți sistemele de navigație prin satelit.
8. Descrieți modul de funcționare a GPS-ului.

§5. Prelucrarea datelor măsurătorilor

5.1. Metode de aerofotografiere

Înregistrarea fotografică a terenului în vederea obținerii unor fotograme care să corespundă scopului urmărit se poate face prin mai multe metode de aerofotografiere.

După poziția axei de fotografiere, aerofotografiera poate fi : verticală, înclinată (perspectivă) și orizontală.

Aerofotografiera verticală se obține atunci când axa de fotografiere nu are abateri mai mari de 3° de la verticală punctului în care s-a făcut aerofotografiera. Fotogramele obținute se numesc fotograme nadirale, care, datorită deformațiilor perspective mici, sunt utilizate pe larg în lucrările de întocmire a planurilor la scară mare. În anumite limite se poate considera că scara pe fotograma nadirală este constantă pe întreaga ei suprafață .

Aerofotografiera înclinată (în cazul căreia axa de fotografiere face un unghi mai mare de 3° cu verticală) are avantajul că permite înregistrarea unei suprafețe mai mari de teren, în schimb, are dezavantajul că, pe măsura creșterii unghiului de înclinare, scara detaliilor de pe fotogramă variază în limite tot mai mari .

Aerofotografiera orizontală se folosește pentru înregistrarea liniei orizontului.

După numărul de aerofotograme înregistrate și după dispunerea lor se deosebesc: aerofotografiera obiectelor și detaliilor izolate, aerofotografiera în sir (bandă) de fotograme și aerofotografiera pe suprafață.

Aerofotografiera obiectelor izolate (poduri, intersecții a unor străzi principale, stații de cale ferată etc.) constă în înregistrarea pe 2-4 fotografii a suprafeței de teren pe care se află construcția de interes.

Aerofotografiera în sir (bandă) de fotograme constă în înregistrarea unei porțiuni de teren înguste și lungi pe un sir continuu de fotografii aeriene (de-a lungul unui curs de apă, al unei străzi principale etc.). Pentru a asigura

înregistrarea pe fotograme a întregii fâșii de teren ce urmează a fi studiată, precum și pentru a face posibilă observarea stereoscopică a modelului terenului, fotografiera se execută în aşa fel încât între fotogramele şirului (benzii) să fie o acoperire longitudinală de 60% (pentru teren șes). În cazul în care terenul este fragmentat, având diferențe de nivel mari, acoperirea longitudinală necesară se calculează cu ajutorul formulei:

$$p\% = 100 \left(0,6 + \frac{h}{H} \right)$$

unde: h – diferența de înălțime maximă între punctele terenului; H – înălțimea de fotografiere față de un plan de nivel mediu al terenului.

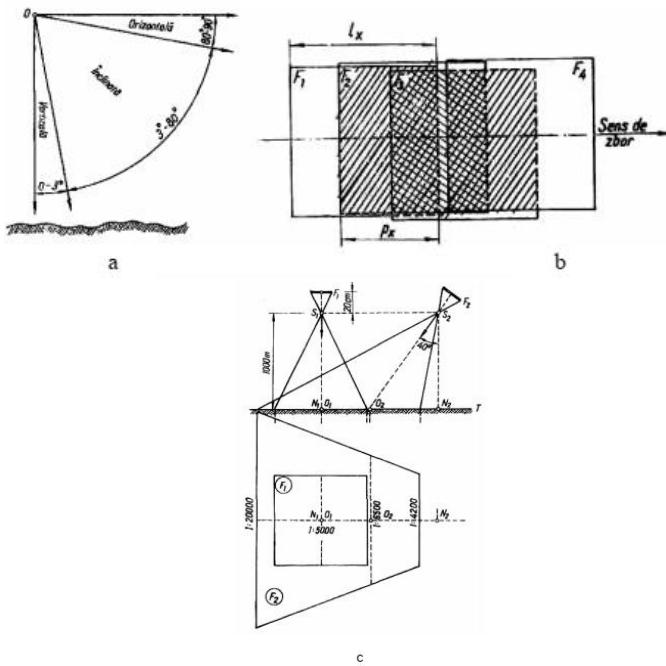


Fig. 1.5.1. Aerofotografarea de suprafață

- a) *Metode de aerofotografiere după poziția axei de fotografiere*
- b) *Aerofotografarea în șir de fotograme (bandă)*
- c) *Aerofotografarea înclinață (comparație cu aerofotografarea verticală)*

După fotografiere, acoperirea reală pă obținută între fotograme se determină cu ajutorul formulei:

$$p\% = \frac{P_x}{l_x} \cdot 100$$

unde: l_x – dimensiunea, în cm, a fotogramei în sensul de zbor; P_x – lungimea în sensul de zbor a zonei în care două fotograme adiacente au imagini comune.

Aerofotografiera pe suprafață este folosită atunci când suprafața care trebuie fotografiată are o lățime mai mare decât poate fi cuprinsă într-o singură trecere în zbor a avionului. Dacă lățimea zonei este mare, fotografiera se face pe mai multe șiruri (benzi) paralele, având între ele acoperiri transversale de 30%.

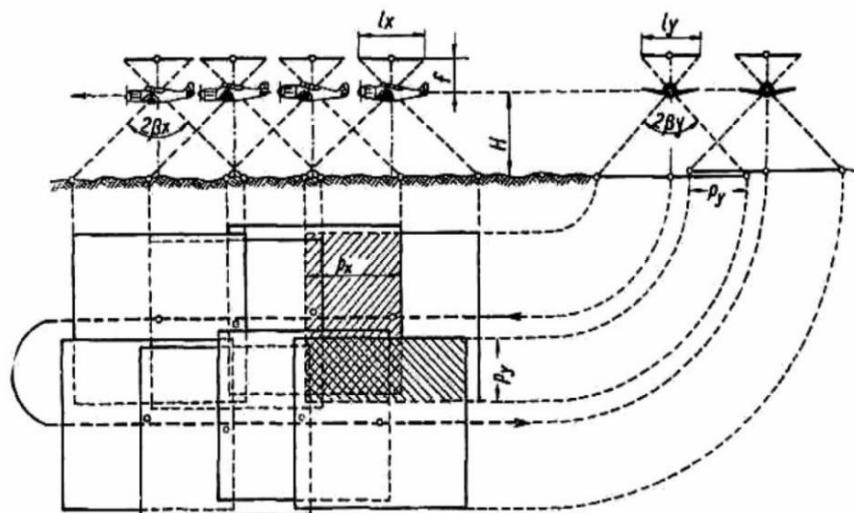


Fig. 1.5.2. Acoperirea transversală

Acoperirea transversală (Fig.1.5.2) obținută după fotografiere se calculează măsurând pe fotograme (în cm) acoperirea P_y realizată între fotogramele șirurilor adiacente și folosind formula:

$$q\% = \frac{P_y}{l_y} \cdot 100$$

unde: l_y este dimensiunea în cm a fotogramei în sens transversal direcției de zbor (de regulă, $l_y = l_x$).

După mărimea scării de fotografiere, metodele de aerofotografiere pot fi: la scară mare (scara de fotografiere mai mare de 1 : 10 000), la scară medie (scara de fotografiere cuprinsă între 1 : 10 000 și 1 : 30 000) și la o scară mică (scara de fotografiere mai mică de 1 : 30 000).

Scara de fotografiere se alege în funcție de o serie de factori, cum ar fi: scara planului care trebuie întocmit, precizia dorită, necesitatea descifrării pe fotograme a unor detalii de dimensiuni mici etc.

Dependența dintre scara de fotografiere m_f și scara planului m_p este dată de relația:

$$m_f = c \sqrt{m_p}$$

Odată cu perfecționarea continuă a opticii aparatelor fotoaeriene, factorul c a crescut de la 100-130 la 200.

Tinând seama de cerințele privind precizia necesară pentru măsurători, precum și de necesitatea de a putea descifra pe fotograme imaginile unor obiecte de dimensiuni mici, scările de aerofotografiere sunt cele din Tab. 1.5.1.

Tabelul 1.5.1.

Scările de aerofotografiere

Scara planului	Scara de fotografiere	Lungimea maximă a benzilor în km
1 : 1.000	1:3.000 - 1:5.000	3
1:2.000	1:4.000 - 1:7.000	5
1:5.000	1:8.000 - 1:10.000	15
1:10.000	1:12.000 - 1:15.000	25
1:25.000	1:20.000 - 1:30.000	35
1:50.000	1:30.000 - 1:40.000	45

După timpul când se execută, metodele de aerofotografiere pot fi de zi sau de noapte. Aerofotografiera în scopul întocmirii planurilor și hărților se execută numai ziua, între orele 11-14, timp în care dimensiunile umbrelor sunt reduse.

După intervalul spectral folosit, aerofotografiera se poate face cu materiale fotografice (emulsii) sensibile la razele cu lungimi de undă $X = 400 \dots 770$ mm din zona vizibilă (ortocromatice, pancromatic, color etc.), cu emulsii sensibile la razele cu lungimi de undă $X = 800 \dots 1\,800$ mm din zona infraroșie (materiale infra cromatice) și cu emulsii mixte, sensibile atât la razele vizibile cât și la cele infraroșii (materiale fotografice spectrozonale).

5.2. Pregătirea zborului de aerofotografiere

Ridicarea fotogrammetrică începe cu proiectarea lucrărilor fotogrammetrice ce urmează a se executa. Proiectantul trebuie să cunoască suprafața ce urmează a fi reprezentată, care se delimită pe o hartă la scara 1:100 000 sau 1:50 000. Totodată, trebuie să cunoască scopul ridicării, modul de exploatare a fotogramelor și precizia de atins pentru a putea întocmi proiectul de aerofotografiere, care trebuie să preciseze: camera fotogrammetrică (distanța focală, formatul fotogramelor), scara fotogramelor (în funcție de natura rezultatului, scara planului, performanțele ansamblului camerei, precizia ce se urmărește), înălțimea de zbor deasupra terenului (se calculează în funcție de distanța focală f a camerei și de scara fotogramelor), traseele de zbor trasate pe hartă (se ia distanța dintre ele de cca. 66 % din L pentru a se asigura o acoperire transversală între benzi de 33 %), acoperirea longitudinală a fotogramelor, adică de-a lungul benzii (se ia în mărime de 33% pentru exploatarea fotogramelor pe cupluri independente și de 66% pentru stereocupluri în serie), bineînțeles, natura filmului (pancromatic pentru scopuri metrice obișnuite) și timpul de expunere maxim pentru ca să nu se producă trenarea imaginii în condițiile date (viteza de zbor).

Scara de fotografiere se alege conform Tabelului 1.5.1.

Acoperirile pot fi preluate din Tabelul 1.5.2.

Cifrele de la numărător reprezintă acoperirea longitudinală, iar cele de la numitor, acoperirea transversală.

Tabelul 1.5.2.

Acoperirile longitudinale și transversale pe planul mediu al terenului

H	50	100	150	200	250	300	400	500	600	800	
800	63 35	66 40	69 46	73 53	78 62						
1000	62 34	64 38	67 42	70 48	73 53	77 60					
1 500	61 32	63 35	64 38	66 41	68 44	70 48	74 55				
2 000	61 32	62 34	63 36	64 38	66 40	67 42	70 48	73 53	77 60		
3 000	61 31	61 32	62 34	63 35	64 36	64 38	66 41	68 44	70 48	74 55	
4 000	61 31	61 32	62 33	62 34	63 35	63 36	64 38	66 40	67 42	70 48	73 53
6 000	60 31	61 31	61 32	61 32	62 33	62 34	63 35	64 36	64 38	66 41	68 44

Timpul de zbor necesar pentru fotografarea unei suprafețe de lungime a și lățime c se calculează conform formulei:

$$t = \frac{a(N+1)}{v}$$

unde: N este numărul de benzi necesare pentru a acoperi suprafața, stabilit în funcție de lățimea c ; v este viteza de zbor a avionului, în km/h.

Aerofotografiera unei suprafețe terestre în scopuri de cartografiere se execută pe baza unui proiect tehnic de zbor fotogrammetric, care include datele privind scopul lucrării, caracteristicile acestei lucrări, elementele calculate referitoare la

zbor și fotografiere, aparatura și materialele ce vor fi folosite, eficiența economică a soluțiilor stabilite etc.

Pentru proiectarea și executarea zborurilor fotogrammetrice este necesar să se cunoască condițiile meteorologice și optico-atmosferice favorabile înregistrărilor de bună calitate, datele inițiale de prelucrare și să se dispună de materialele cartografice existente în zonă.

Realizările tehnice în domeniile navegării aeriene și aerofotografierii permit ca în prezent să se execute zboruri pentru fotografierea în scopuri de cercetare și recunoaștere pe orice timp, în orice anotimp și la orice oră din zi și noapte. Dacă, însă, fotografiera se efectuează pentru cartografierea unor suprafețe, atunci trebuie respectate o serie de condiții ce reduc considerabil numărul zilelor de fotografiere și al orelor optime de zbor pentru înregistrare. Astfel, din cauza unor fenomene meteorologice (înnorarea și transparența variabilă a atmosferei), numărul zilelor favorabile din perioada lipsită de zăpadă scade sub o cincime, iar în acestea, durata medie a zilei de fotografiere este de 3-4 ore.

Formațiunile de nori care fac imposibilă fotografiera sunt cei de natură verticală (cumulus, cumulonimbus) și o parte din norii din stratul mijlociu (altocumulus, altostratus), deoarece se dezvoltă la înălțimi mici (300-500 m). În cazul în care norii sunt situați mai sus decât avionul, pe fotograme apar umbrele norilor sub forma unor pete de diferite forme. Totuși, norii cirrus și stratus aflați la mari înălțimi, nu împiedică fotografiera, ba mai mult, în unele cazuri când trebuie să se evite umbrele puternice ale obiectelor din teren (clădirile din orașe, văile sau râpele adânci etc.), o înnorare înaltă și continuă îmbunătățește calitatea imaginii.

În meteorologie înnorarea se evaluează după un sistem de zece grade: 0 – cerul senin, 5 – cerul acoperit pe jumătate și 10 – cerul acoperit complet. La evaluare se ține seama, de obicei, numai de partea de mijloc a cerului, adică 45° în jurul zenitului, întrucât la orizont este foarte greu să apreciem corect înnorarea.

În majoritatea cazurilor, norii cumulus fac fotografiera anevoieasă sau imposibilă. Aceștia încep să apară la orizont dimineața (în jurul orelor 8-10), cresc foarte repede, atingând valoarea maximă între orele 13-15, după care dispar. Acest fenomen apare mai ales în regiunile pădureoase și industriale și mai puțin în regiunile din jurul măriilor.

În condiții meteorologice favorabile (lipsa norilor, vântului etc), trebuie să facem o apreciere și asupra condițiilor optico-atmosferice ale timpului. Cel mai răspândit procedeu de apreciere a acestor condiții este procedeul observației vizuale a vizibilității diferitelor obiecte terestre și a vizibilității orizontului, așa-numita vizibilitate orizontală. Prin vizibilitate se înțelege distanța până la care se pot distinge obiectele observate. Aprecierea condițiilor de vizibilitate din avion se face pentru a determina dacă în condițiile respective înregistrarea va fi de bună calitate și pentru a stabili caracteristicile filtrelor care vor fi folosite.

În timpul zborului, condițiile optico-atmosferice se determină prin vizibilitatea verticală a reperelor, care se apreciază astfel: vizibilitate foarte bună – atunci când se disting reperele până la orizont (75° de la nadir); vizibilitate bună – până la 60° de nadir, respectiv, până la dublul înălțimii de fotografiere; vizibilitate satisfăcătoare – până la 45° sau până la o distanță egală cu înălțimea zborului; și vizibilitatea până la 30° de la nadir sau până la jumătatea înălțimii de fotografiere. În ultimul caz, fotografierea nu este posibilă, deoarece imaginea nu este de bună calitate și nu este posibilă orientarea vizuală în spațiu.

Din cele expuse, reiese că fotografierea pentru cartografiere se poate face numai după două ore de la răsărîtul soarelui, terminându-se cu trei ore înaintea apusului.

Hărțile folosite în lucrările de aerofotografiere se împart în hărți pentru zbor și hărți pentru fotografiere. Hărțile pentru zbor sunt folosite pentru orientarea generală, iar cele pentru fotografiere se folosesc de către pilot și navigator pentru orientarea de detaliu. Câteodată, din lipsă de hărți la scară convenabilă, se pot trece toate elementele pe o singură hartă. Ca hărți pentru aerofotografiere se folosesc hărți topografice la diferite scări, în funcție de scara la care se execută fotografiera. Pentru orientarea generală și cea în detaliu, în timpul fotografierii se aleg reperete terestre de orientare. Reperele de orientare terestre sunt elementele de pe suprafața terenului ce se fotografiază care sunt reprezentate pe hartă și care se pot identifica din avion pe teren.

Pentru a se putea folosi cu ușurință, punctele de orientare trebuie să fie vizibile de la distanțe mari, poziția acestora pe hartă să corespundă precis cu poziția lor reală din teren, configurația acestora să rămână neschimbăță în decursul timpului, iar dimensiunile acestora să permită observarea lor de la înălțimea de fotografiere.

Pentru a se putea observa în timpul zborului, lățimea minimă a reperelor de orientare trebuie să satisfacă relația:

$$L \geq \psi h,$$

în care ψ este acuitatea vizuală a observatorului în radiani și h este înălțimea de zbor la fotografiere. Valoarea minimă a lui ψ , în condiții optime de vizibilitate, este $\psi = 60''/\rho''$ în care $\rho'' = 206207$.

Ca repere de orientare terestre se pot alege: centre populate compacte, intersecții de șosele sau căi ferate, râuri, construcții mari izolate etc.

Dispunerea reperelor de orientare în zona de fotografiat este prezentată în Fig.1.5.3.

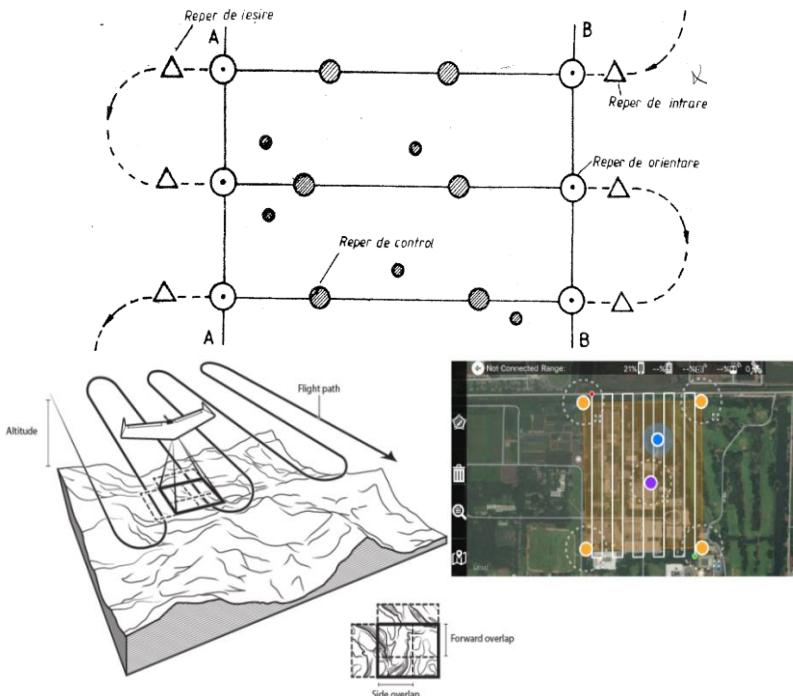


Fig. 1.5.3. Dispunerea reperelor de orientare în zonă

Precizia de determinare și identificare depinde de scara hărții; cu cât aceasta este mai mare cu atât punctele se pot marca mai precis pe hartă. Mai

avantajoasă pentru aerofotografiere este harta la care distanța dintre itinerare reprezentată la scară este cuprinsă între 1-2 cm.

Pe harta generală de zbor se trec limitele suprafeței de fotografiat (indicându-se ordinea de acoperire), limitele sectoarelor separate de fotografiere, aerodromurile și terenurile de aterizare ce se găsesc în sectoarele de zbor, zonele interzise pentru zboruri și înregistrare și valoarea declinației magnetice.

Pe hărțile folosite la fotografiere se trasează limitele sectorului de fotografiat (cu linii roșii groase), limitele trapezelor și itinerarele de ridicare (cu linii roșii subțiri). Direcțiile itinerarelor de zbor în limitele sectorului de fotografiat se trasează continuu, intrerupându-se la intersecțiile cu reperele importante din teren, iar în afara zonei de fotografiat, se prelungesc punctat pe o distanță de 5-10 km. În afară de acestea, pe marginea hărții se arată numărul de fotograme necesare pentru controlul intervalului de așteptare, direcția magnetică de drum și înălțimea de fotografiere.

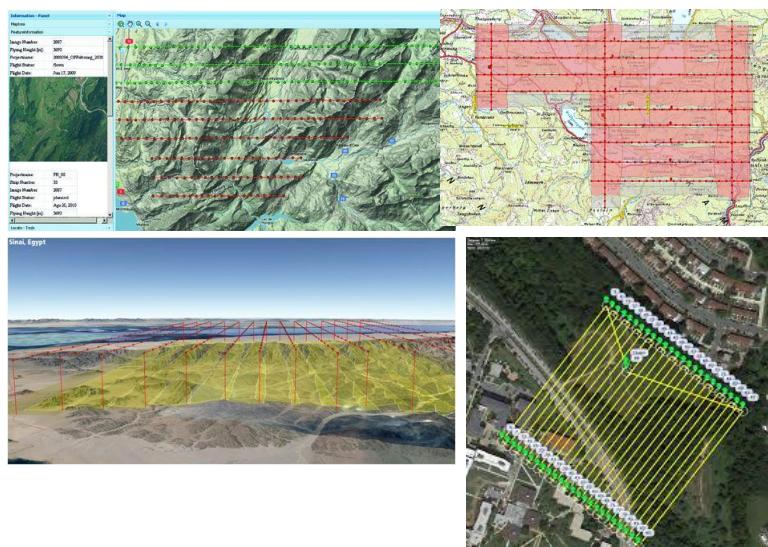


Fig.1.5.4. Variante/modele de proiecte de zbor fotogrammetric (hărți digitale Topoflight)

Înainte de proiectarea și calcularea elementelor necesare aerofotoridicării, trebuie studiate condițiile fizico-geografice, climatice, meteorologice și particularitățile regiunii de înregistrat.

Studierea caracteristicilor reliefului face posibilă determinarea influenței și a mărimii corecțiilor de relief aplicate acoperirii longitudinale și transversale a fotogramelor, a limitelor diferitelor secțiunii de fotografiat și a altitudinii medii a sectoarelor față de nivelul mării.

Caracteristicile climatice ale zonei permit stabilirea timpului probabil de începere și terminare a perioadei de fotografiere, în vederea fixării numărului de avioane necesare pentru înregistrarea suprafeței respective.

Datele meteorologice indică direcția predominantă a vântului la sol și la înălțime (pe luni), temperatura medie lunară a anului respectiv, numărul de zile cu precipitații atmosferice, nebulozitatea și numărul de zile senine și noroase. Cu aceste date se stabilește numărul probabil de zile bune pentru fotografiere în cursul unei luni și durata medie a zilei de fotografiere.

O importanță mare o are și studierea materialului cartografic (hărți, planuri, scheme) din zona ce urmează a fi fotografiată. Aceste date sunt necesare pentru întocmirea grafică a proiectului și pentru planificarea zborurilor suplimentare necesare recunoașterilor zonelor de fotografiat.

Sunt necesare, de asemenea, date despre terenurile potrivite pentru aterizare în regiunea de lucru și depărtarea acestora față de sectoarele de fotografiat.

Pentru obținerea datelor inițiale se vor utiliza și diferite date statistice referitoare la regiunea de fotografiat.

Dispunând de datele inițiale prezentate, poate fi efectuat calculul elementelor principale ale proiectului și întocmit proiectul de zbor fotogrammetric. După aprobat, proiectul devine documentul principal de lucru al expediției fotogrammetrice.

Calculele pentru proiectul tehnic servesc ca bază pentru executarea lucrărilor aero-fotogrammetrice.

Elementele fotogrammetrice ale proiectului de zbor se calculează în funcție de o poziție ideală a navei în timpul zborului. Prin aceasta se înțelege că se păstrează

totdeauna înălțimea de fotografiere (h), iar nava se menține pe itinerarul de zbor într-o poziție riguros orizontală. În realitate însă, din cauza condițiilor atmosferice, itinerarele se mențin cu o anumită precizie, instrumentele de bord au anumite erori, iar terenul, în general, prezintă diferențe de nivel. Ca atare, trebuie să cercetăm precizia înregistrărilor, în funcție de variația unor elemente de aeronavigație și a reliefului.

Navigația aeriană pentru fotografiere se deosebește de navigația obișnuită prin precizia cu care trebuie executată.

Calcularea precisă a itinerarelor și executarea corectă a zborului după drumul calculat asigură atât obținerea unor benzi în linie dreaptă, cât și paralelismul între acestea. Realizarea aspectelor semnalate asigură satisfacerea celei mai dificile condiții impuse de fotogrammetrie, adică acoperirea transversală necesară (A_y).

Acoperirea transversală între benzile adiacente de zbor va avea valoarea nominală de minim $30\% \pm 5\%$, astfel încât să poată facilita obținerea de ortofotoimagini de calitate.

Aerofotografierea se poate realiza când unghiul de elevație al Soarelui este mai mare de 25° . Aerofotografierea poate avea loc doar în condiții de vizibilitate care nu vor afecta în mare măsură redarea culorilor naturale. Detaliile relevante nu trebuie pierdute din cauza voalului atmosferic sau a prafului. Imaginele fotogrammetrice nu trebuie să prezinte nori, umbre accentuate sau fum.

Aparatele de navigație aeriană nu asigură precizia necesară unghiului de drum și menținerea lui în zbor. În practica lucrărilor, corectarea drumului executat instrumental se face cu ajutorul reperelor terestre de orientare. Se vor analiza erorile ce se fac în zbor, fără a se ține seama de controlul pe repere terestre.

După executarea zborului de aerofotografiere se trece la verificarea aerofotogramelor obținute, operație care se referă la: calitatea imaginilor fotografice, acoperirile longitudinale și transversale, rectiliniaritatea benzii, unghiuurile de derivă, unghiuurile de înclinare ale fotogramelor, numărul de

fotografii realizate pentru suprafața dată și abaterea înălțimii medii de fotografiere față de valoarea indicată în proiect.

Abaterea înălțimii medii de fotografiere între fotograme în raport cu valoarea indicată în proiect duce la diferențe mari de scară. După mărimea abaterii înălțimii medii de fotografiere față de valoarea proiectată H , zborul se apreciază ca: foarte bun, când abaterea nu întrece 3% H ; bun, când abaterea este cuprinsă între 3 și 5% H ; satisfăcător, când abaterea este mai mare de 5% H .

5.3. Captarea de imagini cu UAV-UL

Pornind de la necesitatea unor costuri reduse pentru implementare și întreținere, a luat naștere o tehnologie mai eficientă, nu numai din punct de vedere economic, ci și calitativ.

UAV-ul poate fi văzut deci ca un supliment sau înlocuitor al fotogrammetriei terestre și al domeniilor anexe, precum topografia sau cadastrul.

Comparativ cu alte tehnologii, UAV-ul asigură o acoperire foarte mare într-un timp scurt (100 ha/oră) și cu un diapazon de distribuție a preciziei cuprins între valori centimetrice și metrice, în funcție de produsul dorit.

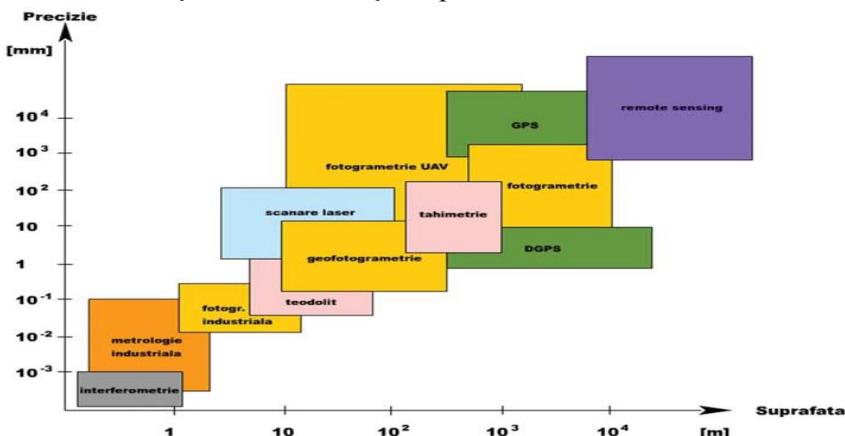


Fig.1.5.5. Compararea tehnologiei UAV cu alte tehnologii după precizia datelor

Fotogrammetria UAV poate fi percepută ca fiind o nouă unealtă sau ramură a fotogrammetriei clasice. UAV deschide noi perspective în domeniul înregistrărilor realizate de la distanțe mici și mijlocii, dar, de asemenea, face introducerea și către noi alternative.

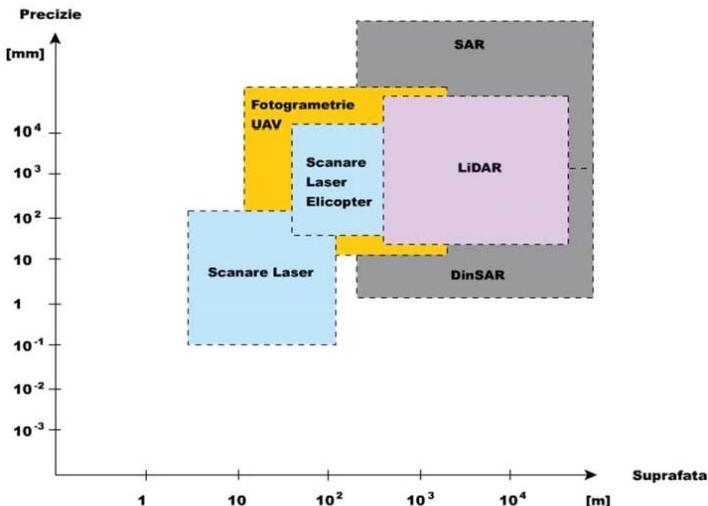


Fig.1.5.6.Compararea tehnologiei UAV cu alte tehnologii

Odată cu evoluția tehnicii, a crescut necesitatea informațiilor cât mai precise obținute într-un timp scurt de pe o suprafață cât mai mare.

