



UNIUNEA EUROPEANĂ



Programul Operațional Capacitate Administrativă

Competența face diferență!



Instrumente Structurale
2014-2020

SIPOCA 596 / 24/6/13/26. 01 2022

	Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea impactului acestora în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare	COD: DT A1-81/21
		Ediția: 1
		Revizia: 1
		Pagina: 1
		Exemplar nr. 1


INCAS 368
Ziua 25 Luna 01 Anul 2022

APROBAT
DIRECTOR GENERAL
Dr. Ing. CĂTĂLIN NAE

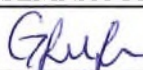






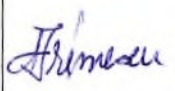


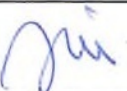



Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea impactului acestora în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare



	Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea impactului acestora în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare	COD: DT_A1-81/21
		Ediția:1
		Revizia:1
		Pagina: 2
		Exemplar nr. 1

Data emiterii:

Prezentul document este proprietatea intelectuală a INCD I.N.C.A.S în conformitate cu legislația în vigoare.				
ÎNTOCMIT	NUME	FUNCȚIA/Partener	SEMNĂTURA	DATA
	GRIGORAȘ Georgiana	Expert domeniu calitate aer/INCAS		25.01.2022
	BLIDERAN Radu	Expert platforme aeropurtate/INCAS		25.01.2022
	VĂJĂIAC Nicolae-Sorin	Expert senzori aeropurtați/INCAS		25.01.2022
	VIZIREANU Ioana	Expert reprezentări/interpretări geospațiale/fotogrammetrie aeriană și terestră/INCAS		25.01.2022
	URÎTESCU Bogdan	Specialist analiză date GIS și teledetectie/INCAS		25.01.2022
	CHEVAL Sorin	Expert prelucrare date meteorologice, climatologice și meteorologie urbană/ANM		20.01.2022
	RADA Constantin	Expert calitate aer/ANM		22.01.2022
	IRIMESCU Anișoara	Expert suport în interpretarea și utilizarea datelor satelitare în analiza și procesarea datelor meteorologice/ANM		20.01.2022
	GRIGORE Silviu	Expert prelucrare date meteorologice și prognoză meteorologică/ANM		20.01.2022
	ANGHEL Tiberiu	Lider echipă P2/STRAERO		21.01.2022
MIU Jan	Inginer design și certificare structuri aeronautice/STRAERO		21.01.2022	
VIȘOIU Constantin	Inginer design și certificare electrică și avionică/STRAERO		21.01.2022	



Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea impactului acestora în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare







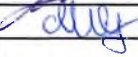


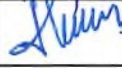

COD: DT_A1-81/21

Ediția: 1

Revizia: 1

Pagina: 3

Exemplar nr. 1

	MIHAI Adrian	Inginer design și certificare electrică și avionică/STRAERO		21.01.2022
	COPĂESCU Radu Ștefan	Inginer design și certificare structuri aeronautice/STRAERO		21.01.2022
	VASILE Ștefan	Inginer design și certificare electrică și avionică/STRAERO		21.01.2022
	CALOIAN Bogdan	CVE/HOA/Inginer aeronavigabilitate/STRAERO		21.01.2022
	MOISEI Cristian	CVE/Inginer design și certificare structuri aeronautice/STRAERO		21.01.2022
	LEONTE Daniel Cristian	Lider echipă P3/AS		25.01.2022
	PICIORAGA Mihăiță	Inginer aviație/AS		25.01.2022
	COȘNICERU Vincentiu	Director operațiuni zbor SPO/AS		
VERIFICAT	CALCAN Andreea	Responsabil contract/INCAS		
	CRĂCIUNESCU Vasile	Responsabil tehnic/ANM		21.01.2022
	ILIESCU Cristian	Responsabil tehnic/STRAERO		21.01.2022
	GORE Oana Otilia	Responsabil tehnic/AS		25.01.2022



Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea impactului acestora în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare

COD: DT A1-81/21

Ediția:1

Revizia:1

Pagina: 4

Exemplar nr. 1-

LISTA DE CONTROL A REVIZIILOR

Denumire document: **Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea impactului acestora în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare.**

Cod document: DT_A1-81/21

Emitent: INCAS


Ediția pentru care se fac
reviziile 1

Nr. revizie	Capitol/ pagina/ Paragraf /rând revizuit	Motiv revizie	Autor modificare	Semnătură	Data reviziei
1	Revizia 1	Observații din partea Echipei de recepție a livrabilului	GRIGORAS GEORGIANA		18.01.2022
2					
3					
4					

Cuprins

Listă de figuri	7
Listă de tabele.....	10
GLOSAR.....	11
1. Monitorizarea riscurilor specifice Ministerului Mediului, Apelor și Pădurilor	13
1.1. Riscuri specifice MMAP. Inventariere, caracteristici generale și specific regional.....	13
1.1.1. Furtuni și viscol	13
1.1.2. Inundații.....	18
1.1.3. Tornade.....	20
1.1.4. Seceta.....	21
1.1.5. Temperaturi extreme	24
1.1.6. Incendii de vegetație.....	28
1.1.7. Avalanșe	29
1.1.8. Poluare de ape	30
1.2. Sisteme de monitorizare a fenomenelor care pot produce riscuri specifice Ministerului Mediului Apelor și Pădurilor.....	31
1.2.1. Rețeaua de monitorizare meteo - Administrația Națională de Meteorologie	31
1.2.2. Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului (RNMCA).....	32
1.2.3. Rețeaua Hidrometrică Națională	33
1.3. Descriere generală, capabilități, limitări și cerințe actuale	34
2. Monitorizarea riscurilor specifice MMAP cu ajutorul senzorilor aeropurtați.....	41
2.1. Analiza literaturii de specialitate privind sistemele operaționale care integrează senzori aeropurtați și alte tipuri de date în vederea identificării riscurilor de mediu	41
2.1.1. Furtuni și viscol	60
2.1.2. Inundații.....	62
2.1.3. Tornade.....	64
2.1.4. Secetă.....	64
2.1.5. Temperaturi extreme	68
2.1.6. Incendii de vegetație.....	70
2.1.7. Avalanșe	72
2.1.8. Poluare de ape	78

2.2.	Utilizarea sistemelor aeriene fără pilot la bord pentru monitorizarea calității componentelor de mediu 79	
2.2.1.	Furtuni și viscol	82
2.2.2.	Inundații.....	83
2.2.3.	Tornade.....	86
2.2.4.	Secetă.....	87
2.2.5.	Temperaturi extreme	91
2.2.6.	Incendii de vegetație.....	91
2.2.7.	Avalanșe	96
2.2.8.	Poluare de ape	97
2.3.	Monitorizarea în timp real a riscurilor specifice MMAP cu ajutorul senzorilor aeropurtați. Descriere generală, capabilități, limitări și cerințe actuale.....	100
	Ansamblul HAWKEYE	105
3.	Analiza impactului folosirii metodelor aeropurtate pentru reducerea consecințelor negative la diferite scări spațiale și temporale.....	108
3.1.	Condiții de utilizare a senzorilor aeropurtați. Cadrul legislativ, condiționări tehnice și administrative.	108
3.2.	Avantajele și limitările utilizării senzorilor aeropurtați.....	116
3.3.	Validarea și testarea metodelor de utilizare a senzorilor aeropurtați pentru reducerea consecințelor negative ale riscurilor specifice MMAP	133
4.	Identificare caracteristicilor ce pot sta la baza dezvoltării unui model conceptual a situațiilor cu potențial de urgență în vederea prevenirii și/sau a limitării consecințelor acestora.....	135
4.1.	Design model conceptual a prevenirii si/sau limitării situațiilor cu potențial de urgență cu sisteme si senzori aeropurtati aeropurtate	135
4.2.	Interfatare cu alte sisteme/ baze de date	137
	Bibliografie.....	143

	Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea impactului acestora în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare	COD: DT_A1-81/21
		Ediția: 1
		Revizia: 1
		Pagina: 7
		Exemplar nr. 1

Listă de figuri

Figura 1.1: Numărul total de zile cu căderi de grindină în perioada 1991-2020

Figura 1.2: Viteza maximă a vântului în perioada 1991-2020

Figura 1.3: Cantitatea maximă de precipitații înregistrată în 24 de ore în perioada 1991-2020

Figura 1.4: Numărul mediu anual de zile cu viscol în perioada 1991-2020

Figura 1.5: Impactul secetei asupra mediului

Figura 1.6. Variabilitatea spațio-temporală a SMA în România la 5 cm (sus), 40 cm (centru) și 100 cm (jos) adâncime, în perioada 2007-2020: a) distribuția spațială a SMA în perioada 21-31.07.2007 (sus), 11-20.08.2012 (centru) și 21-30.06.2009 (jos); b) media SMA pentru intervale de 10 zile, în perioada analizată.

Figura 1.7: Numărul mediu anual de zile cu chiciură în perioada 1991-2020

Figura 1.8: Data medie a primei zile cu îngheț în perioada 1991-2020

Figura 1.9: Data medie a ultimei zile cu îngheț în perioada 1991-2020

Figura 1.10: Numărul mediu anual de zile cu polei în perioada 1991-2020

Figura 1.11: Repartiția rețelei de stații meteorologice la nivel național

Figura 1.12: Repartiția rețelei de stații radar la nivel național

Figura 1.13: Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului

Figura 1.14: Tipuri de constrângeri asociate zborurilor de cercetare

Figura 1.15: Harta VFR, zona LR-2, proiecție Lambert conică, a spațiului aerian al Bucureștiului

Figura 1.16: Studiul norilor stratiformi

Figura 1.17: Diagrama schematică care arată categoriile de segmente referențiate ale vârfului norului, utilizată în stabilirea profilelor compușilor constituenți

Figura 1.18: Modele de traiectorii de zbor dedicate studiului dinamicii norilor Cumulus

Figura 1.19: Modele de traiectorii de zbor aplicate în studiul dinamicii stratului limită și al coborârii

Figura 1.20: Ilustrarea unor modalități consacrate de amplasare a instrumentelor pe aripile aeronavelor

Figura 1.21: Aeronava de cercetare NASA DC-8 și aerul dintr-o cabină de aerisire rămas în stratul limită al aeronavei pentru cel puțin 20 m în aval, zona marcată cu negru – instrumente, zona marcată cu gri – gura de evacuare a aerului din cabină

Figura 2.1: Managementul riscurilor

Figura 2.2: Utilizarea metodelor de teledetecție pentru gestionarea dezastrelor

Figura 2.3: Fluxul de lucru în vederea gestionării situațiilor de urgență cu ajutorul teledetecției și SIG

Figura 2.4: Platforme de senzori utilizate în situații de urgență

Figura 2.5: Cele două configurații de vehicule pilotate de la distanță/vehicule aeriene fără pilot

Figura 2.6: Tehnici de captare a imaginii pentru fiecare tip de senzor

Figura 2.7: Schema modului de funcționare pentru fiecare tip de senzor

Figura 2.8: Un sondaj termic peste o podgorie Aglianico din regiunea Basilicata (sudul Italiei) care acoperă o ortofotografie RGB obținută de un multicopter montat atât cu un senzor optic, cât și cu FLIR Tau 2 camere

Figura 2.9: Fluxul de lucru al (a) colectării datelor, (b) împărțirea (secționarea) ortomozaicului, (c) detectarea grindinei cu ajutorul tehnicii de tip Mask-RCNN și (d) măsurarea dimensiunilor grindinei folosind secționare radială

Figura 2.10: Demonstrare a extracției dimensiunilor grindinei din imagini preliminare ortomozaice

Figura 2.11: Privire de ansamblu asupra orașului vechi Cosenza (Italia)

Figura 2.12: Sistemul de teledetecție UAV utilizat pentru observarea condițiilor de gheață a râului Galben

Figura 2.13: Sistemul OKO-2 GPR și antena AB400 la bordul aeronavei EuroStar SLW (stânga) și exemple de rezultate georeferențiate (dreapta)

Figura 2.14: Sisteme de imagistică multispectrale pentru detectarea incendiilor

Figura 2.15: Schema-bloc a procesului de identificare a victimelor după avalanșă

Figura 2.16: Exemplu de imagine clasificată negativ (stânga sus), imagine clasificată pozitiv (dreapta sus), obiect fals clasificat pozitiv într-un dreptunghi galben (stânga jos) și obiect fals clasificat negativ sau obiect nedetectat (dreapta jos). Obiectele de interes sunt indicate printr-o săgeată galbenă

Figura 2.17: Imagine surprinsă de dronă, capturată cu o cameră de tip FLIR2 IR în zona de urgență. În partea de jos este vizibilă persoana parțial acoperită cu zăpadă

Figura 2.18: Venture UAV - PROS3 – principalele dimensiuni

Figura 2.19: Sistemul retractabil al antenei semnalului de avalanșă (stânga: complet retras, mijloc: în timpul deschiderii, dreapta: complet deschis – poziția de lucru) (Silvagni și colab., 2017)

Figura 2.20: Geometria și conductivitatea electrică pentru simularea numerică a răspunsului radarului pentru condiții de zăpadă umedă. Este modelată o suprafață subțire a stratului de zăpadă umedă cu o conductivitate mai mare decât în cazul zăpezii uscate. Se presupune o distribuție aleatorie a conductivității datorită amestecului de zăpadă uscată și umedă

Figura 2.21: Comparație între cele mai importante aspecte ale UAV și monitorizarea prin satelit

Figura 2.22: Imagine RGB

Figura 2.23: Imagine ortomozaică

Figura 2.24. Sistemele UAV și camerele termale; (a) - Camere Sony RGB și ICI integrate pe un hexacopter DJI M600 Pro; (b) - Camera hiperspectrală și FLIR integrate pe un hexacopter DJI M600 Pro; (c) - Octo-copter DJI S1000 și camera FLIR; (d) - UAV eBee și camera thermoMap

Figura 2.25 Exemplu de imagini prelevate prin intermediul celor 3 camere termale utilizate în studiul lui Sagan și colab., din 2019

Fig. 2.26. Propunere de grupare *leader-follower* utilizată în monitorizarea a două zone de incendiu forestier

Figura 2.27: Vehicul aerian fără pilot (UAV): (a) DJI Matrice 600 Pro cu o cameră multispectrală Parrot Sequoia 153 la bord și antenă de navigație D-RTK; (b) Stația la sol a dispozitivului de poziționare și navigare GNSS (D-RTK Global Navigation Satellite System)

Figura 2.28: Cameră multi-spectrală Sequoia (stânga) și senzorul pentru determinarea radiației solare (dreapta)

Figura 2.29: Planificare atât pentru zboruri fotogrametrice înainte, cât și după incendiu. Toate punctele de referință au aceeași altitudine (56,2 m peste nivelul solului)


	Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea impactului acestora în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare	COD: DT_A1-81/21
		Ediția: 1
		Revizia: 1
		Pagina: 9
		Exemplar nr. 1

Figura 2.30: Ortoimagini în (a) verde, (b) roșu, (c) marginea infraroșie a spectrului și (d) NIR - infraroșu apropiat corespunzătoare imaginilor de reflectanță post-incendiu, reprezentate la scară cantitativă

Figura 2.31: Curba de supraviețuire a persoanelor îngropate complet în avalanșă în funcție de durata îngropării

Figura 2.32: UAV în timpul unei misiuni de căutare și salvare

Figura 2.33: Exemple de drone subacvatice (a) - Neptune, (b) - OpenROV2.7, (c) - BlueROV2, (d) – PowerRay

Figura 2.34: Sistemul de măsurare format dintr-un UAV și senzori pentru măsurări in-situ: a) înainte de misiunea de zbor; b) plutind pe suprafața apei în timpul măsurărilor

Figura 2.35: Metoda aplicată pentru măsurarea calității apei folosind sistemul UAV dezvoltat

Figura 2.36: Traectoria de zbor a sistemul UAV

Figura 2.37: Aeronava ATMOSLAB aparținând INCAS

Figura 2.38: Configurația interioară a aeronavei ATMOSLAB: 1-ușa principală de acces și ușa de siguranță, 2-pilot/comandant, 3-copilot, 4-posturi operatori, 5-rack-uri ce conțin computerele și panoul electric de comandă pentru echipamentele de cercetare

Figura 2.39: Schițele aeronavei Beechcraft

Figura 2.40: Senzorii sistemului CAPS, care poate fi montat pe avion în containerul standard de tip PMS (Particle Measuring Systems)

Figura 2.41: Configurația sistemului de colectare a luminii, întâlnită la sistemul CAS

Figura 2.42: Schema de funcționare a 3V-CPI

Figura 2.43: Imaginea unei particule și regiunea de interes asociată acesteia

Figura 2.44: Schema de ansamblu a FCDP

Figura 3.1: Fluxul de lucru al procesului de clasificare – de la inițiere la finalizare