Cu ajutorul tehnologiei UAV, se pot obține aceste date chiar și din zone care înainte erau considerate periculoase sau inaccesibile.

Aveam capacitatea de a efectua măsurători de la o distanță sigură fără pericolul accidentelor sau producerii de pagube.

Hexacopterul poate ajunge acolo unde niciun alt instrument de măsurare nu poate ajunge cu usurință, preluând o multitudine de tipuri de date, în acest fel se reduc timpul și costurile de execuție.

Dintr-un singur zbor, tehnologia UAV poate furniza date pentru o suprafață de peste 30 km pătrați, în funcție de rezoluția cerută și de caracteristicile și forma zonei studiate.

Cu o procesare mai rapidă comparativ cu metodele clasice se pot obține produse variate.



Fig.1.5.7. Caracteristicile zborului

În urma rezultatelor unui studiu realizat în prima jumătate a lunii august 2016 de DroneDeploy, Mike Winn, co-fondator și CEO al companiei, constată: „Pentru a acoperi o suprafață mai extinsă, majoritatea utilizatorilor de drone mai degrabă s-ar opri de mai multe ori, pentru a schimba bateriile unui quadcopter (sau pentru reîncărcare), decât să asambleze și să pregătească înainte de zbor o dronă cu aripă fixă”. Conform noului studiu (Commercial Drone Industry Trends), efectuat de DroneDeploy din San Francisco, California, dronele cu aripă fixă (*fixed-wing*) nu sunt foarte solicitate pe piață. Dronele quadcopter sunt, de departe, mult mai vândute și mai utilizate, pentru aproape orice activitate sau domeniu. Informația care arată procentul de utilizare a dronelor cu aripă fixă în comparație cu cele multi-rotor „nu este o veste tocmai bună pentru cei care produc numai acest model de drone, dar reprezintă un ajutor pentru factorii de decizie”. Poate fi cauza sau motivarea pentru care majoritatea producătorilor de drone *fixed-wing* pentru uz comercial sau industrial dezvoltă, produc și comercializează și UAV-uri quadcopter sau alte modele multi-rotor. În general, o dronă cu aripă fixă zboară pe o distanță mai lungă și acoperă o suprafață mai mare la o singură încărcare a bateriei decât cele multi-rotor, dar din studiu reiese că sunt utilizate în doar 6 procente din totalul

zborurilor în scop comercial. Companii precum SenseFly (Cheseaux-sur-Lausanne, Elveția, companie ce aparține grupului Parrot SA, Paris, Franța), pentru dronele eBee AG și eBee SQ, 3D Robotics (Berkeley, California) pentru Aero-M, sau PrecisionHawk Inc. (Raleigh, Carolina de Nord) pentru Lancaster 5, lucrează la îmbunătățirea indicilor de performanță, printre care rezistență mecanică și anduranță. Dronele cu aripi fixe pot fi programate înainte de lansare:

- a) să zboare pe un anumit traseu predeterminat
- b) să survoleze suprafețe destul de întinse
- c) să capteze imagini într-un anumit interval de timp al zborului
- d) să capteze imagini de la o altitudine prestabilită.

Imaginea de înaltă rezoluție a întregii suprafețe controlate obținută de operator cu ajutorul softului instalat prin asamblarea fotografiilor, a imaginilor capturate, le face utile în:

- a) inspecția construcțiilor sau a altor structuri
- b) verificarea liniilor de cale ferată sau a căilor rutiere
- c) topografiere și cartografiere
- d) inspecția minelor de suprafață și siturilor arheologice
- e) monitorizarea infrastructurii de înaltă tensiune
- f) inspecția conductelor de petrol sau gaz
- g) monitorizarea terenurilor sau culturilor agricole etc.

În același timp, producătorii de UAV quadcopter sunt angajați în dezvoltarea unor tehnologii care să permită o decolare mai rapidă și controlul mai ușor al zborului de către operatori. Dronele multi-rotor sunt preferate aproape peste tot datorită manevrabilității lor superioare. În funcție de sarcina utilă cu care sunt echipate (camere foto și/sau video, senzori acustici, optici și/sau de mișcare, camere termale și/sau cu infraroșu, scanere etc.), dronele quadcopter pot prelua imagini în timp real. Traseul de parcurs poate fi programat în prealabil, ca și la dronele cu aripi fixe.

De regulă, sunt utilizate pentru a obține imagini ale obiectivelor aflate în spații mai greu accesibile sau cu grad de pericol înalt și în operațiuni de scurtă durată (instalații de gaz, centrale nucleare, zone de conflict și/sau aglomerări de persoane, monitorizarea faunei, instantanee și/sau transmisiuni foto/video în direct etc.). La ambele modele se pot adăuga echipamente care să furnizeze imagini 3D de calitate.

În ultimul an, cel mai frecvent folosite drone din punctul de vedere al componentei hard au fost DJI (Shenzhen, Guangdong, China), SenseFly, 3DRobotics, AgEagle (AgEagle Aerial Systems Inc., Neodesha, Kansas) și Parrot. Camerele cele mai populare de pe piață au fost DJI, Canon (Tokio), Sony (Minato, Tokio), GoPro (San Mateo, California) și Mapir (Peau Productions, Inc., San Diego, California).

Aplicațiile ajută organizații comerciale din industrie, agricultură sau din sfera serviciilor la cartografiere, măsurarea traficului, securitate și supraveghere, monitorizarea culturilor și sănătății plantelor, propagarea insecticidelor și multe altele.

Procesul de captare a imaginilor este ilustrat în continuare.

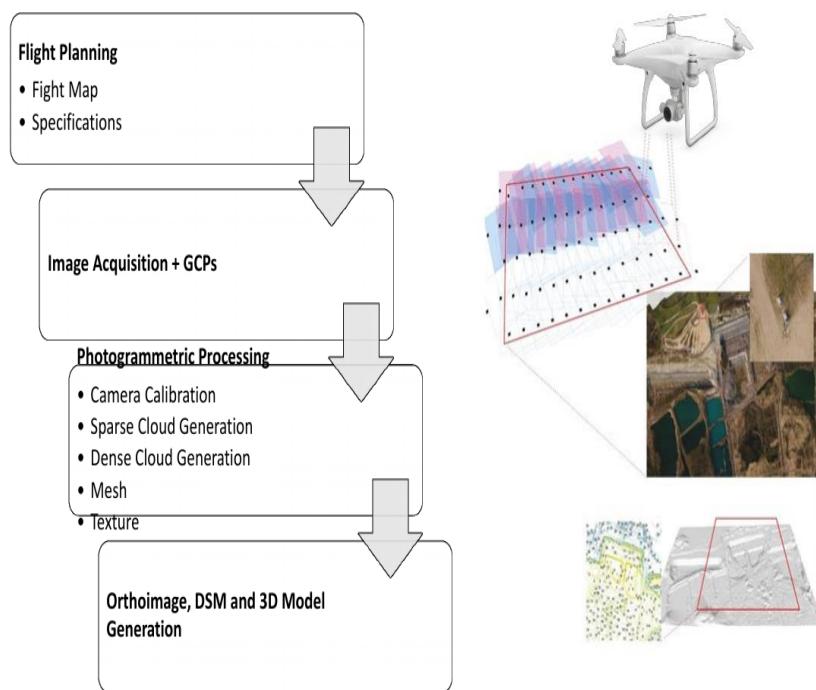


Fig.1.5.8. Fluxul de lucru general al cartografierii UAV

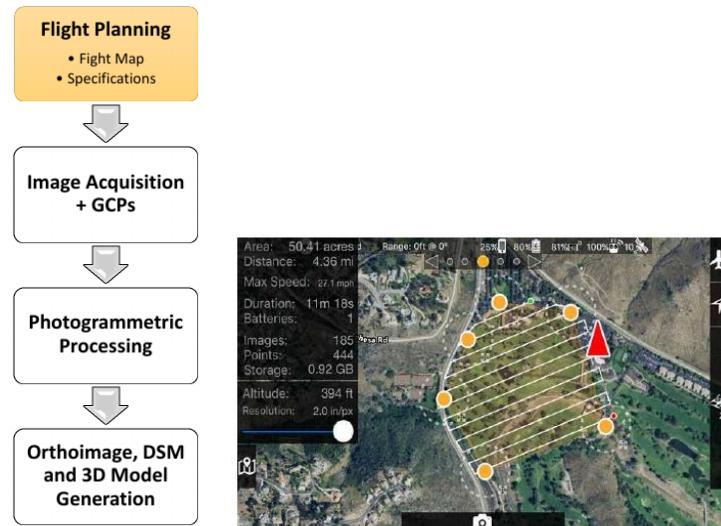


Fig.1.5.9. Fluxul de lucru, planificarea misiunii

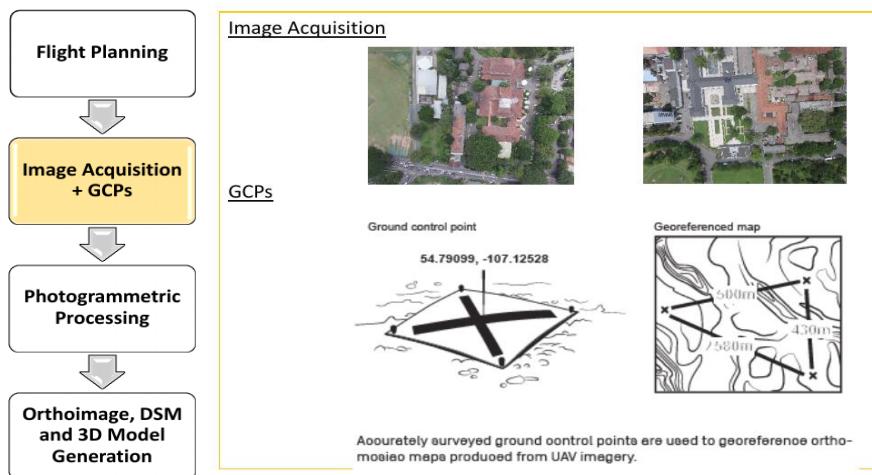


Figura 1.5.10. Fluxul de lucru, calitatea imaginilor și punctele de control

Proiectare GCP (Pucte de control la sol)

GCP este orice punct a cărui poziție este cunoscută în spațiu-obiect, în sistemul de coordonate de referință și ale căror imagini pot fi identificate în mod sigur în fotografii.

GCP-urile trebuie să fie:

- clare și clar marcate pe toate fotografiile
- plasate în locuri favorabile în fotografii.

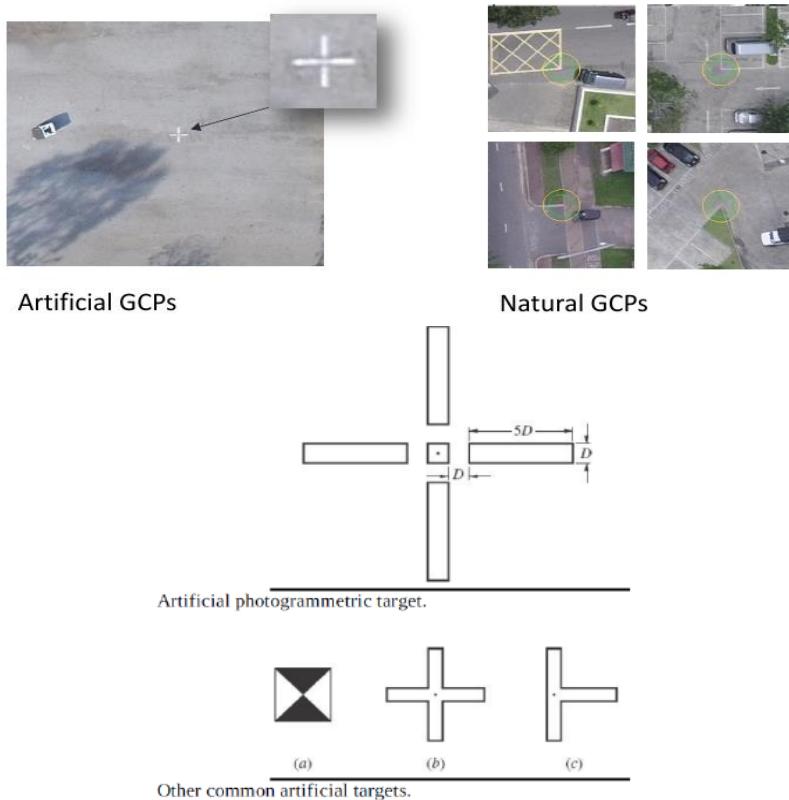


Fig. 1.5.11. Puncte de control la sol

5.4. Elaborarea planului ORTOFOTO

Ortofotoploul color în format digital este un produs aerofotogrammetric la o anumită scară care reprezintă fotografic o porțiune a suprafeței terestre. Realizat dintr-un mozaic de ortofotoimagini suprapuse parțial longitudinal și transversal, ortofotoploul este, de fapt, o hartă foto care oferă informații vizuale precise asupra unei suprafețe de teren intra-/extravilan.

Fiind compus din fotograme aeriene asamblate și corectate geometric, un ortofotoplan are caracteristici cantitative precise. Se pot măsura cu acuratețe suprafețe, unghieri, distanțe, perimetre.

În acest capitol va fi descris procesul de prelucrare a imaginilor utilizând softul Pix4D. Pentru a putea utiliza softul Pix4D e necesar a parurge pașii descriși în continuare.

1. Înregistrare

Creați un cont Pix4D:

Urmați linkul sau copiați-l în bara de adrese a browserului:

<https://cloud.pix4d.com/signup/>

1.1 Completăți pagină de înregistrare a noului utilizatorilor:

The screenshot shows the Pix4D Cloud sign-up interface. At the top, there's a navigation bar with links for Store, Support, Settings, Licenses, and Log in. The main heading is "Start with a free account". Below it, there are input fields for "First name", "Last name", and "Email", each with a placeholder and a red asterisk indicating required fields. There's also a "Password" field with a placeholder "At least 6 characters" and a "Software usage" dropdown menu currently set to "Pix4D". Further down, there's a "Country" dropdown set to "Switzerland". On the right side, a sidebar box is titled "Sign up in a minute and get a 15-day trial including full access to:" and lists three items with green checkmarks: "Pix4Dmapper desktop", "Pix4D cloud", and "Personal technical support". At the bottom, there's a section for "The following conditions apply:" with two links: "PixelCloud Terms Of Service" and "PixelCloud Privacy Policy". A checkbox labeled "Yes, I agree with the above conditions" is followed by a "CREATE ACCOUNT" button.

Fig.1.5.12. Fereastra de înregistrare

- 1.2 Apăsați CREATE ACCOUNT (Crearea contului nou).
- 1.3 Un e-mail de confirmare va fi trimis la adresa de e-mail. Deschideți-l și faceți clic pe inscripția *Confirmăți adresa de e-mail*.
- 1.4 Contul dvs. Pix4D a fost creat și confirmat.

2. Activare

Dacă licența nu este încă legată de contul dvs. în timpul procesului de achiziție online, activarea licenței vă oferă garanția că sunteți proprietarul licenței. Mai întâi, verificați contul dvs. Pix4D. Dacă nu, creați un cont Pix4D, aşa cum este descris în secțiunea **Înregistrare**.

Procedura de activare a licenței:

- 2.1 Faceți clic pe linkul *Activation Instructions* (Instrucțiuni de activare) din *License Certificate* (certificatul de licență), pe care l-ați primit când ați achiziționat o licență Pix4D sau urmați linkul: <https://cloud.pix4d.com/license-redeem/>

2.2 Introduceți cheia de licență în rândul de mai jos (Fig 1.5.13).

2.3 Faceți clic pe *Redeem* (Activare) și licența va fi legată de contul dvs.

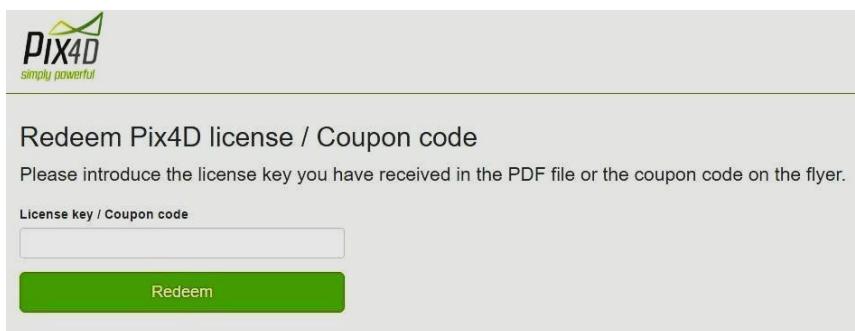


Fig.1.5.13. Activarea licenței

3. Setări de computer recomandate

Mai jos sunt setările minime și recomandate ale computerului și ale sistemului.

3.1. Minime

Windows 7, 8, 10, Server 2008, Server 2012, 64 bit.

Orice procesor (recomandat Intel i5/ i7/ Xeon).

Orice nucleu de procesor compatibil cu OpenGL 3.2. (placă grafică integrată Intel HD 4000 sau mai mare).

Proiecte mici (mai puțin de 100 de imagini la 14 MP): 4 GB RAM, 10 GB spațiu liber pe hard disk.

Proiecte medii (de la 100 pînă la 500 imagini la 14 MP): 8 GB RAM, 20 GB spațiu liber pe hard disk.

Proiecte mari (de la 500 la 2000 imagini la 14 MP): 16 GB RAM, 40 GB spațiu liber pe hard disk.

Proiecte foarte mari (de la 2000 imagini la 14 MP): 16 GB RAM, 80 GB spațiu liber pe hard disk.

3.2. Recomandate

a) Windows 7, 8, 10 64 bit.

Procesor cu patru sau șase nuclee Intel i7/Xeon.

Nucleul CPU GeForce, compatibil cu OpenGL 3.2 și 2 GB RAM.

Hard disk: SSD.

Proiecte mici (mai puțin de 100 imagini la 14 MP): 8 GB RAM, 15 GB spațiu liber pe hard disk.

Proiecte medii (de la 100 la 500 imagini la 14 MP): 16 GB RAM, 30 GB spațiu liber pe hard disk.

Proiecte mari (mai mult de 500 imagini la 14 MP): 32 GB RAM, 60 GB spațiu liber pe hard disk.

Proiecte foarte mari (mai mult de 2000 imagini la 14 MP): 64 GB RAM, 120 GB spațiu liber pe hard disk.

4. Descărcare și instalare software

Două versiuni sunt disponibile pentru descărcare în orice moment:

- Desktop Pix4D: această versiune este destinată procesării.
- Pix4D Desktop Preview: Această versiune are cele mai recente funcții, dar nu este destinată procesării.

4.1. Descărcare

Pentru a descărca software-ul:

1. Urmați link-ul: <https://cloud.pix4d.com/download/>.

2. Descărcați Desktop Pix4D sau Pix4D Desktop Preview.

4.2. Instalare

După descărcarea software-ului, instalați-l după cum urmează:

1. Faceți dublu clic pe fișierul descărcat. Aceasta va porni expertul de configurare Pix4Dmapper.

2. (Optional): Dacă apare o fereastră pop-up Open File - *Security Warning*, (Fișier Deschidere - avertizare de securitate), faceți clic pe **Run** (Executare).



Fig.1.5.14. Fereastră pop-up Open File - Security Warning

4.3. În fereastra pop-up de instalare *Pix4Dmapper Setup*, în fereastra *Welcome to the Pix4Dmapper Setup Wizard*, faceți clic pe *Next*.

4.4. (Optional) Faceți clic pe *Browse* pentru a modifica calea de destinație a instalării și faceți clic pe *Next >*.



Figura 1.5.15. Fereastra Pix4Dmapper Setup

4.5. Apăsați Install

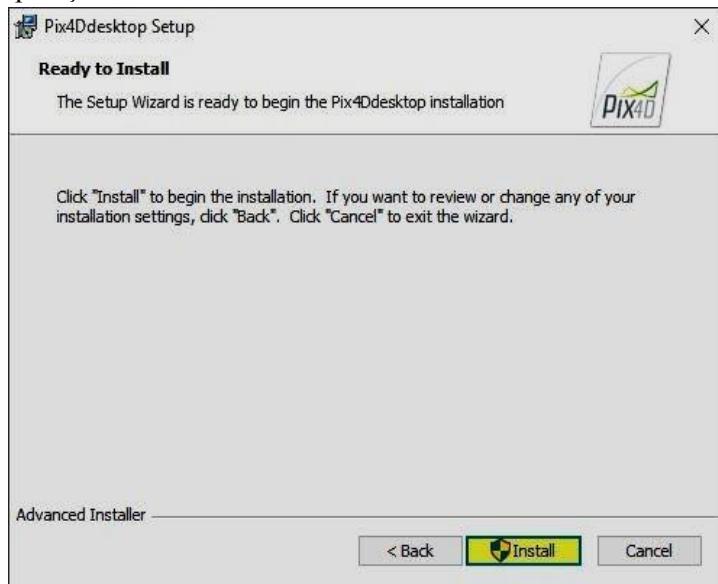


Fig.1.5.16. Fereastra Pix4Dmapper Setup

4.6. (Optional) În fereastra de informații a software-ului: „Do you want to allow the following program to install software on this computer?” („Permiteți acestui program să efectueze modificări pe acest computer?”), Faceți clic pe **Yes** (Da).

4.7. Faceți clic pe **Finish** (Finalizare).

4.8. După finalizarea instalării, apare o comandă rapidă pe desktop și programul se deschide automat.

4.9. Când deschideți pentru prima oară software-ul, se va deschide o fereastră Pix4D Desktop Login:



Fig.1.5.17. Fereastra de logare

5. Crearea unui proiect nou

Această secțiune descrie pas cu pas procesul de creare a unui nou proiect. Un pachet de date de probă poate fi descărcat de pe [Pixel4D Knowledge Base](#).

Pentru a crea un nou proiect:

5.1. Lansați Pix4Dmapper.

5.2. În bara de meniu, faceți clic pe Project > New Project

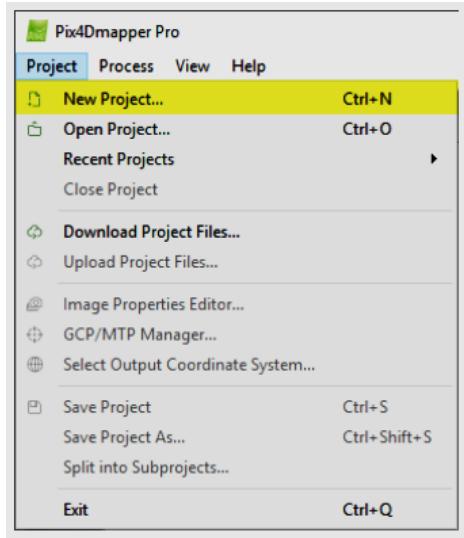


Fig.1.5.18. Crearea proiectului nou

5.3. Expertul de instalare pentru noul proiect se deschide:

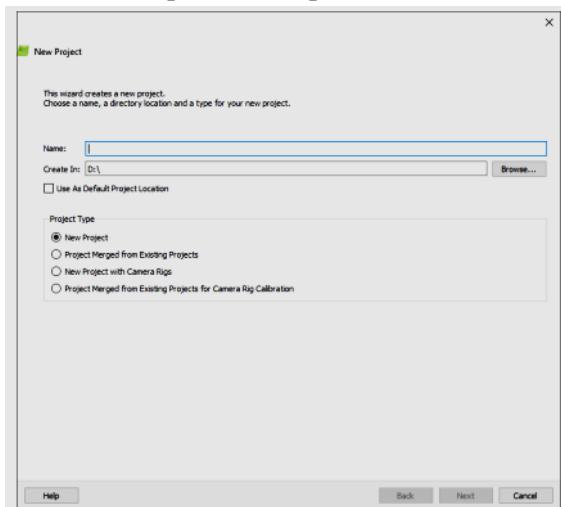


Fig.1.5.19. Setarea noului proiect

5.4. În coloana *Name*: introduceți numele proiectului.

5.5. (Optional) În fereastra *Create in*: faceți clic pe *Browse...* În fereastra pop-up **Selectare proiect**, selectați folderul unde vor fi salvate proiectul și rezultatele și faceți clic pe **Selectare dosar**.

Atenție: Asigurați-vă că:

- Numele proiectului nu conține caractere speciale.
- Numele căii către proiect nu utilizează caractere speciale.
- Numele proiectului și numele căii împreună nu conțin mai mult de 128 de caractere.

5.6. (Optional) Selectați caseta de selectare *Use As Default Project Location* (Utilizare implicită pentru a salva toate proiectele noi în folderul selectat).

5.7. În coloana *Project Type* (Tipul proiectului), lăsați proiectul nou selectat implicit.

5.8. Faceți clic pe *Next*.

6. Importați imagini

În fereastra **Selectați imagini**:

6.1. Faceți clic pe *Add Images...* (Adăugați imagini) pentru a adăuga imagini.

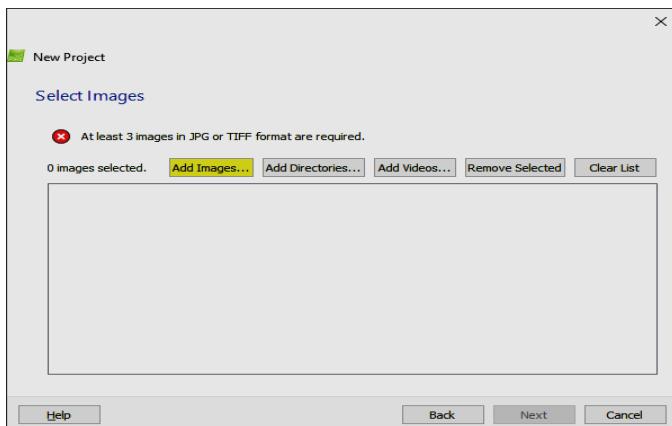


Fig. 1.5.20. Importul de imagini

6.2. În fereastra de selectare a imaginilor selectați folderul în care sunt stocate imaginile, selectați imaginile de importat (puteți selecta mai multe imagini simultan) și faceți clic pe *Open* (Deschide).

6.3. Faceți clic pe *Next*.

7. Setări imagine

Expertul pentru noul proiect afișează fereastra **Proprietăți imagine**, care conține 3 secțiuni:

Geolocația imaginii:

Setează sistemul de coordonate la care se referă localizarea imaginii.

Importă/exportă coordonatele și, opțional, orientarea imaginilor și/sau precizia coordonatelor. Setează precizia localizării imaginii.

Camera modelului selectat: Setează și configerează modelul camerei asociate imaginilor.

Tabelul de imagini: Afisează imaginile selectate, precum și grupul, poziția, precizia poziției și orientarea fiecărei imagini și dacă imaginea este activată sau nu (o imagine activată va fi luată în considerare pentru procesare).

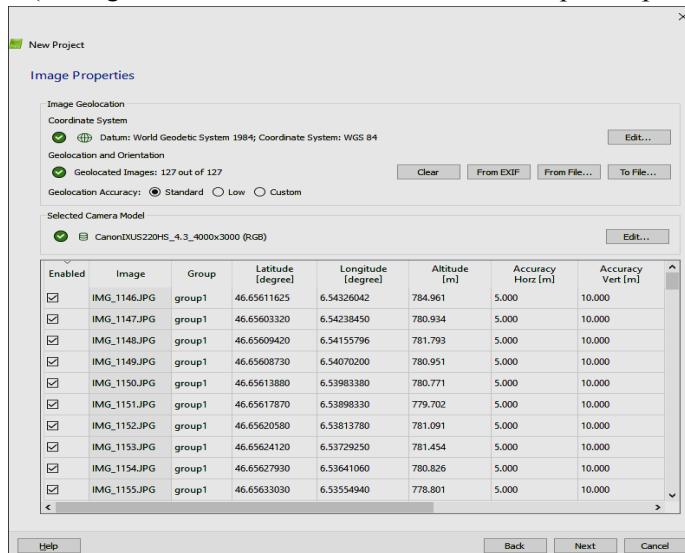


Fig. 1.5.21. Setări pentru imagini

Înainte de a face clic pe **Următorul**, există trei pași suplimentari:

a. (Optional) Selectarea sistemului de coordonate al imaginii

Dacă este specificată localizarea imaginii într-un alt sistem de coordonate decât WGS84 (implicit), faceți clic pe *Edit...* sub sistemul de coordonate și selectați sistemul de coordonate al imaginilor.

b. (Optional, dar recomandat) Importă geografia și orientarea imaginii

Dacă sunt stocate informații despre geolocația (poziția) imaginii în EXIF, acestea vor fi încărcate automat.

Notă: informațiile despre localizarea geografică pot fi, de asemenea, importate dintr-un fișier, pentru a face acest lucru, faceți clic pe *From the file...* (Din fișier ...).

Notă:

- Software-ul utilizează câmpul de date cu EXIF pentru a determina ordinea în care au fost realizate fotografiile.

- Pasul 1. Procesarea inițială este mai rapidă în cazul proiectelor cu localizarea geografică a imaginilor. În caz de suprapunere insuficientă, geolocalizarea imaginilor ajută la calibrarea acestora.

c. (Optional) Editați modelul de cameră selectat.



Fig. 1.5.22. Imagini transferate

Pentru a începe procesarea în Pix4Dmapper, trebuie să selectați un model de cameră. Parametrii acestui model depind de camera cu care au fost realizate fotografiile. Majoritatea camerelor își păstrează numele în

metadatele imaginii în format EXIF. Acest câmp este utilizat pentru a lega modelul camerei de fotografiat de fotografiile realizate cu aceasta.