Figura 3.2: Fluxul de lucru pentru modificare minoră

Figura 3.3: Fluxul de lucru pentru modificare majoră

Figura 4.1: Procedură generală de intervenție cu senzori aeropurtați în cazul apariției unei situații de urgență

Figura 4.2: Vizualizarea zborurilor cu menționarea tipului de misiune, a datei de realizare și a tipului de aeronavă utilizat

Figura 4.3: Vizualizarea zborurilor reprezentate pe hartă cu simbolul în zona de interes pentru misiunea de zbor

Figura 4.4: Vizualizarea traiectoriei unui zbor de cercetare realizat cu aeronava BN2A-27

Figura 4.5: Vizualizarea traiectoriilor de zbor de cercetare în baza de date EUFAR (www.eufar.net)

Figura 4.6: Parametrii disponibili în cadrul bazei de date IAGOS (www.iagos.org)

Listă de tabele

Tabel 2.1: Rezoluția și aria imaginilor care pot fi obținute cu o gamă largă de platforme

Tabel 2.2: Specificațiile tehnice ale sistemelor satelitare

Tabel 2.3: Camere optice disponibile pentru UAV și principalele caracteristici ale acestora

Tabel 2.4: Camere multispectrale disponibile pe piață pentru UAV și principalele lor caracteristici

Tabel 2.5: Camere hiperspectrale disponibile pe piață pentru UAV și principalele lor caracteristici

Tabel 2.6: Camere termale disponibile pe piață pentru UAV și principalele lor caracteristici

Tabel 2.7: Senzori cu laser disponibili pentru UAV și principalele lor caracteristici

Tabel 2.8: Venture UAV - PROS3 – principalele caracteristici

Tabel 2.9: Comparatie a caracteristicilor unor senzori utilizați în măsurările pentru poluările de ape

Tabel 2.10: Comparatie a caracteristicilor celor 4 sisteme: ICI 8640P, FLIR Vue Pro R 640, thermoMap, FLIR TG167

Tabel 3.1: Matricea de risc pentru zborul în cenușă vulcanică

GLOSAR

AGL – Above Ground Level

ANM – Administrația Națională de Meteorologie

ASCE – Societatea Americană de Inginerie Civilă

AVHRR – Advanced Very High Resolution Radiometer

BRDF – Distribuție bidirecțională a reflectanței

CAPS – Cloud Aerosol and Precipitation Spectrometer

CAS – Cloud and Aerosol Spectrometer

CCD – Cameră monocromală digitală

CCD – Charge-Coupled Device

CFD – Computational Fluid Dynamics

CH – Coeficient de Higroscopicitate

CIP – Cloud Imaging Probe

CNN – Convolutional Neural Network

CO – Coeficient de Ofilire

CPI – Cloud Particle Imaging

CRI – Element de revizuire a certificării

CVE – Compliance Verification Engineer

DE – Design Engineer

DEM – Digital Elevation Model

DMT – Droplet Measurement Techniques

DN – Digital Number

EASA – European Union Aviation Safety Agency

EDO – Observatorul European al secetei

EFAS – Sistem European de avertizare în caz de inundații

EFFIS – Sistem European de informare privind incendiile forestiere

EODC – Centrul de Date pentru Observarea Pământului

ESA – Agenția Spațială Europeană

ETM+ - Enhanced Thematic Mapper Plus

ExG – Excessive Green

fAPAR – Frația zilnică de radiație fotosintetică activă

FIFO – First-In First-Out

FSSP – Forward Scattering Spectrometer Probe

GCP – Punct de control la sol

GDO – Observatorul global al secetei

GloFAS – Sistem global de avertizare în caz de inundații

GNSS – Global Navigation Satellite System

GPR – Ground Penetrating Radar

GPS – Sistem de Poziționare Globală

GSD – Ground Sample Distance

GWIS – Sistem global de informații privind incendiile forestiere

HDO – Head of Design Organisation

HOA – Head of Airworthiness

IMU – Inertial Measurement Unit



**Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență
cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea
impactului acestora în vederea reducerii
consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare**

COD: DT_A1-81/21

Ediția: 1

Revizia: 1

Pagina: 12

Exemplar nr. 1

INCAS – Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Aerospațială Elie Carafoli
INS – Inertial Navigation System
JRC – Joint Research Centre
LAI – Indice suprafață foliară
LiDAR – Light Detection and Ranging
LIS-III – Linear Imaging Self-Scanning III
LSPIV – Velocimetria imaginilor de particule la scară mare
LWC – Liquid Water Content
MASP – Multiangle Aerosol Spectrometer
MDL – Master Data List
MTOM – Masa maximă la decolare
MVS – Multi-View Stereo
NDVI – Indice de Vegetație Diferență Normalizată
NGRDI – Normalized Green-Red Difference Index
NIR – Near InfraRed
NOAA – Administrația Națională a Oceanelor și Atmosferei
NSIDC – National Snow and Ice Data Center
ONU – Organizația Națiunilor Unite
OSD – Operational Suitability Data
RNMCA – Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului
RNN – Rețele neuronale recurente
ROMATSA – Administrația Română a Serviciilor de Trafic Aerian
RPAS – Remotely Piloted Aircraft System
RVR – Interval de vizibilitate a pistei
SfM – Structure from Motion
SIG – Sisteme Informaționale Geografice
SMFA – Statul Major al Forțelor Aeriene
SVC – Supervised vicarious calibration
SVM – Support Vector Machine
SWI – Soil Water Index
SWIR – Regiune infraroșu de unde scurte
TAF – Terminal Airfield
TC – Type Certificate
UAV – Unmanned Aerial Vehicle
UE – Uniunea Europeană
UNDRR – Biroul Organizației Națiunilor Unite pentru Reducerea Riscurilor de Dezastre

1. Monitorizarea riscurilor specifice Ministerului Mediului, Apelor și Pădurilor

1.1. Riscuri specifice MMAP. Inventariere, caracteristici generale și specific regional

Conform Hotărârii nr. 557¹ din 3 august 2016, privind managementul tipurilor de risc, riscurile specifice MMAP identificate (Anexa 1 a actului normativ de mai sus) sunt descrise în continuare.

1.1.1. Furtuni și viscol

● Căderi de grindină

Grindina este o formă de precipitații solide, transparente sau parțial opace, alcătuite din particule de gheață, de obicei sferice, conice sau neregulate, cu diametrul de 5-50 mm (OMM, 1992). Grindina provoacă pagube deosebite culturilor agricole, viilor și livezilor, iar când dimensiunile particulelor de gheață depășesc dimensiunea unui ou de găină, acestea pot provoca pagube și gospodăriilor, autoturismelor, chiar pot răni persoane (Bălțeanu și Alexe, 2001).

Grindina se formează din norii Cumulonimbus, care prezintă o extindere mare verticală, prin înghețarea picăturilor de apă din zona mediană a norului. Este însoțită în general de averse de ploaie, oraje și vânt puternic. Cauzele producerii grindinei sunt legate de particularitățile circulației generale a atmosferei și de cele ale suprafeței active. Circulația generală a atmosferei determină producerea grindinei prin intermediul fronturilor reci foarte active care se deplasează pe suprafața terestră supraîncălzită. Particularitățile locale ale suprafeței active declanșează geneza grindinei prin intensificarea proceselor de convecție termică și amplificarea gradului de turbulență a aerului (Bogdan și Niculescu, 1999; Marinică, 2006).

Condițiile de formare cele mai favorabile au loc vara, ca urmare a pătrunderii unei mase de aer rece care dislocă aerul cald, forțându-l să se înalțe cu rapiditate, fenomen care produce condensarea vaporilor de apă și înghețarea picăturilor de ploaie (Bălțeanu și Alexe, 2001).

În Figura 1.1 este prezentată repartiția spațială a numărului total de zile cu căderi de grindină, la nivelul țării pentru intervalul 1991-2020. Astfel, se observă că cele mai multe cazuri de grindină au fost înregistrate în zona montană, îndeosebi în zona Munților Banatului, nordul Munților Apuseni și culmile situate la peste 2000 m din Carpații Meridionali. Cele mai reduse cazuri de grindină sunt în zonele de câmpie sau Delta Dunării. Excepție face zona de la Curbura Carpaților, unde numărul de zile cu grindină este redus, fiind o consecință a fenomenului de foehn, fenomen cunoscut în această regiune.

La nivelul României, grindina cade frecvent în sezonul cald al anului (aprilie-septembrie), în luna iunie înregistrându-se cea mai ridicată frecvență a grindinei. În ceea ce privește momentul zilei la care produce fenomenul, majoritatea cazurilor de grindină au loc în după-amiezile caniculare de vară, între orele 17:00 și 19:00, când convecția termică atinge punctul culminant (*Clima României*, 2008; Burcea și colab., 2016). Deși în Câmpia Română și Câmpia Banato-Crișană se înregistrează anual în medie 1-2 cazuri de grindină, cu mult sub media regiunilor montane (6-7 cazuri), pagubele sunt mult mai însemnate la nivelul regiunilor de câmpie din cauza suprafețelor agricole extinse.

Fenomenul de grindină poate fi prognozat și analizat, în ceea ce privește efectele acestuia, pe baza informațiilor radar și a imaginilor satelitare. În scopul prevenirii formării norilor favorabili grindinei, se

¹ <http://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocumentAfis/180860>

poate încerca pulverizarea acestora cu iodură de argint, astfel încât granulele de gheață să nu mai cadă la nivelul suprafeței terestre.

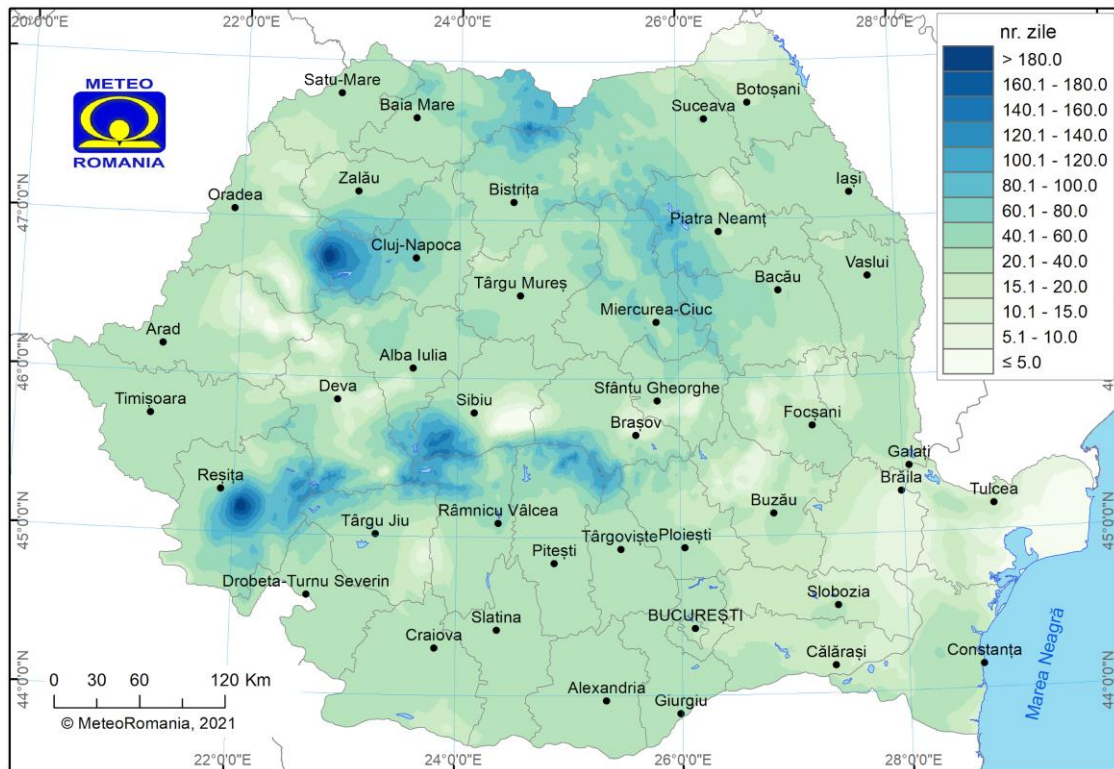


Figura 1.1: Numărul total de zile cu căderi de grindină în perioada 1991-2020

Încercarea de identificare a suprafețelor agricole afectate de grindină, utilizându-se mijloacele fotogrammetrice (fotograme color și infraroșu), a existat încă din 1969. Culturile afectate au fost identificate datorită gradului diferit de reflectare al acestora, înregistrându-se modificări la nivelul conținutului de clorofilă din vegetație. Motivul utilizării fotogramelor aeriene în determinarea pagubelor cauzate de grindină este destul de simplu, deoarece fotograma este capabilă să înregistreze diferențele spectrale de la nivelul vegetației, între culturile sănătoase și cele afectate. Diferența spectrală este un răspuns al capacității plantei de a reflecta radiația solară. Analiza fotogramelor aeriene de la nivelul culturilor agricole afectate de grindină a demonstrat că ar putea fi stabilită o relație între daunele reale ale vegetației și cea determinată de la distanță prin analiza fotogrametrică (Towery și colab., 1975).

Multitudinea de **senzori satelitari** sporește posibilitatea analizei impactului grindinei asupra mediului înconjurător. Imaginile multispectrale satelitare au capacitatea de a furniza asistență valoroasă în analiza daunelor rezultate în urma evenimentelor severe de grindină.

Efectele grindinei au fost evidențiate de-a lungul timpului de numeroși specialiști care au utilizat diferite surse de date satelitare, de exemplu: datele satelitului GOES-8 în cazul lui Klimowski și colab. (1998), datele Landsat de către Bentley și colab. (2002), Prabhakar și colab. (2019), datele MODIS în studiul lui Parker și colab. (2005), Gallo și colab. (2012), datele satelitare Advanced Very High

Resolution Radiometer (AVHRR) de către Henebry și Ratcliffe (2003), datele Sentinel-2 (Sarvia și colab., 2020; Angearu și colab. 2020) etc.

Vulnerabilitatea culturilor agricole și capacitatea lor de recuperare după efectele grindinei variază în funcție de perioada din sezonul agricol și de nivelul de dezvoltare, maturitate al plantelor (Hillaker și Waite, 1985). **Amploarea** pagubelor depinde de mărimea grindinei, durata fenomenului, viteza vântului, tipul culturii, dezvoltarea, maturitatea plantei și timpul rămas până la recoltare (Felix și Kennedy, 2007). Defolierea rezultată din combinarea vântului și a grindinei contribuie la afectarea în cea mai mare parte a vegetației, în timp ce doar vântul mai puternic poate răvăși culturile, dar le permite să reziste, rezultând o schimbare mai redusă a valorilor Indicelui de Vegetație Diferență Normalizată (NDVI) (Molthan și colab., 2013).

- **Furtuni – vânt puternic și/sau precipitații masive**

Viteza maximă a vântului (>40 m/s) în perioada 1991-2020 (Figura 1.2) se înregistrează la nivelul Munților Banatului, Carpaților Meridionali și, pe alocuri, în Carpații de Curbură, Munții Apuseni sau nordul Carpaților Orientali.

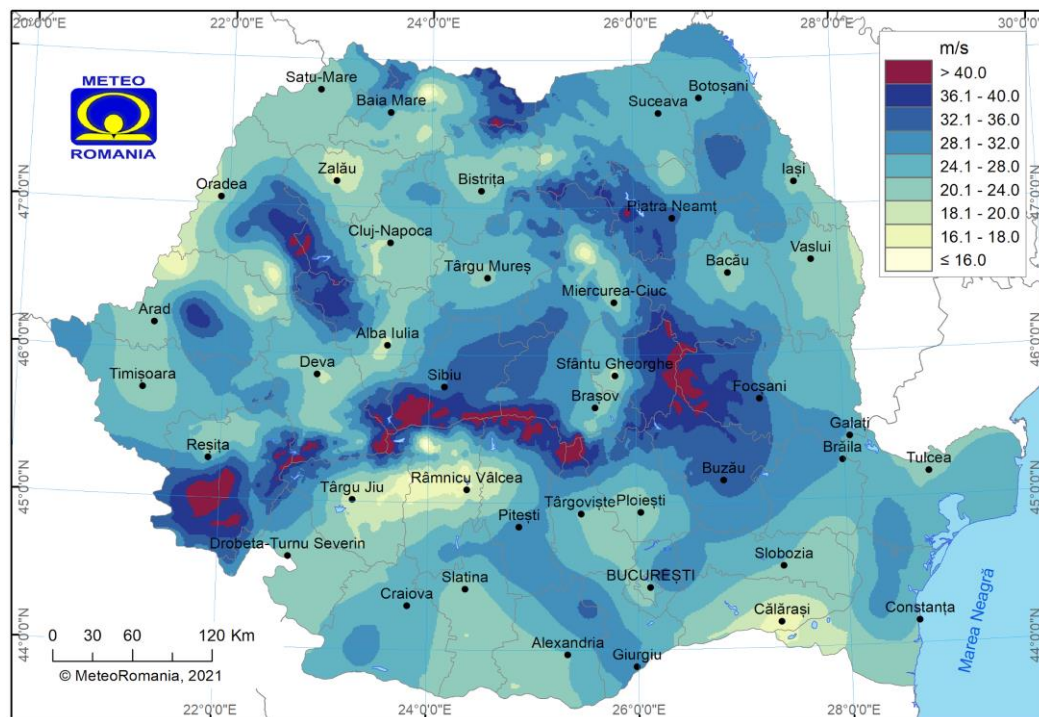


Figura 1.2: Viteza maximă a vântului în perioada 1991-2020

Referitor la cantitatea maximă zilnică de precipitații înregistrată în 24 de ore în perioada 1991-2020 (Figura 1.3), se remarcă prin valorile cele mai ridicate sud-estul Banatului (având maxima absolută pe țară, 224 mm, înregistrată la stația meteorologică Drobeta-Turnu Severin în data de 12 iulie 1999) și Munții Făgăraș. În schimb, cele mai reduse cantități maxime de precipitații înregistrate în 24 de ore se înregistrează în Depresiunea Colinară a Transilvaniei (60,1-70 mm).

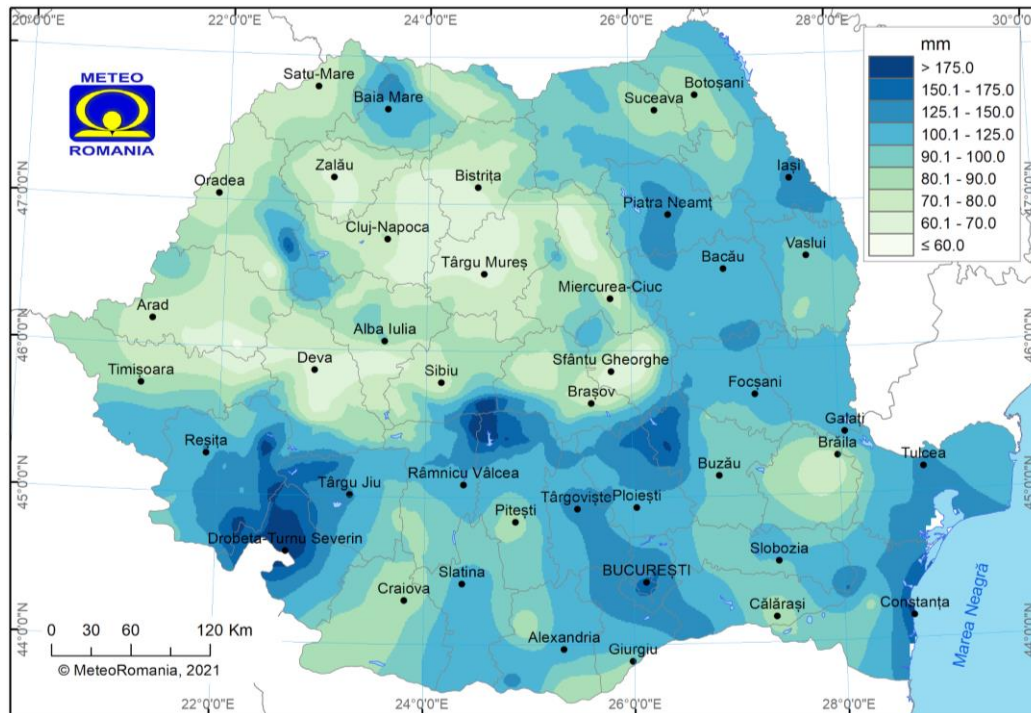


Figura 1.3: Cantitatea maximă de precipitații înregistrată în 24 de ore în perioada 1991-2020

- **Viscol**

Viscolul reprezintă o furtună violentă din timpul iernii, cu o durată de cel puțin 3 ore, care combină temperaturile cu valori sub pragul de îngheț și vântul foarte puternic care spulberă zăpada și reduce vizibilitatea la mai puțin de 1 km (OMM, 1992, 2018).

Viscoalele devin hazarde naturale din pricina vântului puternic, spulberării zăpezii și acumulării acesteia sub formă de troiene, producând astfel pagube materiale însemnate și chiar pierderi de vieți omenești (Bălțeanu și Alexe, 2001). Violența viscolului produce spulberarea zăpezii și dezvelirea culturilor agricole, supuse ulterior înghețului (adesea puternic, cauzat de masa de aer rece și radiația solară nocturnă redusă care determină răcirea aerului și a solului), precum și formarea troienelor (Marinică, 2006).

Troienirea zăpezii perturbă traficul rutier, feroviar și aerian, ducând la întreruperea temporară a acestora. Căile de comunicație cele mai afectate sunt cele dispuse perpendicular pe direcția vântului, regiunile vulnerabile fiind în special cele din Bărăgan, Dobrogea și Moldova (Bogdan și Niculescu, 1999). În plus, troienirea zăpezii poate produce pagube acoperișurilor caselor, prin greutatea acesteia. Vitezele mari ale vântului provoacă dezrădăcinarea arborilor și ruperea cablurilor electrice și telefonice, localitățile rămânând fără energie electrică și izolate, fără posibilitatea de a comunica.

În **România**, viscolul este fenomenul reprezentativ pentru sezonul rece al anului, severitatea sa constituind **hazard meteo-climatic pentru regiunile extracarpatică**, fiind influențat de lanțul carpatic și de Marea Neagră, mai ales în cazul circulațiilor estice și nord-estice.

Prezența Carpaților îndeplinește rolul de baraj orografic asupra aerului antrenat dinspre Câmpia Rusă, în timp ce Mării Negre îi revine rolul de blocaj termic, favorizând canalizarea accentuată a aerului rece către Câmpia Română (Bordei-Ion, 1988). Lanțul carpatic determină canalizarea maselor de aer rece din estul Europei care invadează regiunile din estul și sudul țării. În astfel de condiții, în vestul și centrul

țării se remarcă o vreme umedă și nu prea rece, cu precipitații mai puțin abundente și vânt slab (Georgescu și colab., 2009).

Conform repartiției teritoriale a numărului mediu anual de zile cu viscol (1991-2020) din figura 1.4, cele mai multe zile cu viscol sunt semnalate în zona montană, îndeosebi în Carpații Meridionali, în grupa Retezat-Godeanu viscolul fiind cel mai des întâlnit (>30 zile).

În ceea ce privește regiunea de câmpie, la nivelul Câmpiei Române, în special Câmpia Bărăganului, se înregistrează un număr mai ridicat de zile cu viscol (4-6 zile) spre deosebire de Câmpia Banato-Crișană (2-4 zile), care este protejată, prin lanțul carpatic, de advecția aerului rece din nord-est și est.

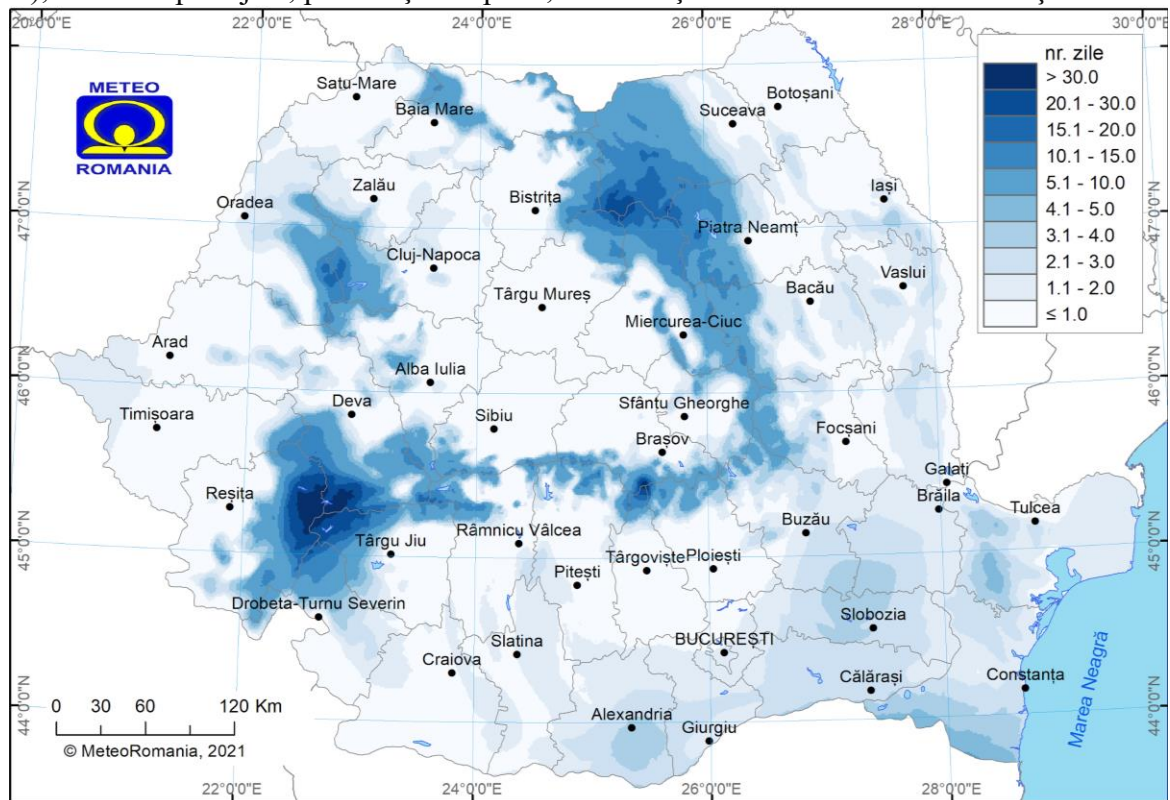


Figura 1.4: Numărul mediu anual de zile cu viscol în perioada 1991-2020

Analiza fenomenului de viscol se poate realiza pe baza procesării informațiilor înregistrate atât la nivelul stațiilor meteorologice, cât și pe cele furnizate de senzorii satelitari.

Utilizarea imaginilor satelitare optice pentru detectarea suprafețelor acoperite cu zăpadă datează din noiembrie 1966, când prima hartă a suprafeței de zăpadă a fost realizată de Administrația Națională Oceanică și Atmosferică (NOAA), folosind imagini satelitare obținute de satelitul NASA ESSA-3 (Environmental Science Services Administration) (Dumont și Gascoin, 2016).

Cel mai frecvent produs utilizat în cazul zăpezii este, fără îndoială produsul **MOD10A1**, distribuit de către National Snow și Ice Data Center (NSIDC) (Hall și colab., 2002). Algoritmul MOD10A1 oferă rezultate satisfăcătoare în diferite contexte geografice (Hall și Riggs, 2007).

Dat fiind faptul că MODIS este un senzor optic pasiv, acesta poate fi utilizat doar pentru observarea zăpezii atunci când nu există nori. Cu toate acestea, repetitivitatea zilnică a observațiilor MODIS permite monitorizarea frecvență fără nori.

În cazul **României**, analiza condițiilor generatoare viscolului se poate realiza atât pe baza înregistrărilor de la stațiile meteorologice locale, cât și din următoarele seturi de date: modele numerice (exemple: ECMWF, ALADIN) și date satelitare (exemplu: METEOSAT 9, canalul de vapori de apă WV6.2 μm) (Georgescu și colab., 2009).

1.1.2. Inundații

Inundațiile sunt unul dintre cele mai importante dezastre la nivel mondial din cauza pierderilor de vieți omenești și a consecințelor economice rezultate (EC, 2007; EEA, 2010). Inundațiile sunt generate de evenimente meteorologice extreme (căderi de precipitații puternice sau de durată, furtuni și topirea zăpezii) corelate cu elemente de natură umană: gestionarea apelor (baraje, diguri și lacuri de acumulare), creșterea urbanizării (suprafețe impermeabile, dereglarea sistemului de drenaj natural, dezvoltarea localităților în zone inundabile) și elemente naturale (proprietățile solului, acoperirea și utilizarea terenului și panta), (Szopos și Czellecz, 2017).

- **Inundații provocate de furtuni marine**

În timpul furtunilor cu intensități foarte mari, vântul puternic împinge apa mărilor spre țărm și poate provoca inundarea acestuia. Un val de furtună este cauzat în primul rând de relația dintre vânturi și suprafața oceanului, nivelul apei crescând odată cu forța vântului. Un alt factor care contribuie la valurile de furtună este presiunea atmosferică, exprimată prin prezența/absența mareelor pe suprafața Terrei. Marea este rezultatul atracției gravitaționale a Lunii exercitată asupra Pământului, care duce la creșterea nivelului apei. Punctul maxim este atins atunci când nivelul apei atinge cea mai înaltă cotă și acoperă cea mai mare parte a țărmului. În astfel de situații, nivelul apei poate ajunge până la 10 metri dacă furtuna are loc în același timp cu marea la punctul maxim.

Panta terenului de coastă joacă, de asemenea, un rol: apa va inunda mai ușor o coastă puțin adâncă decât una abruptă. Acțiunea furtunilor care poate avea loc în același timp cu marea, are ca rezultat inundarea puternică a coastelor, ceea ce pune în pericol viața oamenilor și duce la importante pierderi economice, având în vedere că aproximativ 40% din populația lumii trăiește în primii 100 km de coastă.

- **Inundații produse de ridicarea nivelului pânzei de apă freatică**

De regulă au loc după perioade îndelungate de ploii puternice, când apa se infiltrează în pânza freatică, iar aceasta se ridică la nivelul suprafeței. Cel mai probabil acest fenomen poate apărea în arealele joase cu pânza freatică foarte aproape de suprafață, în subsolurile clădirilor și în pivnițe. Inundațiile cu apă subterană sunt cunoscute și sub denumirea de inundații cu apă limpede, deoarece, spre deosebire de inundațiile cu apa de suprafață din râuri și pâraie, apa este adesea limpede din cauza lipsei nămolului. Protejarea proprietăților de inundațiile produse de apele subterane este dificilă, deoarece sistemele de apărare împotriva inundațiilor, cum ar fi terasamentele, nu pot împiedica ridicarea apei la suprafață. Inundația poate dura perioade lungi de timp, deoarece apele subterane scad încet și pot contribui la inundarea apelor de suprafață.

- **Inundații provocate de incidente, accidente sau avarii la construcțiile hidrotehnice**

Se caracterizează prin creșteri intensive și rapide de nivel al apei în râu, provocate de spargerea barajelor, digurilor sau a unui obstacol natural din albia râului (în munți – baraje rezultate din alunecările de teren, prăbușiri, mișcarea ghețarilor sau alte cazuri excepționale).

- **Inundații ca urmare a revărsărilor naturale ale cursurilor de apă cauzate de creșterea debitelor provenite din precipitații și/sau din topirea bruscă a stratului de zăpadă sau a blocajelor cauzate de dimensiunile insuficiente ale secțiunilor de scurgere a podurilor și podețelor, blocajelor produse de ghețuri sau de plutitori (deșeuri și material lemnos),**

alunecări de teren, aluviuni și avalanșe de zăpadă, precum și inundații prin scurgeri de pe versanți

Între anii 1998 și 2017, inundațiile au afectat peste 2 mld. de oameni în întreaga lume. Populația cea mai vulnerabilă la acest tip de dezastru este localizată în albiile majore ale râurilor unde își construiesc locuințe cu rezistență scăzută, unde nu există sisteme de avertizare și conștientizare a pericolului în caz de inundații. Inundațiile au devenit tot mai frecvente, iar tendința de creștere a evenimentelor este de așteptat să continue. Există trei tipuri generale de inundații:

- viiturile - cauzate de precipitații abundente și rapide care cresc debitul și nivelul pâraurilor și râurilor;
- inundațiile pe râuri - provocate de precipitații care chiar dacă nu sunt puternice se pot întinde pe o perioadă lungă de timp și de topirea rapidă a zăpezii datorită unei creșteri bruște de temperatură (se poate suprapune cu ploii);
- inundarea țărmurilor datorită furtunilor marine.

O altă cauză care duce la apariția inundațiilor, este reprezentată de barajele de gheață care se formează în special pe râurile care au scurgerea spre nord (bazinul inferior este înghețat în timp ce bazinul superior nu este). Când aceste baraje de gheață sunt sparte, pot antrena în scurgere pe lângă blocurile de gheață și material lemnos și/sau deșeuri care pot bloca sau distruge poduri și diguri, provocând inundații. Punerea în mișcare a acestor materiale poate avea loc și în cazul viiturilor.

Datorită pantei și vitezei apei, suportul de la baza versanților saturați este îndepărtat, stabilitatea naturală a pantei este afectată și inundația poate provoca alunecări de teren. Acestea pot afecta sau distruge ecosisteme, afectează agricultura, infrastructurile, poate duce la decese și pierderi economice importante.