Secțiunea **Modelul camerei selectate** din fereastra **Proprietăți imagine** afișează modelul camerei selectate. Modelul camerei poate fi:



Valabil: Un marcaj verde indică faptul că modelul aparatului foto este valabil. Modelul de cameră este valabil dacă este prezent în baza de date a modelelor de camere Pix4Dmapper sau cu condiția să existe suficiente informații în datele de imagine EXIF pentru a crea un nou model de cameră care va fi stocat în baza de date a camerelor utilizatorului. Dacă modelul camerei este extras din datele EXIF, se recomandă să verificați parametrii modelului camerei și, dacă este necesar, să îi modificați.



Invalid: Un X roșu indică faptul că aparatul foto nu este valid. O astfel de cameră nu este în baza de date a modelelor de camere Pix4Dmapper sau informațiile în format EXIF ale imaginilor nu sunt suficiente. În acest caz, modelul aparatului foto trebuie setat manual.

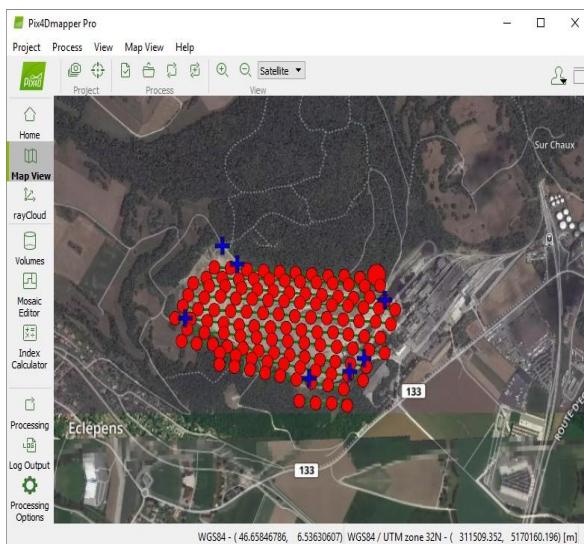


Fig. 1.5.23. Vizualizarea punctelor imagine

8. Etapele procesării

8.1. Prelucrarea inițială

În această etapă, imaginile și datele sursă suplimentare, cum ar fi punctele de referință, sunt utilizate pentru următoarele sarcini:

- Înlăturarea punctelor de legătură: identificați caracteristicile specifice imaginilor ca puncte de legătură.
- Identificarea punctelor de legătură: găsirea imaginilor care au aceleași puncte de legătură și identificarea acestora.
- Optimizarea modelului camerei: calibrarea parametrilor interni (distanță focală etc.) și externi (orientare etc.).
- Geolocația GPS/GCP: efectuați poziționarea modelului cu informațiile disponibile despre poziționarea geografică.

În acest stadiu, se creează puncte de legătură automate. Acestea reprezintă baza etapelor ulterioare de procesare.

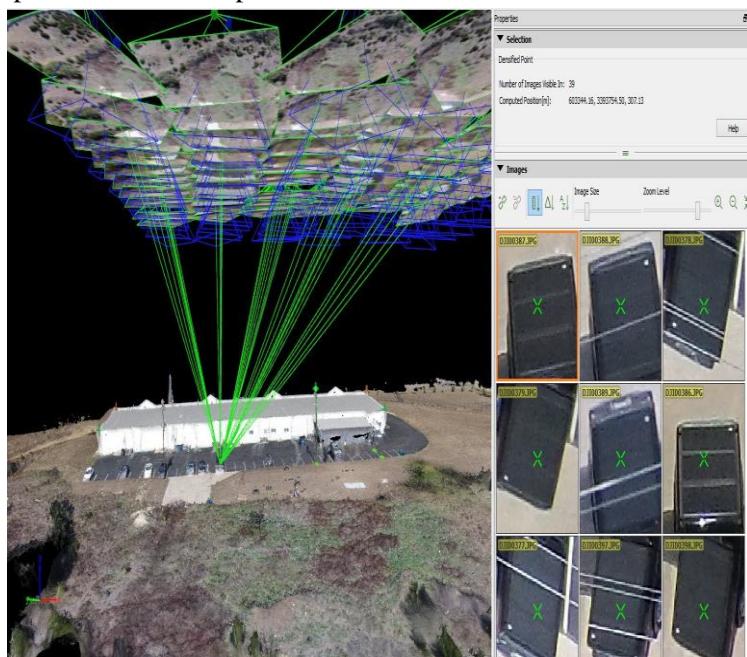


Fig. 1.5.24. Imagini cu pucte la sol comune

8.2. Nor de puncte

În acest stadiu, pe baza punctelor automate de legătură, va fi efectuată îndesirea punctelor, în care punctele suplimentare de legătură sunt create pe baza punctelor de legătură automate, alcătuind un nor dens de puncte.

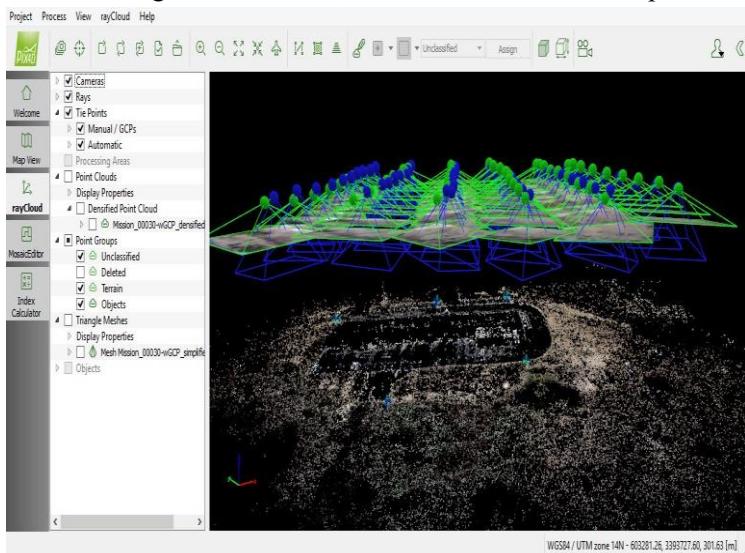


Fig. 1.5.25. Crearea norului de puncte

8.3. Modelul de suprafață digitală, ortofoto și index

În acest stadiu se creează:

- Modelul de suprafață digitală (DSM): Crearea unui DMS vă permite să calculați volumele, ortofotoplânurile și hărțile de reflexie.
- Ortophotomap: Crearea unei hărți ortofoto se bazează pe ortotransformare. Această metodă elimină distorsiunea imaginilor de proiecție centrală.
 - Harta de reflexie: Scopul este de a crea o hartă în care valoarea fiecărui pixel arată cu acuratețe reflexia obiectului.
 - Index: Creați o hartă index pe care se calculează culoarea fiecărui pixel folosind o formulă care combină diferențele intervale ale hărții de reflexie.



Fig. 1.5.26. Model digital al terenului (DMS)

8.4. Puncte pivot (de control)

Această metodă este utilizată atunci când imaginile geografice și punctele de control sunt situate în sisteme de coordonate cunoscute, care pot fi selectate în baza de date a sistemelor de coordonate Pix4Dmapper. Aceste două sisteme nu trebuie să fie identice. Pix4Dmapper poate efectua conversia dintre sisteme de coordonate cunoscute. Aceasta este cel mai frecvent întâlnit caz, permitându-vă să marcați puncte de ancorare pe imagini cu intervenția minimă a utilizatorului. Totuși această metodă nu este potrivită pentru procesarea accelerată, în care diferitele etape de procesare încep automat una după alta și nu necesită nici o intervenție a utilizatorului.

Puncte de control la sol (GCP)

- Distribuție bună în setul de date
- Vizibile pe mai multe imagini
- 5-8 puncte sunt suficient pentru până la 1000 de imagini
- Raportul de calitate arată eroarea de reproiectare.

Modulul Tehnologia Dronelor

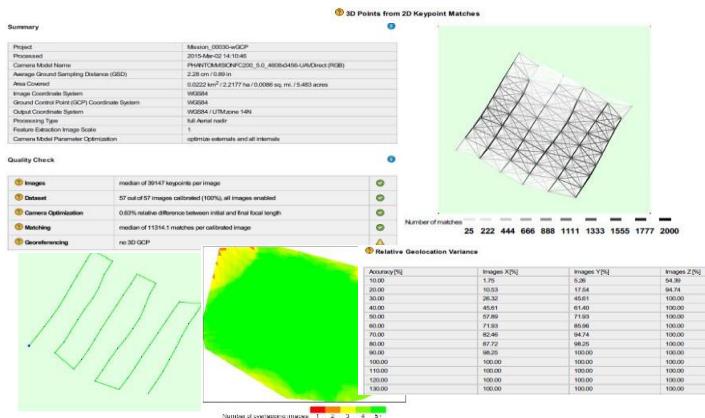


Fig. 1.5.27. Raportul calității

Obținerea GCP-urilor

- Metode tradiționale de analiză
- RTK dispozitiv GPS
- Mai puțin exactă
- Google Earth
- Aplicația smartphone
- Dispozitiv GPS portabil



Fig. 1.5.28. Obținerea GCP-urilor

Instrucțiuni

1. Obțineți coordonatele prin măsurători ale punctelor de control în câmp sau din alte surse.
2. Adăugați/importați puncte de reper utilizând **Managerul punctelor de reper/îndesire fără a le marca**.
3. În bara de meniu, faceți clic pe **Vizualizare> Editare**. Panoul de procesare va apărea în partea de jos a ferestrei principale.
4. Selectați: 1. Procesarea inițială și dezactivarea etapelor; 2. Punctul nor și suprafața și 3. DMS, ortofoto și index.

5. Faceți clic pe **Start**.



Fig. 1.5.29. Panoul de procesare

6. Când procesarea inițială este completă, marcați punctele de control în rayCloud. În bara laterală din stânga, în secțiunea **Straturi**, faceți clic pe **Punctele de îndesire**, apoi pe **Puncte de control/puncte de îndesire manuale**. Apare o listă cu punctele de control. Selectați un punct de control în stratul de puncte de control/îndesire manuală: bara laterală din dreapta afișează proprietățile punctului de ancorare și lista de imagini unde este vizibil. Selectați locația exactă a punctului de referință în cel puțin două imagini făcând clic-stânga pe mouse. Când crucea verde este în locul potrivit pentru majoritatea imaginilor, faceți clic pe **Aplicați**.

7. Faceți clic pe *Procesare> Re-optimizare*.

8. (Optional) Pentru a recrea un raport de calitate, faceți clic pe **Prelucrare> Crearea unui raport de calitate**.

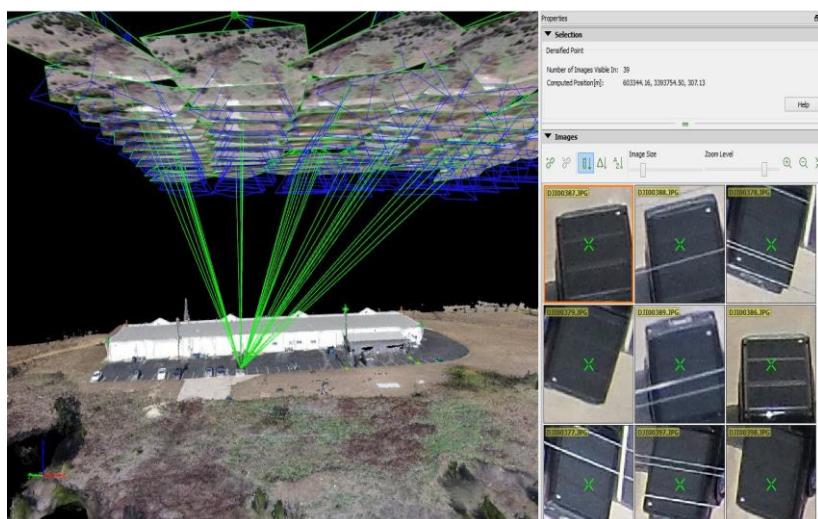


Fig. 1.5.30. Punctul de control la sol

Executînd calibrarea imaginilor se elaborează mozaicul (Fig. 1.5.31), care este baza planurilor ortofoto.

Mozaicul se prelucrează de asemenea până se obține un plan perfect (Fig.1.5.32).

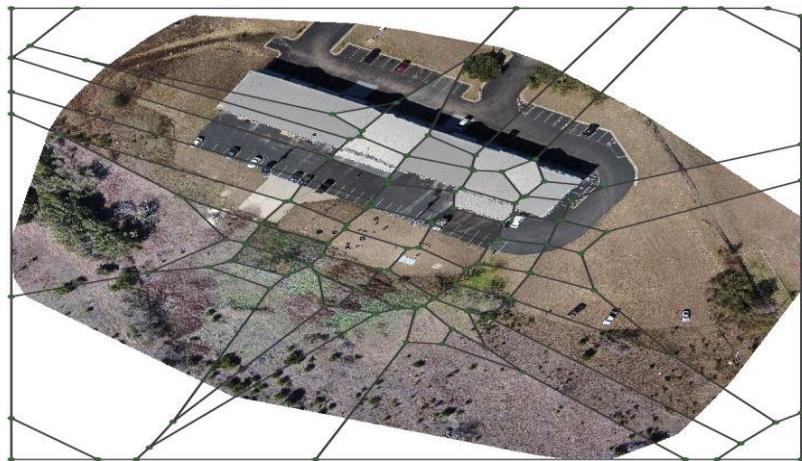


Fig. 1.5.31. Mozaicul inițială



Fig. 1.5.32. Mozaic prelucrat (ORTOPHOTO)

Ortofotoplanul produs din lucrările de aerofotografiere este o imagine aeriană corectată geometric (ortorectificată), creând o reprezentare a terenului la scară uniformă, ceea ce permite măsurarea reală a distanțelor.



Fig. 1.5.33. Plan Ortophoto

Acesta răspunde unor probleme din domeniile civil și militar, precum și din cartografie, arhitectură, industrie, arheologie, hidrologie, construcții, infrastructură, agricultură, silvicultură, arheologie, cadastru, geologie, pedologie.

Utilizarea directă a unui ortofotoplan:

- Elaborarea Planurilor Urbanistice (Plan Urbanistic General – P.U.G., Plan Urbanistic Zonal – P.U.Z, Plan Urbanistic de Detaliu – P.U.D.)
- Monitorizarea ariilor protejate
- Monitorizarea zonelor inundate și greu accesibile,
- Monitorizarea alunecărilor de teren,

- Proiectarea rețelelor edititare,
- Proiectarea rețelelor de transport,
- Imbunătățiri funciare ,
- Hărți tematice,
- Modelul 3D al construcțiilor,
- Modelul digital al terenului

5.5. Elaborare modelelor 3D

Utilizând tehnologia de achiziție a imaginilor aeriene cu ajutorul dronei (UAV) este posibilă înregistrarea unei cantități de informații topografice, prin fotografiere aeriană foarte densă și la o rezoluție înaltă.

Ulterior achiziției aerofotografiilor, utilizând softul Pix4D, sunt generate puncte de cotă capabile de a reda fidel suprafața terenului. Metoda permite abordarea facilă a terenurilor greu sau imposibil de accesat prin metode terestre. Astfel pot fi create/efectuate:

- Modele 3D ale aşezărilor de dimensiuni reduse
- Modelul digital al terenului (DTM, DEM, DSM)
- Planuri de situație cu curbe de nivel
- Cartarea zonelor afectate de dezastre
- Date suport pentru planificare teritorială
- Cartare costieră
- Imagini aeriene ortorectificate
- Monitorizarea alunecărilor de teren

Spre deosebire de metodele clasice de achiziție a imaginilor aeriene (elicopter, avion, balon), utilizarea dronei permite o flexibilitate înaltă în abordarea proiectului, având, totodată, și costuri mult reduse. Metoda este deosebit de eficientă la abordarea siturilor de dimensiuni mici și medii – de zeci și sute de hectare.

Cea mai recentă întrebuițare a modelului 3D, la nivel de reprezentare urbană, permite conservarea, pe baza informațiilor existente, a unui „oraș vechi”

a cărui arhitectură sau monumente istorice dorim să le păstrăm neatinse. Modelul 3D, în acest caz, poate ajuta la păstrarea în timp a imaginii din trecut a orașului.

Modelul este o copie fidelă a realității din teren, iar orașul 3D „virtual” poate fi la doar câteva click-uri distanță, chiar și pentru utilizatorii mai puțin experimentați. Prin selectarea tuturor punctelor de interes (monumente istorice, muzee sau alte obiective cu potențial turistic), se poate contura rapid traseul pe care dorim să-l explorăm.

Produsul final tridimensional poate fi publicat și pe Internet, servind scopurilor turistice și de orientare, funcționând ca o harta interactivă. Orice turist dornic de a vedea locațiile de interes din acea regiune va putea accesa baza de date pentru a vizualiza obiectivele.

Avantaje reale. Modelul tridimensional poate fi utilizat și în cazul prezentărilor în scopuri publicitare. Ele se pot adresa unui public foarte larg, fiind accesibile și ușor înțelese de toată lumea, grație forței impactului vizual. Modelul astfel obținut are un nivel înalt al calității informației și al comunicării, iar construcțiile și detaliile selectate sunt modele reale ce pot fi vizionate și asimilate cu ușurință.

Această variantă de interogare a datelor prezintă multiple oportunități de manipulare a informațiilor stocate; metoda oferă, în același timp, posibilitatea de a organiza transferul datelor de diferite formate.

Sistemele actuale înlesnesc generarea modelului 3D, model ce poate fi apoi manipulat cu ușurință, vizualizat, analizat și modificat conform cerințelor și exigențelor. Proiectarea pe un model 3D este mai rapidă decât proiectarea tradițională 2D. Avantajul este că, prin vizualizarea modelului, se elimină dificila sarcina de a gândi „tridimensional” având în față doar planurile clasice (bidimensionale) de proiectare.

Modelul 3D s-a impus și se va impune în diferite domenii de activitate, încălind procesele de proiectare, de interogare a setului de date și de analiză a produselor. Argumentele care pledează în favoarea lui sunt: posibilitatea de a

proiecta imaginile reale în format 3D, vizualizarea relațiilor spațiale din cadrul clădirilor, modelarea diverselor opțiuni de proiectare, respectarea preciziei impuse de client.

Există mai multe moduri de a obține informațiile afișate într-o hartă digitală de teren. Adesea, aceste date sunt obținute folosind echipamente de teledetectie, mai degrabă decât metode de măsurare directă. Sateliții radar sunt adesea utilizati pentru a crea modele ale suprafețelor mari de teren. Acești sateliți au adesea o rezoluție de aproximativ zece metri, însă DTM-urile create cu drone topografice prin obținerea de perechi de imagini din unghiuri diferite luate dintr-un avion sau satelit pot fi folosite pentru a deduce terenul.

Această informație poate fi apoi transformată într-o hartă a conturului digital sau într-un model de teren, care transformă datele brute într-un format ce permite utilizatorului să „vizualizeze” peisajul într-o manieră virtuală.

În timp ce hărțile de contur pot conecta puncte de înălțimi egale, dar nu oferă date pentru punctele intermediare, DTM-urile pot furniza informații de altitudine continuă pe întregul model. În plus, spre deosebire de hărțile de contur, care sunt bidimensionale, o hartă digitală de teren oferă imagini 3D. Softurile specifice permit utilizatorului să manipuleze harta pentru a vizualiza toate zonele și unghiurile terenului.

Tehnica de modelare 3D are la baza procedeele și rezultatele obținute prin fotografiere aeriană și fotogrametrie aeriană. Această metodă constă în realizarea de modele 3D a obiectivelor vizate, indiferent ce formă au acestea, fie că vorbim de o suprafață de teren, un deal, o arie de excavație, un sit arheologic, un monument, un element de infrastructură sau orice altceva.

Cu ajutorul dronei se realizează un zbor automat în conformitate cu un plan de zbor bine definit și realizează o succesiune de fotografii aeriene cu ajutorul cărora, prin prelucrarea imaginilor cu un software specializat, se vor obține modele digitale 3D ale obiectivului ales.

Odată cu obținerea modelului final, acesta poate fi materializat cu o imprimanta 3D, obținându-se astfel un model 3D fizic, la dimensiuni reduse.



Fig. 1.5.34. Model 3D al construcției

Această tehnică de modelare 3D se poate utiliza în cazul unor prezentări de obiective turistice cum ar fi hoteluri, pensiuni sau alte locații de interes. De asemenea, în vederea promovării principiilor „Cartei de la Londra”, tehnica de modelare 3D poate fi utilizată pentru crearea unor imagini tridimensionale ale obiectelor de patrimoniu cultural. Ulterior, acestea pot fi folosite în acțiunile de cercetare, comunicare sau promovare.

O altă temă în care această tehnică își găsește aplicare poate fi și evaluarea unor suprafețe de teren și a potențialului de risc la inundații, prin crearea modelelor digitale de înălțime ale terenului (ale cotelor) și/sau prin studiului efectelor de eroziune, în cazul studiului realizat pentru o albie de râu sau a vecinătății acesteia.

Utilitatea tehnicii de modelare 3D cu ajutorul dronelor se regăsește în:

- Topografie, cartografie și fotogrametrie
- Studiul siturilor arheologice și al monumentelor de patrimoniu

- Monitorizare în agricultură
- Monitorizare în silvicultură
- Monitorizarea mediului etc.



Fig.1.5.35. Model 3D Cadastru

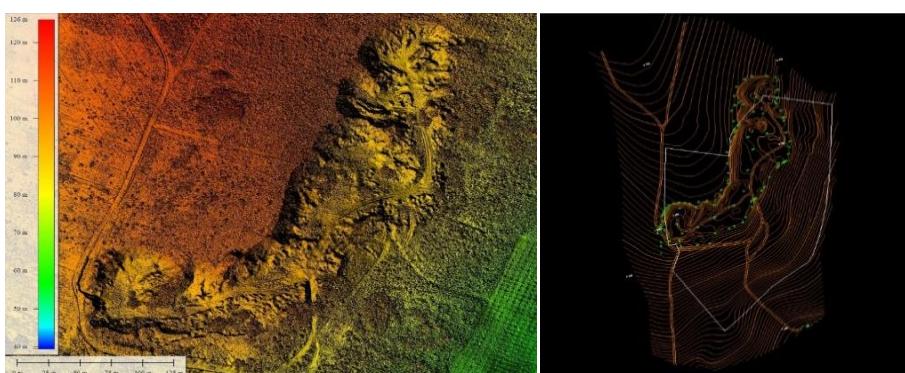


Fig.1.5.36. Model 3D Topografie

Bibliografie selectivă:

1. Mihai B., Săvulescu, I., Șandric, I. (2006) *Apports de la méthode de détection des changements pour l'évaluation de la dynamique de l'étagement de la végétation dans les monts de Bucegi* (Carpates Méridionales, Roumanie), Télédetection, 6, 3.
2. Mihai, B.A. (2007) *Teledetectie. Introducere în procesarea digitală a imaginilor.*, Ed. Universității din București.
3. Sabins, F.F. (1997) *Remote sensing. Principles and interpretation*, Freeman.
4. Savulescu, I., Sandric, I., Mihai, B. (2005) *Dinamica etajelor de vegetație în Masivul Iezer. Analiză Change Detection.*, Comunicări de Geografie, 9, București.
5. Short, N. (coord.) (2006) *The Remote Sensing Tutorial*, rst.gsfc.nasa.gov, site administrat de NASA.
6. Sidjak, R.W., Wheate, R.D. (1999) *Glacier mapping of the Illecillewaet icefield*, British Columbia, Canada, using Landsat TM and digital elevation data, , International Journal of Remote Sensing, 20, 273-284.
7. Zha, Y., Gao, J., Ni, S. (2003) *Use of normalized difference built-up index in automatically mapping of urban areas from TM imagery*, International Journal of Remote Sensing, 24, 583-594.
8. Zăvoianu, F. (1999) *Fotogrammetria*, Ed.Tehnică, București.
9. Zegheru, N., Albotă, M. (1979) *Introducere în teledetectie*, Ed. Științifică și Enciclopedică, București (2001) ENVI tutorials. Research Systems – Kodak.
10. https://www.termoviziune.ro/ro/Produs/Sisteme-si-camere-termale-pentru-UAV-uri_Modul-multispectral-pentru-UAV-uri-372
11. <https://www.dronele.ro/drone-pentru-cartografiere-si-teledetectie/>
12. <https://www.pix4d.com/>
13. <https://support.pix4d.com/hc/en-us/categories/200228639-Desktop>
14. <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202557299-Software-Download-and-Installation>
15. https://ru-clip.net/channel/UCXHBqjCbv1wj_itfvVNIA
16. https://www.youtube.com/results?search_query=pix4d%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%B8

Test de autoevaluare:

1. Descrieți procesul de aerofotografiere.
2. Enumerați cele mai răspîndite produse software pentru prelucrarea imaginilor.
3. Descrieți posibilitățile funcționale ale softului Pix4D mapper.
4. Setări de computer recomandate.
5. Crearea proiectului nou.
6. Descrieți procesul de import și calibrare a imaginilor.
7. Descrieți procesul de elaborare a ORTOPHOTO planului.
8. Definiți norul de punctă și importanța lui.
9. Definiți Modelul de suprafață digitală, ortofoto și index.
10. Puncte de control la sol (GCP) – importanța lor.
11. Definiți georeferențierea.
12. Ce este scara unei imagini și care este diferența în raport cu cea a hărților?

§1. Evoluția cadrului normativ aferent aparatelor de zbor fără pilot

Este binecunoscut faptul că știința este în permanentă dezvoltare, iar apariția de noi tehnologii are loc cu o viteză inimagineabilă. Observăm cum devin realitate proiecte care, cu câteva decenii în urmă, păreau a fi desprinse din filme science-fiction. Cele mai mari evoluții le putem observa în dezvoltarea utilajelor industriale, tehnologiilor militare, dezvoltarea de roboți și inteligență artificială.

Un exemplu elocvent al ascensiunii de dezvoltare a tehnologiilor îl reprezintă apariția aparatelor de zbor fără pilot, sau, cum este obișnuit să fie numite acestea – a Dronelor.

Dezvoltarea acestor dispozitive a început mai mult „din apă decât în zbor” și are originea încă de la sfîrșitul secolului XIX, atunci când Nicola Tesla a construit și demonstrat prima mini-corabie pilotată radio, fapt ce nu a rămas fără atenția oamenilor de știință din acea perioadă și ce a constituit un prim pas în dezvoltarea de mai departe a tehnologiilor controlate de la distanță.

Fiind inspirat de succesul Fraților Wright, care au reușit pentru prima dată în istoria aeronauticii să efectueze un zbor dirijat cu un aparat de zbor cu motor, inginerul militar american Charles F. Kettering propune în anul 1910 dezvoltarea unui aparat de zbor controlat nu de factorul uman, ci de un mecanism de ceasornic. În pofida faptului că proiectul părea greu de imaginat pentru acele timpuri, constructorul a reușit să obțină finanțare din parte armatei SUA. Cu toate acestea, după un sir de eșecuri proiectul a fost retras, nefiind utilizat nici măcar în Primul Război Mondial.

Respectiv, anul 1933 reprezintă perioada în care se consideră că a avut loc apariția a ceea ce în prezent este cunoscut ca aparat de zbor fără pilot. Anume în acest an inginerii britanici au construit primul aparat de zbor fără pilot care putea decola și ateriza și putea fi utilizat de mai multe ori. Ulterior au urmat invenții similare și ale altor mari puteri din acele timpuri (SUA, URSS, Germania), acestea fiind pe larg utilizate în cel de-al Doilea Război Mondial.¹

¹ The Johns Hopkins APL Technical Digest can be accessed electronically at www.jhuapl.edu/techdigest.

Modulul Drept și elemente de reglementare a dronelor

Cu toate că Dronele au apărut și s-au dezvoltat în sectorul militar, utilizarea acestora în circuitul civil nu poate fi neglijată, iar în ultima perioadă capătă o răspândire din ce în ce mai largă. Așadar, numărul acestora este într-o perioadă de continuă creștere. Dronele civile au apărut abia mai aproape de anul 2000, deosebindu-se semnificativ de cele militare. Din momentul apariției aparatelor de zbor fără pilot acestea au cunoscut o popularitate ascendentă.

În acest sens, atestăm o creștere considerabilă a numărului de utilizări a Dronelor civile în diverse activități, precum:

- Cartografierea și topografierea teritoriului
- Operațiuni de căutare-salvare
- Agricultură
- Aerofotografiere
- Inspectarea rețelelor de comunicații (conducte, magistrale, fire, etc.).

Avantajul utilizării aparatelor de zbor fără pilot în raport cu alte dispozitive constă în faptul că acestea permit economisirea resurselor financiare și pot fi utilizate în locuri greu accesibile, acolo unde factorul uman este imposibil de implicat (calamități naturale, incendii, zone cu relief greu accesibil, etc.).

Cu toate că utilizarea Dronelor în activități de genul respectiv aduce foarte multe beneficii, una din problemele majore care există la moment, atât la nivel internațional, cât și regional, și național, constă în faptul că nu există un cadru normativ clar care ar încadra în cîmpul legal operațiunile aeriene cu astfel de dispozitive.

La momentul actual sunt întreprinse măsuri de reglementare a domeniului vizat de către instituții internaționale, cum ar fi Organizația Internațională a Aviației Civile, Agenția Europeană de Siguranță a Aviației, precum și la nivel național de către majoritatea statelor în care fenomenul utilizării Dronelor devine tot mai răspîndit.

Preocupările statelor de a reglementa utilizarea Dronelor au la bază intenția de a asigura siguranța terțelor persoane care ar putea avea de suferit de pe urma utilizării acestora, prin măsuri de asigurare a siguranței zborurilor

aeronavelor civile și securității aeronautice, vieții și sănătății persoanelor, vieții private, etc. Pe de altă parte, este necesar de creat condiții favorabile pentru utilizatorii de drone, pentru că această tehnologie, pe care o putem numi pe bună dreptate un dispozitiv al viitorului, aduce numeroase beneficii utilizatorilor și nu ar trebui să nu poată fi folosită sau să fie permisă cu restricții sau cerințe prea dure.

Pentru aceasta, la elaborarea cadrului normativ pe domeniul respectiv, organele abilitate țin cont de numeroase criterii, printre care: dimensiunile aparatelor de zbor fără pilot, zonele spațiului aerian în care se utilizează, teritoriul deasupra cărora se efectuează zborul etc., iar cerințele propriu-zise trebuie să fie direct proporționale riscurilor pe care le prezintă Dronele.

În această ordine de idei, în acest suport de curs am analizat principalele abordări la nivel internațional privind procesul de elaborare a cadrului normativ pentru utilizarea aparatelor de zbor fără pilot.

Așadar, necesitatea de a reglementa activitatea cu aparate de zbor fără pilot la bord („*Drone*”) reprezintă o preocupare atât la nivel național, cât și la nivel european și internațional.

Scopul reglementării activității aparatelor de zbor fără pilot nu este de a interzice operarea acestora, ci, dimpotrivă, de a asigura un mediu favorabil pentru utilizarea acestora, în contextul în care pe de o parte statele au obligația de a garanta siguranța zborurilor aeronavelor civile care transportă pasageri, mărfuri și, respectiv, implică vieți omenești, iar pe de altă parte, pentru a nu aduce atingere altor drepturi civile ale oamenilor, cum sunt dreptul la viață privată, siguranța personală, etc.

1. **La nivel internațional**, Organizația Aviației Civile Internaționale a întreprins un sir de acțiuni pentru a integra „*Dronele*” în cadrul normativ existent, printre care efectuarea amendamentelor la anexele Convenției privind aviația civilă internațională (*Anexa II – Regulile aerului, Anexa VII – Naționalitatea aeronavelor și cerințe de înmatriculare, etc.*). De asemenea, a fost elaborat un document separat (Documentul 10019 – Manualul privind

aeronavele civile fără pilot la bord) care stabilește cerințele tehnice pentru operarea aeronavelor civile pilotate de la distanță.

Conform Concluziei OACI exprimate în cadrul Conferinței privind impactul aparatelor de zbor asupra securității aeronaute, care a avut loc la Larnaca, Cipru, în octombrie 2016, pentru a integra Dronele în câmpul legal, este necesară modificarea tuturor Anexelor Convenției de la Chicago, în vederea includerii cerințelor specifice acestei noi categorii de aeronave.

2. **La nivelul Uniunii Europene**, Agenția Europeană pentru Siguranța Aviației (EASA) a inițiat procesul de elaborare a unui Regulament pentru reglementarea operațiunilor cu aeronave fără pilot. Conform conținutului Prototype Regulation, precum și Opiniei Tehnice emise de EASA, dronele vor fi clasificate în 3 categorii, în funcție de riscurile pe care acestea le pot produce, iar cerințele pentru operarea acestora vor fi direct proporționale riscurilor (*risk-based operation*). Acest act a fost avizat pozitiv de statele membre UE și urma să fie aprobat la finele anului 2017. Însă, din motiv că Regulamentul de bază (*Easa Basic Regulation 2012*) stabilește normele comune în domeniul aviației, prevederile acestuia urmează a fi mai întâi racordate, iar ulterior se va trece la aprobarea nemijlocită a Regulamentului special pe domeniul dronelor.²

Modificarea EASA Basic Regulation a intrat deja în vigoare, iar aprobarea Prototype Regulation este planificată pentru anul 2019. Mai mult decât atât, conform înțelegерilor care au avut loc între Parlamentul European și Consiliul de Miniștri al UE, au fost înlăturate toate divergențele existente la subiectul respectiv și urmează luarea deciziei privind modificarea și aprobarea acelor menționate supră.

În partea ce ține de abordarea pe care o au statele membre UE vis-a-vis de subiectul vizat, nu există uniformitate la capitolul dat, motiv din care instituțiile europene sunt preocupate de reglementarea la nivelul UE, ținând cont de faptul că piața este unică și standardele, la fel, urmează a fi aceleași.

² <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/civil-drones-rpas>

Spre exemplu, la moment în România, pentru utilizarea unui aparat de zbor fără pilot în spațiul aerian național, acesta urmează a fi identificat (înregistrat), pentru categoriile mai mari de 15 kg este nevoie de permis de zbor național (certificat de navigabilitate), operatorul trebuie să posede asigurare de răspundere civilă față de terți, iar zborul urmează a fi coordonat cu Ministerul Apărării Naționale.³

Principiile esențiale asupra cărora UE își concentrează activitatea au fost exprimate în cadrul **Declarației de la Riga** (6 martie 2015), acestea fiind: 1) *Dronele urmează a fi tratate ca modelele noi de aeronave cu norme proporționale riscului operațiunii desfășurate*, 2) *este necesară dezvoltarea tehnologiilor pentru utilizarea în siguranță a acestora și integrarea în spațiul aerian*, 3) *operatorul este total responsabil de operare și consecințe și* 4) *este necesară acceptarea publicului pentru utilizarea lor.*⁴

Suplimentar, **Declarația de la Helsinki** (22 noiembrie 2017) introduce noțiunea de **U-Space** (clasă a spațiului aerian destinată utilizării aparatelor de zbor fără pilot) și atrage atenția asupra obligațiilor statelor de a asigura dreptul la siguranță și viața privată a omului, precum și protecția mediului înconjurător⁵.

3. Referitor la situația la zi în Republica Moldova, cadrul normativ aplicabil raporturilor juridice de utilizare a aparatelor de zbor fără pilot constă din:

- 1) Legea nr. 143 din 21.06.2012 privind controlul spațiului aerian
- 2) Ordinul AAC nr. 10/GEN din 04.05.2016 Cu privire la stabilirea zonelor de interdicție a aparatelor de zbor fără pilot pe teritoriul Republicii Moldova.

Având în vedere faptul că Ordinul AAC nr. 10/GEN face parte din categoria actelor normative departamentale, iar acesta nu poate produce efecte

³ <http://www.caa.ro/supervizare/operare-uav-uas>

⁴ <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/air/news/doc/2015-03-06-drones/2015-03-06-riga-declaration-drones.pdf>

⁵ <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2017-drones-declaration-helsinki.pdf>

Modulul Drept și elemente de reglementare a dronelor

juridice asupra altor autorități publice care ar putea fi implicate în stoparea fenomenului de utilizare abuzivă a aparatelor de zbor fără pilot (cum ar fi MAI, Ministerul Apărării, SIS, etc.), eficiența acestuia este discutabilă.

Din acest motiv, în luna iulie 2017 AAC a elaborat un proiect de Reglement, care a fost transmis pentru avizare experților tehnici din cadrul EASA. Conform opiniei exprimate de către experți, proiectul nu corespunde în totalitate concepției abordate de către instituțiile europene și, de aceea, urmează să aibă loc consultări suplimentare referitor la conținutul draftului respectiv.

Totodată, aprobarea recentă a Codului aerian al Republicii Moldova a creat cadrul și premisele necesare pentru reglementarea problemei în cauză și, respectiv, inițierea procedurilor de elaborarea a actului normativ propriu-zis, care va reglementa regimul aparatelor de zbor fără pilot în Republica Moldova. Conform Codului, cerințele pentru utilizarea dronelor vor fi stabilite de Guvern, permîțând distribuirea atribuțiilor între mai multe instituții, inclusiv instituții de ocrotire a normelor de drept, ceea ce va face actul normativ respectiv funcțional și eficient.

Suplimentar, menționăm că AAC a avizat proiectul de Lege privind regimul mijloacelor video în care, la art. 19, este reglementată utilizarea mijloacelor video prin intermediul aparatelor de zbor fără pilot. Conform prevederilor respective, înregistrarea video prin intermediul dronelor este posibilă doar cu permisiunea Centrului Național pentru Protecția Datelor cu Caracter Personal și cu avizul pozitiv al AAC.

Obligativitatea obținerii avizului din partea AAC pentru utilizarea aparatelor de zbor fără pilot are drept scop asigurarea menținerii unui nivel înalt al siguranței zborurilor aeronavelor civile și protejarea aeroporturilor internaționale de eventuale riscuri ce pot surveni ca urmare a utilizării neautorizate a aeronavelor fără pilot. Prevederile incluse în proiectul respectiv au drept scop completarea atribuțiilor AAC în calitate de autoritate publică de supraveghere și control în domeniul aviației civile stabilite în Codul aerian și nu contravin abordărilor existente în materie de subiect la nivel internațional.

Suplimentar, concluzionez asupra faptului că vehiculele aeriene fără pilot, „dronele”, reprezintă una din cele mai importante inovații din domeniul tehnologiilor din ultima perioadă. Dacă până de curând, dronele erau utilizate doar în teatrele de război, observăm că, în ultima perioadă, acestea devin omniprezente. De la agricultură și arheologie până la jurnalism, dronele promit să transforme numeroase domenii în deceniile următoare, marcând o schimbare fără precedent în viața noastră de zi cu zi.

Având în vedere oportunitățile pe care le oferă utilizarea Dronelor, observăm o creștere a aplicabilității acestora în diferite domenii și ramuri ale economiei, ceea ce, bineînțeles, aduce beneficii utilizatorilor. Însă fără o reglementare clară și echilibrată, ele creează un sir de neclarități și ridică mai multe semne de întrebare din partea persoanelor ale căror drepturile ar putea fi lezate prin utilizarea abuzivă a acestor aparate.

Așadar, după cum observăm, inclusiv din materialele analizate în studiu respectiv, una din preocupările instituțiilor abilitate cu atribuții de reglementare din cadrul majorității statelor în care fenomenul utilizării Dronelor ia amploare este elaborarea și edificarea unui cadru normativ, care, pe de o parte, ar crea premise și condiții favorabile pentru utilizarea Dronelor în diverse operațiuni, iar pe de altă parte, ar proteja terțele persoane de diverse ingerințe.

Urmare a celor expuse anterior, constatăm faptul că îngrijorarea statelor și comunității civile în privința utilizării dronelor nu este lipsită de sens. Multitudinea de activități în care pot fi utilizate actualele drone, specificul particular al planificării și efectuării misiunilor de zbor, caracterul dual (utilizare atât civilă, cât și militară) al noilor tehnologii, au, în cazul instituțiilor guvernamentale cu atribuții în domeniu, caracterul unui examen de maturitate și fac din supravegherea activităților de zbor în care sunt implicate aceste noi echipamente de zbor o adevărată „piatră de încercare”.

Astfel, în contextul conștientizării riscurilor implicate de utilizarea necontrolată a noilor tehnologii, devine din ce în ce mai acută problema stabilirii unor cerințe de certificare a echipamentelor, licențiere a personalului, limitelor de operare etc. care să permită comunității civile să monitorizeze

Modulul Drept și elemente de reglementare a dronelor

nivelul de siguranță (asemănător sistemului implementat în cazul „aviației clasice”) al operațiunilor aeriene din această zonă.

Suplimentar, normele urmează să stabilească cerințe pentru dotarea cu tehnologie de protecție, care să oprească zborul în zone interzise („No fly zone”), cum sunt aeroporturile, centralele nucleare, instalațiile energetice etc., precum și instrucțiuni pentru operator.

De asemenea, pentru ca persoanele antrenate în utilizarea Dronelor să poată cunoaște care sunt regulile minime pentru utilizarea acestora, sunt necesare măsuri care să asigure ca operatorii de Drone să fie instruiți despre ce au și ce nu au voie să facă („dos and don'ts”).

Funcționalitatea și viabilitatea normelor ce reglementează utilizarea Dronelor se datorează mecanismului de atragere la răspundere contravențională sau penală a persoanei care a încălcăt norma, în funcție de caracterul faptei și urmărilor prejudiciabile care au survenit.

Așadar, scopul final pe care îl urmăresc statele prin elaborarea de cerințe pentru utilizarea Dronelor nu constă în împiedicarea sau stagnarea dezvoltării ramurii respective, ci în asigurarea, pe de o parte, a desfășurării operațiunilor cu aeronave fără pilot în diverse domenii, iar pe de altă parte, garantarea vieții și sănătății oamenilor, proprietății și vieții private, securității statale și, nu în ultimul rând, a siguranței zborurilor și securității aeronaute.

§2. Politici și drept internațional în domeniul aviației civile

Introducere

Sectorul aviației civile se destinge prin reglementări complexe care au drept scop asigurarea unui nivel înalt al siguranței zborurilor. În această industrie sunt implicați o gamă largă de actori localizați în toate colțurile lumii, domeniul aviației fiind unul internațional în aproape toate aspectele, și, mai ales, în aspectele ce țin de reglementare. Companiile aeriene care execută zboruri dintr-un stat în altul sunt companii internaționale prin definiție. Mai mult decât atât, aceste companii creează așa-numitele alianțe aeriene. Cele mai mari alianțe sunt Oneworld (American Airlines, British Airways, Iberia, SriLankan Airlines, Japan Airlines, Qatar Airways, S7 Airlines etc.), Sky Team (Aeroflot, Alitalia, China Airlines, Czech Airlines, Tarom etc.) și Star Alliance (Austrian Airlines, United Airlines, Lufthansa, Air Canada, Thai Airways Company, SAS Group etc.). De asemenea, cu referință la managementul controlului de trafic aerian, există organizații internaționale din care fac parte mai multe state (Eurocontrol, ASECNA). Un alt aspect internațional, după cum este menționat și mai sus, ține de reglementările internaționale, și anume, standardele și practicile Organizației Internaționale a Aviației Civile (ICAO).

Actorii din domeniu

- **Aeroporturile și aerodromurile** – Aerodromul este orice suprafață delimitată (inclusiv orice clădiri, instalații și echipamente) pe pămînt sau pe apă ori aflată pe o structură fixă, structură fixă off-shore sau structură plutitoare, destinată a fi utilizată fie integral, fie parțial în scopul aterizării, decolarei și mișcării pe suprafață a aeronavelor. Aeroportul este un ansamblu constituit din aerodrom, aerogară și alte instalații destinate primirii și expedierii aeronavelor, deservirii transporturilor aeriene.

- **Controlorii de trafic aerian** (ATC) – serviciu furnizat pentru:

a) a împiedica coliziunile dintre aeronave, iar în zona de manevră, între aeronave și obstacole;

b) a accelera și a menține un flux ordonat al traficului aerian;

• **Agenți aeronautici** – orice persoană fizică sau juridică certificată să desfășoare activități în domeniul aviației civile, cu excepția personalului aeronautic (companii aeriene, agenți de handling, securitatea aeroportului etc.)

Un zbor regulat

În continuare sunt enumerate etapele unui zbor:

1. Până la zbor (*pre-flight*) – echipaj, planul de zbor, calculul combustibilului etc.

2. Verificări, introducerea planului de zbor, alimentarea etc. (*aircraft at the gate*).

3. *Taxi-out* (ATC, checklist).

4. Decolare (*Take-off*).

5. Creșterea altitudinii și zborul propriu-zis (*Climb and flight*).

6. Descreșterea altitudinii, apropiere, aterizare (*Descent, approach, landing*).

7. Procesele auxiliare (training, ATC, menenanță etc.).

Reglementările în domeniul aviației civile

Domeniul aviației civile este reglementat de mai multe organizații și organisme internaționale, printre care ICAO, EASA, ECAC, EUROCONTROL. De asemenea, în ceea ce ține nemijlocit de aparatele de zbor fără pilot la bord, a fost creat un grup de lucru compus din experți ai organizațiilor sus-menționate, precum și din partea Autorităților Aeronautice Civile din mai multe state.

Organizația internațională a aviației civile este o agenție specializată a ONU, înființată de 52 de state în 1944 pentru a gestiona administrarea și guvernarea Convenției privind aviația civilă internațională (Convenția de la Chicago, semnată pe 7 decembrie 1944).

OACI colaborează cu 192 de state membre și cu industria pentru a ajunge la un consens privind standardele și practicile recomandate (SARPs) în

domeniul aviației civile internaționale, precum și politicile în sprijinul unui sector al aviației civile sigur, eficient, durabil din punct de vedere economic și responsabil de mediul înconjurător. Aceste SARPs-uri și politici sunt utilizate de statele membre OACI pentru a se asigura că operațiunile și regulamentele statelor respective privind aviația civilă se conformează normelor globale, ceea ce permite ca peste 100.000 de zboruri zilnice în rețeaua globală a aviației să fie operate în siguranță și în fiecare regiune a lumii.

OACI are sediul central la Montreal și 7 oficii regionale: Bangkok, Cairo, Dakar, Lima, Mexico, Nairobi și Paris. Structura OACI este compusă din Asamblee (care este formată din cele 192 de state și se întrunește nu mai puțin decât o dată la 3 ani), Consiliu (format din 36 de state cu mandate de 3 ani și alese de Asamblee), Comisia de navigație aeriană (compusă din 19 membri care nu reprezintă interesele statelor care îi nominalizează) și Secretariatul general (constituit din 5 birouri – Navigație aeriană; Transport aerian; Cooperare tehnică; Juridic; Relații externe, administrație și servicii). Misiunea OACI este asigurarea efficientă și ordonată a evoluției, în siguranță, a aviației civile internaționale.

În domeniul aparatelor de zbor fără pilot, OACI a luat până la momentul actual unele măsuri, printre care: Documentul OACI 10019 – *Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)*, *ICAO UAS toolkit*, precum și *ICAO RPAS Concept of Operations*.

Conferința Europeană a Aviației Civile este o organizație interguvernamentală (ICAO și Consiliul Europei), fondată în 1955, pentru armonizarea politicilor și bunelor practici în domeniul aviației civile între statele membre. Inițial, era alcătuită din 19 state membre, iar la momentul actual din CEAC fac parte 44 de state, printre care și Moldova. Misiunea CEAC este de a dezvolta un sistem european de transport aerian sigur, eficient și durabil. Sediul organizației se află la Paris.

Agenția Europeană de Siguranță a Aviației (EASA) a fost înființată în anul 2002, are sediul la Cologne și cuprinde 28 de state membre UE, plus alte 4 state – Islanda, Liechtenstein, Elveția, Norvegia. Are peste 800 de angajați

Modulul Drept și elemente de reglementare a dronelor

și un buget de 161 milioane de euro (în anul 2018). De asemenea, are reprezentanțe permanente în Washington, Montreal, Beijing și Singapore. Misiunea de bază a agenției este garantarea siguranței și a protecției mediului în domeniul aviației civile în Europa. Principalele sarcini ale agenției includ:

- armonizarea reglementărilor și certificarea;
- dezvoltarea pieței unice a UE în domeniul aviației;
- elaborarea normelor tehnice în domeniul aviației;
- certificarea de tip a aeronavelor și componentelor;
- aprobarea întreprinderilor care se ocupă cu proiectarea, fabricarea și întreținerea produselor aeronautice;
- supravegherea în materie de siguranță și acordarea de sprijin țărilor din UE (de exemplu, cu privire la operațiunile aeriene, gestionarea traficului aerian);
- promovarea standardelor europene și internaționale în materie de siguranță;
- colaborarea cu părțile interesate la nivel internațional pentru îmbunătățirea siguranței în Europa (de exemplu, în vederea elaborării „listei UE pentru siguranță aeriană”, care include operatorii interziși în UE).

În domeniul operării zborurilor cu aeronavele fără pilot la bord, EASA are și va avea un rol important, deoarece se va aborda o reglementare unică în spațiul UE. Adoptarea reglementărilor EASA de către Comisia Europeană era așteptată la finele anului 2018.

Organizația Europeană pentru Siguranța Navigației Aeriene (Eurocontrol) este o organizație interguvernamentală la care au aderat 41 de state, printre care și Republica Moldova. Organizația are sediul la Bruxelles și s-a angajat să construiască Cerul Unic European (Single European Sky) pentru îmbunătățirea performanței managementului de gestionare a traficului spațiului aerian (mai mult de 10 milioane de zboruri pe an) necesar pentru zborurile al căror număr este în continuă creștere în secolul 21. Printre serviciile prestate de EUROCONTROL se regăsesc:

- managementul fluxului și capacitatea traficului aerian
- colectarea taxelor pentru navigație aeriană

- analiza datelor referitoare la traficul aerian și întârzieri.

Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems (JARUS) este un grup de lucru creat din experții ce reprezintă Autoritățile Aeronautice Civile din 59 de state, precum și reprezentanți EASA și EUROCONTROL. Misiunea JARUS este recomandarea unui set unic de cerințe tehnice, de siguranță și operaționale pentru certificarea și integrarea în siguranță a aparatelor de zbor fără pilot în spațiul aerian/aerodromuri. În ultimii săse ani, grupul respectiv de lucru a emis următoarele documente: CS-LURS (*Certification Specification for Light Unmanned Rotorcraft Systems*); RPAS C2 Link (*required Communication Performance concept*); FCL (*Flight Crew Licensing Recommendations*; AMC (*Acceptable Means of Compliance*) RPAS.1309; RPAS “Required C2 Performance (RLP) concept”; *Recommendations on the use of Controller Pilot data Link Communications (CPDLC)*; CS-LUAS (*Certification Specification for Light Unmanned Aircraft Systems*); *Guidance Material to FCL Recommendations*; *Guidelines on Specific Operations Risk Assessment (SORA)*; *Operations Category A*; JARUS *Glossary*.

Autoritatea competentă promovează și asigură transportul eficient și în siguranță al pasagerilor și mărfurilor. Aceasta funcționează în cadrul mediului de reglementare internațional și furnizează o comunicare activă cu agenții aeronautici. Sarcinile de bază ale autorității competente, în cazul Republicii Moldova – **Autoritatea Aeronautică Civilă a RM**, sunt: implementarea reglementărilor ICAO și EASA; licențierea și certificarea; monitorizarea agenților aeronautici (inspectare, audituri etc.). Întru exercitarea atribuțiilor sale, AAC dispune de următoarele mijloace:

- putere juridică (autorizare/revocare, elaborarea reglementărilor, sancționare etc.)
- organizație
- personal calificat.

§3. Respectarea legislației pentru operarea dronelor în țările din Uniunea Europeană

Astăzi dronele capătă un rol tot mai important în domeniul civil. Înem să menționăm că dronele de uz civil se deosebesc de dronele militare, acestea au capacitatea de a zbura câteva zeci de minute și sunt manevrate de la sol și de la distanță. La moment, dronele au reușit să-și facă loc în activitățile cotidiene. Acestea pot fi achiziționate fără dificultate, deoarece se găsesc în foarte multe magazine la care are acces publicul larg, la prețuri atractive, care se datorează concurenței dintre producători. Există mai multe tipuri de drone, iar acestea variază în funcție de performanțele pe care le pot atinge și de caracteristicile tehnice: capacitatea camerei foto, distanța de zbor sau autonomia bateriei.

Dronele civile sunt controlate *wireless* prin intermediul unei telecomenzi sau a unor aplicații instalate pe *smartphone* cu sistem de operare *Android* sau *iOS*.

În momentul de față, în Republica Moldova nu avem o statistică privind numărul de drone care survolează spațiul aerian, întrucât domeniul nu este reglementat, iar persoanele care posedă o astfel de aeronavă nu sunt obligate să declare deținerea unei drone. Totuși, întrucât evoluția și utilizarea dronelor este un subiect actual abordat și de Uniunea Europeană (UE), Autoritatea Aeronautică Civilă din Republica Moldova (AAC), împreună cu alte autorități responsabile, pregătește deja un proiect de lege care va reglementa acest domeniu și în țara noastră.

În prezent, conform datelor AAC, drona este cel mai căutat gadget din țară. Înțînd cont de aceste date, trebuie să fim conștienți că tehnologia nu este foarte sigură, în special atunci când nu există un cod de reglementări, de aceea utilizarea dronelor poate să presupună anumite riscuri. Riscurile utilizării unei drone sunt următoarele: riscuri pentru securitatea națională; siguranța traficului (riscul unei coliziuni cu o aeronavă); prăbușirea dronei într-un spațiu public aglomerat; imixtiune în viața privată; asasinarea unor persoane. Un alt risc major este reprezentat de lipsa unei reglementări privind categoria de vârstă impusă prin lege pentru operarea dronelor.

Autoritatea pentru siguranța aviației propune reguli pentru utilizarea dronelor de dimensiuni mici. Odată cu creșterea cererii pentru drone, pentru uz recreativ sau comercial, autoritățile europene de reglementare au căutat mijloace pentru a se asigura că acestea pot fi folosite în siguranță, permitând în același timp dezvoltarea industriei. Autoritatea Europeană pentru Siguranța Aviației (EASA) a propus reguli pentru operarea dronelor de mici dimensiuni, care includ obligativitatea unei tehnologii de geoprotecție, care să le împiedice să intre în zone interzise și o listă cu ceea ce utilizatorul are sau nu are voie să facă cu ele, inclusă în ambalaj. Pe ambalaj, în funcție de clasa dronei, va fi indicat pentru operator unde o poate folosi și de ce competențe are nevoie.

Propunerile EASA prevăd: e obligatoriu ca dronele să poată fi identificate de la distanță, ca acestea să fie dotate cu tehnologie de geoprotecție, pentru a nu pătrunde în zone protejate, cum sunt aeroporturile sau centralele nucleare, iar proprietarii de drone cu o greutate de peste 250 de grame trebuie să înregistreze dispozitivul. EASA speră că aceste măsuri ar putea rezolva problemele legate de confidențialitate, precum și riscurile de securitate.

Atunci când ne planificăm să mergem într-o vacanță ori să fotografiem și filmăm într-o țară din Uniunea Europeană, ar fi bine să știm unde e permis să operăm o dronă și care sunt condițiile pentru țara respectivă. Vom vedea că țările din vestul Europei sunt mult mai atente în ce privește utilizarea dronelor, iar nerespectarea legislației locale ar putea să atragă probleme nedorite.

Apar o mulțime de întrebări de genul: este înregistrată drona, dacă da, în ce țară este înregistrată, are certificat de înmatriculare, este valabil acest certificat și în altă țară, care sunt condițiile în care putem zbura cu drona în țările UE etc.

Să vedem care sunt regulile stabilite la nivelul UE. Înainte de asta, iată câteva reguli stabilite la nivelul întregii Uniunii Europene, valabile (*cele care nu se exclud, cum ar fi distanțele*) în completarea celor specifice fiecărei țări⁶:

- Este recomandat ca drona să fie înmatriculată în țara de proveniență, indiferent de scopul zborului.

⁶ Dragoș Asaftei, Legislație: Care sunt condițiile în care poți zbura cu drona în țările UE?
<https://www.dragosasaftei.ro/legislatie-zbor-drona-ue/>

Modulul Drept și elemente de reglementare a dronelor

- Drona trebuie să zboare întotdeauna în raza vizuală a operatorului.
- Este interzis zborul în zona aeroporturilor și heliporturilor.
- Este necesară o aprobare în prealabil pentru zborurile comerciale.
- Este interzis zborul deasupra mulțimilor de oameni, proprietăților private și autovehiculelor. Trebuie menținută o distanță de minim 50 de metri față de ele.
- Nu este permis zborul la o înălțime de mai mult de 150 de metri de la locul decolarei.

Austria⁷

- Este necesar un permis de zbor eliberat de autoritățile austriece. O altă variantă este trecerea unui examen despre legislația locală în privința zborurilor.
- Drona trebuie să aibă un certificat de înmatriculare valabil. Toate dronele cu o greutate mai mare de 250 de grame și care pot zbura la o înălțime de peste 30 de metri trebuie înmatriculate.
- Dronele cu greutate mai mică de 5 kilograme (deci majoritatea celor obișnuite) pot zbura în afara localităților fără o aprobare în prealabil.
- Înălțimea maximă de zbor este de 150 de metri, iar drona trebuie menținută tot timpul în raza vizuală.

Belgia⁸

- Activitățile comerciale cu drone nu sunt permise pe teritoriul Belgiei.
- Se permite pilotarea unei drone înregistrată într-o altă țară decât Belgia. Nu este nevoie de atestat de pilot.
- Fără atestat, se pot pilota doar drone cu o greutate de sub 5 kilograme și la o înălțime de maxim 45 de metri.
- Este interzis zborul deasupra mulțimilor de oameni. Trebuie menținută în permanență o distanță de 50 de metri față de persoane și proprietăți private.

Bulgaria

- Nu există o legislație clar definită. Se aplică regulile principale de zbor adoptate la nivelul Uniunii Europene.

⁷ Austria - <https://www.austrocontrol.at:80/drohnen>

⁸ Belgia - https://mobilit.belgium.be/fr/transport_aerien/drones/terrains_des_drones

Croația⁹

- Nu este necesar un certificat/permis de zbor pentru zborurile necomerciale.
- Fără aprobare, zborul este permis doar în zonele nelocuite din afara orașelor.
 - Se poate zbura deasupra mulțimilor de oameni doar dacă pilotul deține aprobare și o asigurare în caz de accident.
 - Drona trebuie să fie întotdeauna la distanțe de peste 150 de metri față de mulțimi de oameni.
 - Drona nu trebuie să zboare la o distanță mai mare de 500 de metri de operator.

Cipru¹⁰

- Se permite zborul la distanțe mai mari de 1 kilometru față de zonele locuite și la peste 500 de metri față de grupurile mari de oameni.
- Dronele necomerciale pot zbura la o înălțime maximă de 50 de metri.
- Pentru dronele cu o greutate mai mică de 3 kilograme nu este necesar permis de zbor și certificat de înmatriculare.

Cehia¹¹

- Dronele folosite în scop personal nu trebuie înregistrate dacă nu au o greutate mai mare de 20 de kilograme.
- Pentru joburi comerciale, este nevoie de un permis de zbor.
- Drona trebuie să zboare la peste 150 de metri de clădiri, 50 de metri de oameni și 5,5 kilometri de aeroporturi și heliporturi.
- Este interzis zborul la peste 100 de metri înălțime.

Danemarca

- Drona trebuie să fie înmatriculată în Danemarca ori în altă țară.