Ca un mijloc de răspuns în caz de urgență după producerea unei inundații, cartografierea arealului afectat ajută la determinarea extinderii și la estimarea infrastructurilor afectate cum ar fi: drumuri, localități și areale de interes afectate (regiuni agricole). Avantajul utilizării informațiilor de teledetecție (acoperire temporală și spațială, rezoluție spațială ridicată) împreună cu lansarea noilor senzori, a dus la creșterea îmbunătățirii metodelor de cartografiere a inundațiilor în cazul situațiilor dificile: acoperire noroasă și teren accidentat (Tavus și colab., 2018). Datele obținute de la senzorii satelitari sunt complementare datelor in-situ, dar în multe cazuri pot fi singura sursă de informații, datorită, pe de o parte, lipsei sau neajunsurilor datelor in-situ, iar pe de alta, deoarece sateliții oferă o modalitate unică de monitorizare care nu poate fi afectată de evenimentul observat (Stăncălie și colab., 2016).

Programul Sentinel al CE/ESA/Copernicus, prin politica datelor gratuite și libere, oferă o sursă sinoptică rapidă de date spațio-temporale la nivel local și regional în timpul și după producerea evenimentului (Caballero și colab., 2019). Monitorizarea inundațiilor demonstrează sinergia dintre observațiile diferiților senzori din domeniul optic și radar. În timp ce imaginile optice întâmpină probleme în cazul acoperiri cu nori, fenomen ce are loc destul de des în timpul inundațiilor, în ultimii ani utilizarea imaginilor radar (SAR) este tot mai utilizată în cartografierea și monitorizarea inundațiilor.

Începând cu anul 2000, în România au fost înregistrate 35 de evenimente, 233 decese și un total de 230,783 de persoane afectate și pagube de 3,4 mld/\$ (EM-DAT, 2020). Sunt de subliniat anii 2005 (79 decese) și 2006 (debit istoric al Dunării de 15,800 mc/s și 51 decese) ca ani cu recorduri istorice. În anul 2018 au avut loc două evenimente majore care au afectat 2,700 de persoane.

1.1.3. Tornade

Tornadele sunt perturbații atmosferice violente, de dimensiuni reduse, cu caracter turbionar, viteza vântului fiind cuprinsă între 60 și 300-400 km/h. Sunt constituite din nori Cumulonimbus și praf și se produc pe continente între 20° și 60° latitudine nordică și sudică (Bălțeanu și Alexe, 2000). Diametrul mediu al tornadei este de circa 100 de metri, variind de la câțiva metri până la 3 km (Golden, 2000). Frecvența cea mai mare a tornadelor are loc între orele 16 și 18:00. Formarea tornadei este influențată de viteza mare a vântului pe verticală, asigurată de supraîncălzirea suprafeței subiacente. În momentul în care o masă de aer cald și umed, aflată în interacțiune cu solul, este traversată de o masă de aer rece și uscat, atmosfera devine instabilă, generându-se condiții favorabile producerii tornadelor.

Tornadele au o desfășurare spațială redusă, dar sunt destul de periculoase din cauza vitezei ridicate a vântului. Deși tehnicile actuale moderne, bazate pe informații satelitare, permit stabilirea traiectoriilor tornadelor, precum și alertarea populației, pagubele provocate se mențin ridicate (Bălțeanu și Alexe, 2000).

Imaginile satelitare au fost utilizate de numeroși cercetători pentru monitorizarea tornadelor și evaluarea pagubelor produse de acestea. Yuan și colab. (2002) au utilizat imaginile de rezoluție de 23,5 m de la senzorul Linear Imaging Self-Scanning III (LISS-III) pentru a examina modificările după tornada din 3 mai 1999, din Oklahoma. Utilizarea imaginilor satelitare s-a axat pe analiza componentelor principale (PCA) și pe analiza Indicelui de Vegetație Diferență Normalizată (NDVI), pentru identificarea pagubelor și modificărilor apărute după eveniment. Jedlovec și colab. (2006) au folosit imaginile satelitare MODIS, ASTER și Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) pentru a examina modificările asociate cu pagubele provocate de tornada din 28 aprilie 2002 care a afectat orașul La Plata din Maryland, S.U.A.

Molthan și colab. (2014) au identificat pagubele tornadelor din 27 aprilie 2011 care au afectat nordul și centrul Alabamei, utilizând imaginile satelitare Terra MODIS (250 m), Landsat-7 ETM+ (30 m) și Terra ASTER (15 m). În centrul analizei s-a aflat analiza NDVI, pe baza căruia s-au extras zonele afectate de tornadă.

În **România**, în perioada 1822-2013, din 126 de cazuri de tornade raportate în documente (ziare, anale, buletine meteorologice, articole), dar foarte puțin confirmate pe baza imaginilor radar și satelitare, 125 s-au produs între lunile martie și septembrie și doar o tornadă a fost raportată în 24 ianuarie 2006.

În ceea ce privește densitatea tornadelor, aceasta s-a amplificat în perioada 1990-2013, comparativ cu 1822-1944, respectiv 1945-1989, cele mai multe cazuri raportate de tornade fiind în sud-estul și nord-estul României. Numărul mare de tornade din sud-estul României poate fi pus pe seama condițiilor mezoscale din această regiune, care sunt mai favorabile pentru producerea de tornade, în comparație cu altele regiuni ale țării, dar sunt necesare studii suplimentare pentru a confirma această ipoteză.

Din cele 89 de tornade declarate în perioada 1989-2013, majoritatea au avut o intensitate slabă, de tip F0 sau F1 pe scara Fujita (F) și doar 3 cazuri au fost de tip F2 sau F3, dintre care două în sud-estul țării (Antonescu și Bell, 2015).

Creșterea numărului de cazuri raportate de tornade din perioada recentă (1990-prezent) poate fi atribuită creșterii gradului de conștientizare a publicului (de exemplu, după tornada de tip F3 de la Făcăeni din 2002 sau din cauza filmelor și documentarelor TV despre tornade), creșterii accesului la sistemele tehnologice (telefoane mobile, Internet), dar foarte important și datorită implementării rețelei de radare meteorologice în 2002.

Tornada de la **Făcăeni** din **12 august 2002** a fost cea mai puternică din câte se cunosc până acum în România, având **gradul F3** pe scara Fujita, viteza vântului la rafală fiind între 252 și 330 km/oră (Lemon și colab., 2003; Bălțeanu și colab., 2004).

Tornade de dimensiuni reduse, dar care nu au provocat pagube de amploare asemenea celei de la Făcăeni s-au înregistrat și în alte regiuni din România: 12 august 2002 - Făcăeni, Ialomița; 7 mai 2005 - Movilița, județul Ialomița; 19 iulie 2002 - Gura Portitei; 22 aprilie 2008 - Coslugea, județul Constanța; 26 mai 2010 - Silivașul de Câmpie, județul Bistrița-Năsăud; 16 iulie 2013 - Vama Veche, județul Constanța.

Trebuie menționat că ultima tornadă (de tip F0) care a produs pagube, dar și 8 răniți în Câmpia Bărăganului a fost în 30 aprilie 2019, în localitatea **Drajna**, județul Călărași. Potrivit măsurărilor de la stațiile meteorologice din zonă, vântul nu a depășit 80-90 de km/ oră.

1.1.4. Seceta

Seceta este un fenomen recurent complex, destul de greu de înțeles și analizat (Hisdal și Tallaksen, 2003) care afectează aproape toate regiunile climatice ale planetei. Este un hazard natural rezultat în urma unui eveniment extrem datorat insuficienței resurselor de apă. Cauzele apariției acestui fenomen pot fi cantitățile de precipitații sub limitele normale, distribuția neuniformă a precipitațiilor, cerințele de apă mai mari decât disponibilitățile, sau combinații ale acestora trei. Incorecta estimare a secetei poate avea consecințe grave atât asupra ecosistemelor naturale, cât și a economiei și a evoluției vieții în general. Pagubele provocate de secetă variază de la regiune la regiune, în funcție de caracteristicile climatice, hidrologice și socio-economice.

Seceta nu are o definiție precisă. Diversele variabile hidro-meteorologice, factorii socio-economici, cerințele de apă diferite de la o regiune la alta a globului au condus la o diversitate de definiții ale secetei. În continuare sunt prezentate câteva definiții generale ale acestui fenomen extrem:

- Enciclopedia climei și vremii (Schneider, 1996) definește seceta drept “o perioadă lungă de timp - un sezon, un an sau mai mulți ani - cu deficit de precipitații relativ la media multianuală specifică unei regiuni”.
- Convenția ONU pentru Combaterea Secetei și Deșertificării (1994) definește seceta ca fiind “un fenomen natural apărut atunci când cantitățile de precipitații sunt semnificativ sub limitele normale, cauzând dezechilibre hidrologice importante ce afectează în mod negativ producția ecosistemelor naturale”.
- Conform Organizației Meteorologice Mondiale (WMO, 1986) “seceta reprezintă deficitul de precipitații continuu, pe o perioadă lungă de timp”.
- Organizația pentru Hrană și Agricultură a Națiunilor Unite (FAO, 1983) consideră seceta drept un hazard, “procentul anilor în care culturile sunt distruse ca urmare a lipsei de umiditate”.

Există trei categorii mari de secetă:

- meteorologică,
- hidrologică / pedologică,
- agricolă.

Orice combinație a acestor trei categorii generează un al patrulea tip de secetă, și anume, seceta socio-economică (Figura 1.5).

Seceta hidrologică este asociată cu efectele perioadelor cu deficit de precipitații asupra resurselor de apă de suprafață și subterane (exploatarea cursurilor de apă, nivelul apei din rezervoare și lacuri etc.). Așadar, seceta hidrologică este definită drept o scădere semnificativă a disponibilității de apă în toate formele de manifestare din cadrul ciclului hidrologic: ape de suprafață și subterane, lacuri și rezervoare, scurgeri de apă rezultate din topirea zăpezilor, etc (Nalbantis, 2009). Tallaksen și van Lanen (2004) descriu seceta hidrologică ca fiind un fenomen durabil și regional extins în care disponibilitatea de apă

este sub media naturală. În general, frecvența și severitatea secetei hidrologice este definită la nivel de bazin hidrografic. De obicei, seceta hidrologică este defazată de apariția secetei meteorologice și agricole. Este nevoie de o perioadă lungă de timp cu deficit de precipitații, astfel încât să fie afectate cursurile de apă de suprafață, nivelul apei în sol și rezervoare sau scăderea umidității solului (Rathore, 2004).

Drept urmare, impactul secetei hidrologice asupra diferitelor sectoare economice este diferit față de impactul celorlalte două tipuri de secetă. De exemplu, deficitul de precipitații poate genera o scădere rapidă a umidității solului, fapt repede resimțit în agricultură, dar același deficit de precipitații poate să nu afecteze la fel de mult nivelul apei pe un râu sau într-un rezervor, neafectând funcționarea centralelor hidroelectrice pentru multe luni. De asemenea, apa din sistemele de stocare hidrologice (rezervoare, râuri, etc) este folosită în scopuri multiple și concurente (de exemplu, managementul inundațiilor, irigații, navigație, generarea de energie hidroelectrică, recreere, habitat al faunei acvatice etc.), complicând și mai mult monitorizarea și cuantificarea impactului secetei.

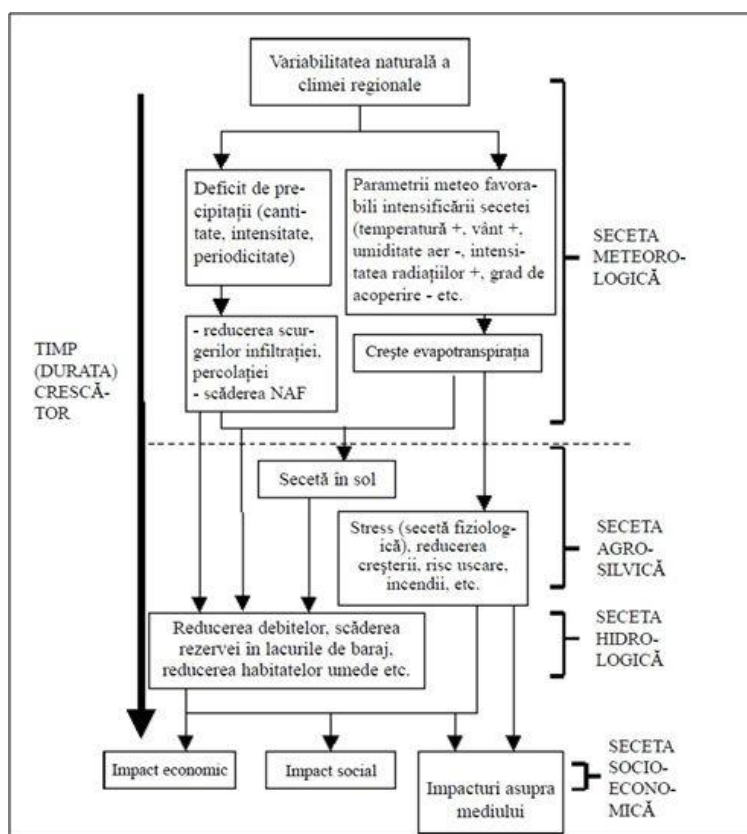


Figura 1.5: Impactul secetei asupra mediului

(prelucrare după: National Drought Mitigation Center, University of Nebraska, USA, 2006)

Seceta hidrologică în cazul apelor subterane este destul de puțin abordată în literatura de specialitate. Există puține definiții ale acesteia. O definiție conceptuală este dată de Calow și al. (1999) Conform acestora, seceta apelor subterane descrie o situație anume în care sursele de apă subterană sunt diminuate ca efect al secetei. Conform lui Van Laren și Peters (2000), seceta hidrologică a apelor subterane apare dacă nivelul în acvifer scade sub un nivel critic pe o anumită perioadă de timp, cu efecte adverse importante.

Conform lui Brumă și Tănasă (2011), **seceta pedologică** reprezintă seceta determinată de umiditatea redusă din sol, care chiar în condiții atmosferice satisfăcătoare, nu permite absorbția de către plante a unei cantități suficiente de apă din sol. Așadar, aceasta se manifestă atunci când solul nu mai poate asigura apa necesară plantelor și acestea se veștejesc.

Seceta pedologică în sol se stabilește în cazul când în stratul de răspândire maxim al rădăcinilor plantelor de cultură (cca 50-60 cm de la suprafață pentru plantele cu sistem radicular fasciculat și 100-160 cm pentru plante cu rădăcini pivotante) umiditatea este mai mică decât umiditatea corespunzătoare coeficientului de ofilire (CO), egal, de regulă, cu 1.5 mărimi ale coeficientului de higroscopicitate (CH). Majorarea sau micșorarea deficitului de apă (secetă) în sol depinde de durata secetei în atmosferă și de însușirile concrete ale solului: textură, structură, compactare (porozitatea, conținutul de materie organică etc). Prin diferite acțiuni agrotehnice, agrochimice și fitotehnice este posibil de a face ca plantele să utilizeze cât mai eficient rezervele de apă accesibile din sol, în primul rând, a celor ușor accesibile și de a majora volumul producției agricole.

În prezent există diferite metodologii pentru caracterizarea fenomenului de secetă. Dintre acestea cele mai utilizate sunt cele care folosesc diferiți indici de vegetație pentru a evidenția existența secetei, durata și intensitatea ei.

Indicii de vegetație sunt calculați prin asimilarea indicatorilor de secetă într-o singură valoare numerică (Hayes, 2006) utilă și ușor de utilizat de către factorii de decizie. Indicii de vegetație includ un număr foarte mare de date meteorologice și hidrologice ce descriu diferitele tipuri de secetă: precipitațiile, temperatura aerului/solului, umiditatea solului, ecuația de bilanț a apei, date de debit, acoperirea cu zăpada, sau alți indicatori legați de aprovizionarea cu apă. Nu se poate spune că există un anumit indice de vegetație care este mai potrivit decât altul pentru a evidenția existența fenomenului de secetă: utilizarea indicilor de vegetație diferă de la o regiune la alta, funcție de condițiile specifice. În mod obișnuit, indicii de vegetație sunt clasificați în funcție de impactul fenomenului cărui sunt asociați sau în funcție de variabilele și datele pe care le relaționează (Steinemann și al., 2005, Niemeier, 2008). Cele trei categorii de indici de vegetație sunt: indici meteorologici, hidrologici, respectiv agrometeorologici. Niemeier (2008) adaugă o a patra categorie, și anume indicii de secetă obținuți din date de teledetecție, cum ar fi indicele de vegetație diferență normalizată (NDVI).

În România pentru caracterizarea și monitorizarea secetei hidrologice și pedologice se folosesc atât indici obținuți din date măsurate in-situ, prin modelare, dar și indici derivați din date satelitare.

Rezerva de apă din sol este unul dintre principalii indicatori ai secetei hidrologice și pedologice. Acest indice poate fi calculat, atât pe baza măsurărilor in-situ, prin ecuația de bilanț a apei, dar și din date satelitare (Figura 1.6). Evidențierea variabilității conținutului de apă accesibilă plantelor agricole pe parcursul perioadei de vegetație include analiza rezervei de apă din sol (mc/ha), pe diferite profile/adâncimi și la date calendaristice specifice speciilor diferitelor tipuri de cultură.