⁹ Croația - https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_10_128_2433.html

¹⁰ Cipru - <https://uavcoach.com/drone-laws-in-cyprus/>

¹¹ Cehia - <http://www.atlasnavigator.com/government/civil-aviation-authority-czech-republic.html>

Modulul Drept și elemente de reglementare a dronelor

- Nu se permite zborul la peste 100 de metri înălțime și cu viteze mai mari de 50 km/h.
- Se permite zborul cu drona la peste 5 kilometri distanță de bazele militare, aeroporturi și heliporturi.

Estonia¹²

- Nu este nevoie de permis de zbor dacă se ridică drona la mai puțin de 150 de metri înălțime și zborul este efectuat în afara localităților.

Finlanda¹³

- Se permite zborul cu drona fără o aprobare specială.
- Înălțimea maximă de zbor este de 150 de metri, iar drona trebuie să rămână în raza vizuală.
- Cu drone mai mici de 3 kilograme se poate zbura și în localități.
- Se permite zborul atât ziua, cât și noaptea.

Franța¹⁴

- Este interzis zborul peste mulțimile de oameni.
- Înălțimea maximă de zbor este de 150 de metri.
- Drona trebuie menținută întotdeauna în raza vizuală.
- Nu este voie să se zboare cu drona în localități și zone locuite, ori în jurul aeroporturilor sau proprietăților private.

Germania¹⁵

- Dacă se zboară cu o dronă mai grea de 2 kilograme, este nevoie de permis de pilot sau trebuie să fie susținut un examen prin care se demonstrează cunoașterea legislației locale.
- Dacă drona are mai mult de 5 kilograme, este nevoie de un permis special de zbor de la autoritățile federale.

¹² Estonia - <https://www.riigiteataja.ee/en/eli/ee/Riigikogu/act/528032014001/consolid>

¹³ Finlanda - <https://translate.google.ro/translate?hl=ro&sl=fi&tl=en&u=https%3A%2F%2Fwww.finlex.fi%2Ffi%2Flaki%2Falkup%2F2014%2F20140864>

¹⁴ Franța - https://i1.wp.com/www.mlvdrone.fr/wp-content/uploads/2015/02/Notice_drones_-2016_GB_VFF_new_web_Page_2.png

¹⁵ Germania - <http://www.loc.gov/law/foreign-news/article/germany-new-rules-for-operation-of-drones-and-model-aircraft/>

- Orice dronă cu greutate de peste 250 de grame trebuie să aibă atașate pe ea (printron-un sticker) următoarele date: numele proprietarului și adresa lui.
- Nu se poate zbura cu drona la peste 100 de metri altitudine, peste mulțimi de oameni sau zone rezidențiale, peste și în preajma aeroporturilor, heliporturilor, unităților militare și a altor instituții asemănătoare.
- Trebuie să fie păstrată o distanță mai mare de 100 de metri de mulțimile de oameni și de clădiri.

Grecia¹⁶

- Este nevoie de aprobare specială de zbor doar dacă drona se ridică la mai mult de 50 de metri înălțime și scopul nu e unul comercial.
- Pentru zboruri la înălțimi mai mari de 50 de metri trebuie să fie completat un formular special.
- Dronele mai mari de 7 kilograme trebuie înregistrate la autoritățile specifice.
- Nu se permit zboruri la distanțe mai mici de 3 kilometri de aeroporturi.

Ungaria¹⁷

- Chiar și pentru dronele mai mici de 2 kilograme este necesară înregistrarea online ca pilot și susținerea unui test.
- Pentru dronele mai grele de 2 kilograme este necesară înmatricularea.

Irlanda¹⁸

- Toate dronele cu o greutate mai mare de 1 kilogram trebuie să fie înregistrate.
- Este interzis zborul în preajma aeroporturilor, peste mulțimi de oameni și în apropierea unităților militare.
- Nu se permite ridicarea dronei la peste 120 de metri înălțime și nu se permite îndepărțarea cu mai mult de 300 de metri de operator.
- Nu se permite apropierea cu drona la mai mult de 30 de metri de oameni ori vehicule.

¹⁶ Grecia - <https://dagr.hcaa.gr/docs/HCAA%20UAS%20Regulation.pdf>

¹⁷ Ungaria - http://www.cms-lawnow.com/ealerts/2017/02/hungary-new-drone-regulations?_ga=2.72096346.851188713.1501497557-1951906600.1501497557

¹⁸ Irlanda - <https://www.iaa.ie/general-aviation/drones>

Modulul Drept și elemente de reglementare a dronelor

- Nu se permite zborul cu drona în localități și zone locuite.

Italia¹⁹

- Pentru a zbura cu drone mai ușoare de 25 de kilograme este nevoie de licență de pilot sau de un atestat emis de autoritățile italiene.
- Nu se permite operarea dronei la mai mult de 150 de metri altitudine și trebuie ținută la o distanță de minim 50 de metri de oameni și clădiri.
- Se permite zborul dronei la peste 8 kilometri distanță de aeroporturi.

Letonia²⁰

- Atunci când este pilotată drona trebuie să fie purtată o vestă reflectorizantă, în aşa fel încât operatorul să fie văzut de la distanță.
- Se poate opera drona la maximum 120 de metri altitudine.
- Dronele de sub 25 de kilograme pot fi operate fără un permis sau un certificat.
- Nu se permite pilotarea dronei pe timpul nopții.

Lituania

- Se permite pilotarea dronei mai grea de 25 de kilograme doar cu acordul autorităților locale.
- Nu se permite ridicarea dronei la mai mult de 120 de metri și nu se permite îndepărțarea la mai mult de 1 kilometru de operator.
- Trebuie ca drona să fie menținută la o distanță mai mare de 1,8 kilometri de aeroporturi.
- Trebuie ca drona să fie menținută în raza vizuală.
- Este interzis să fie efectuat zborul cu drona la distanțe mai mici de 50 de metri de oameni și vehicule.

Luxemburg

- Este necesar un certificat pentru orice fel de zbor (personal ori comercial). Prețul pentru obținerea lui este de aproximativ 620 de euro.

¹⁹ Italia - https://www.enac.gov.it/repository/ContentManagement/information/N1220929004/-Reg%20SAPR%20english_022014.pdf

²⁰ Letonia - <http://www.loc.gov/law/foreign-news/article/latvia-new-regulations-on-drone-operation/>

- Este interzis zborul cu drona la înălțimi mai mari de 50 de metri. Nu se permite zborul peste oameni ori deasupra localităților.
- Drona trebuie să aibă funcție automată de *Return to Home*.
- Operatorul trebuie să aibă asigurare de zbor pentru dronă.

Malta²¹

- Este interzis zborul la peste 120 de metri altitudine.
- Nu se poate zbura cu drona peste oameni, vehicule, proprietăți, aeroporți și unități militare.
- Zborurile comerciale au nevoie de aprobare specială.

Marea Britanie²²

- Dronele pot zbura până la maxim 120 de metri altitudine și 500 de metri distanță de operator.
- Toate dronele cu o greutate mai mare de 250 de grame trebuie înregistrate. Operatorul trebuie să susțină un test care să demonstreze cunoașterea regulilor care se aplică dronelor.
- Autoritățile sunt foarte atente la zborul dronelor după ce au avut loc mai multe incidente care au pericolat siguranța unor avioane de pasageri și a unor elicoptere.

Norvegia²³

- Dacă se zboară cu o dronă de până la 2,5 kilograme, trebuie să se anunțe fiecare zbor la autoritatea locală.
- Drona poate fi înălțată până la 120 de metri altitudine și trebuie să fie menținută în raza vizuală.
- Drona trebuie să aibă funcție de întoarcere automată la locul de decolare în cazul în care se pierde comunicația cu telecomandă.

Olanda²⁴

²¹ Malta -

<http://www.justiceservices.gov.mt/DownloadDocument.aspx?app=lom&itemid=11331&l=1>

²² Marea Britanie - <https://www.caa.co.uk/Consumers/Unmanned-aircraft-and-drones/>

²³ Norvegia - <https://luftfartstilsynet.no/en/drones/commercial-use-of-drones/about-drones/pas/regulations-of-drones/>

Modulul Drept și elemente de reglementare a dronelor

- Este nevoie de licență de pilot, drona trebuie să fie înregistrată și este necesar să se obțină aprobare pentru fiecare zbor.
- În timpul zborului trebuie să fie menținută o distanță mai mare de 50 de metri de oameni, clădiri și vehicule.
- Drona nu poate fi operată la peste 120 de metri înălțime și la peste 500 de metri distanță de operator.

Polonia²⁵

- Este necesar să se înregistreze dronele cu greutate mai mare de 25 de kilograme.
- Regulile de mai jos se aplică dronelor cu greutate de peste 600 de grame.
 - Înălțimea maximă de zbor este de 100 de metri.
 - Este permis zborul la peste 30 de metri distanță de oameni, drumuri, zone locuite, linii de înaltă tensiune.
 - Este recomandat ca pe drone să fie înscris numele și adresa proprietarului.

Portugalia²⁶

- Fiecare zbor trebuie anunțat pe o adresă de email: ais@anac.pt. Dacă se obține permisiune, aceasta trebuie expediată pe o altă adresă de email: images.aereas@aan.pt.
- Drona se poate înălța până la 120 de metri altitudine și trebuie să fie menținută în raza vizuală.
- Este interzis zborul cu drona deasupra parcurilor naționale, aeroporturilor, bazelor militare, spitalelor, centrelor educaționale, închisorilor.

România²⁷

²⁴ Olanda - <https://translate.google.ro/translate?hl=ro&sl=da&tl=en&u=https%3A%2F%2Fwww.drone-nieuws.nl%2Fdrone-wetgeving-en-regelgeving-in-nederland.html>

²⁵ Polonia - <https://www.loc.gov/law/help/regulation-of-drones/poland.php>

²⁶ Portugalia - <https://translate.google.ro/translate?hl=ro&sl=pt&tl=en&u=http%3A%2F%2Fwww.voanaboa.pt%2Fvoa-na-boa>

²⁷ România - <https://www.dragosasaftei.ro/ghid-inmatriculararea-unei-drone-romania/>

- Certificatul de înregistrare nu are termen de valabilitate.
- Trebuie înregistrate toate dronele cu masa mai mare de 500 de grame.
- Este necesar un permis național de zbor doar pentru dronele cu greutate cuprinsă între 15 și 50 de kilograme.
 - Pentru dronele cu greutate mai mare de 20 de kilograme, este necesară și o asigurare pentru daune produse în caz de accident.
 - „Piloți” (operatorii) dronelor nu au nevoie de niciun fel de permis.
 - Zborul peste Delta Dunării trebuie să aibă aprobare de la Administrația Rezervației Biosfera „Delta Dunării”, iar pentru aceasta trebuie achitată o taxă de 50 de lei.
- Autorizarea fiecărui zbor se va face prin anunț telefonic la Centrul de Operațiuni Aeriene al Ministerului Apărării: tel. 021.315.01.05.
- Zborul intravilan ori peste zone dens populate sau mulțimi de oameni este permis doar cu aprobarea Ministerului Apărării sau a unei cereri trimise la AACR, atât timp cât decolarea/aterizarea se fac în zona extravilană. Răspunsul poate oferi autorizația necesară de zbor pentru activități foto-video în spațiul intravilan.

Slovenia²⁸

- Este interzisă pilotarea dronei la mai mult de 500 de metri distanță de operator și la 150 de metri înălțime.

- Nu se permite folosirea dronei pentru zboruri comerciale.

Slovacia

- Legislația spune că operatorul trebuie să susțină un test înainte să piloteze o dronă.

- Pentru joburi comerciale este nevoie de permisiune de la Ministerul Apărării, taxa de înregistrare în sistem fiind de 600 de euro.

Spania²⁹

- Se permite zborul cu dronele obișnuite în afara orașelor și la înălțimi de cel mult 120 de metri.

²⁸ Slovenia - <https://www.caa.si>

²⁹ Spania - <https://www.mariscal-abogados.com/flight-restrictions-of-drones-in-spain/>

- Este interzis zborul pe timpul nopții.
- Nu se permite zborul în apropierea aeroporturilor, heliporturilor și a unităților militare.
- Drona trebuie să fie tot timpul în raza vizuală a operatorului.

Suedia³⁰

- Se permite înălțarea dronei la cel mult 100 de metri altitudine și trebuie să rămână în raza vizuală a operatorului.
- Pentru scopuri personale nu este necesar să se înregistreze drona sau să fie anunțat zborul.

În concluzie, putem menționa că, pentru siguranța personală și cea a dronei, este foarte important să verificăm legislația în vigoare din țara în care vrem să operăm o dronă.

În același timp, trebuie să menționăm că în Convenția de la Riga privind utilizarea dronelor de către persoane civile, se cere țărilor UE să adopte legi specifice pentru fiecare țară, ținând cont de caracteristica dronelor, acestea fiind grupate în clase diferite, în funcție de greutate. Până în prezent, statele (Germania – ianuarie 2017, Portugalia – decembrie 2016, Franța – septembrie 2016, Italia – iulie 2016) care au adoptat deja asemenea acte normative de comun acord au specificat că nu cer înregistrarea dronelor ușoare și nici autorizație de survol pentru acestea.³¹

Totodată, mai putem concluziona că nici în Uniunea Europeană, în momentul de față, subiectul dronelor încă nu este reglementat în multe țări, termenul limită de reglementare fiind anul 2020. Cu toate că unele țări din UE încearcă să reglementeze independent utilizarea dronelor la nivel național, totuși cele mai indicate și relevante reglementări urmează să fie elaborate în cadrul normativ la nivel internațional pe parcursul următorilor ani.

³⁰ Suedia - <https://transportstyrelsen.se/globalassets/global/luftfart/luftfartyg/the-swedish-uas-regulation-tsfs-2009-88.pdf>

³¹ Riga declaration on remotely piloted aircraft (drones), „Framing the future of aviation”, Riga - 06 March 2015 - <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/iles/modes/air/news/doc/2015-03-06-drones/2015-03-06-rica-declaration-drones.pdf>

Bibliografie selectivă:

1. Riga declaration on remotely piloted aircraft (drones) „Framing the future of aviation”, Riga - 06 March 2015 – <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/iles/modes/air/news/doc/2015-03-06-drones/2015-03-06-riga-declaration-drones.pdf>
2. Dragoș Asaftei, Legislație: Care sunt condițiile în care poți zbura cu drona în țările UE? <https://www.dragosasaftei.ro/legislatie-zbor-drona-ue/>
3. Austria – <https://www.austrocontrol.at:80/drohnen>
4. Belgia – https://mobilit.belgium.be/fr/transport_aerien/drones/terrains_des_drones
5. Croația – https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_10_128_-_2433.html
6. Cipru – <https://uavcoach.com/drone-laws-in-cyprus/>
7. Cehia – <http://www.atlasnavigator.com/government/civil-aviation-authority-czech-republic.html>
8. Estonia – <https://www.riigiteataja.ee/en/eli/ee/Riigikogu/act/-528032014001/consolide>
9. Finlanda - <https://translate.google.ro/translate?hl=ro&sl=fi&tl=en&u=https://www.finlex.fi%2Ffi%2Flaki%2Falkup%2F2014%2F20140864>
10. Franța – https://i1.wp.com/www.mlvdrone.fr/wp-content/uploads/2015/02/Notice_drones_2016_GB_VFF_new_web_Page_2.png
11. Germania – <http://www.loc.gov/law/foreign-news/article/germany-new-rules-for-operation-of-drones-and-model-aircraft/>
12. Grecia – <https://dagr.hcaa.gr/docs/HCAA%20UAS%20Regulation.pdf>
13. Ungaria – http://www.cms-lawnow.com/ealerts/2017/02/hungary-new-drone-regulations?_ga=2.72096346.851188713.1501497557-1951906600.-1501497557
14. Irlanda – <https://www.iaa.ie/general-aviation/drones>
15. Italia – https://www.enac.gov.it/repository/ContentManagement/information/N1220929004/Reg%20SAPR%20english_022014.pdf
16. Letonia – <http://www.loc.gov/law/foreign-news/article/latvia-new-regulations-on-drone-operation/>

Modulul Drept și elemente de reglementare a dronelor

17. Malta – <http://www.justiceservices.gov.mt/DownloadDocument.aspx?app=lom&itemid=11331&l=1>
18. Marea Britanie – <https://www.caa.co.uk/Consumers/Unmanned-aircraft-and-drones/>
19. Norvegia – <https://luftfartstilsynet.no/en/drones/commercial-use-of-drones/about-dronesrpas/regulations-of-drones/>
20. Olanda – <https://translate.google.ro/translate?hl=ro&sl=da&tl=en&u=https%3A%2F%2Fwww.drone-nieuws.nl%2Fdrone-wetgeving-en-regelgeving-in-nederland.html>
21. Polonia – <https://www.loc.gov/law/help/regulation-of-drones/poland.php>
22. Portugalia – <https://translate.google.ro/translate?hl=ro&sl=pt&tl=en&u=http%3A%2F%2Fwww.voanaboa.pt%2Fvoa-na-boa>
23. România – <https://www.dragosasaftei.ro/ghid-inmatriculara-unei-drone-romania/>
24. Slovenia – <https://www.caa.si>
25. Spania – <https://www.mariscal-abogados.com/flight-restrictions-of-drones-in-spain/>
26. Suedia – <https://transportstyrelsen.se/globalassets/global/luftfart/luftfartyg/the-swedish-uas-regulation-tsfs-2009-88.pdf>

Test de autoevaluare

1. Definiți noțiunea de aparat de zbor fără pilot și aparat de zbor fără pilot de stat. Enumerați trăsăturile distinctive ale acestor două categorii.
2. Definiți grupul de lucru format din experții Autorităților aeronaute civile naționale (56 de țări), EASA, EUROCONTROL și care este misiunea acestuia?
3. Care sunt atribuțiile Autorității Aeronautice civile în Republica Moldova?
4. Numiți organizațiile și organismele internaționale care reglementează domeniul aviației civile.

§1. Aplicarea dronelor în agricultură

Dronele aeriene devin tot mai populare în fermele din America. Cererea pentru datele pe care le pot oferi sistemele aeriene fără pilot crește, la fel ca și numărul de companii care le pot oferi. Deși FAA (Federal Aviation Administration) impune restricții privind utilizarea dronelor în scop comercial, piața lor atrage tot mai mulți dolari, iar spațiul aerian este tot mai aglomerat în fiecare zi. Dacă sunteți în căutarea unei drone pentru a acoperi o fermă, este important să identificați exact care sunt obiectivele dvs. Înainte de a o cumpăra, astfel încât să puteți găsi platforma care se aliniază cel mai bine necesităților dvs. În cele din urmă, aceste drone necesită o investiție semnificativă de timp și bani.

Cu baza în Toulouse, Franța, Delair-Tech oferă pachete specifice industriei, care pot fi dotate cu una dintre dronele (UAV-urile) lor, DT-18 sau DT-26. La achiziționarea fiecărei drone este inclus un program de formare cu durată de cinci zile. Pachetul Crop Mapper este cel mai potrivit pentru proiectele care acoperă o suprafață mare. Pachetul vine standard conținând software-ul de control al zborului Solapp (Delair) și software-ul de procesare a imaginii Pix4D mapper (în septembrie 2014 Delair-Tech a anunțat parteneriatul cu Pix4D și lansarea a șapte noi pachete de sistem UAV). Pix4Dmapper, recunoscut pentru acuratețe, eficiență și inovație, este singurul program de procesarea imaginilor înregistrate de UAV-uri care oferă o soluție automată cu instrumente integrate și se poate folosi ușor cu SIG (Geographic Information System) și editare CAD (Computer-aided design).

Compania HoneyComb din Oregon oferă o soluție de stocare all-in-one hardware/software/date cu echipamentul lor AgDrone. Drona în sine poate fi echipată cu o serie de senzori, inclusiv imagine termică, stereo-scopică și multispectrală NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). AgDrone UAS furnizează informații pentru agricultori pentru o varietate largă de probleme, inclusiv cultură, probleme de irigare, planificarea și evaluarea

daunelor. Toate datele colectate de AgDrone sunt stocate pe serverele HoneyComb și pot fi accesate de pe orice calculator, dar pachetul include și o tabletă care pune la dispoziție efectiv datele achiziționate. Zborurile autonome pot fi reprezentate grafic și salvate direct pe tabletă, fără a avea nevoie de vreun alt echipament hard suplimentar. AgEagle (Neodesha, KS, USA) este un UAV echipat cu un înveliș compozit de fibră de sticlă și pânză din fibră de carbon deasupra unei plăci din policarbonat. Este un vehicul aerian care poate zbura în condiții de vânt de până la 20 de mile pe oră. Pachetul standard complet AgEagle include aeronava, lansatorul, camera, software-ul și formarea (pregătirea) corespunzătoare.

Un alt exemplu este drona Bee Ag, de la senseFly, care e o versiune a popularei platforme eBee, personalizată pentru a acoperi o fermă. Drona standard este dotată cu o cameră infraroșu dar, optional, dă utilizatorilor posibilitatea de a crea hărți termice 3D ale unui câmp. Planificarea și controlul zborului cu software-ul eMotion de la senseFly (pentru PC-uri și tablete Windows) permite utilizatorilor să planifice și să simuleze un zbor înainte de decolare și apoi să monitorizeze zborul, fiind posibilă modificarea traseului în timp ce drona este în aer. Soft-ul eMotion este, de asemenea, compatibil cu Google Earth. Lancaster Mark III, de la PrecisionHawk, un model mic de UAV autonom cu aripi fixe, cântărind doar 1.3 kg, este capabil de colectarea, cu extrem de mare rezoluție, a datelor de teledetectie. Achiziționarea unui Lancaster include o pregătire gratuită online de 30 de minute, dar PrecisionHawk oferă opțiuni pentru formare pe unul din site-urile lor sau pot veni la utilizator. Pachetul include senzori LIDAR (tehnologie de teledetectie care măsoară distanța iluminând o țintă cu un laser și analizând lumina reflectată) și imagistică Hyperspectral, împreună cu cea termică/vizuală/multispectrală, în funcție de nevoile utilizatorului. PrecisionHawk promovează, de asemenea, „creierul” Lancaster – o inteligență artificială de bază care detectează condițiile meteorologice, pentru a crea propriul traseu optim de zbor în timp real și evaluatează datele receptionate de la senzori, eliminând necesitatea unui al doilea zbor.

Compania Aerial Technology International, un furnizor cu istoric pe piața UAS, s-a implicat și ea în lumea agriculturii și a început să vândă drone personalizate multirotor, care pot fi configurate cu toate camerele și senzorii standard. Deși dronele multirotor nu au aceeași viață extinsă a bateriei ca un model cu aripi fixe, ele sunt mult mai agile și pot zbura foarte aproape de sol (acestea, de asemenea, tind să fie mult mai ieftine). În plus, ATI oferă o consultare gratuită cu fiecare cerere pe care o primește, astfel încât să puteți fi siguri că drona oferită este optimizată pentru nevoile dumneavoastră. O altă soluție multirotor de pe piață este Quad Indago a companiei Farm Intelligence. Această dronă combină pilotul automat Kestrel 3 (Procerus Kestrel Autopilot) de la Lockheed Martin și un puternic laptop ca stație la sol. De asemenea, sistemul standard include propriul Dual Band Sensor, capabil să captureze imagini din domeniul infraroșu apropiat (NIR) și cel vizibil (RGB-HD) într-un singur pas. Eticheta de preț pe Indago ar putea fi puțin intimidantă, dar este, cu siguranță, unul dintre cele mai avansate quadcoptere ce se pot cumpăra.

Drone profesionale Parrot Disco-PRO AG și Parrot Bluegrass, dedicate agriculturii, sunt disponibile în România, potrivit unui anunț al importatorului oficial Falcon Electronics. Dronele pot fi folosite pentru supravegherea culturilor mari (cereale, leguminoase, rapiță, floarea soarelui etc), a livezilor și viilor, pentru colectarea de informații despre starea plantațiilor și analizarea lor. „Toate aceste date le permit producătorilor agricoli să evalueze rapid situația din teren pentru a aplica tratamentele adecvate și pentru a reduce pagubele cauzate de boli sau dăunători”, potrivit unui comunicat al Falcon Electronics. Parrot Bluegrass, cel mai nou produs din gama de drone profesionale dedicate agriculturii are o cameră frontală, un senzor multispectral Parrot Sequoia și GPS încorporat. Camera frontală ajută fermierii să monitorizeze vizual culturile, iar senzorul Parrot Sequoia îi ajută să detecteze orice problemă privind starea acestora. Parrot Bluegrass a fost proiectat în special pentru a survola plantațiile de pe terenuri deluroase (livezi, vii, alte culturi în pantă), având o acoperire de până la 30 de hectare, la un zbor cu altitudinea de 70 de metri și o autonomie de 25 de minute.



Fig.3.1.1. Parrot Bluegrass (stânga) și Parrot Disco-PRO AG

Parrot Disco-PRO AG, unul dintre primele modele de drona dedicate agriculturii lansate de Parrot, beneficiază, de asemenea, de o cameră frontală, un senzor multispectral Parrot Sequoia și GPS încorporat. Parrot Disco-PRO AG poate acoperi până la 80 de hectare, la o altitudine de 120 m și are o autonomie de până la 30 de minute. Drona este proiectată pentru a survola și analiza culturile agricole vaste de la câmpie (grâu, porumb, rapiță etc).

Informațiile înregistrate de drona pe teren sunt prelucrate și stocate în cloud, pe platforma AIRINOV FIRST+, iar fermierii primesc hărți specifice cu informații despre sănătatea culturilor.

Asociația nonguvernamentală Unmanned Vehicle Systems International, ce reprezintă producătorii și utilizatorii de drona și alte echipamente robotizate, prezice că, în cele din urmă, 80% din piața comercială de drona va fi destinață utilizării în agricultură. Pentru o vreme îndelungată agricultura era considerată o ramură tradițională a economiei. Schimbările în sector au avut loc lent, întrucât ciclurile tehnologice sunt foarte lungi, iar marja profitului, având în vedere intensitatea resurselor, e destul de mică. Tehnologiile moderne au schimbat însă pentru totdeauna fața agriculturii. De altfel, în sec. XXI folosirea dronelor este la fel de firească și indispensabilă cum a fost mecanizarea în sec XX. În continuare vom enumera trei cele mai evidente motive pentru care dronele au șansa de a deveni atât de populare printre agricultori.

1. Dronele asigură supravegherea eficientă a culturilor

Aparatele de zbor fără pilot la bord vin în ajutorul fermierilor la supravegherea culturilor extinse. Astăzi, acestea sunt monitorizate prin

intermediul sateliților, avioanelor cu echipaj uman sau într-un simplu raid pe câmp. Pentru aceasta însă e nevoie de timp și bani, mai ales că adunarea și prelucrarea îndelungată a datelor nu le permite fermierilor să intervină în timp util, înainte ca întreaga cultură să fie compromisă. Dronele sunt capabile să colecteze și să proceseze un volum mare de informații care pot aduce beneficii importante recoltei.



Fig.3.1.2. Supravegherea culturilor

2. Dronele simplifică utilizarea altor tehnologii de vârf în agricultură

Aparatele de zbor pot fi echipate cu camere infraroșu, senzori de înălțime, sisteme de introducere a îngrășămintelor și de polenizare, precum și multe alte tehnologii de colectare a datelor despre starea plantelor sau de localizare a turmei și.a.m.d. Compatibilitatea bună cu alte tehnologii utile din domeniu simplifică și ieftinește trecerea la agricultura de precizie, care permite reducerea costurilor și majorarea producției prin optimizarea utilizării

resurselor și consumabilelor. De asemenea, dronele pot fi prevăzute cu camere foto și video pentru a monitoriza starea de sănătate a plantelor din locurile mai puțin accesibile din câmp sau a supravegheia turma pe durata păscutului (Fig. 3.1.3).

3. Dronele – un instrument universal de colectare a datelor

De obicei, fermierii analizează îndeaproape starea de sănătate a plantelor după cultivare și la recoltarea lor. Dronele fac posibilă monitorizarea culturilor pe tot parcursul ciclului de viață, astfel ca, odată semnalizate problemele, agricultorii să intervină înainte ca întreaga cultură să fie compromisă. Datorită aparatelor de zbor fără pilot la bord, agricultorii sunt scuțiți de plimbările lungi și obositore pe care ar trebui să le facă pe câmp înarmați cu instrumente speciale de măsurare. Dronele au un înalt potențial de a optimiza producția agricolă, însă avantajul lor principal constă în simplificarea accesului la alte tehnologii, ceea ce permite atât fermierilor, cât și holdingurilor mari să cultive mai mult și să-și reducă cheltuielile.

Agricultura inteligentă: dronele agricole transformă agricultura tradițională. Dronele agricole fac rapid trecerea de la sistemul militar la agricultură, în vederea acordării sprijinului necesar fermierilor la supravegherea culturilor extinse, revoluție care contribuie la economisirea unor sume impresionante, precum și la tranziția agriculturii tradiționale spre agricultura intelligentă. În timp ce o bună parte a publicului își concentrează atenția la utilizarea recentă a dronelor în domeniul comerțului electronic, conform declarațiilor recente făcute de retailerul online Amazon, care dorește implementarea livrării produselor comandate prin intermediul dornelor comerciale, se preconizează că o mare porțiune din dronele viitorului vor intra în posesia agricultorilor, urmând să domine spațiul de deasupra terenurilor agricole. Popularitatea tot mai mare a dronelor agricole are ca și cauză creșterea gradului de tehnologizare a agriculturii, extinderea culturilor, precum și comasarea terenurilor la care se va ajunge în viitorul apropiat, agricultura tradițională lăsând locul agriculturii inteligente a viitorului. Dronele agricole reprezintă cerința de bază pentru implementarea agriculturii inteligente.