Figura 1.6 prezintă un exemplu cu variabilitatea spațio-temporală a anomaliei umidității solului (SMA) în România la 5 cm (sus), 40 cm (centru) și 100 cm (jos) adâncime, pentru perioada 2007-2020, produs obținut din date de Soil Water Index (SWI) Metop ASCAT, pentru identificarea secetei în România.

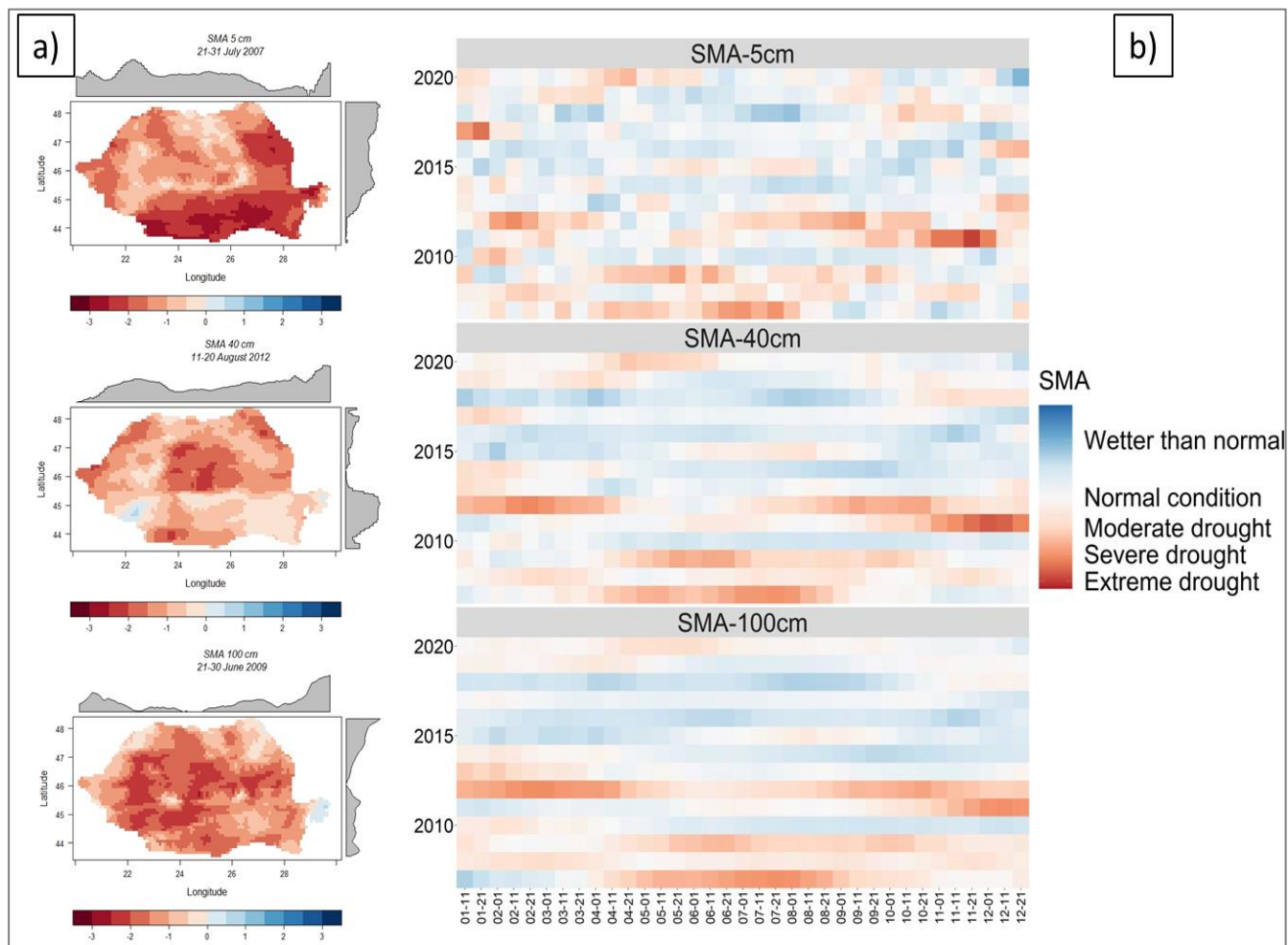


Figura 1.6. Variabilitatea spațio-temporală a SMA în România la 5 cm (sus), 40 cm (centru) și 100 cm (jos) adâncime, în perioada 2007-2020: a) distribuția spațială a SMA în perioada 21-31.07.2007 (sus), 11-20.08.2012 (centru) și 21-30.06.2009 (jos); b) media SMA pentru intervale de 10 zile, în perioada analizată.

1.1.5. Temperaturi extreme

- **Depuneri de gheață, chiciură, înghețuri timpurii sau târzii**

Chiciura reprezintă o depunere de gheață pe obiectele de la nivelul suprafeței terestre, rezultată în general din înghețarea picăturilor de apă suprarăcită din ceață sau nor (*Clima României*, 2008). Se disting două tipuri de chiciură: chiciura moale și chiciura tare.

Chiciura moale (cristalină) constituie o depunere fragilă, alcătuită din ace fine sau solzi de gheață. Chiciura moale se formează pe timp geros (frecvența sau intensitatea cea mai mare observându-se la temperaturi mai mici de -15°C) și calm sau în condiții de vânt slab. La nivelul conductorilor aerieni și ramurilor arborilor are formă de ghirlande pufoase ce cad ușor la scuturare.

Chiciura tare prezintă un aspect granular, cu ramificații cristaline și se depune în condițiile unui vânt de intensitate cel puțin moderată. Spre deosebire de chiciura moale, aderă foarte puternic la obiectele pe care se depune. Temperaturile aerului în timpul depunerii sunt situate între -2°C și -10°C . Cele două tipuri de chiciură reprezintă prin efectele lor un factor important de risc pentru activitățile antropice, transporturile prin cablu, pentru antene, relee și agricultură (*Clima României*, 2008).

Conform figurii 1.7, cele mai multe zile cu chiciură (peste 80 zile/an) se înregistrează în zona montană, în special în Munții Apuseni, Munții Retezatului și Munții Godeanu. Cel mai redus număr mediu anual de zile cu chiciură (sub 5 zile/an) se remarcă la nivelul Deltei Dunării, litoralului, Defileului Dunării, Podișului Someșan, Podișului Getic etc.

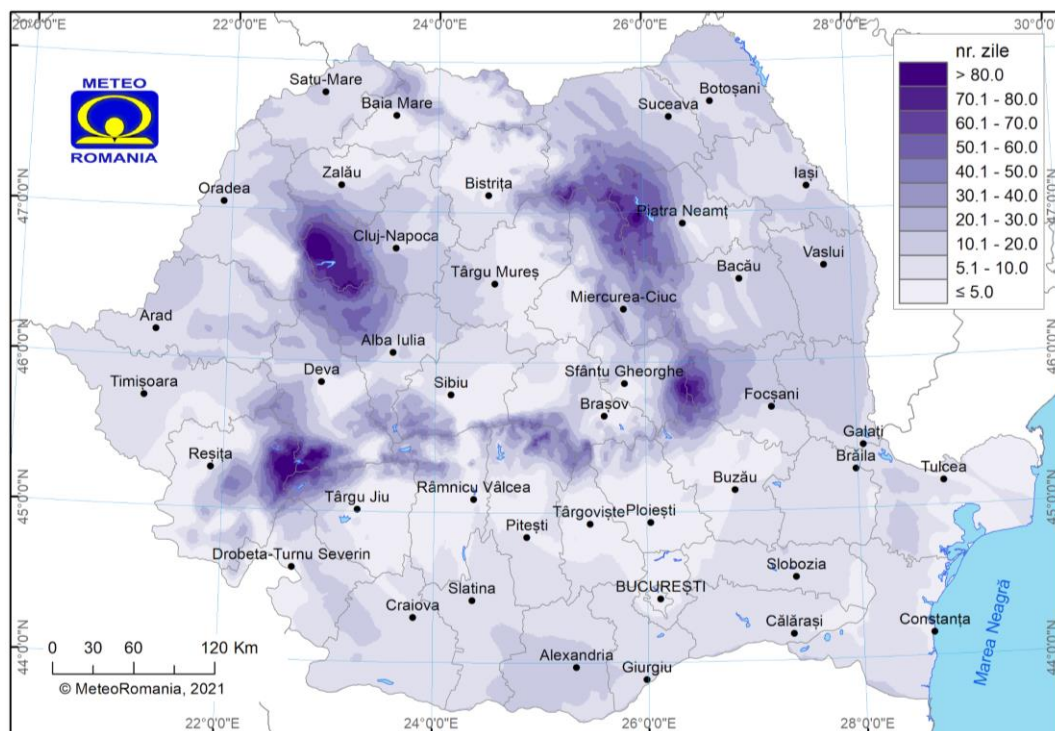


Figura 1.7: Numărul mediu anual de zile cu chiciură în perioada 1991-2020

În regiunile de câmpie și de dealuri, coborârea temperaturii aerului sub 0°C primăvara și toamna, are loc episodic și poate provoca uneori pagube semnificative pentru economie și disconfort pentru populație. Deosebit de periculoase sunt înghețurile târzii de primăvară și înghețurile timpurii din cursul toamnei, care surprind culturile agricole în plină dezvoltare.

Cea mai mare durată medie anuală a intervalului fără îngheț se înregistrează la nivelul litoralului Mării Negre, data medie a primei zile cu îngheț în perioada 1991-2020 începând cu 17 noiembrie (Figura 1.8). În schimb, în zona montană înaltă (peste 1800 m), data medie a primei zile cu îngheț este mai devreme sau începând cu 7 septembrie.

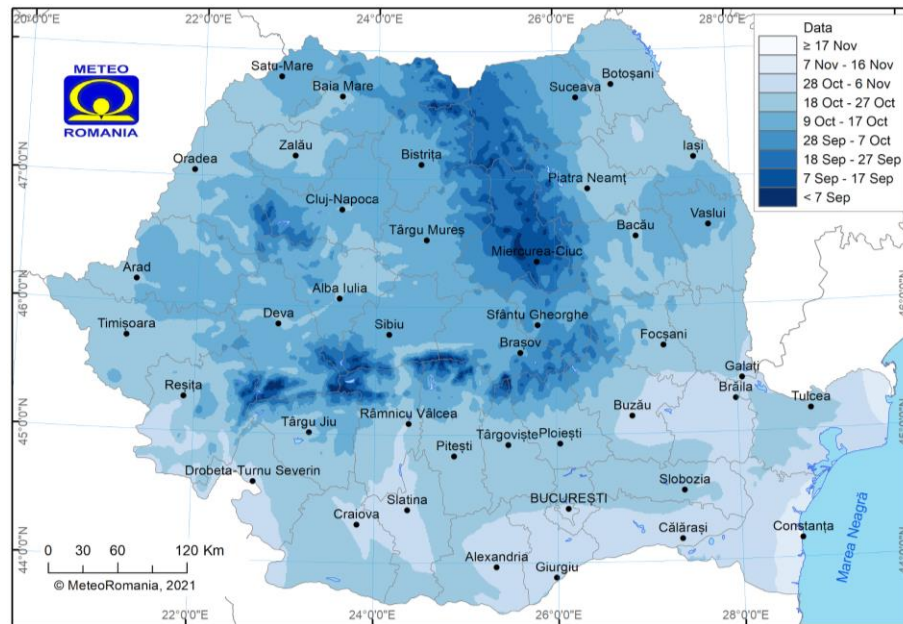


Figura 1.8: Data medie a primei zile cu îngheț în perioada 1991-2020

Referitor la data medie a ultimei zile cu îngheț în perioada 1991-2020, în Delta Dunării, litoralul românesc, sud-vestul și nordul Câmpiei Române înghețul nu își mai face simțită prezența încă din intervalul 17-31 martie. Comparativ cu regiunile de câmpie și cele deluroase, în zona montană înghețul este activ până la 14 iunie sau chiar mai mult, în special la nivelul altitudinilor de peste 2000 m (figura 1.9).

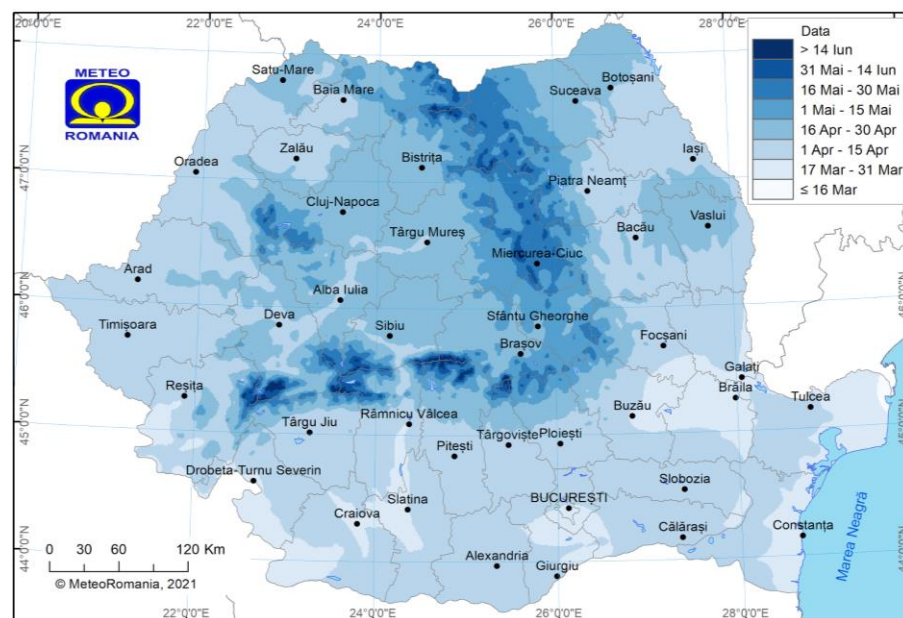


Figura 1.9: Data medie a ultimei zile cu îngheț în perioada 1991-2020

- **Polei**

Poleiul este un strat de gheață densă, mată sau transparentă care se formează în sezonul rece pe sol și pe obiecte, în special în zonele expuse acțiunii vântului, drept urmare a înghețării picăturilor de ploaie suprarăcite care cad pe suprafețele cu valori de temperatură cuprinse între 0 și -3°C (Bogdan, 1978; *Clima României*, 2008). Grosimea și transparența poleiului depind de dimensiunea picăturilor de ploaie căzute, durata ploii, respectiv grosimea și temperatura stratului de aer răcit (pe care îl traversează ploaia în cădere) și a obiectelor suprarăcite de la nivelul suprafeței terestre. Odată cu creșterea altitudinii crește și viteza vântului, respectiv frecvența și grosimea stratului de polei, astfel că cele mai favorabile condiții de formare a depunerilor de gheață se întâlnesc în regiunile montane înalte (Figura 1.10). Tot în aceste locuri greutatea acestora va fi mai mare, precum și pagubele provocate de acestea.

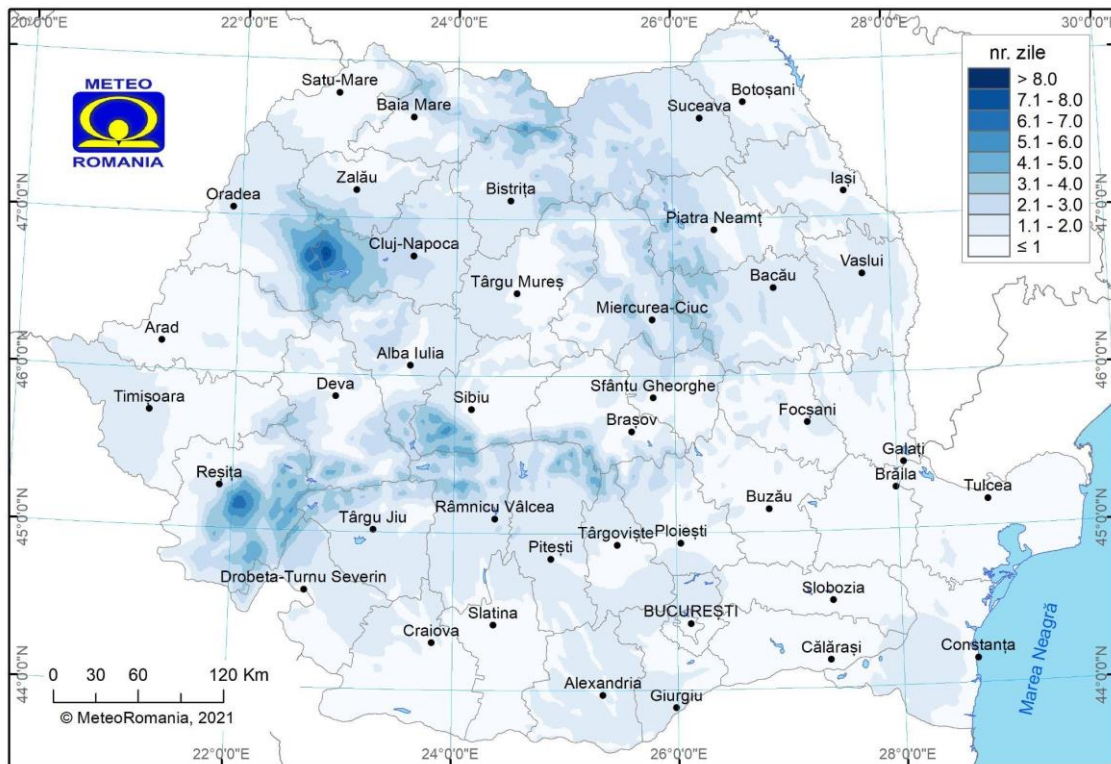


Figura 1.10: Numărul mediu anual de zile cu polei în perioada 1991-2020

- **Poduri și baraje de gheață pe apă**

Podurile și barajele de gheață se formează atunci când gheața suficient de groasă se blochează în timpul curgerii sale între maluri, rezultând o regiune de gheață compactă și staționară. Podurile de gheață pot facilita accesul oamenilor sau animalelor, peste suprafețele acvatice, în areale inaccesibile până în acel moment. În regiunile nordice unde apa râurilor, lacurilor și mării este înghețată mai multe luni pe an, se formează drumuri pe gheață care fac legătura între maluri. Aceste drumuri pot fi planificate, construite și întreținute pentru a rămâne sigure în special transportului de mărfuri.