Fig.3.1.3 Prelucrarea culturilor



Fig.3.1.4 Investigarea plantațiilor multianuale

În context utilizării dronelor în agricultură, se estimează că folosirea dronelor comerciale în Statele Unite ale Americii va duce la apariția a mai mult de 100.000 de locuri de muncă și la un venit de aproape o jumătate de miliard de dolari, rezultat ca venit din impozitele generate până în 2025, un mare aport la această sumă rezultând din folosirea dronelor în agricultură. În statul Iowa, cel mai mare cultivator de porumb și cel de-al doilea cultivator de soia din SUA, s-ar putea înregistra o creștere a numărului de noi locuri de muncă cu 1.200 și un venit de 950 milioane de dolari în următorii zece ani prin folosirea dronelor în agricultură.



Fig.3.1.5.Prelucrarea cu erbicide

Dronele în agricultură: aplicații nelimitate pentru eficientizarea și modernizarea agriculturii. „Aplicațiile dronelor în agricultură sunt nelimitate, chiar în aceste timpuri”, a afirmat Kevin Price, fost profesor la Kansas State University care a părăsit universitatea pentru a se alătura companiei RoboFlight din Denver, care vinde drone agricole și, totodată, analizează datele colectate de acestea cu privire la culturile de porumb, soia, precum și alte culturi de câmp.



Fig.3.1.6. Monitorizarea creșterii porumbului

Kevin Price arată că, prin intermediul dronelor agricole, cultivatorii „vor putea vedea evoluția culturilor și vor fi în măsură să monitorizeze culturile agricole pe care le dețin în moduri în care nu era posibil până la introducerea acestor drone. În următorii 10 ani, aproape fiecare fermă va fi dotată cu o dronă agricolă, care va sprijini esențial cultivatorii”. Astăzi, sateliții, avioanele cu echipaj uman, precum și observarea directă reprezintă principalele modalități folosite de agricultori pentru monitorizarea culturilor deținute. Aceste metode, de multe ori, pot consuma mult timp sau se pot dovedi incomplete în ceea ce privește colectarea datelor, care pot necesita perioade lungi de timp pentru procesare și analiză. Prin urmare, poate fi dificil sau chiar imposibil pentru un agricultor să reacționeze la apariția unei probleme în cultura pe care o deține, cum ar fi cazul unui focar de dăunători, înainte de a fi prea târziu și întreaga cultură să fie compromisă sau costurile pentru intervenție să fie prea mari. Dronele, ale căror costuri variază între 2.000 și

Modulul Aplicații civile

aproximativ 160.000 de dolari pentru un dispozitiv de tip militar, sunt echipate cu camere cu infraroșu, senzori și alte tehnologii controlate de un pilot situat pe teren. Cheltuielile de achiziționare a unei drone agricole pot părea mari la prima vedere, dar datele pe care le colectează acestea pot servi la identificarea problemelor privind diferențele insecte în culturile agricole, a lipsei de apă în sol, la evaluarea randamentului culturilor sau depistarea unor dăunători, aducând beneficii mult mai mari, raportate la perioade mai mari de timp, în ceea ce reprezintă recuperarea investițiilor făcute de agricultori.



Fig.3.1.7. Prelucrarea cu insecticide a viței de vie

Totodată, agricultorii pot utiliza dronele agricole pentru a implementa utilizarea intelligentă a pesticidelor, erbicidelor, îngărișămintelor folosind aplicațiile tehnologice pentru a asigura cu precizie necesarul de substanțe nutritive pentru cultura agricolă în toate etapele de dezvoltare, precum și necesarul de protecție a culturii, economisind banii cultivatorilor prin reducerea risipei. Brent Johnson, cultivator de porumb și soia în Calhoun County, în centrul statului Iowa, a achiziționat o dronă în 2013 pentru suma de 30.000 dolari, care a fost deja răscumpărată prin economiile aduse de utilizarea dronei agricole în implementarea unei agriculturi inteligente la

exploatarea celor 350 de hectare pe care le deține. Brent Johnson spune că, folosind o dronă agricolă, acoperă aproximativ 3,5 hectare pe oră, ceea ce îi permite să adune informații prețioase pentru studierea randamentului culturilor, a modului în care sunt afectate de modificările climatice, precum și la identificarea vulnerabilităților culturilor de porumb. Aceste informații care vor fi folosite ulterior la planificarea culturilor viitoare, atunci când va decide ce tip de culturi va planta pe suprafețele pe care le exploatează. „Sunt mereu în căutarea unor avantaje, a datelor care ne lipsesc pentru a face lucrurile mai bine”, a spus Johnson, care deține, de asemenea, o companie ce studiază modul de implementare a unei agriculturi de precizie – agricultura inteligentă.



Fig.3.1.8. Model de echipament pentru investigarea culturilor agricole

Soluțiile pentru o agricultură intelligentă – agricultura viitorului

Agricultorii pot alege soluția aplicată de Brent Johnson, adică achiziționarea propriilor drone agricole, sau pot să apeleze la companiile care oferă servicii de consultanță specializate în această nișă a pieței. Un avantaj major în ceea ce privește angajarea companiilor de consultanță în locul achiziționării dronelor de către fermieri îl reprezintă și faptul că astfel se scurtează timpul necesar pentru obținerea avizelor în vederea operării acestor drone, micșorându-se complexitatea procesului de coordonare a zborului, care, în caz contrar, poate duce la mărire costurilor. Compania RoboFlight, care deține un departament ce colectează date necesare pentru agricultori privind topografia terenului, este orientată în direcția măririi numărului de vânzări pe segmentul dronelor, în aceeași măsură în care General Motors

lucrează cu dealerii săi pentru promovarea mașinilor. În acest sens, compania RoboFlight a încheiat parteneriate cu dealerii John Deere, ce acoperă aproape o treime din Statele Unite, prin care promovează dronele agricole chiar alături de tractoarele și combinele afișate în showroom-urile John Deere. Phil Ellerbroek, director de vânzări la RoboFlight, a refuzat să dea publicitate date privind vânzările de drone agricole din 2014, dar a declarat că firma se menține pe trendul care să permită raportări privind „triplarea cifrei de afaceri atât în ceea ce privește vânzările de hardware, cât și vânzările de drone”. De asemenea, compania a înregistrat o mare cerere de la fermierii din alte țări care doresc drone RoboFlight.



Fig.3.1.9. Drona în lucru

Cum se poate face profit de pe suprafețe mici de teren

Dronele agricole vor avea un impact semnificativ și de lungă durată în agricultura viitorului, având nevoie să fie modernizate cu dispozitive suplimentare pentru a colecta mai multe informații, cum ar fi senzori termici pentru a identifica semnele precoce de stres la plante, care pot fi ulterior rulate, analizate și utilizate de către agricultori.

Beneficiile utilizării dronelor în agricultură

Utilizarea dronelor în agricultură pentru supravegherea culturilor poate influența major productivitatea acestora și minimiza costurile de monitorizare a culturilor prin alte tehnologii.

Ce fel de informații pot obține agricultorii din imaginile înregistrate de dronele agricole?

Datele culese de drone se traduc în informații utile și ușor de înțeles pentru fermieri datorită unor algoritmi specifici. Unele dintre informațiile oferite de aceste imagini sunt:

- densitatea plantelor: numărul și dimensiunea plantelor, statisticile lotului agricol, parcele compromise sau neînsămânțate corespunzător
- indicii vegetativi: volumul frunzelor, detectarea anomaliei, eficacitatea tratamentului, infestații, influența factorilor meteorologici etc.
- necesarul de apă al plantelor și daunele cauzate de secetă.

Dronele agricole asigură o monitorizare permanentă în câmp a culturii de la plantare până la recoltare.

Care sunt principalele beneficii obținute de fermieri la utilizarea dronelor agricole?

Dronele pot ajuta agricultorii să-și optimizeze utilizarea de inputuri (semințe, îngrășaminte, irigații), să reacționeze mai rapid la amenințări (buruieni, boli și dăunători), să economisească timpul alocat verificărilor la fața locului (validarea tratamentelor sau a altor acțiuni întreprinse), să îmbunătățească aplicarea variabilă, pe zone, a tratamentelor de fertilizare/de protecție a plantelor pentru fiecare cultură în parte sau să estimeze în timp real randamentele recoltelor.

Care sunt avantajele combinării mașinilor/utilajelor agricole inteligente cu dronele agricole?

Imaginile de înaltă rezoluție și datele preluate de drona care survolează terenul agricol sunt colectate și transmise direct în cloud-ul/software-ul pus la dispoziția clientului. Grație acestor date, utilizatorul poate selecta informațiile dorite și poate crea hărți de tratament diferite, în funcție de operațiunea pe care fermierul dorește să o efectueze pe teren. Hărțile pot fi apoi încărcate pe echipamentele agricole, care vor ajusta în mod corespunzător cantitatea de materii prime (semințe, îngrășaminte, pesticide) care trebuie aplicată în teren.

Cât costă o dronă agricolă?

Pretul unei drone standard pentru uz public începe de la 1.300 €. În sectorul agricol, dronele mici fără tehnologii avansate pot fi achiziționate de la 2.000-3.000 €. Dronele de tip aripă fixă cu funcții clasice pot fi achiziționate de la circa 3.000-5.000 €, iar prețul dronelor speciale dotate cu tehnologii superioare utilizate exclusiv pentru agricultură începe de la 20 000 €.



Fig.3.1.10. Dronă agricolă

Printre beneficiile utilizării dronelor în agricultură pot fi enumerate:

- mărirea randamentului culturilor agricole;
- limitarea pierderilor prin identificarea problemelor apărute în culturile agricole în timp util;
- economisirea timpului;
- monitorizarea întregii culturi;
- maximizarea randamentului privind realizarea investițiilor viitoare;
- accesul la informațiile de care aveți nevoie în timp util pentru intervenție rapidă;
- ușurința utilizării acestei tehnologii;
- cartografierea integrată a terenurilor agricole;
- stabilirea cu exactitate a hotarelor culturilor;
- recepționarea imediată a informațiilor legate de starea de sănătate a culturilor prin intermediul funcțiilor cu care sunt echipate dronele agricole;
- mecanismele de siguranță în exploatarea dronelor impun întotdeauna revenirea la locația originală de decolare.

Test de autoevaluare

1. Numiți funcțiile esențiale ale hărții pentru agricultură.
2. Care sunt beneficiile utilizării dronelor în agricultură?
3. Enumerați tipurile de senzori utilizați în agricultură.

§2. Aplicarea dronelor în lucrările cadastrale

Știința cartografiei se află la momentul actual într-o etapă de evoluție fără precedent, care i-a făcut pe unii specialiști să afirme că reprezentă o adevărată „revoluție științifică”, prin caracterul radical al transformărilor produse. Cauza primordială a acestei schimbări se află, fără îndoială, în apariția și dezvoltarea tehnologiei informației, care, prin intermediul suportului oferit de componente hardware și software, a permis saltul calitativ de la cartografia clasică (tradicională) la cartografia modernă (digitală).

Poate că cea mai importantă transformare pe care a produs-o noua paradigmă cartografică este chiar înțelesul noțiunii de hartă sau plan ca model de reprezentare a realității spațiale. În modelul clasic, hărțile și planurile sunt reprezentări grafice convenționale, care cuprind elemente de planimetrie și relief ale suprafeței terestre, fiind însotite de elementele de scriere și de elementele grafice ale cadrului de reprezentare. Această definiție globală implică încă de la început caracterul static al hărții sau planului, în sensul de mediu de stocare a informațiilor, ce oferă doar o imagine analogică a realității fizice. Or ceea ce diferențiază fundamental noul concept de hartă este tocmai caracterul său dinamic și interactiv, care permite ca ceea ce era anterior doar un mediu-suport să devină un mediu de interogare și analiză. Harta nu mai este un produs singular. Prin intermediul legăturilor care se stabilesc între componentele grafice și cele din mediul extern, harta comunică atât cu baze de date-atribut, cât și cu elemente multimedia și astfel devine un adevărat vehicul pentru interacțiunea utilizator-mediu geografic.

Pentru a stabili o nouă definiție a produsului cartografic, trebuie să revenim la rolul esențial al hărții ca model de reprezentare a realității

înconjurătoare, ce cuprinde o selecție informațională determinată apriori de scopul fundamental al reprezentării. De asemenea, noțiunea de scară prezintă ca un criteriu de bază la clasificarea hărților și planurilor analogice devine, în modelul digital, doar o măsură de apreciere a gradului de detaliere la vizualizarea imaginii cartografice. Elementele de conținut, atunci când ele provin din sfera măsurătorilor terestre, redau în mod fidel forma și dimensiunile geometrice ale elementelor corespondente din teren, fiind generalizate prin intermediul diferitelor semne convenționale, doar în scopul redactării pe hârtie a unei zone restrânse, la o scară de selecție mică.

Alte funcții esențiale ale hărții care pot sta la baza unei redefiniri a conceptului de hartă conform noului mediu al cartografiei sunt, după Ormeling F.J. (1999), următoarele:

- harta ca factor de orientare în spațiu;
- harta ca organizator spațial al produselor multimedia;
- harta ca instrument pentru accesarea elementelor de informație;
- harta ca instrument de navigare pentru produsele multimedia (UAV);
- harta ca interfață pentru baza de date geografică;
- harta ca interfață pentru baza de date cartografică;
- harta ca instrument pentru vizualizarea științifică.

Cartografia digitală începe odată cu apariția mediului de procesare electronică a informației, iar într-o primă formă, aceasta este o cartografie automatizată asistată de calculator, care nu diferă mult de scopurile și principiile cartografiei clasice, în sensul că ea „imită” harta tradițională printr-o proiectare simplă asistată de calculator (de tip CAD), reușind să o creeze și să o prezinte într-un mod mai eficient și calitativ superior.

Prin apariția Sistemelor Informaționale Geografice (SIG), care includ legătura bazei de date cartografice cu bazele de date externe de tip atribut, s-a trecut la o nouă etapă în procesarea informației geografice. Astfel, s-au definit noi concepte privind constituirea bazei de date a unui sistem informațional al teritoriului, de la cel mai general care să conțină aspecte culturale și informații sociale ce reflectă principalele scopuri ale societății, la cele specializate,

pentru înțelegerea, controlul și monitorizarea multiplelor structuri spațiale care sunt afectate de relațiile umane.

În acest model, organizarea datelor pe straturi de informație creează posibilitatea selectării de hărți tematice într-un mod rapid și necostisitor, iar legăturile cu bazele de date de tip atribut permit analize complexe ce stau la baza elaborării interogărilor, rapoartelor și statisticilor de interes. Un alt avantaj e faptul că în reprezentarea numerică se poate manipula o cantitate mare de date cartografice și, în plus, există posibilitatea transferului de date între diferite sisteme de proiecție cartografică în mod automat, prin secvențe de program incorporate în mediul soft al SIG. Se remarcă unitatea sistemului de referință pentru o anumită zonă de cartografiere, indiferent de mărimea acesteia sau de scara de reprezentare dorită, prin tratarea globală și unitară a informației cartografice.

De asemenea, este posibilă integrarea automată a datelor din diverse surse digitale (măsurători topografice, GPS, date fotogrammetrice și satelitare) sau nondigitale (hărți și planuri existente în format analogic) și conversia datelor din model raster în model vectorizat sau invers. Editarea informațiilor din baza de date cartografică elimină inconvenientul de a reproduce vechiul plan ca în varianta analogică, permitând o actualizare permanentă și eficientă a situației reale din teren.

Componentele de tip spațial ale datelor (poziția, atributele, relațiile spațiale și timpul), determinate de sursa lor de achiziție, permit o analiză comparativă între caracteristicile acestora în cele două abordări ale modelului cartografic (clasic și digital). Poziția exprimată prin coordonate localizează în cadrul hărții elementul topografic, atributele sunt exprimate de valori ce caracterizează obiectul, relațiile spațiale sunt definite prin vecinătăți, iar timpul indică data reperării entității respective.

Prin stocarea informațiilor în format numeric se elimină necesitatea suportului nedeformabil și, implicit, problema conservării hărților. Funcția de stocare asigurată de baza de date digitală ce înlocuiește suportul de hârtie este separată de cea de vizualizare, care oferă modele complexe de surprindere a realității fizice.

Perspective ale cartografiei digitale

În etapa actuală, există tendința unificării tuturor tehnologiilor spațiale ale cartografiei digitale: multimedia, GIS, măsurători prin senzori și WEB, către o cartografie cibernetică, aplicată la diverse forme de media și materiale de telecomunicații (Internet, www). Este vorba de o cartografie multidimensională, puternic interactivă, cu utilizatori activi și producători grupați în echipe de lucru interdisciplinare.

Pe de o parte, noua tehnologie multimedia, ca instrument pentru vizualizare, simulare, comunicare și explorare de date spațiale complexe, oferă o perspectivă bogată și diversă în domeniul comunicării și prezentării, iar pe de altă parte, pentru o integrare coerentă a tuturor acestor proceduri de lucru, se impune stabilirea unor standarde comune de utilizare a bazelor de date cartografice.

Toate acestea au un impact direct asupra segmentului destinat utilizatorului, a cărui interes pentru cartografie și informație geografică este tot mai mare. Diversitatea utilizatorilor hărților și accesul facil la tehnică de calcul și la procesul de creare a hărților creează posibilitatea ca fiecare individ să fie nu numai un utilizator, ci și un potențial producător de hartă. Prin aceasta, caracterul pasiv de „observator” este înlocuit cu cel activ de „explorator” al hărții, atât din punct de vedere spațial, cât și conceptual. În plus, utilizatorul are la dispoziție posibilități de interogare proprii, neprevăzute de sistem. Elementele multimedia își pun amprenta și asupra categoriei multi-utilizator, reprezentată de membrii unei organizații, în care informația trebuie să circule și să fie asimilată de fiecare nivel structural.

Aceste transformări esențiale, care derivă din „obligația morală a cartografilor de a comunica informația spațială unei largi audiенțe”, impune o globalizare a procesului de cunoaștere și folosire a produselor cartografice digitale, ceea ce implică necesitatea factorului educațional în acest domeniu.

Din acest motiv, putem considera că problemele tehnologice vor fi mai ușor rezolvate prin antrenarea tot mai mare în viitor a caracteristicilor de funcționalitate și viteză de lucru.

Zborul cu drona pentru obținerea fotografiilor aeriene. În direcția cartografierii aeriene, avantajele tehnologiei UAV le reprezintă: capacitatea de abordare a terenurilor greu sau deloc accesibile; rezoluția spațială, temporală și, uneori, chiar cea radiometrică superioară tehnologiilor actuale.



Fig. 3.2.1. Model dronă

Aerofotogrammetria digitală

Prin aerofotogrammetria digitală, cu un set de fotografii aeriene obținute de la dronă prin software de specialitate se generează:

- Ortofotoplanurile sunt compuse dintr-un mozaic de fotograme aeriene corectate geometric (ortorectificate). Acestea, ca și hărțile clasice, nu au nici o distorsiune. Spre deosebire de ofotografie aeriană, un ortofotoplan poate fi folosit pentru măsurarea distanțelor reale, pentru că acesta este reprezentarea exactă a suprafeței pământului. Un ortofotoplan este capabil să ilustreze imaginea caracteristicilor terenului, și nu reprezentarea cartografică simbolică a acestor caracteristici.
- Modelul digital al suprafeței DSM sau DEM este un model digital sau o reprezentare 3D a suprafeței terenului. Acestea conțin milioane de observații altimetrice rezultate prin aerotriangulație și se folosesc pentru crearea modelelor tridimensionale, măsurarea volumelor, înălțimilor etc.
- Modelul digital al terenului (DTM) este un model topografic al pământului lipsit de relief care poate fi manipulat prin programe de calculator. Fișierele de date conțin datele referitoare la elevația spațială a terenului într-un convertor de format digital care, de obicei, este reprezentat ca o grilă dreptunghiulară. Vegetația, clădirile și alte obiecte (artificiale) create de om sunt

Modulul Aplicații civile

eliminate digital, lăsând doar terenul de bază. Modelul digital al suprafaței (DSM) este, de obicei, produsul principal al fotogrammetriei, în cazul în care acesta conține toate elementele elementele menționate mai sus, iar la filtrarea unui DSM se obține un DTM. Precizia DTM-ului (modelului digital al terenului) obținut este cuprinsă între 1 și 10 cm, înălțimea de zbor fiind unul dintre parametrii ce pot fi modificați pentru a obține o precizie înaltă.

Diverse aplicații ca suport:

- Planuri topografice, avize și autorizații de gospodărire a apelor.
- Planuri topografice pentru documentații permise și licențe de exploatare.
- Planuri topografice în documentații pentru PUZ, PUG, PUD.
- Planuri topografice în documentații pentru alimentarea cu apă.
- Planuri topografice în documentații de canalizare (modelul digital al terenului combinat cu măsurători terestre de precizie pe secțiunea reproiectată).
- Planuri topografice pentru diverse studii de risc, pericole etc.

Date obținute:

- Modelul digital de suprafață 2D – ortofotoplanul în format .tif (harta topografică).
- Modelul digital de elevație (DEM) – .dxf .asc .bil .xyz.
- Modelul digital al suprafeței 3D – .3ds.
- Nor de puncte – .ply .las .obj.
- Calculul volumelor excavate și al haldelor.
- Harta Google Earth – .kmz.
- Imagini aeriene oblice.
- Imagini aeriene ortorectificate.

În secolul 21 evoluția tehnologiilor nu stagnează, iar în activitatea cadastrală, ca și în toate domeniile, echipamentele clasice sunt substituite de tehnologiile computerizate dotate cu diferite tipuri de senzori, care simplifică achiziția datelor din teren și obținerea hărților și planurilor cadastrale.

Datorită creșterii interesului față de datele geospațiale, în special, datele 3D georeferențiate pentru elaborarea sistemelor informaționale în diferite

domenii de activitate a statului, apare problema aplicării unei metode noi de achiziționare rapidă a acestor date. O posibilitate de achiziționare rapidă și eficientă a datelor georeferențiate este utilizarea sistemelor UAV.

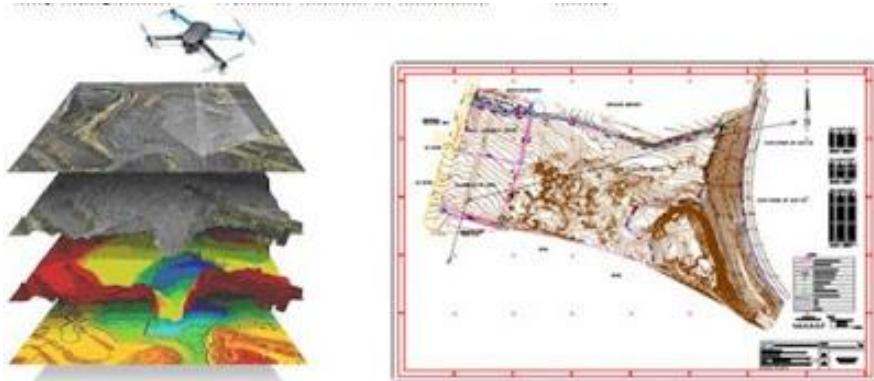


Fig.3.2.2. Model de date

În activitatea cadastrală sunt, de obicei, utilizate tăhometrele și receptoarele GNSS (Global Navigation Satellite System). Aceste instrumente asigură un nivel înalt de precizie la determinarea punctelor de hotar. Spre deosebire de metode tradiționale, aplicațiile fotogrammetrice sunt utilizate pentru actualizarea hărților și planurilor, în special, pentru suprafețe mai mari. Imaginele ortofoto sunt totuși limitate pentru utilizare în activitatea cadastrală, în principal, din cauza rezoluției joase a imaginii.

Dezvoltarea rapidă a sistemelor robotice pe parcursul ultimilor ani a permis utilizarea vehiculelor aeriene fără pilot la achiziția datelor fotogrammetrice. Aceste sisteme UAV, care zboară autonom sunt, de obicei, echipate cu diverse senzori pentru navigare, poziționare și cartografiere, cum ar fi camerele video, sistemele LiDAR etc.

Perspectivele și posibilitățile de aplicare a tehnologiilor UAV în activitatea cadastrală. Avantajul utilizării tehnologiei UAV față de tehnologiile clasice de elaborare și actualizare a materialelor cartografice este evident, și anume, acestea pot fi folosite pentru terenurile greu accesibile sau

Modulul Aplicații civile

cele în care utilizarea a ridicărilor clasice la determinarea hotarelor ar fi economic nerentabilă. În acela și timp, imaginile 3D de mare rezoluție și precizie înaltă lărgesc domeniile de aplicare a tehnologie UAV.

Domeniile în care pot fi aplicate dronele sunt nemărginite. La momentul actual, dronele pot fi aplicate cu succes la determinarea suprafețelor terenurilor fondului silvic, fondului apelor și.a.

Avantajele utilizării tehnologiilor UAV:

- Operativitate
- Sporirea preciziei datelor topo-geodezice
- Elaborarea și actualizarea diferitelor tipuri de hărți și planuri
- Elaborarea modelului 3D al localităților
- Elaborarea modelului digital al terenului
- Monitoringul și inventarierea terenurilor
- Depistarea construcțiilor neatorizate și.a.

Test de autoevaluare

1. Definiții Sistem Informațional Geografic
2. Perspectivele cartografiei digitale
3. Descrie datele rezultate din cartografierea digitală?
4. Avantajul utilizării tehnologiei UAV față de tehnologiile clasice

§3. Aplicarea dronelor în administrația publică centrală și locală

Dronele au apărut și au fost dezvoltate inițial în sectorul militar, dar devin tot mai răspândite și în sectorul civil, numărul acestora fiind permanent în creștere.

Este greu de imaginat vre-un domeniu din administrația publică atât centrală cât și locală, unde nu vor fi utilizate dronele. Dronele sunt disponibile în prezent într-o mare varietate de forme și mărimi, de la mici avioane sau elicoptere, până la mașinării liliputane, nu mai mari decât o pasăre colibri sau chiar decât unele insecte.

Datorită faptului că pe dronă pot fi instalate diferite *gadet-uri*, dronele vor fi utilizate practic în toate domeniile. Însă, în prezent, aproape toate dispozitivele portabile necesită un smartphone sau un computer pentru a funcționa. Cele care vor fi scoase pe piață în următorii ani vor continua să folosească telefoanele noastre mobile ca un *hub* informațional. Pe măsură ce piața acestor dispozitive se maturizează, iar aparate din ce în ce mai sofisticate sunt lansate de producători, vor apărea și oportunități de integrare a unor produse strict pe domenii aparte.

Putem menționa, că în curând dronele vor fi perfecționate cu sisteme de zbor și de evitare autonomă a obstacolelor și nu va mai fi nevoie nici măcar de piloți pentru folosirea lor.

Pentru al șaselea an pe lista tendințelor, ca și dronele, dispozitivele portabile reprezintă un pariu sigur și în următorii ani. În următorii ani, Institutul Future Today (FTI) urmărește 536 de dispozitive portabile aflate în diferite stadii de proiectare/dezvoltare și până la cele intrate în producție de masă. FTI estimează că până la sfârșitul acestui an vor fi vândute peste 300 de milioane de astfel de dispozitive în întreaga lume. Mai mult de jumătate dintre acestea sunt dedicate biometriei și activităților de fitness, în timp ce celelalte sunt concepute pentru jocuri, muncă sau monitorizare medicală. Înființat în 2006 în Statele Unite, Institutul Future Today își propune să-i ajute pe lideri și organizațiile pe care aceștia le conduc să se pregătească de azi pentru provocările cu

Modulul Aplicații civile

care se vor confrunta mâine. FTI se concentrează exclusiv asupra modului în care noile tehnologii și ultimele descoperiri ale științei influențează sau afectează anumite domenii de afaceri, cum transformă forța de muncă și cum poate aprinde schimbări la nivel geopolitic. În fiecare an FTI publică câte un raport al tendințelor cu care se va confrunta plaja media în cursul anului următor. Dacă aceste tendințe se vor dovedi oportunități sau se vor transforma în amenințări pentru actorii media și consumatorii de media, rămâne de văzut. Lista FTI pentru anul viitor cuprinde 75 de tendințe, dintre care primele 60 au fost prezentate în materiale anterioare¹.

Trebuie de menționat că scopurile utilizării dronelor sunt în continuă expansiune. Fiind niște aeronave fără pilot relativ noi pe piață, în momentul de față, încă se descoperă noi moduri de utilizare a dronelor. Astăzi, dronele pot fi folosite pentru:

- activitățile din domeniul agricol, drona poate survola peste culturile de mari dimensiuni, întinse pe hectare întregi de pământ, astfel urmărind evoluției plantelor poate fi mult mai ușoară, iar proprietarul poate primi imagini prețioase în timp real;
- a monitoriza situația parcurselor naționale. Fie că se dorește urmărirea florei, a faunei sau a unor comportamente umane, dronele sunt perfecte și pot fi folosite cu succes de către autorități;
- a monitoriza locațiile arheologice, dificil de investigat de altfel de către om. O dronă este mică, ușoară, zboară peste tot și este foarte practică în domeniul arheologic;
- folosind drone, autoritățile pot preveni imigrația ilegală. Dronele se înalță în aer și monitorizează în orice moment frontierele, pentru a garanta că nimic nu intră sau ieșe din țară fără știrea personalului autorizat;
- dronele sunt echipamente extrem de utile în domeniul jurnalismului. Reporterii pot folosi în scop de informare nonmilitar dronele și pot obține dovezi de necontestat pe baza cărora își pot scrie materialele;

¹<https://www1.agerpres.ro/sci-tech/2017/11/17/tendinte-tehnologice-pentru-media-in-2018-dronele-si-dispozitivele-portabile-isi-fac-loc-si-in-presa-11-48-25>

- dronele sunt foarte utile pentru autoritățile care trebuie să realizeze inspecții în zone dificil de parcurs (linii de înaltă tensiune, conducte, apeducte, poduri, baraje etc.);

- dronele pot folosi chiar și la transportul unor obiecte cu dimensiuni reduse, până la câteva kilograme. În zonele critice, afectate de anumite calamități, se poate face transportul unor alimente cu o dronă civilă sau chiar pot fi folosite pentru a căuta supraviețuitori (În România cu ajutorul unei drone a fost surprins și înregistrat accidentul SMURD în Lacul Siutghiol, când unele din victime erau încă în viață);

- dronele se folosesc și pentru cartografiere, măsurători, teledetectie de proximitate; În același timp, cu ajutorul unei drone de monitorizare se pot detecta construcțiile neautorizate pe anumite terenuri;

- orice fotograf sau cameraman profesionist trebuie să aibă în kit-ul său o dronă profesională cu care să surprindă cele mai frumoase cadre. De exemplu, se pot obține imagini de vis de la nunți, botezuri, cununii, mitinguri etc. Imaginele captate cu o dronă pentru filmat pot fi incluse în scurt-metraje sau chiar în filme.