- **Poduri și baraje de gheață pe Dunăre**

Podurile de gheață pe Dunăre apar frecvent și pot bloca circulația navelor pe zeci sau sute de kilometri. Ambarcațiunile de dimensiuni mai mici pot suferii distrugerii sau se pot scufunda în momentul când podurile de gheață se rup și se pun în mișcare. Creșterea nivelului Dunării poate duce la punerea în mișcare a unor blocuri compacte de gheață. În același timp, spargerea necontrolată a barajelor de gheață și eliberarea bruscă într-un interval foarte scurt de timp, poate avea ca rezultat: inundații, avarierea construcțiilor hidrotehnice, avarierea sau scufundarea navelor și implicit posibilitatea de poluare a apelor cu combustibil sau alte substanțe transportate.

1.1.6. Incendii de vegetație

Conform UN-SPIDER incendiile de vegetație pot fi descrise ca orice ardere necontrolată a formațiunilor vegetale aflate în regim natural, precum pădurile, pășunile, vegetația ierboasă sau tundra. Incendiile de vegetație sunt o componentă esențială a ecosistemelor, dar pot produce și pierderi economice, poluare a aerului, pierderi de vieți omenești și distrugerii ale mediilor naturale. Influențele antropice au schimbat modul de dezvoltare și apariție a incendiilor de vegetație, un caracter accentuat în formarea lor având-o industrializarea din ultimele 2 secole și schimbările climatice. (Bowman și colab, 2020)

- **Incendii la fondul forestier**

Incendiile forestiere afectează pădurile și pot fi din cauze naturale (fulgere, autocombustie) ori provocate de om, intenționat sau nu. Într-un climat într-o continuă încălzire, cu perioade de secetă din ce în ce mai pronunțate, incendiile forestiere au devenit din ce în ce mai frecvente și în România. Conform raportului tehnic al JRC (Joint Research Centre) pentru anul 2020, al doilea cel mai călduros an din intervalul 1961-2020 din România, au fost înregistrate 627 de incendii ale vegetației forestiere care au afectat 5151.99 ha, dintre care:

→ 584 de incendii ce au afectat 4735.92 ha de păduri naționale

→ 43 de incendii ce au afectat 416.07 ha de vegetație aflată în imediata apropiere a pădurii

Conform aceluiași raport suprafața arsă și numărul incendiilor prezintă o creștere susținută cu maxime în anul 2012.

- **Incendii de vegetație ierboasă și/sau arbustivă**

Incendiile ce apar în structurile cu vegetație arbustivă sau ierboasă sunt cele ce au cea mai mare frecvență de apariție, dar au o intensitate și o severitate mai redusă datorită biomasei reduse comparativ cu alte medii vegetale. Deoarece combustibilul reprezentat de masa ierboasă este mult mai mic comparativ cu cel al pădurilor, incendiile din zonele cu vegetație ierboasă au o intensitate mai mică, dar o răspândire mai mare deoarece acesta se usucă mai rapid decât vegetația forestieră. Impactul de scurtă durată al incendiilor este reprezentat de reducerea biomasei. Pe de altă parte efectele de lungă durată variază de la pierderea anumitor specii de plante și reducerea biodiversității până la crearea unui efect hidrofob al solului ce creează șiroire și spălare în suprafață (Stavi Ilan, 2019). De asemenea, infiltrabilitatea apei în sol și conținutul organic de carbon mai este afectat în urma incendiilor de vegetație ierboasă.

- **Incendii la culturi de cereale păioase**

Incendiile culturilor păioase se datorează în principal incendierii miriștilor pentru eliberarea terenurilor în vederea realizării unor lucrări specifice. Aceste incendii se pot propaga și la culturile nerecoltate foarte ușor mai ales atunci când nu se respectă anumite măsuri specifice și nu sunt informate autoritățile competente pentru a lua măsurile necesare. Deși practica este interzisă, fermierii o folosesc frecvent, chiar dacă eliberarea terenului se produce mai rapid, este afectată fertilitatea solului, biodiversitatea și capacitatea acestuia de producere. De altfel, cum a fost menționat mai sus, pot fi afectate culturile nerecoltate, producând pagube mult mai ridicate, ori pot fi afectate păduri sau așezări omenești.

1.1.7. Avalanșe

Avalanșele de zăpadă reprezintă cele mai importante fenomene de risc în sezonul de iarnă din zona Munților Carpaților. Avalanșele se formează prin acumularea unor cantități însemnate de zăpadă în areale care devin instabile în condiții de precipitații solide în cantități mari și în intervale scurte de timp. Aceste cantități de zăpadă (depozite de zăpadă) se desprind și generează avalanșe. Areele de desprindere, favorabile avalanșelor, utilizând parametri morfometrici ai terenului, sunt pantele cu înclinare mai mare de 25° (Munteanu și colab., 2012). Nu sunt favorabile acumulărilor de zăpadă și formării de avalanșe vârfurile montane (unde zăpada este spulberată), rugozitatea accentuată a terenului, acoperirea terenului cu vegetație, în special arboricolă.

Avalanșele pot provoca pagube însemnate asupra localităților și/sau stațiunilor montane (unde sunt amenajate pârtii de ski) aflate în apropierea culoarelor de acțiune a acestora, precum și asupra unor sectoare de activitate precum: turism, managementul resurselor de apă (blocarea unor cursuri de ape), transporturilor (distrugerea carosabilului sau depunerea unor cantități însemnate de zăpadă sau de sedimente (transportate de avalanșe) pe carosabil), silvicultura (distrugerea și transportul copacilor, jneapănului) etc., dar și asupra mediului natural prin modificările aduse pe durata manifestării: dislocarea și transportul de sedimente, cu formarea conurilor de dejecție etc.

Monitorizarea stratului de zăpadă, a depozitelor de avalanșă și a modificărilor asupra componentelor de mediu pe durata sezonului de iarnă are importanță în evaluarea dinamicii avalanșelor și pentru identificarea unor tipare de manifestare spațiale și temporale. Monitorizarea stratului de zăpadă este un domeniu de interes, în acest sens fiind evidențiate activitățile operative de nivometeorologie desfășurate în cadrul Administrației Naționale de Meteorologie încă din anul 2004² (ex. Bilanțul nivologic³ sau Buletinul nivometeorologic⁴), proiectele de cercetare (ex. Integrarea datelor de teledetecție, din modelare și in-situ pentru evaluarea parametrilor stratului de zăpadă și a hazardelor asociate în perspectiva schimbărilor climatice - SnowBall⁵), numărul mare de articole dedicate acestui subiect (Voiculescu și colab., 2010; Voiculescu, 2014; Pop și colab., 2016; Voiculescu și colab., 2016; Stancalie, 2017, Voiculescu, 2017 etc.), completat cu informații valoroase din teren, înregistrate de pasionații turismului de iarnă (ex. Avalanșe în Carpați: Monitorizare, Informare, Educație⁶).

² Meteo Romania | Nivometeorologie

³ Meteo Romania | Bilanțul nivologic

⁴ Meteo Romania | Buletinul nivometeorologic

⁵ SnowBall Project (meteoromania.ro)

⁶ Monitorizare, Informare, Educație (avalanseincarpati.ro)

1.1.8. Poluare de ape

- **Care pun în pericol viața oamenilor, mediul acvatic și obiective majore de alimentare cu apă**

Poluarea apei reprezintă eliberarea de substanțe în corpurile de apă și o fac nesigură pentru uzul uman și perturbă ecosistemele acvatice. Există mai multe tipuri de poluare a apelor: fizică (deșeuri toxice), chimică (reziduri petroliere, pesticide, detergenți și alte elemente provenite din industrie), biologică (în special din canalizările orașelor), radioactivă (deșeuri radioactive) și termică (duce la scăderea cantității de oxigen din apă). Apa poluată are efecte negative atât pentru mediul acvatic cât și pentru sănătatea umană care poate fi afectată de agenții patogeni aflați în aceasta și duce la apariția diverselor boli (infecții respiratorii, iritarea pielii și a ochilor, dereglari hormonale, hepatită, cancer) și chiar la deces.

- **Cu impact major transfrontalier**

Poluarea apelor se poate manifesta și în afara frontierelor naționale, influențând populația, fauna și flora altor state, care administrează în comun cursul sau cursurile de apă continuă din România pe teritoriul lor. Pe teritoriul României se află și cursurile superioare și mijlocii a numeroase râuri care traversează frontiera de stat, iar râuri precum Tisa, Prut și Dunărea formează o bună parte a frontierei României. Cooperarea internațională a României în domeniul gospodăririi apelor se derulează pe mai multe planuri: bilateral (cu țările vecine regional, cooperarea în bazinul hidrografic la Dunării și al Mării Negre), european și mondial (Anexa nr. 9 la OMT, 2019). Acordurile bilaterale sunt încheiate cu Republica Moldova, Ucraina, Ungaria, Serbia și Bulgaria.

- **Poluări accidentale ale cursurilor de apă**

Orice alterare a caracteristicilor fizice, chimice, biologice sau bacteriologice ale apei, produsă prin accident, avarie sau altă cauză asemănătoare, ca urmare a unei erori, omisiuni, neglijențe ori calamități naturale și în urma căreia apa devine improprie folosirii posibile înainte de poluare. Poluarea accidentală este, de cele mai multe ori, de intensitate mare și de scurtă durată. Cauzele poluărilor accidentale sunt: pierderile de materiale, semifabricate, intermediari pe faze tehnologice, produse finite, combustibili, ape uzate sau alte substanțe solide sau lichide care sunt antrenate în rețele pluviale, rețele de alimentare cu apă, canalizare, în sol sau evacuări directe în receptori naturali (CJSU Neamț, 2006).

- **Poluări marine în zona costieră**

Sursele de poluare marină în zona costieră sunt: transportul naval și de persoane, coliziuni, eșuări, incendii și alte accidente, instalațiile utilizate în operațiunile de încărcare și descărcare a mărfurilor și sursele provenite de la țarm (scurgeri pluviale și deversări de ape uzate provenite din aglomerările urbane, activități de producție, prelucrare, rafinarea produselor petroliere, activități desfășurate în porturi și șantiere navale. Factorii care contribuie la creșterea numărului de accidente însoțite de poluări majore sunt: creșterea cantității de petrol transportată, caracteristice locale de navigație (densitatea traficului, condițiile hidro-meteorologice, adâncimea apei, vizibilitatea, comunicațiile radio defectuoase), operațiunile de intrare/ieșire din port, încărcare/descărcare marfă și lipsa sistemelor de avertizare (Anexa nr. 8 la OMT, 2019).

- **Poluări marine**

Poluarea marină este reprezentată de combinația substanțelor chimice și gunoi, majoritatea provenind din surse terestre care sunt spălate sau aruncate în ocean. Această poluare duce la deteriorarea mediului, a sănătății tuturor organismelor și a structurilor economice la nivel global. Cauzele majore ale poluării marine sunt: scurgerea apei rezultată din ploii și topirea zăpezii care mută poluanții de pe suprafața terestră în apa mării, eliberarea intenționată a deșeurilor toxice, scurgerile de petrol provenite de la nave sau din accidente, mineritul oceanic. Poluarea marină afectează mediului acvatic (petele de

petrol sufocă animalele, produc boli cancerigene, confundarea bucăților de plastic cu hrana, animalele pot rămâne prinse în pungă de plastic și năvoade aruncate sau pierdute), excesul de nitrogen și fosfor reduce oxigenul din apă. Organismele care ingerează toxinele ajung hrană pentru alte viețuitoare marine care în final fac parte din dieta populației umane la nivel global. În final toxinele se depun în țesuturi și provoacă diverse boli și alte probleme de sănătate.

1.2. Sisteme de monitorizare a fenomenelor care pot produce riscuri specifice Ministerului Mediului Apelor și Pădurilor

1.2.1. Rețeaua de monitorizare meteo - Administrația Națională de Meteorologie

Rețeaua națională de observații meteorologice a Administrației Naționale de Meteorologie este formată din 166 de stații automate (55 stații cu program agrometeorologic, 9 stații cu programe de observații actinometrice și o stație cu programe de observații aerologice), 7 sisteme radar, un sistem de recepție a datelor satelitare MSG și 64 de posturi pluviometrice. În figura 1.11 este reprezentată rețeaua națională ce însumează cele 166 de stații automate unde sunt derulate următoarele programe de observații și măsurări asupra diferiților parametri relevanți:

- temperatura aerului, presiunea atmosferică, direcția și viteza vântului, umezeala aerului, durata de strălucirea a Soarelui, depuneri solide, precipitațiile, nebulozitatea, vizibilitatea orizontală a atmosferei, grosimea, densitatea și echivalentul în apă al stratului de zăpadă;
- temperatura apei mării, înălțimea și frecvența valurilor (cele 5 stații din zona litorală);
- temperatura minimă, maximă și medie a solului (la suprafața solului și adâncimi de 5, 10, 20, 50 și 100 cm);
- umiditatea solului la intervale de adâncimi 0-20 cm, 0-50 cm, 0-100 cm;
- observații fenologice în platformele agrometeorologice specializate, starea fitosanitară ori elemente de productivitate pentru diferite culturi agricole;
- cantitatea zilnică de precipitații, grosimea stratului de zăpadă, tipul și durata fenomenelor meteorologice.

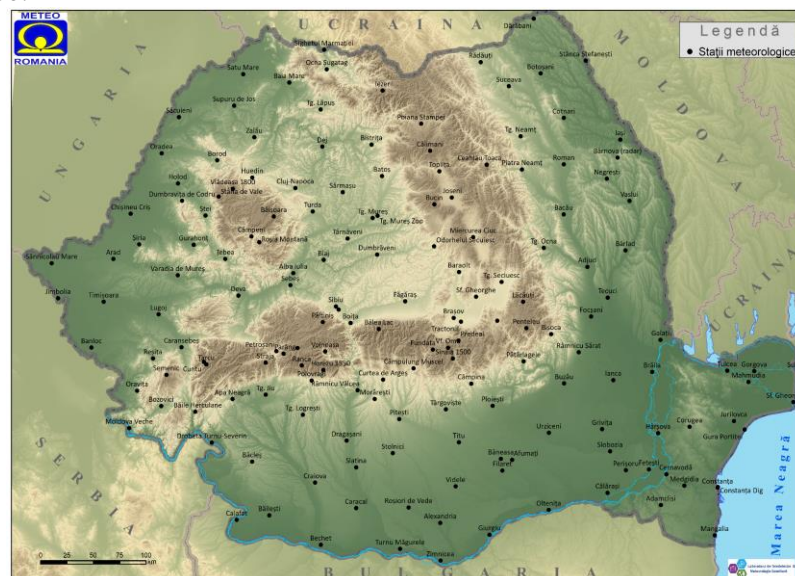


Figura 1.11: Repartiția rețelei de stații meteorologice la nivel național

Din cadrul sistemului de monitorizare meteorologică la nivel național, rețeaua radar a ANM cuprinde 7 sisteme radar amplasate în așa fel încât să acopere întreg nivelul național (figura 1.12). Dezvoltarea sistemelor radar în observarea fenomenelor meteorologice a fost realizată deoarece permit o investigație neinvazivă, de la distanță a atmosferei. Informațiile preluate de la radar pot fi utilizate pentru determinarea poziției, direcției de deplasarea și a structurii formațiunilor noroase, dar și pentru estimarea tipului de precipitații și a cantității acestora.