În momentul de față, tendința de a utiliza dronele este una clară, iar lucrurile tind să evolueze de la sine, drept urmare, fabricarea și utilizarea dronelor poate reprezenta o nișă importantă și din punct de vedere economic.

Spre exemplu, compania de vânzări online *Amazon* urmărește să integreze dronele în conceptul lor de afacere și speră să revoluționeze transporturile de curierat. Cu permisiunea autorităților din Statele Unite, compania Amazon urmărește să testeze noul său serviciu de livrare cu drone. Astfel, un oficiu de brevete din America anunță că la doar jumătate de oră de la postarea comenzii online, odată accesând butonul „adu-mi”, acesta pleacă la destinatar, indiferent de locația acestuia.

Un alt exemplu de integrare a dronelor în spațiul civil este programul-pilot demarat în Marea Britanie, care urmărește folosirea dronelor în caz de urgență medicală. Guvernul de la Londra dorește ca, din 2019, acestea să transporte consumabile medicale urgente. Astfel, vor fi evitate blocajele din trafic și ar

putea fi salvate mult mai multe vieți omenesti, deoarece dronele ar putea zbura peste vehicule, pentru a ajunge la locul impactului și a evalua situația, înainte de sosirea echipelor de intervenție. În cadrul acestui proiect-pilot urmează să fie alese cinci orașe britanice. În același timp, guvernul roagă autoritățile locale să vină cu noi idei, astfel încât dronele să se adapteze realităților vietii urbane.

În continuare vom vorbi de *o dronă care salvează vieți, așa numita dronă-ambulanță*. Deci, în medicină putem vorbi de transportul de urgență și în siguranță a diferitor dispozitive medicale. Este foarte dificil de a ajunge de urgență la persoanele cu insuficiență cardio respiratorie acută mai ales atunci când traficul este blocat.

Pentru că de cele mai multe ori echipele medicale nu ajung la timp atunci când viețile oamenilor sunt puse în pericol, un inventator pe nume Alec Momont, student de la Universitatea Tehnică din Delft (Olanda), a inventat un prototip de dronă ambulanță, capabilă să identifice victima folosind semnalul telefonului mobil și GPS, să care material medical în greutate de 4 kg și să zboare cu 60 km/oră. Acest prim prototip a fost dotat cu un defibrilator și are cameră web pentru a facilita transmiterea de instrucțiuni către cei aflați lângă pacientul cu atac de cord. Deci, această dronă ambulanță poate livra un defibrilator în aproximativ un minut, într-o suprafață de 12 km². *Inventatorul mai susține că folosirea pe scară largă a acesteia ar crește șansa de supraviețuire de la 8 la 80% – poate salva foarte multe vieți. Dar, deocamdată performanțele dronei ambulanță mai trebuie îmbunătățite iar legislația adaptată, deoarece aceste obiecte zburătoare nu sunt peste tot acceptate în spațiile publice.*

*Trebuie de menționat, că în UE în jur de 800.000 de persoane pe an suferă un atac de cord și doar 8% supraviețuiesc din cauză că nu se poate interveni în primele 4-6 minute, intervalul considerat optim pentru a preveni moartea cerebrală*².

² <https://decitit.ro/index.php/2015/01/04/drona-ambulanta/>

Această invenție poate fi o soluție foarte ingenioasă, deoarece ar putea salva foarte multe vieți omenești care ar suferi de atac de cord. Ea poate aduce cu ea în locul precizat un defibrilator, care este esențial în procesul de salvare al celor care suferă un atac de cord.

Deci, în momentul în care numărul unic de urgență este apelat, centrul de asistență medicală trimite la locul indicat o drona-ambulanță care poate înlocui absența serviciilor unor medici specialiști. Această dronă-ambulanță ajunge într-un timp foarte rapid la locul indicat în urma con vorbirii telefonice, fapt ce face ca procentul de supraviețuire a celor care suferă de atac de cord să crească destul de impunător. În partea frontală a dronei se află montată o cameră video, oferind paramedicilor imagini de la locul în care se află cei care au nevoie de îngrijiri urgente. Astfel, paramedicii pot da indicații persoanelor care se află în apropierea persoanelor care au nevoie de îngrijiri și acest lucru poate salva foarte multe vieți.

Momentan drona-ambulanță a fost testată doar pentru persoanele care suferă un atac de cord, însă pe viitor se vor implementa și alte dispozitive care să ofere ajutor medical persoanelor care suferă de probleme respiratorii, de diabet sau celor care suferă anumite traume și lovitură cauzate de accidente.

Astfel, prin invenția acestei drone întregul sistemul medical are de câștigat. Această idee ar trebui implementată în cât mai multe țări, deoarece este o mare realizare pentru întreaga lume. Datorită acestui prototip, mortalitatea provocată de atacurile de cord ar putea să scadă într-un procent destul de considerabil, iar în viitor foarte multe vieți ar putea fi salvate de la moarte³.

Însă, dincolo de utilitățile comerciale și științifice, dronele pot fi folosite și în cazul unor situații de urgență sau al unor dezastre naturale. Posibilitatea de a trimite aceste aparate în locuri greu accesibile ar putea ajuta la localizarea supraviețuitorilor unor dezastre. Utilitatea lor în câteva cazuri de urgență a fost testată deja. Spre exemplu, și o organizație neguvernamentală din Germania a construit un UAV care să livreze defibrilatoare către pacienții

³ <https://specialarad.ro/s-a-inventat-drona-ambulanta-care-salveaza-viata-oamenilor/>

Modulul Aplicații civile

care au suferit un atac de cord și care pot ajunge mai repede la aceștia decât paramedicii. Un alt exemplu este cel al unei companii de cercetare americane, Physical Sciences, care a creat o dronă numită InstantEye, ce identifică supraviețuitorii unui accident, sau persoane izolate în zone fără acces și are capacitatea de a transporta telefoane mobile cu ajutorul căror victimele pot păstra legătura cu autoritățile pentru situații de urgență⁴.

Un alt domeniu în care utilizarea dronelor are o mare eficiență este agricultura, ramura care se ocupă de cultivarea plantelor. Urmărirea evoluției culturilor, a gradului de uniformitate a plantelor pe o suprafață, supravegherea pentru descoperirea apariției diverselor boli sau dăunători și multe altele, pot fi realizate cu ajutorul dronelor. Agricultura este o ramură foarte importantă și în economia țării noastre, iar apariția unor dăunători (insecte sau alți paraziți) pot provoca pagube importante culturilor.

Deci, revoluția digitală are potențialul de a schimba profund agricultura: luarea deciziilor devine mai clară, mai inteligentă și mai simplă. Prin combinarea instinctului fermierului cu tehnologiile de ultimă generație, cum ar fi drone, imagini din satelit, algoritmi de aplicații variabile, senzori de înaltă tehnologie, aplicații mobile sau GPS-ul, un fermier poate face alegeri mai bine informate, care să conducă la randamente mai mari. Dronele pot monitoriza orice tip de cultură în orice zonă geografică.

Este de așteptat ca această nouă tehnologie în agricultură să crească în mod semnificativ în următorii ani, deoarece dronele oferă o gamă largă de aplicații unice care îmbunătățesc agricultura de precizie.

Atașate cu camere și aparate de înaltă tehnologie, dronele pot monitoriza bine bolile, dăunătorii, irigațiile și îngrijșăminte. Aceasta va ajuta fermierii în agricultura de precizie, printre care:

- *Pulverizare și protecție.* TTA Agricultura de pulverizare poate înlocui pulverizatorul tradițional de pesticide și viteza acestuia este de 40 de ori mai mare decât cea a pulverizatorului tradițional. Aceasta va economisi 90% apă și

⁴ <http://www.teamnet.ro/ro/stiri/ascensiunea-dronelor/>

30% -40% pesticid. Deja este realizată drona, prin utilizarea căreia consumul de pesticide va fi optimizat, scopul fiind reducerea semnificativă a expunerii plantelor la pesticide sau alte produse chimice folosite pentru combaterea dăunătorilor.

- *Fertilitate și însămânțare.* Fertilizarea cu TTA și copter-ul pentru însămânțare este o mașină nouă proiectată de TTA, cu trăsături ușoare de funcționare, chiar fertilizare, lucrul la scară largă, performanțe ridicate, proprietăți stabile, fiabilitate.
- *Supravegherea fermelor.* Izbucnirea buruienilor și a dăunătorilor, irigația expusă și lipsa de îngrășăminte pot fi monitorizate de TTA UAV echipat cu cameră multispectrală sau higrospectrală de înaltă rezoluție.

Un pachet complet de date UAV va fi colectat și analizat ca o informație actuală și exactă privind creșterea culturilor, care va ajuta fermierii să utilizeze în mod rațional îngrășămintele și pesticidele și să îmbunătățească în mod indirect mediul.

Totodată, este foarte interesantă metodă de plantare a copacilor prin utilizarea tehnologia dronelor. După o analiză a zonei despădurite, prin defrișări sau incendii de pădure, se plantează copaci cu drone.

De la începutul civilizației umane și până astăzi numărul de arbori, la nivel global, a scăzut cu 46% iar acum, peste 6,5 de miliarde dispar, în fiecare an, din cauza unor activități umane și a dezastrelor naturale, după unele estimări, publicate în urmă cu aproximativ un an, în luna mai 2016⁵.

Suprafețe întinse de păduri au dispărut prin defrișări. Au fost curățate intenționat teritoriile întregi, cu scopul de a elibera mai mult teren pentru alte activități, de exemplu pentru animale sau pentru accesul la alte resurse naturale, dar, mai ales, pentru recoltarea lemnului în diferite scopuri.

Într-un studiu publicat de organizația non-profit a geofizicienilor, cu peste 62 de mii de membri din 144 de țări, AGU (American Geophysical Union – Uniunea Geofizică Americană), se arată că rata defrișărilor în zonele tropicale

⁵ www.globalcitizen.org

a crescut cu 62% în zece ani, între 1990 și 2000. Douglas Morton, geograf la Centrul de Zbor Spațial Godard (GSFC – Goddard Space Flight Center) al NASA, aprecia această cifră, în 2015, ca „devastatoare”⁶.

Cu toate acestea, în ultimii ani, „Rata defrișărilor s-a redus și s-au accelerat eforturile de replantare dar, există încă un decalaj major între arborii distruși și arborii plantați”. Deficitul creat de oameni, de-a lungul timpului, va fi greu de reparat, mai ales că, în mod obișnuit, replantarea se face manual.

În ritmul actual de replantare, costurile, în Statele Unite, s-ar ridica la 100 miliarde de \$, pentru replantarea celor 300 de milioane de acri (aproximativ 121,4 milioane ha) care au fost defrișate din 1990 și până în prezent, conform celor prezentate, în luna iunie 2017, de www.uavexpertnews.com. Calculul s-a făcut ținând cont de numărul de aproximativ 15 milioane de acri (peste 6 miliioane de ha) de pădure care sunt transformate anual în produse din lemn. Până acum, se poate spune că efortul nu are succes deoarece munca oamenilor, fără o tehnologie adecvată, este anevoieasă și are limite. „Pentru dezvoltarea corespunzătoare a copacilor este nevoie de o pregătire atentă”.

În urmă cu doi ani, Lauren Fletcher, CEO la BioCarbon Engineering, o firmă start-up din Marea Britanie, declara că „singura modalitate de a lupta împotriva despăduririlor la scară industrială este reîmpădurirea la scară industrială”. Lauren Fletcher a lucrat 20 de ani ca inginer la NASA, iar cuvintele sale sunt acum motto-ul companiei. El susținea că trebuie plantați 1 miliard de copaci pe an. Este o cifră ambițioasă, însă insuficientă față de numărul de copaci tăiați anual, pe tot globul, care se ridică la aproximativ 26 de miliarde. „Primele ținte vor fi Africa de Sud și junglele amazoniene, ambele teritorii suferind de o distrugere masivă a pădurilor”. Acum se poate interveni cu o nouă tehnologie, cea a dronelor.

După cum spunea Douglas Morton de la GSFC, „În anii '60 au fost ferăstraie și topoare, în anii '70 ferăstraie cu lanț (drujbe), în anii 2000 s-au folosit diferite utilaje, inclusiv tractoare”.

⁶ www.wired.com

De acum, de la plantarea manuală a arborilor se va trece la plantarea cu ajutorul dronelor. BioCarbon Engineering este pregătită să onoreze contractele pentru acest an și pentru anii următori. O companie americană din Seattle, nord-vestul Statelor Unite, statul Washington, care lucrează cu mari comercianți de lemn, va lucra la refacerea pădurilor, a zonelor afectate de despădurire, prin replantări cu ajutorul UAV. Este firma start-up DroneSeed, prima companie care a obținut aprobată de la FAA (Federal Aviation Administration) pentru a transporta și livra sarcini utile încărcate cu materiale agricole, cu mai multe drone, sau „roi de drone”. Anunțul a fost făcut pe 16 mai 2017 pe canalul american de televiziune prin cablu și prin satelit RFD-TV (Rural Free Delivery), aflat în proprietatea Rural Media Group, Inc.

DroneSeed a prezentat pe youtube.com un clip care arată modul cum intenționează să folosească dronele pentru rezolvarea situației. Drona, botezată „Big Boy”, este un octocopter care poate transporta o sarcină utilă de 3,0 galioane (echivalentul a peste 11,3 litri). O singură persoană, care controlează 15 astfel de drone, poate planta 800 de semințe într-o oră. Este același număr pe care un plantator eficient îl poate realiza într-o zi, suprafața acoperită fiind de aproximativ 2 acri (0,8 ha).

Potrivit unui site, raportul costurilor este apreciat la 1/10. Schema, simplă, generală și eficientă, de implementare a unei flote de drone pentru reîmpădurire a fost descrisă de BioCarbon Engineering⁷:

- Dronele sunt trimise să zboare deasupra zonei care urmează să fie refăcută. Sunt făcute fotografii și create hărți 3D. Numărul de drone se stabilește în funcție de suprafață.
- După analizarea informațiilor din teren, se generează modelul cel mai potrivit terenului, numit planul de însămânțare.
- Casetele presurizate, sarcina utilă a dronelor, sunt încărcate cu semințe. Semințele sunt germinate și ținute într-un gel bogat în nutrienți.
- Dronele zboară la o înălțime de 1-2 metri și urmăresc modelul de plantare. Dronele au software pentru orientare și control. După eliberare și impact

⁷ www.uavexpertnews.com

Modulul Aplicații civile

cu solul, fundul biodegradabil al casetei permite ca semințele să prindă rădăcini.

- Evaluarea stării de sănătate a puieților, care se face cu un zbor la înălțime joasă, este ultima etapă. Înseamnă monitorizarea creșterii copacilor,

- Dronele zboară deasupra incendiilor pentru a obține informații mai bune cu privire la modul de a le elimina.

O astfel de „silvicultură de precizie”, va fi extrem de eficientă. „Există situații când replantarea manuală este obligatorie” dar, cu ajutorul dronelor se poate ajunge în zone greu accesibile. În colaborare cu ecologicii se vor folosi drone pentru plantarea unor diferite specii de copaci. Se pot trimite pe sol și microorganisme, pentru îmbunătățirea calității solului. Implementarea completă se va baza pe echipe de doi operatori care comandă simultan șapte sau opt drone. Zece plantări pe minut va echivala cu aproximativ 36.000 de copaci pe zi pentru fiecare echipă. Cu 100 de echipe se poate atinge obiectivul în următorii 5-7 ani. Se poate ajunge să se planteze 1 miliard de copaci pe an, o suprafață de aproximativ 500.000 de hectare⁸.

Aici apar unele întrebări din partea fermierilor, de genul:

Care este diferența dintre imaginile luate de o dronă și imaginile din satelit?

Dronele pot face fotografii cu o rezoluție de până la câțiva centimetri pentru fiecare pixel. Drona poate obține o calitate și o precizie mai mare a imaginilor în timp real, deoarece acestea pot zbura sub plafonul de nori. În plus, un satelit poate furniza imagini doar o dată pe săptămână sau o dată pe lună, când orbita acestuia este deasupra parcelei agricole.

Ce fel de informații pot obține agricultorii din imaginile realizate de dronele agricole?

Datele culese de drone se traduc în informații utile și ușor de înțeles de către fermieri, datorită unor algoritmi specifici. Unele dintre informațiile oferite de aceste imagini sunt:

- Densitatea plantelor: numărul și dimensiunea plantelor, statisticile lotului agricol, parcele compromise sau neînsământate corespunzător.

⁸ <https://www.dronele.ro/metoda-de-plantare-a-copacilor-prin-tehnologia-dronelor/>

- Indicii vegetativi: volumul frunzelor, detectarea anomalilor, eficacitatea tratamentului, infectări, influența factorilor meteorologici, etc.

- Necesarul de apă al plantelor și daunele cauzate de secetă.

Este foarte important, că dronele agricole vor asigura o monitorizare permanentă în câmp a culturii de la plantare până la recoltare.

Care sunt principalele beneficii obținute de fermieri prin utilizarea dronelor agricole?

Dronele pot ajuta agricultorii să-și optimizeze utilizarea de *input-uri* (semințe, îngrășăminte, irigații), să reacționeze mai rapid la amenințări (buruieni, boli și dăunători), își pot economisi timpul alocat verificărilor la fața locului (validarea tratamentelor sau alte acțiuni întreprinse), își pot îmbunătăți aplicarea variabilă, pe zone, a tratamentelor de fertilizare / de protecția plantelor pentru fiecare cultură în parte, sau pentru estimarea în timp real a randamentelor recoltelor.

Care sunt avantajele combinării mașinilor/utilajelor agricole inteligente cu dronelor agricole?

Imaginiile de înaltă rezoluție și datele preluate de drona care survolează terenul agricol sunt colectate și transmise direct în *cloud-ul / software-ul* pus la dispoziția clientului. Grație acestor date, utilizatorul poate selecta informațiile dorite și poate realiza hărți de tratament diferite, în funcție de operațiunea pe care fermierul dorește să o efectueze pe teren. Hărțile pot fi apoi încărcate pe echipamentele agricole, care vor ajusta, în mod corespunzător, cantitatea de materii prime (semințe, îngrășăminte, pesticide), care trebuie aplicată în teren.

Deci, ajutați de tehnologii, agricultorii pot folosi drone pentru inspectarea terenurilor.

Totodată, terenurile agricole vor fi supravegheate și chiar stropite cu ajutorul dronelor și utilaje pentru verificarea calității semințelor.

Este îmbucurător faptul, că tehnologiile noi au început să fie utilizate și de agricultorii moldoveni. Fermierii cred că aparatele performante îi vor ajuta să își extindă afacerea și să obțină un profit și mai mare.

O companie din Ucraina pune la dispoziția agricultorilor un sistem automatizat, care le va permite să-și vadă terenurile agricole de la înălțime cu ajutorul dronelor. Sistemul a fost implementat acum trei luni în țara noastră, însă are deja succes în Rusia și Ucraina. Compania mai oferă acces la fotografii prin satelit, dar și monitorizarea prin GPS a tehnicii agricole.

Dronele permit ca de la înălțime să se vadă acele probleme care nu pot fi văzute cu ochiul liber. De la germinare până la recoltarea culturii se fac șase survolări. De asemenea, drona poate fi utilizată și pentru alte operațiuni agricole, să împărăștie ceva, anumite substanțe, anumite soluții.

Se poate avea controlul indicelui de vegetație, care permite să identifice zonele problematice în câmp, să monitorizeze imediat acea zonă, fizic să fie prezenți acolo să analizeze, după care să se poată lua o decizie corectă.

Totodată, fermierii pot vedea și cum funcționează un aparat special care determină calitatea cerealelor. Mai exact, acesta verifică umiditatea, cantitatea de proteine, ulei și gluten.

Prin metode standard se poate determina uleiul din cereale și alte produse în șase, șapte ore, ceea ce durează foarte mult și atunci au apărut aparatele rapide pe principiul infraroșu. Timpul de analiză durează cam 30-40 de secunde.

Potrivit datelor oficiale, în ultimii ani crește și suprafața terenurilor pe care sunt cultivate cereale bio. Peste 100 de agricultori au decis să nu mai folosească îngărașăminte chimice. Printre beneficii se numără identificarea mai ușoară a piețelor de desfacere, dar și un profit mai mare.

Spre deosebire de domeniul conventional, în domeniul organic practic toate culturile demonstrează că se pot obține profituri duble. Mazărea cultivată în sistem ecologic este mai profitabilă decât floarea soarelui cultivată în sistem conventional. În ultimii ani iau ampioare exporturile din țara noastră spre Statele Unite, Japonia, Canada.

Dronele și dispozitivele portabile își fac loc și în alte domenii, aşa ca presa, pot participa la filmări sau la producția unui film. Dronele capturau imagini video de multă vreme, însă cercetătorii de la ETH din Zurich și Universitatea

de Tehnologie din Delft, Olanda, au dus totul la un nou nivel. Dispozitivele aeriene pot înregistra, cu un înalt grad de calitate, diferite scene fără să fie nevoie de controlere, bazându-se în schimb, mulțumită algoritmului creat de cercetători, exclusiv pe specificațiile regizorului. Parametrii imaginii au fost configurați înainte de decolare, ruta exactă a fost predefinită, iar schimbările de direcție sunt recalculate de 50 de ori pe secundă pe baza unui senzor ce procesează date receptionate prin GPS. Algoritmul care rulează pe un laptop se află, prin unde radio, în contact permanent cu drona care detectează și evită în mod automat obstacolele.

Acest sistem poate fi utilizat oriunde, nu doar în industria filmului, așa ca: transmisiuni sportive, platforme industriale, examinarea defecțiunilor apărute la turbinele de vânt, transportul de urgență și în siguranță a dispozitivelor medicale etc.

Unele redacții de presă au achiziționat drone și au angajat piloți care să le opereze pentru a surprinde imagini inedite de la diferite evenimente.

Institutul Future Today (FTI) include dronele printre tendințele importante ale anului viitor în domeniul jurnalismului⁹.

Drone – Roiuri de drone. Sute de microdrone pot fi activate de odată și se pot deplasa și coordona concomitent, în roi. Aceste roiuri de microdrone se mișcă atât de rapid încât de multe ori este greu să le vezi. Această tehnologie a fost dezvoltată ca aplicație militară, dar ar putea ca în curând să aibă și aplicații comerciale dar și pentru presă - minirecitalul susținut de Lady Gaga în pauza finalei Campionatului de Fotbal American Super Bowl a fost filmat și cu ajutorul unui astfel de roi de microdrone¹⁰.

Drone – Benzi de circulație pentru drone. Piloții amatori de drone continuă să reprezinte probleme pentru piloții de avioane de linie și private. În prezent, autoritățile americane au interzis zborul dronelor în apropierea spațiului

⁹ <https://www1.agerpres.ro/sci-tech/2017/11/17/tendinte-tehnologice-pentru-media-in-2018-dronele-si-dispozitivele-portabile-isi-fac-loc-si-in-presa-11-48-25>

¹⁰ <https://www1.agerpres.ro/sci-tech/2017/11/17/tendinte-tehnologice-pentru-media-in-2018-dronele-si-dispozitivele-portabile-isi-fac-loc-si-in-presa-11-48-25>

aerian al aeroporturilor. Între timp organizațiile de presă doresc să folosească drone pentru a realiza reportaje, iar Amazon are în vedere deschiderea unui serviciu de livrări la domiciliu cu drone. Forțele de ordine din Dakota de Nord vor începe să folosească drone echipate cu gaze lacrimogene și aparate cu șocuri electrice pentru diferite intervenții. În fața unei asemenea intensificări a traficului cu drone, se pune problema reglementării modului în care aceste aparate vor circula prin aer. În curând ar putea fi deschise culoare de zbor de altitudini diferite, mai joase pentru piloții amatori de drone și la altitudini mai mari pentru dronele folosite în scopuri comerciale¹¹.

Drone – Drone care dispar. În 2016, DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency – o agenție a Departamentului Apărării al SUA care are rolul de a dezvolta noi tehnologii pentru forțele armate) a finanțat noi programe de cercetare în ceea ce privește livrările cu drone. Dronele folosite de DARPA trebuiau să-și facă livrarea și apoi să poată să dispare foarte rapid. Acest program poartă denumirea Vanishing Programmable Resources (VAPR) iar astfel de drone ar putea fi folosite de jurnaliștii de investigații, pentru a nu deconspira subiectele de anchetă¹².

Drone – Vehicule Subacvatice Autonome (AUV). Cercetători de la MIT au dezvoltat modele de drone subacvatice cu capacitate cognitive, denumite AUV. După ce primesc o serie de parametri – cât de departe să înainteze, la ce adâncime, ce să caute în mediul submarin etc. – aceste drone pot funcționa autonom. Dacă ceva neprevăzut se produce în timpul misiunii, drona poate lua decizia de a se întoarce la bază sau de a continua misiunea. Dronele AUV pot fi folosite în diverse scopuri, de la cartografierea mediului marin, la acțiuni militare sau pot fi folosite și pentru transportul unor mărfuri de contrabandă¹³.

¹¹ <https://www1.agerpres.ro/sci-tech/2017/11/17/tendinte-tehnologice-pentru-mediala-in-2018-dronele-si-dispozitivele-portabile-isi-fac-loc-si-in-presa-11-48-25>

¹² <https://www1.agerpres.ro/sci-tech/2017/11/17/tendinte-tehnologice-pentru-mediala-in-2018-dronele-si-dispozitivele-portabile-isi-fac-loc-si-in-presa-11-48-25>

¹³ <https://www1.agerpres.ro/sci-tech/2017/11/17/tendinte-tehnologice-pentru-mediala-in-2018-dronele-si-dispozitivele-portabile-isi-fac-loc-si-in-presa-11-48-25>

Drone – Microdrone. Microdronele pot naviga autonom prin spații foarte înguste pentru a investiga ce se află, de exemplu, sub dărâmăturile unei clădiri sau în zonele contaminate în care accesul oamenilor este riscant. În octombrie 2016 Armata americană a solicitat dotarea cu microdrone capabile să fie trimise în recunoaștere pe câmpul de luptă și care să fie suficient de mici încât să încapă într-un buzunar al uniformei soldaților. Astfel de drone, capabile să se târască, să înoate sau să zboare, vor fi folosite de jurnaliștii care transmit din zone de conflict sau din zone calamitate¹⁴.

Drone – Livrarea cu drone. Spre sfârșitul anului 2016 a fost lansat primul serviciu comercial de livrări cu drone. Compania americană Zipline și-a dus sistemul de livrare cu drone în Rwanda, unde a livrat sânge pentru transfuzii. Companiile UPS, Amazon și DHL își testează între timp propriile flote de drone pentru livrări. În curând, dronele vor putea fi folosite pentru a livra presa în format print la domiciliul clienților¹⁵.

Aeronavele fără pilot de tip comercial au o gamă foarte largă de utilizare, de la monitorizarea sistemelor de transport al electricității până la monitorizarea faunei sălbaticice, de asemenea, pot fi folosite în domenii precum hidrologia sau agricultura și multe altele.

În Japonia, spre exemplu, în ultimii patru ani au fost utilizate în special pentru erbicidarea culturilor agricole. După ce au constatat că sunt mai utile decât avioanele de mici dimensiuni care erbicidau de obicei, guvernul japonez a încheiat un parteneriat cu Yamaha pentru producția unor drone cu un design realizat special pentru acest scop”, explică Toscano, potrivit Forbes.com.

Cu toate acestea, în foarte multe țări, din cauza unor probleme burocratice, potențialul lor nu este încăexploarat pe deplin. În Statele Unite, Administrația Federală a Aviației interzice utilizarea lor, cu puține excepții, până când va exista o legislație clară în domeniul. Legislația este în curs de elaborare și în

¹⁴ <https://www1.agerpres.ro/sci-tech/2017/11/17/tendinte-tehnologice-pentru-media-in-2018-dronele-si-dispozitivele-portabile-isi-fac-loc-si-in-presa-11-48-25>

¹⁵ <https://www1.agerpres.ro/sci-tech/2017/11/17/tendinte-tehnologice-pentru-media-in-2018-dronele-si-dispozitivele-portabile-isi-fac-loc-si-in-presa-11-48-25>

Modulul Aplicații civile

Europa și, implicit, România. Singurele instituții care pot beneficia pe deplin de utilitatea dronelor în Statele Unite sunt cele guvernamentale și universitățile, cu condiția obținerii unor autorizații, iar folosirea lor se poate face doar în anumite scopuri. Printre cei care s-au arătat cei mai interesați de posibilitatea utilizării acestei tehnologii sunt cercetătorii și oamenii de știință care au astfel posibilitatea să realizeze hărțile unor zone importante și greu accesibile sau să urmărească evoluția și habitatul unor specii de animale rare. Printre cei care pot solicita autorizația de a folosi dronele în scopuri științifice se numără reprezentanții mediului academic¹⁶.

Tehnologia privind utilizarea dronelor în sectorul aviației civile ar putea ajunge la 10% din piața aviatică la nivelul UE în următorii 10 ani (circa 15 miliarde euro/an). Conform datelor Comisiei Europene, industria dronelor poate crea în jur de 150.000 de locuri de muncă în UE până în anul 2050¹⁷.

S-ar putea spune că poliția rutieră poate intra într-o nouă eră, cea a dronelor. În vacanța de Crăciun, poliția rutieră din România, a monitorizat traficul rutier cu dronele. Măsura excepțională de siguranță a fost deja testată cu succes, iar din an va intra în funcțiune.