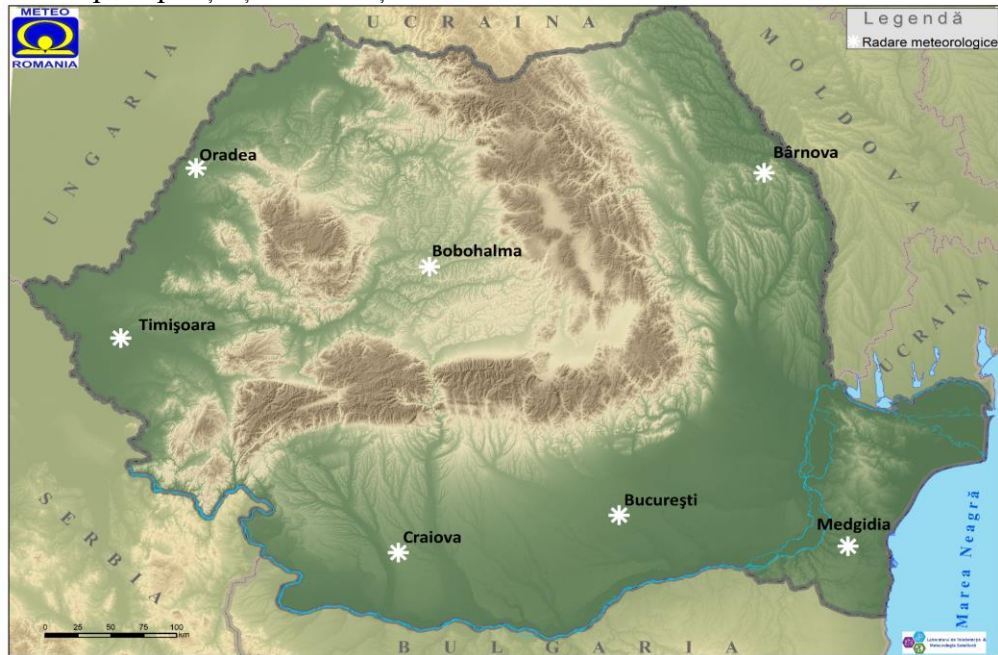


Figura 1.12: Repartiția rețelei de stații radar la nivel național

Utilitatea datelor furnizate de sistemele radar este esențială prin rezoluția spațială satisfăcătoare raportată la rezoluția temporală (rezoluție spațială de 1 km cu o prelevare la 6 minute, mozaicarea la nivel național o dată la 10 minute) făcând din sistemul radar unul esențial pentru identificarea fenomenelor cu grad de risc ridicat de producere.

1.2.2. Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului (RNMCA)

Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului este formată din 148 de stații de monitorizare continuă formate din senzori automați pentru măsurarea concentrațiilor poluanților atmosferici precum: dioxid de sulf (SO_2), oxizi de azot (NO_x), monoxid de carbon (CO), ozon (O_3), particule în suspensie (PM_{10} și $\text{PM}_{2.5}$), benzen (C_6H_6), plumb (Pb), arsen (As), cadmiu (Cd), nichel (Ni), benzo(a)piren. Prin intermediul celor 148 de stații de monitorizare, dispuse în 41 de centre locale (aflate la Agențiile locale pentru Protecția mediului) este permisă evaluarea nivelului calității aerului și furnizarea acestor informații către populație.

RNMCA cuprinde 148 de stații automate de monitorizare a calității aerului și 11 stații mobile:

- 30 de stații de tip trafic;
- 58 de stații de tip industrial;
- 37 de stații de tip fond urban;

- 13 stații de tip fond suburban;
- 7 stații de tip fond regional;
- 3 stații de tip EMEP.

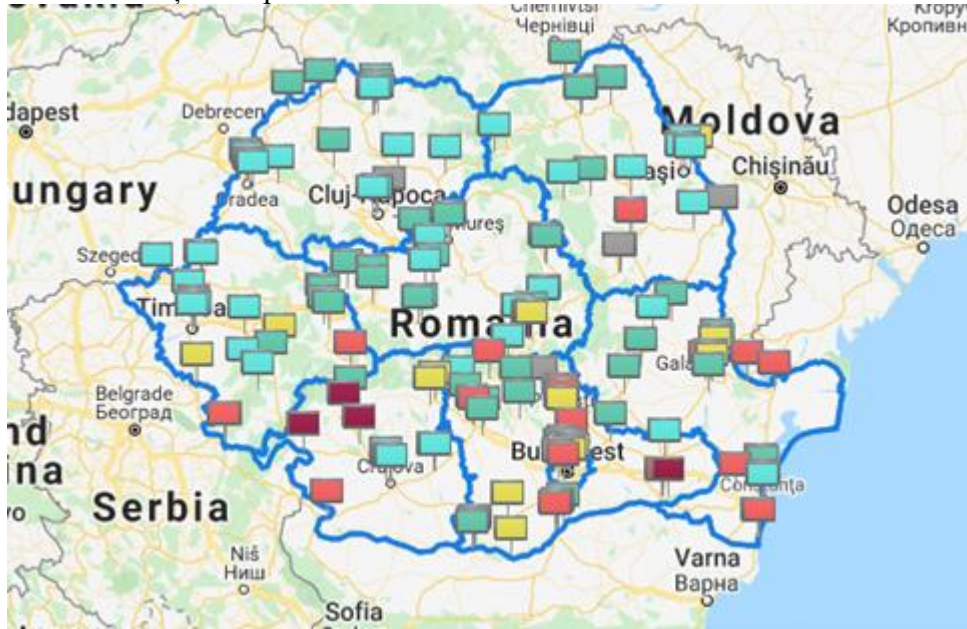


Figura 1.13: Rețeaua Națională de Monitorizare a Calității Aerului (www.calitateaer.ro)

1.2.3. Rețeaua Hidrometrică Națională

Rețeaua Hidrometrică Națională cuprinde totalitatea stațiilor hidrometrice amplasate pe fluviul Dunărea, râuri, lacuri, canale, izvoare, interfluvii și versanți și este formată din stații pluviometrice, nivometrice, evaporimetrice și foraje. Prin intermediul acestei rețele se furnizează informații hidrologice și higrgeologice necesare Sistemului Național de Gospodărire a Apelor. Acest obiectiv este atins prin utilizarea a 960 stații hidrometrice pe râuri și pe Dunăre, 918 stații pluviometrice, 317 platforme nivometrice, 52 stații evaporimetrice (de lac și de sol), 752 stații hidrometrice auxiliare, 318 izvoare monitorizate hidrometric și peste 3014 foraje, la care se adaugă stații hidrometrice la folosințe și pe canale. Printre parametrii hidrologici și meteorologici care se măsoară prin intermediul acestor stații se numără:

- Nivelul apei;
- Panta suprafeței apei;
- Temperatura apei/aerului;
- Turbiditatea apei;
- Elemente de vegetație acvatică;
- Adâncimea cursurilor de apă;
- Debitele de apă;
- Debitele de aluviuni în suspensie;
- Granulometrie;

1.3. Descriere generală, capacități, limitări și cerințe actuale

Utilizarea aeronavelor în campaniile de cercetare oferă o serie de avantaje dintre care cele mai importante sunt: (i) efectuarea de măsurări *in-situ* ale proprietăților atmosferice cu o mare varietate spațială (cum ar fi, de exemplu, locațiile izolate de la nivelul solului până la 20 km) cu rezoluții spațiale și temporale mari, (ii) folosirea celor mai noi platforme aeropurtate extensiv, (iii) efectuarea de măsurări de calibrare și validare a datelor satelitare, etc. Cu toate acestea, datorită schimbării condițiilor de mediu din zona de cercetare, există și anumite constrângeri ce pot afecta calitatea măsurărilor, precum designul, integrarea și operarea instrumentației *in-situ* și de teledetecție pe aeronave sau deplasarea rapidă a aeronavei prin atmosferă.

În figura de mai jos sunt sintetizate principalele constrângeri asociate măsurărilor *in-situ* și a factorilor ce pot influența achiziția datelor utilizând platforme aeropurtate. Astfel, după cum se observă, există trei mari categorii de constrângeri legate de: experiment/setul de măsurări ce vor fi efectuate, aeronavă și echipamente, precum și constrângeri externe.

Deplasarea aeronavei schimbă presiunea, temperatura și zonele de curgere de la suprafața aeronavei care au în componență prize de aer și admisii cu forme aerodinamice variate (necesare instrumentației *in-situ*) și alte instrumente. Un exemplu important îl constituie măsurarea temperaturii aerului ambiant folosind o sondă care implică contactul unui senzor de temperatură și aerul ambiant. În acest caz, încetinirea relativă la suprafața aeronavei a moleculelor de gaz de la viteza aeronavei la condițiile de stagnare din interiorul sondei va induce, datorită compresiei, o încălzire între 4K (la 100 ms^{-1}) și 25K (230 ms^{-1}). Măsurări precise ale temperaturii necesită calibrări foarte fine ale sondei folosite și măsurări precise de presiune și viteză a aerului. În nori, schimbarea de stare reduce schimbarea temperaturii și produce schimbări majore ale umidității. Măsurările de teledetecție efectuate de la nivelul solului într-un interval mic reprezintă o alternativă care exclude efectele vitezei aerului.

Multe instrumente pentru detectarea aerosolilor au fost concepute pentru a putea fi montate fie în aeronavă, fie în exteriorul fuselajului, chiar și sub aripi. Pentru măsurarea aerosolilor, particulele sub un anumit diametru urmează liniile aerodinamice ale fuselajului și astfel, admisiile vor fi relativ simple. Suprafața prizei de aer sau a admisiei poate fi afectată de picăturile sau particulele de gheață, drept urmare, noi tipuri de admisii au fost concepute pentru a minimiza aceste efecte. În plus, datorită vitezelor de reacție ridicate ale unor compuși chimici din atmosferă (de exemplu, interacția gazelor atmosferice cu materialele din compoziția admisiei) au fost utilizate materiale speciale în designul prizelor de aer, cu un debit al probelor ridicat, pentru a obține probe reprezentative. Un alt aspect ce trebuie luat în considerare îl constituie capacitatea instrumentației aeropurtate de a rezista la condițiile mediului care se pot schimba rapid (la coborârea din zonele de altitudini mari și temperaturi scăzute, instrumentele suportă schimbări rapide ale temperaturii și umidității, ce pot produce condensarea vaporilor de apă pe componentele instrumentului). Prin utilizarea camerelor presurizate pentru componentele critice și a corpurilor de încălzire care să controleze temperatura în timpul zborului sunt evitate problemele legate de temperatură sau presiune. Pentru a menține curgerea aerului sau a altor parametri constanți, ca răspuns la schimbările presiunii dintre pământ și altitudinea de zbor, au fost proiectate sisteme de admisie speciale, de obicei sigilate, pentru a evita contaminarea probei cu aerul din cabină.

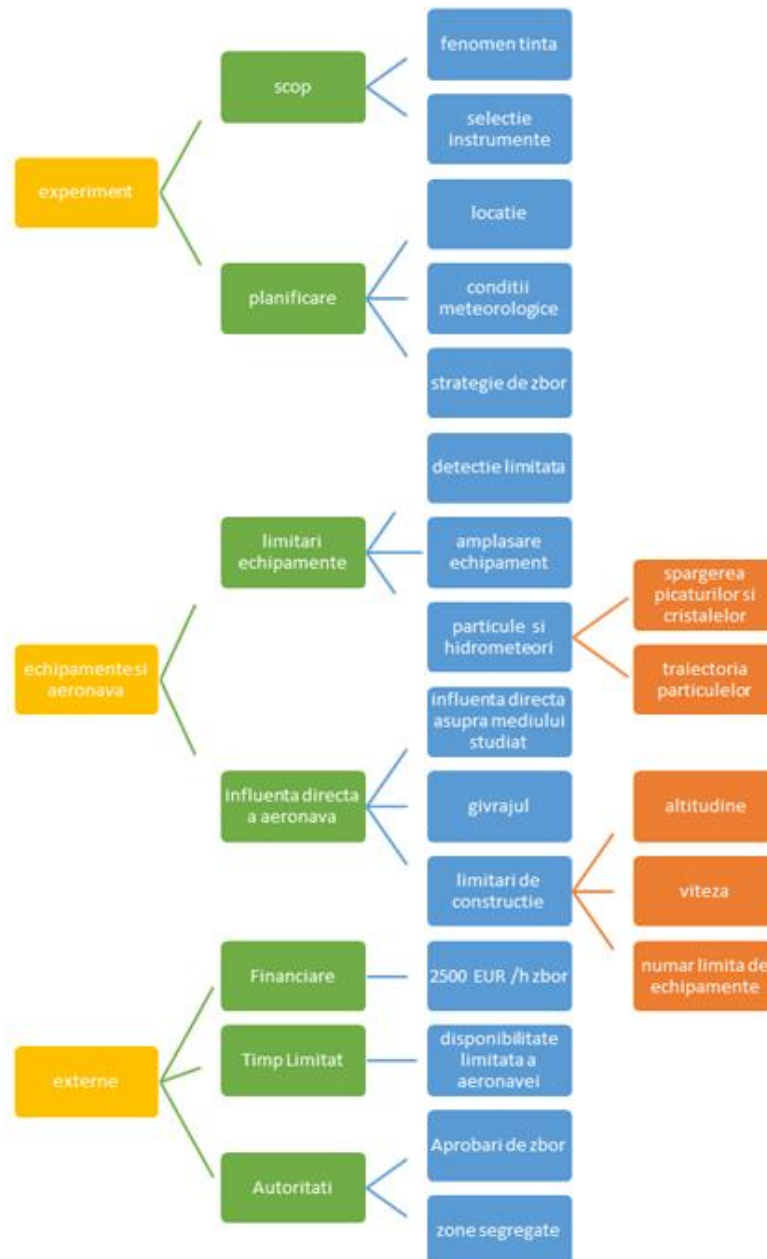


Figura 1.14: Tipuri de constrângeri asociate zborurilor de cercetare

Aeronava în sine poate fi o sursă de constrângeri, datorită turbulenței induse în jurul acesteia sau a vibrației motorului. Prin aplicarea unor standarde de calitate în designul și construcția aeronavelor de cercetare, se vor obține măsurări de o calitate ridicată în astfel de condiții. Recent, s-a înregistrat o creștere a cerințelor și reglementărilor necesare pentru ca avioanele și instrumentele să primească certificat de siguranță. Reglementările certificatelor de siguranță a zborului au un impact major asupra dezvoltării instrumentației aeropurtate și a planului și a execuției experimentelor.

Planificarea misiunilor este un aspect esențial și include identificarea obiectivelor științifice, selecția zonei, pregătirea aeronavei și a instrumentației, durata zborului de cercetare și procesele de

decizie la fața locului. O planificare foarte bună poate dura mai multe luni și crește probabilitatea de a avea o misiune reușită.

Planificarea misiunilor aeropurtate de cercetare

Pentru a obține rezultate experimentale reprezentative în funcție de obiectivul propus, locație și tipul de măsurări ce vor fi efectuate, se impune stabilirea (împreună cu echipajul navigant și cu autoritățile) a celei mai bune strategii de zbor și planificarea în detaliu a campaniei de măsurări.

Planificarea zborurilor de cercetare poate fi structurată în două mari componente, una *oficială* (*avizul de zbor*) ce constă în depunerea documentelor necesare (cum ar fi planul de zbor), obținerii autorizațiilor de survol, și una *de cercetare* ce cuprinde mai multe etape și anume: tipul de măsurări ce urmează a fi efectuate, selecția locației, analiza situației sinoptice, alegerea zilei și a intervalului orar pentru efectuarea măsurărilor, stabilirea strategiei de zbor, efectuarea zborului și achiziția datelor, dar și verificarea datelor primare în timpul zborului.

a. Avizul de zbor

În România, autorizațiile de survol se obțin de la autoritățile competente: Administrația Română a Serviciilor de Trafic Aerian – ROMATSA și Statul Major al Forțelor Aeriene – SMFA, luându-se în calcul restricțiile și particularitățile existente. Deoarece uneori pot apărea mici schimbări, este utilă selecția unei locații de rezervă și obținerea unui permis de zbor. Spațiul aerian aferent orașului București, prezentat în figura de mai jos, este în proporție de 80% restricționat survolului (zone marcate cu chenare roșii pe hartă). Din acest motiv, obținerea unui permis de survol este foarte dificilă, uneori fiind necesară o aprobare specială a Ministrului Transporturilor (www.caa.ro, HG 912/2010).