Agenții de la circulație îi vor supraveghea pe șoferi în trafic cu aceste dispozitive aeriene, care îi ajută să intervenă mai eficient pe șosele. Măsura a fost testată cu succes și din acest an dronele au zburat în apropierea stațiunilor montane de pe Valea Prahovei.

Drona este cel mai nou dispozitiv care a intrat în dotarea Poliției Rutiere Române. Poate supravegherea traficul rutier de la înălțime și are o autonomie de 30 de minute. Însă acumulatorii pot fi schimbați și încărcăți la față locului și astfel durata zborului poate fi prelungită.

Misiunile polițiștilor rutieri vor deveni mai ușoare cu ajutorul acestor droni împrumutate de la Institutul Național de Cercetare Aerospațială. Sunt înso-

¹⁶ <http://www.teamnet.ro/ro/stiri/ascensiunea-dronelor/>

¹⁷ <http://www.radioresita.ro/301699/reguli-europene-pentru-un-nivel-comun-de-siguranta-in-utilizarea-dronelor>

țite de un laborator mobil, care recepționează pe o rază de 3 kilometri date și informații. Acestea sunt trimise apoi către echipajele de poliție din teren.

Dronele sunt un real câștig pentru polițistii rutieri, pentru că, spre deosebire de un elicopter, evident, costurile sunt mult mai mici. De asemenea, un astfel de aparat poate sta deasupra străzilor mult mai mult timp decât un elicopter, fără să deranjeze sau să atragă atenția șoferilor. Imaginele captate de drone sunt folosite pentru o coordonare mai bună a echipajelor rutiere, imediat cum se observă o aglomerație în trafic sau o parcare ilegală.

Utilizarea dronilor de poliția rutieră e un concept care a fost implementat și în alte țări precum Germania, Belgia sau Olanda. Rolul lor e să depisteze unde sunt blocaje și să direcționeze echipajele de poliție să acționeze acolo. Avantajul este că la elicopter în acest sezon sunt puține intervale sau zile când putem zbura, însă cu aceste drone putem merge punctual. Plafonul mult mai jos, acoperirea mult mai mare.

Dronele sunt din ce în ce mai folosite în construcții, pot contribui în mod eficient la derularea lucrărilor și la gestionarea activității pe șantiere. Tot mai multe firme de construcții apelează la folosirea lor pentru a garanta calitatea lucrărilor realizate.

Acest utilaje zburătoare au funcții multiple și pot fi folosite în primul rând pentru supravegherea șantierului, făcând posibilă urmărirea în ansamblu a evoluției lucrărilor. Ele permit monitorizarea mai multor șantiere în același timp și astfel nu este necesară prezența permanentă a unei persoane pe șantiere, aceasta din urmă poate să analizeze buna desfășurare a lucrărilor dintr-un birou. Prin folosirea dronelor se poate garanta și precizia execuției lucrărilor. Datorită faptului că pot fi echipate cu giroscop și camere video termice care pot furniza în timp real informații despre lucrările desfășurate, greșelile de proiectare și de execuție pot fi ușor evitate.

Dronele pot fi utile și în garantarea siguranței pe șantier fiindcă ele permit supravegherea continuă a șantierului și acest lucru ar putea scădea semnificativ rata accidentelor mortale. De asemenea, pot fi folosite și pentru inspectarea locurilor la care accesul este dificil, cum ar fi șemineuri sau

Modulul Aplicații civile

acoperișuri și pentru a verifica nevoia de întreținere, sau pentru a evalua pericolul în cazul clădirilor prăbușite după cutremur sau explozie.

În ciuda faptului că dronele și-au demonstrat beneficiile în întreaga lume, există câteva probleme încă nerezolvate, cum ar fi drepturile aeriene. Firmele de construcții trebuie să se asigure că dronele nu pun în primejdie avioanele. O altă problemă este protejarea vieții private a locuitorilor și a firmelor. Firmele industriale, realizatorii evenimentelor sportive sau a concerteelor în aer liber doresc să evite dronele pentru a proteja interesele lor comerciale față de un „spion” neinvitat. De asemenea, locuitorii pot fi deranjați de dronele care zboară peste casele lor. În Statele Unite se produce frecvent împușcarea dronelor chiar dacă și aceasta este o activitate ilegală.

Datorită avantajelor multiple, dronele sunt din ce mai căutate pe piețe iar mulți producători de utilaje de construcții devin și fabricanți de drone. Firma chineză Sany, de exemplu, colaborează cu producătorul de drone BriSky Tehnology pentru inspecția turbinelor eoliene. Caterpillar împreună cu firma franceză Redbird are intenția să introducă pe piață drone, pentru a oferi clienților săi din Europa, Africa și Orientul Mijlociu, tehnologie aeriană necesară pentru realizarea operațiunilor. Cercetătorii de la trei universități din Marea Britanie (Bath, Imperial College și University College London) și-au unit forțele pentru a dezvolta drone care pot zbura într-o zonă calamitată și cu care se poate realiza construirea adăposturilor simple pentru cazare de urgență.

În viitor, dronele pot deveni mai mult decât simpli purtători de utilaje de monitorizare și de măsurare. Unii cred că vor deveni roboți zburători multi-funcționali și că vor fi prezente din ce în ce mai mult pe șantierele din întreaga lume, inclusiv în România, fiindcă beneficiile lor practice sunt multiple. În anii următori ne putem aștepta la o explozie a utilizării lor pe șantiere, care, în final, va aduce un câștig uriaș derulării activității de construcții.

Utilizarea dronelor în arhitectură este o metodă pe care arhitectul Ammar Mirjan o studiază de mai mulți ani, acesta considerând că în viitorul apropiat lucrările de zidărie sau de întindere a cablurilor vor putea fi efectuate cu succese de drone. Deși încercările actuale au momentan loc în laborator, dronele

lui Mirjan au putut fi văzute la lucru cu ocazia mai multor târguri de arhitectură.

În 2012, un turn de 6 metri a fost ridicat în 18 ore folosindu-se cărămizi din polistiren puse la locul lor de drone. „Pentru prima dată am avut mașini zburătoare care au construit o structură formată din 1.500 de elemente. A rezultat un turn de 1.500 de elemente”, a declarat Ammar Mirjan. Deși cărămizile au fost făcute din polistiren, Mirjan spune că în viitor dronele vor putea căra cărămizi adevărate. Proiectul realizat de drone, însă, era un model la scară redusă al unui turn proiectat pentru construcție în Franța, utilitatea fiind aceea a realizării unui model tridimensional, care să le permită arhitecților să își facă o idee mult mai clară despre proiect. Dronele au fost programate în același fel în care sunt programate brațele robotizate, însă pentru că pot zbura au beneficiat de o libertate de mișcare pe care un braț robotizat sau o macara nu le au. „Dronele acționează ca o mână într-un spațiu tridimensional. Acestea operează în funcție de instrucțiunile pe care le trimitem”, spune Ammar Mirjan. În prezent, Mirjan cercetează modul în care dronele pot fi folosite pentru a întinde cabluri în timpul procesului de construcție al unei clădiri. „Putem trimite dronele în jurul obiectelor la care o persoană sau o macara nu au acces”, spune Mirjan. „Atașăm efectiv o rolă de cablu dronelor, iar ele țes structura pe care o dorim în spațiu. În câteva minute putem avea o astfel de țesătură care să conecteze elementele existente ale unei construcții”. Mirjan spune că dronele ar putea fi deja folosite la anumite tipuri de construcții. „Momentan cercetăm metoda în laborator, dar cred că în viitorul apropiat vom putea construi o structură în exterior folosind dronele. De exemplu, s-ar putea realiza o structură temporară peste un canion sau un râu”, spune Mirjan. „Suntem încă la începutul cercetării. Încă încercăm să realizăm ce metode de construcție se potrivesc cel mai bine pentru drone. Dronele sunt o unealtă interesantă în arhitectură. Nu le văd neapărat înlocuind metodele actuale de construcție, cât lărgind posibilitățile de care dispunem în prezent”, spune Mirjan.

Dronele conturează de la înălțime viitorul construcțiilor. Echipate cu foto-camere și videocamere de înaltă definiție, camere video cu infraroșu, tele-

Modulul Aplicații civile

metre sau radare, dronele au devenit un accesoriu esențial pe șantierele din întreaga lume și încep să prindă avânt și pe piața construcțiilor din țara noastră. Producătorii de software și hardware pentru done primesc cereri de la o listă lungă de clienți din domeniul militar, agricol, energetic și cel al construcțiilor, astfel că, în următorii ani, se prevăd investiții importante în dezvoltarea de drone dotate cu tehnologii cât mai avansate.

Un raport complex de 32 de pagini realizat de BI Intelligence estimează că, în următorii 5 ani piața dronelor va înregistra o creștere extraordinară: piața globală a dronelor va dezvolta aplicații pentru o mulțime de domenii: agricultura, energie, utilități, minerit, construcții, imobiliare, presă și cinematografie.

Cea mai mare creștere va fi înregistrată în latura comercială/civilă, după ce în anii anteriori impulsul a fost dat de piața militară; estimările pentru perioada 2015-2020 punctează o creștere a cererii cu 19 puncte procentuale.

O mulțime de producători renumiți de drone din SUA își extind afacerile spre piețele din Europa, Canada și Asia.

Industria dronelor comerciale este încă Tânără, dar a fost luată în vizor de mari investitori, urmând astfel să se dezvolte soluții tot mai eficiente care să răspundă nevoilor pieței.

Un alt studiu, intitulat „Dronele în construcții”, publicat recent și realizat folosind date oferite de WPL Publishing/ConstructionProNet.com, a scos la iveala că absolut toți respondenții care au folosit drone în construcții o consideră o adiție de succes pentru șantierul lor.

Conform studiului, utilizatorii dronelor au fost cel mai impresionați de costurile mici pe care le implică, rapiditatea lor și calitatea superioară a imaginilor și materialelor filmate pe care le captează.

Dronele și-au dovedit utilitatea în numeroase situații, ajutând la identificarea unor probleme greu de sesizat, dar și în fața stricăciunilor provocate de catastrofe naturale: „Cu ajutorul dronei am reușit să avem o imagine de ansamblu a unui loc care fusese puternic afectat de o tornadă. Filmarea aeriană ne-a oferit o mai bună detaliere a avariilor dar și o perspectivă clară asupra rămășițelor care au fost împrăștiate în apă și erau vizibile doar de la înălțime, nu și de la suprafață.”

Întrebați de potențialele utilizări ale dronelor, 92% dintre respondenți au declarat că le-ar plăcea să utilizeze aceasta tehnologie pentru a urmări progresul proiectelor, 80% au spus că ar folosi dronele pentru a inspecta locuri greu sau imposibil de accesat în alt mod, iar în mod surprinzător și încurajator, 74% au spus că ar folosi imaginile aeriene și materialele video captate de drone în strategia lor de marketing.

Printre alte activități în care dronele sunt considerate utile se numără termoviziunea, supravegherea terenului, scanarea laser, fotografia aeriană pentru logistică și planificarea proiectelor sau monitorizarea siguranței pe șantier.

Va fi interesant să observăm în următorii ani ce alte beneficii va aduce utilizarea dronelor în construcții. În momentul de față, acestea sunt agreate de majoritatea celor care le-au folosit, iar adevăratul lor potențial urmează să fie descoperit.

Drone – Tehnologie senzorială și de evitare. Roboții care folosesc rețele neuronale și inteligența artificială pot provoca interferențe și pot lua decizii atunci când sunt programati pentru acest lucru. Acest lucru este posibil datorită tehnologiei senzoriale și de evitare. În 2019 dronele vor fi programate să navigheze singure după repere GPS și vor lua decizii în zbor cu privire la cea mai bună traiectorie pentru a ajunge la țintă, precum și când să evite eventualele obstacole, cum ar fi clădiri, copaci etc. sau chiar alte drone cu care s-ar putea intersecta în zbor.

În concluzie, putem menționa că secolul al XXI-lea este plin de surpize, iar dronele reprezintă un element relativ nou în peisajul modern, dar care reușește să capete teren din ce în ce în mai multe segmente. Este importantă conștientizarea utilității acestor aparate de zbor fără pilot, astfel încât să poată fi folosite în mod eficient în funcție de nevoile care apar.

Putem menționa că atâta timp cât dronele erau folosite în scopuri publice, precum evenimentele artistice sau festivitățile, totul se încadra în normele prevăzute de cadrul legislativ din țara noastră, însă acum acesta necesită revizuire.

Administrațiile publice și forțele de securitate se bucură de tehnologia utilă a unor drone civile. Acest domeniu are un potențial enorm pentru viitor, și

Modulul Aplicații civile

administrațiile publice ar trebui să facă tot ce pot pentru a nu-l împiedica să se dezvolte. Cercetând cu atenție lista de scopuri în care pot fi folosite aceste drone profesionale pentru filmat, observăm ca ele pot fi extrem de utile pentru poliție, pompieri, instituții de cercetare științifică, agenții imobiliare, profesioniști din construcții, diverse domenii de agricultură, geologie etc.

Bibliografie:

1. <https://specialarad.ro/s-a-inventat-drona-ambulanta-care-salveaza-viata-oamenilor/>
2. <http://www.teamnet.ro/ro/stiri/ascensiunea-dronelor/>
3. www.globalcitizen.org
4. www.wired.com
5. www.uavexpertnews.com
6. <https://www.dronele.ro/metoda-de-plantare-a-copacilor-prin-tehnologia-dronelor/>
7. <http://www.radioresita.ro/301699/reguli-europene-pentru-un-nivel-comun-de-siguranta-in-utilizarea-dronelor>
8. <https://decitit.ro/index.php/2015/01/04/drona-ambulanta/>
9. <https://www1.agerpres.ro/sci-tech/2017/11/17/tendinte-tehnologice-pentru-media-in-2018-dronele-si-dispozitivele-portabile-isi-fac-loc-si-in-presa-11-48-25>

Test de autoevaluare

1. Numiți trei ministere sau servicii în care considerați că este cel mai necesar a utiliza dronele.
2. Numiți beneficiile utilizării dronelor în domeniul Administrației publice.
3. Numiți riscurile utilizării dronelor în domeniul Administrației publice.

§4. Utilizarea dronelor: unele aspecte de utilizare în viața privată și pentru necesitățile publice

Noțiuni introductive

Abordarea dronelor prin prisma legislației internaționale

Abordarea dronelor prin prisma legislației naționale

Concluzii

Noțiuni introductive

Drona poate fi definită ca o aeronavă fără pilot care poate fi navigată autonom, fără a fi controlată din exterior, folosind pilotul automat sau care poate fi controlată de la distanță printr-un dispozitiv de comandă de la distanță. În plus, drona poate fi controlată prin WI-FI, smartphone-uri sau tablete echipate cu Android sau iOS¹⁸.

Prima dronă a fost proiectată de Nikola Tesla în 1898. Mai târziu, acest model a fost îmbunătățit de inginerul Charles F. Kettering, care a atașat un dispozitiv electronic modelului, prin care drona își modifica elicele pentru a cădea în pozițiile inamice. Un model mai asemănător cu cel folosit astăzi a fost modelul AQM-34, creat în 1948 și testat pentru prima dată în 1951. Tehnologia dronelor se dezvoltă rapid. Dispozitivele motorizate devin tot mai complexe, cu funcții multiple, dar mult mai ușor de controlat¹⁹.

Avioanele fără pilot pot fi utilizate în diverse domenii de activitate: activități de achiziție de date în zone greu accesibile, transport de obiecte, monitorizarea culturilor agricole, a parcurilor naționale și a faunei sălbatică, activități de divertisment (înregistrări video), aplicații militare, controlul

¹⁸ Catalin Gheorghe Amza; Doru Cantemir; Ioana Cantemir; Giulia Salucci; Paulina Spanu Paweł Poterucha; Mike Triantafillou; Eirini Zigna; Francesco Tarantino “Ghid pentru utilizarea dronelor în Educația și Formarea Profesională”, Editura: Danmar Computers LLC, Rzeszów 2018, p.4.

¹⁹ <http://www.lake-garda.net/drones.php>

frontierelor, controlul apeductelor și barajelor și inspecția liniilor electrice de înaltă tensiune etc. În funcție de domeniul în care sunt utilizate, dronele pot fi echipate cu diverse dispozitive: camere de luat vederi, camere de termoviziune, telemetre, radar, senzori, sisteme GPS, achiziție de date de la distanță utilizând tablete sau smartphone-uri. Odată cu apariția noilor tehnologii, se dezvoltă noi aplicații pentru drone, în special aplicații industriale, vizualizarea în timp real a imaginilor, achiziționarea de date și controlul echipamentelor în baza informațiilor transmise prin intermediul dronelor.

În ultimii ani, tot mai mulți bani se investesc în industria dronelor civile și comerciale. Popularizarea uzului acestui dispozitiv, având încorporată opțiunea de a filma sau de a face fotografii, a dus involuntar la apariția unor litigii ce au la bază unele drepturi fundamentale, de exemplu: dreptul la respectarea vieții private și dreptul la libertatea de exprimare.

Dronele reprezintă un subiect reglementat în mod diferit de către legislația diferitelor state. De regulă, accentul legilor se îndreaptă fie spre protejarea dreptului la viață privată și reglementarea uzului dronelor sau, dimpotrivă, spre protejarea libertății de exprimare, fiind oferită posibilitatea de a filma sau fotografia nestingherit, dar în limitele legii.

Republica Moldova nu are încă legi speciale sau regulamente cu privire la drone, dar aceasta nu înseamnă că în cadrul legal național nu există legi ce să ar putea aplica dronelor cu aparat foto/video încorporat²⁰.

Abordarea dronelor prin prisma legislației internaționale

Dreptul la viață privată este un drept fundamental garantat atât de legislația națională, cât și de cea internațională.

Astfel, făcând o sinteză a actelor internaționale, putem conchide că dreptul la viață privată este reglementat de articolul 12 din Declarația Universală a Drepturilor Omului, care prevede că „nimeni nu va fi supus la imixtiuni

²⁰ <http://www.bizlaw.md>, „Dronele-intre-viata-priavata-si-necesitatile-unei-lumi-in-schimbare”

arbitrare în viața sa personală, în familia sa, în domiciliul lui sau în corespondența sa, nici la atingeri aduse onoarei și reputației sale. Orice persoana are dreptul la protecția legii împotriva unor asemenea imixtiuni sau atingeri”²¹.

La rândul său, articolul 17 alin.1 din Pactul universal cu privire la drepturile civile și politice prevede că „nimeni nu va putea fi supus vreunor imixtiuni arbitrale sau ilegale în viața particulară, în familia, domiciliul sau corespondența sa, nici la atingeri ilegale aduse onoarei și reputației sale”; alin.2 al aceluiași articol reglementează următoarele: „Orice persoană are drept la protecția legii împotriva unor asemenea imixtiuni sau atingeri”²².

La nivel regional distingem un alt document important ce reglementează dreptul la viața privată, și anume, Convenția Europeană a Drepturilor Omului, care, în articolul 8 alin.1, prevede următoarele: „Orice persoană are dreptul la respectarea vieții sale private și de familie, a domiciliului său și a corespondenței sale”, iar alin.2 al aceluiași articol reglementează posibilele ingerințe în viața privată: „nu este admis amestecul unei autorități publice în exercitarea acestui drept decât în măsura în care acest amestec este prevăzut de lege și dacă constituie o măsură care, într-o societate democratică, este necesară pentru securitatea națională, siguranța publică, bunăstarea economică a țării, apărarea ordinii și prevenirea faptelor penale, protejarea sănătății sau a moralei, ori protejarea drepturilor și libertăților altora”²³.

Întrucât în legislația internațională nu există o definiție precisă a noțiunii de „viață privată”, din analiza legislației internaționale, precum și din jurisprudența Curții Europene a Drepturilor Omului putem desprinde următoarea precizare cu privire la noțiunea de viață privată: „**Dreptul la respectarea vieții private este dreptul la intimitate, dreptul de a trăi așa cum**

²¹ „Declarația Universală a drepturilor omului” din 10.12.1948, art.12.

²² „Pactul universal cu privire la drepturile civile și politice” nr.1966 din 16.12.1966, art 17.

²³ „Convenția pentru apărarea drepturilor omului și a libertăților fundamentale” nr.1950 din 04.11.1950, art.8

dorești, protejat de publicitate. Noțiunea de viață privată cuprinde elemente care se raportează la identitatea unei persoane, precum numele, fotografia, integritatea fizică și morală ale acesteia. Garanția oferită la art. 8 din Convenție este destinată, în esență, pentru a asigura dezvoltarea, fără ingerințe externe, a personalității fiecărui individ în raport cu semenii săi”.

Uniunea Europeană (UE), inițial, a abordat aspectul dronelor în Regulamentul nr. 216 din 2008, unde orice aparat de zbor ce cântărește mai mult de 150 kg este reglementat ca orice alt avion, iar reglementarea dronelor sub această limită rămâne la competența fiecărui stat membru. În prezent, UE lucrează asupra unui nou regulament mai amplu, care să reglementeze statutul dronelor indiferent de greutatea acestora. Din considerentul că statele membre tratează dronele diferit prin prisma cadrului național, acest regulament este încă în proces de lucru, iar interesele economice ale UE de a deveni lider pe piață în industria producătoare de drone necesită o reglementare specifică. Însă tendința mondială de a legifera domeniul, cu siguranță, va impune și UE la reglementări mai dure²⁴.

Abordarea dronelor prin prisma legislației naționale

La nivel național dronele ar putea fi abordate prin prisma următoarelor reglementări:

- Art.28 din Constituția Republicii Moldova care are următorul conținut: „Statul respectă și ocrotește viața intimă, familială și privată”.
- Art. 32 din Constituția RM cu următorul conținut: alin.1: „oricărui cetățean îi este garantată libertatea gândirii, a opiniei, precum și libertatea exprimării în public prin cuvânt, imagine sau prin alt mijloc posibil”; alin.2: „libertatea exprimării nu poate prejudicia onoarea, demnitatea sau dreptul altei persoane la viziune proprie”; alin.3: „sunt interzise și pedepsite prin lege contestarea și defăimarea statului și a poporului, îndemnul la război de agresiune, la ură națională, rasială sau religioasă, incitarea la discriminare, la

²⁴ <http://www.europa.eu>

separatism teritorial, la violență publică, precum și alte manifestări ce atentează la regimul constituțional²⁵.

- Legea nr. 133 cu privire la protecția datelor cu caracter personal.
- Legea nr. 64/2010 cu privire la libertatea de exprimare.

La soluționarea litigiilor ce țin de drone autoritățile urmează să țină cont și de jurisprudența instanțelor naționale, a Curții Europene a Drepturilor Omului și a Curții de Justiție a Uniunii Europene.

Utilizarea dronelor oscilează între reglementările cu privire la libertatea de exprimare și interesul publicului, pe de o parte, și datele cu caracter personal și viața privată a persoanei, pe de altă parte. Orice persoană are dreptul la libertatea de exprimare. Acest drept cuprinde libertatea de a căuta, de a primi și de a comunica fapte și idei. Libertatea de exprimare protejează atât conținutul, cât și forma informației exprimate. În plus, libertatea jurnalistică mai acoperă și posibile recurgeri la exagerări sau chiar provocări. Totodată, la soluționarea litigiilor urmează a fi luate în calcul următoarele aspecte: interesul societății; scopul filmării; persoana publică; locul și conținutul imaginii.

Interesul societății reprezintă interesul public (și nu simpla curiozitate a indivizilor) față de evenimentele ce țin de exercitarea puterii publice într-un stat democratic sau față de alte chestiuni care, în mod normal, trezesc interesul societății. Pe de altă parte, anumite situații care, de obicei, nu prezintă interes public, ar putea, datorită unor evenimente, să devină de interes public. Astfel, anumite date despre viața privată, cum ar fi venitul persoanei, ar putea deveni de interes public după ce persoana decide să candideze pentru o funcție publică, chiar dacă până atunci nu exista interes în a cunoaște această informație. Cu cât este mai mare interesul public, cu atât mai mult poate fi justificată ingerința în dreptul la respectarea vieții private și de familie.

Statul are obligația pozitivă de a asigura respectarea vieții private. Totuși, Legea cu privire la libertatea de exprimare stipulează în art. 10 că nimeni nu poate fi tras la răspundere pentru că a făcut publice informațiile despre viața

²⁵ Constituția Republicii Moldova din 29.07.1994, art.28, 32.

privată și de familie a persoanei, dacă interesul public de a le cunoaște depășește interesul persoanei vizate de a nu răspândi informația. Astfel, interesul public reprezintă justificarea care ar permite publicarea unor informații despre viața privată (inclusiv prin utilizarea unor imagini video captate de dronă).

Persoana publică este acea persoană care exercită funcții publice sau o altă persoană care, în virtutea statutului, poziției sociale sau altor circumstanțe, trezește interesul public. Persoana publică trebuie să manifeste o toleranță sporită față de presă în ceea ce privește interesul despre activitatea ei și viața ei privată. Totuși, acest fapt nu înseamnă că persoanele publice nu au dreptul la respectarea vieții private și de familie.

Reiesind din art. 11 al Legii cu privire la libertatea de exprimare, persoanele care exercită funcții publice trebuie să manifeste o toleranță sporită în ceea ce privește interesul despre activitatea lor profesională sau despre viața privată.

Statul are obligația pozitivă de a asigura respectarea vieții private între persoane private. În lipsa unui interes public și a funcției publice, oricărei persoane îi este asigurată viața privată, inclusiv prin protecția împotriva dronelor. În baza art. 27 al Legii cu privire la protecția datelor cu caracter personal, persoanele care se consideră lezate în dreptul lor de a păstra confidențialitatea datelor cu caracter personal pot sesiza Centrul Național pentru Protecția Datelor cu Caracter Personal.

Scopul filmării. Fiecare înregistrare are un anumit scop; acesta poate fi unul recreațional, de spionaj sau jurnalistic. Scopul jurnalistic al filmării justifică ingerința în viața privată a unei persoane publice și se manifestă în informarea publicului și efectuarea de investigații jurnalistice asupra problemelor de interes public.

Stabilirea **locului** unde este capturată imaginea și a **conținutului** imaginii în cauză este foarte importantă pentru determinarea unei posibile ingerințe în viața privată a persoanei sau exercitarea libertății de exprimare. La determinarea conținutului și locului are relaționă juridică spațiul public sau privat în care a fost capturată imaginea în limitele ingerințelor permise de lege. Curtea

a stabilit că există o zonă de interacțiune a unei persoane cu celelalte, chiar și în contextul public, care ar putea să se integreze în sfera „vieții private”.

Concluzii

În Republica Moldova, din cauza popularizării uzului de drone în ultimul timp, există necesitatea de reglementare și informare asupra cadrului legal. Au fost întâlnite cazuri în mass media în care anumiți jurnaliști de investigație au folosit dronele pentru a captura anumite imagini de interes public cu referire la averea unor persoane publice.

În concluzie, orice filmare prin intermediul unei drone trebuie privită în contextul circumstanțelor fiecărei situații concrete, analizând echilibrul între diferitele interese și drepturile fundamentale. Pentru a stabili dacă o filmare cu drona este sau nu legală urmează a fi analizate: interesul societății în informația filmată, statutul public a persoanei filmate, locul unde este capturată imaginea, conținutul imaginii în cauză, scopul filmării, precum și alte aspecte relevante speței.

Observăm că statutul dronelor este reglementat în mod diferit în țările lumii, dar tendința occidentului este ca acestea să fie certificate sau înregistrate (mai cu seamă cele ce dețin echipament video-foto). Un regulament sau act normativ ce ar reglementa utilizarea dronelor este absent în Republica Moldova. Această lacună juridică oferă posibilitatea de a pilota drone de diferite dimensiuni și greutăți și chiar de a filma în spații ce ar necesita o oarecare îngădare.

Stabilirea echilibrului dintre interesul public și viața privată reprezintă una din cele mai mari provocări în contextul dronelor, deoarece absența cadrului normativ pentru drone ar putea duce la o interpretare extensivă a legilor aplicabile. Faptul că a devenit posibilă capturarea imaginilor din intimitatea unei persoane, care până acum era protejată de obstacole precum garduri, înălțimi mari, perete și alte construcții amenajate, ne-a schimbat felul de a privi securitatea, viața noastră privată și libertatea de exprimare.

Deși spionajul asupra oamenilor nu e o activitate nouă, până acum, acesta necesita tehnologii scumpe și greu de dobândit. Cu apariția dronelor, însă,

Modulul Aplicații civile

aceste posibilități au devenit accesibile maselor și aceasta va duce la o reglementare mai strictă. Pentru a evita încălcarea unor drepturi fundamentale în procesul de restricționare a utilizării dronelor, urmează a fi analizată minuțios proporționalitatea între dreptul persoanelor particulare la viața privată și interesul publicului de a afla anumite informații.

Test de autoevaluare

1. Ce aspecte urmează a fi luate în considerare pentru a stabili dacă o filmare cu drona este legală sau nu?
2. Înregistrările audio, foto efectuate cu ajutorul unei drone servesc în calitate de probe într-un process penal? Argumentați răspunsul.
3. Enumerați elementele esențiale ce se cuprind în noțiunea de viață privată?
4. În ce cazuri pot fi utilizate dronele în sectorul de securitate?

Universitatea de Stat din Moldova

Educational for Drone (eDrone)
574090-EPP-1-2016-1-IT-EPPKA2-CBHE-JP

Pasquale DAPONTE, Florentin PALADI, Tatiana BULIMAGA
(coordonatori)

**Natalia NEDEOGLU, Corneliu ROTARU, Anton DANICI,
Valeriu SEINIC, Veaceslav SPRINCEAN, Constantin VOZIAN,
Valeriu CAZAN, Ion CORCIMARI, Eugenia CEBOTARU**

**Suport de curs
EDUCAȚIE PENTRU DRONE**

*Semnat pentru tipar 19.03.2019
Format 60x84 1/16
Coli de tipar 26,4. Coli editoriale 20,6*