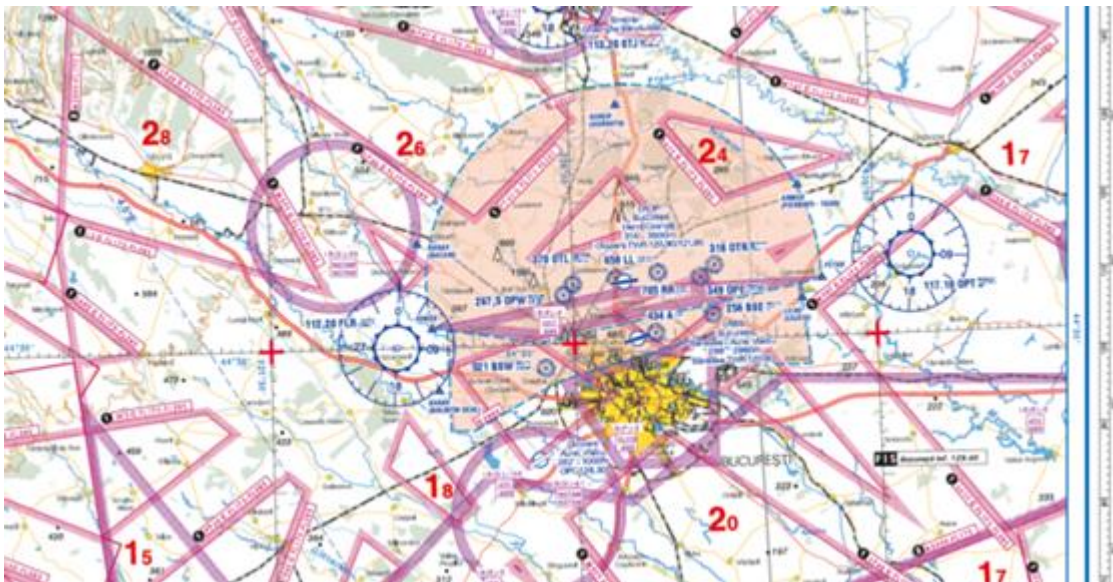


Figura 1.15: Harta VFR, zona LR-2, proiecție Lambert conică, a spațiului aerian al Bucureștiului (AIS România website, www.aisro.ro)

b. Cercetarea științifică

În funcție de tipul de măsurări ce urmează a fi efectuate – aerosoli, particule de nori, etc., și luând în considerare analiza sinoptică și analiza prognozelor meteorologice, este selectată zona de cercetare, dar și un interval de timp (în principiu 2-3 zile). Pornind de la aceste premise, sunt întocmite documentele necesare pentru obținerea autorizațiilor de survol. Totodată, pe baza analizei sinoptice, se stabilește și strategia de zbor.

Există câteva exemple de strategii de zbor deja consacrate ce pot fi utilizate pentru studiul unor categorii sau tipuri de nori, însă pot fi elaborate și strategii particularizate. În figurile de mai jos sunt prezentate câteva exemple ale unor astfel de strategii. Dinamica și chimia norilor Stratocumulus de origine marină au fost studiate prin intermediul sondărilor circulare – pentru a estima divergența și fluxurile de aer, dar și prin intermediul unor segmente de zbor mai lungi, în vederea reducerii erorilor asociate fluxurilor și a obține rezultate de o bună acuratețe. În cazul norilor stratiformi de proveniență marină, strategia de zbor a inclus mai multe segmente de zbor: zbor în aerul curat, înspre interferența nor-aer liber, zbor în nor fără interferență, zbor în nor în apropierea unei zone de interferență și zbor în afara norului cu scopul de a studia antrenarea și efectele produse de către masele de aer. Startegiile de zbor asociate Modelele de traiectorii de zbor aplicate sunt dependente de obiectivele propuse ale studiului: dinamica norilor Cumulus, dinamica stratului limită, respectiv modificările din mediu observate în urma convecției. În acest caz, traiectoriile de tip rozetă au fost preferate, deoarece permit creșterea timpului de sondare în nor, și totodată au fost utilizate în scopul determinării distribuției dimensionale a picăturilor, a conținutului de apă lichidă, a proprietăților cristalelor de gheață, precum și a anumitor variabile ale termodinamicii.

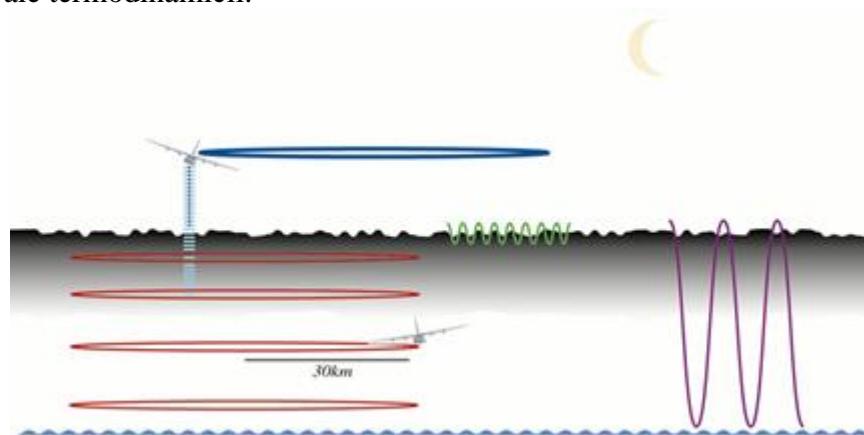


Figura 1.16: Studiul norilor stratiformi (Stevens și colab., 2003)

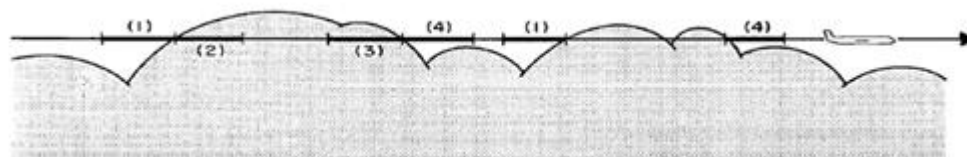


Figura 1.17: Diagrama schematică care arată categoriile de segmente referențiate ale vârfului norului, utilizată în stabilirea profilelor compușilor constituenți (Lenschow și colab., 2000)

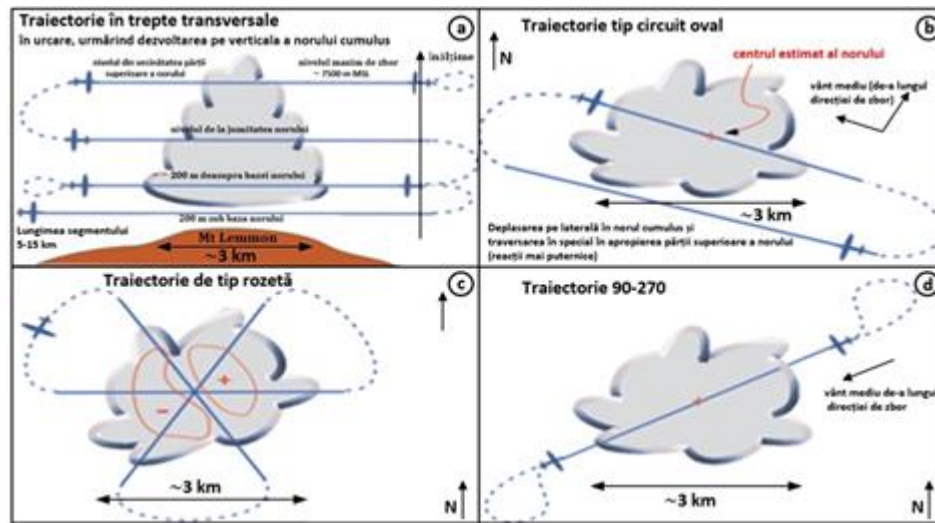


Figura 1.18: Modele de traiectorii de zbor dedicate studiului dinamicii norilor Cumulus (Damiani și colab., 2008)

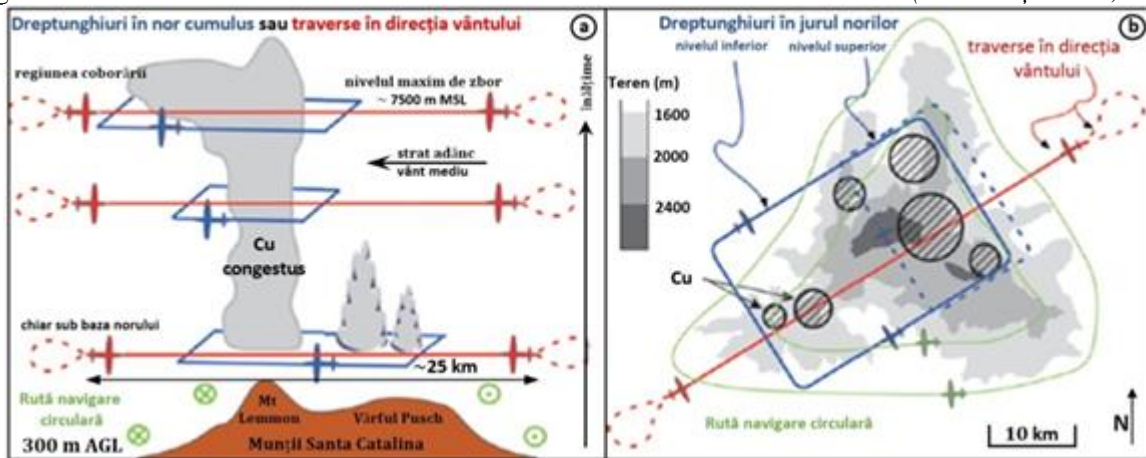


Figura 1.19: Modele de traiectorii de zbor aplicate în studiul dinamicii stratului limită și al coborârii (Damiani și colab., 2008)

Din motive de siguranță sau în urma intervenției autorităților, de multe ori strategia de zbor inițială poate fi modificată în timpul zborului de către piloți. Astfel, pot apărea deviații de la traseu sau chiar anulări ale misiunilor.

Măsurări in-situ și impactul aeronavei asupra calității datelor

Influența aeronavei

Utilizarea diverselor platforme aeropurtate, precum baloane fixe (Siebert și colab. 2003), platforme lente - zmele (Basley, Jensen și Frehlich 1998; Muschinski și colab., 2001) și baloane (Deshler și colab., 2003), aeronave de mare viteză sau rachete (Rapp și colab., 2010) pentru a determina distribuția, proprietățile și interacțiunile aerosolilor și particulelor de nor din atmosferă, oferă avantaje unice precum prelevarea probelor de la altitudini mari, care permit explorarea întregii troposfere sau chiar și a stratosferei, la viteze mari de 50-250 ms⁻¹. Deoarece studiul proprietăților compozițiilor atmosferice este un domeniu nou aflat într-o continuă dezvoltare, au fost observate și anumite limitări impuse de utilizarea

acestora. Dintre aceste limitări, viteza reprezintă cel mai mare dezavantaj în folosirea aeronavei pentru măsurări de aerosoli și nori, conducând la modificarea fluxului de aer și de particule în jurul fuselajului, și implicit a traiectoriilor particulelor, apariția artefactelor, respectiv obținerea unor incertitudini mari asociate datelor brute datorate prelevării (sistem de admisie) și eșantionării volumului de probă.

Perturbarea fluxului

În jurul corpului aeronavei în zbor se dezvoltă un strat limită, în interiorul căruia turbulența duce la depunerea particulelor și, drept urmare, măsurările efectuate în această zonă nu mai sunt reprezentative pentru aerul ambiant. În consecință, se impune să existe un eșantion de aer reprezentativ al mediului atmosferic - al curentului de aer liber, orice instrument de măsurare sau sistem de admisie fiind montat în afara acestui strat limită al aeronavei. Pe lângă importanța grosimii stratului limită în alegerea celui mai bun montaj al echipamentului sau al sistemului de admisie, trebuie considerată și curbura fuselajului aeronavei din amonte, deoarece viteza și direcția vectorului de vânt local vor influența rezultatele obținute, fiind necesară construirea unui unghi de corecție mediu în geometria sistemului de admisie sau utilizarea unei carcase pentru a alinia fluxul de curgere.

Având în vedere cele două regiuni majore de influență: stratul limită și curbura corpului aeronavei, există anumite poziții predilecte pentru montarea instrumentelor sau a sistemelor de admisie la bordul aeronavei, și anume: în zona inferioară a fuselajului aeronavei, sub centrul fiecărei aripi și (cu unele restricții) în zona superioară a fuselajului, cu mult în urma cabinei de pilotaj, dar în amonte de regiunea influențată de aripi și/sau de motoare, astfel încât perturbarea curentului de aer și contaminarea cu particule de gheață ce ricoșează în urma impactului cu aeronava să fie minime.

Din figura 1.19 se observă montarea pe aripile aeronavei a unor sonde cu fir încins de dimensiuni și greutate reduse.



Figura 1.20: Ilustrarea unor modalități consacrate de amplasare a instrumentelor pe aripile aeronavelor (*Centre for Atmospheric Sciences, Manchester*)

Determinarea artefactelor

Curgerea aerului pe fuselajul aeronavei poate determina o creștere a temperaturii cu până la 30 K, datorită încetirii aerului, în funcție de viteza aerului și de magnitudinea de decelerare într-o anumită locație. Într-o astfel de zonă de creștere a temperaturii, particulele se pot evapora parțial, modificându-și dimensiunea și compoziția chimică. Pe de altă parte, în zonele de accelerare a fluxului de aer, temperatura scade, ceea ce ar putea conduce la condensarea moleculelor de vapori și chiar la formarea cristalelor de gheață în norii suprarăciți (Heymsfield și colab., 2010).

Măsurările din afara stratului limită al aeronavei sunt utile pentru a preveni pierderile de particule din această regiune de curgere turbulentă, dar și pentru a preveni efectele de memorie cauzate de resuspensia particulelor depozitate înainte pe fuselaj. În cazul aeronavei de cercetare NASA DC-8, Vay și colab., 2003, a demonstrat că aerul din cabina de aerisire a rămas în stratul limită al aeronavei pentru cel puțin 20 m în aval. Din figura 1.20 se observă că sistemele de admisie detectează parțial aerul evacuat din cabina aeronavei printr-o fantă de ventilație situată în amonte (elipsa gri mediu), ceea ce va duce la măsurarea artefactelor. Drept urmare, este importantă cunoașterea liniilor de curent de-a lungul aeronavei, pentru a preveni măsurarea artefactelor cauzate de fantele de ventilație.

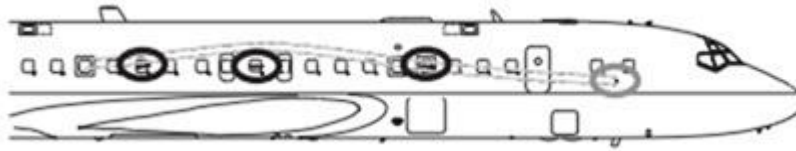


Figura 1.21: Aeronava de cercetare NASA DC-8 și aerul dintr-o cabină de aerisire rămas în stratul limită al aeronavei pentru cel puțin 20 m în aval, zona marcată cu negru – instrumente, zona marcată cu gri – gura de evacuare a aerului din cabină (Vay și colab., 2003).

Tunelurile de vânt și testele efectuate în zbor au furnizat informații valoroase cu privire la efectele fluxului de aer asupra acestor măsurări. Metodele CFD (*Computational Fluid Dynamics*), utilizate pentru a anticipa curentul de aer din jurul aeronavei, au progresat în ultimii ani, de la codurile simple ale fluxului potențial la reprezentări mai rapide și mai precise, care includ straturi limită și efecte de compresibilitate. Capabilitățile îmbunătățite de discretizare permit nu numai modelarea formei aeronavei, dar și a formei sistemului de admisie complex și a geometriei echipamentelor utilizate pentru prelevarea probelor de particule. Combinația de metode de calcul și testarea empirică este folosită pentru a furniza măsurări mai calitative. În plus, ecuațiile empirice pentru calcularea eficienței de eşantionare a instrumentelor standard sunt simplu de rezolvat atât pentru modelare cât și pentru măsurări.

2. Monitorizarea riscurilor specifice MMAP cu ajutorul senzorilor aeropurtați

2.1. Analiza literaturii de specialitate privind sistemele operaționale care integrează senzori aeropurtați și alte tipuri de date în vederea identificării riscurilor de mediu

În fiecare an, dezastrele și crizele majore ce rezultă din interacțiunea dintre evenimentele periculoase extreme și societățile vulnerabile, au un impact negativ asupra vieții a milioane de oameni. La nivel global, frecvența apariției unor astfel de dezastre este în continuă creștere în ultimii 50 de ani, provocând pierderi considerabile de vieți omenești, distrugerea infrastructurii și perturbări sociale și economice. Prin utilizarea unui management specializat al riscului, cursul unui dezastru poate fi modificat, iar acțiunea de răspuns ce are loc în cazul unei urgențe, în timpul și ulterior desfășurării acesteia, limitează efectele sale negative asupra sănătății umane, activităților economice și mediului înconjurător. Managementul riscului este un proces de identificare, analiză și raportare sistematică a factorilor de risc ce presupune maximizarea probabilităților și consecințelor evenimentelor pozitive și minimalizarea celor negative (figura 2.1).

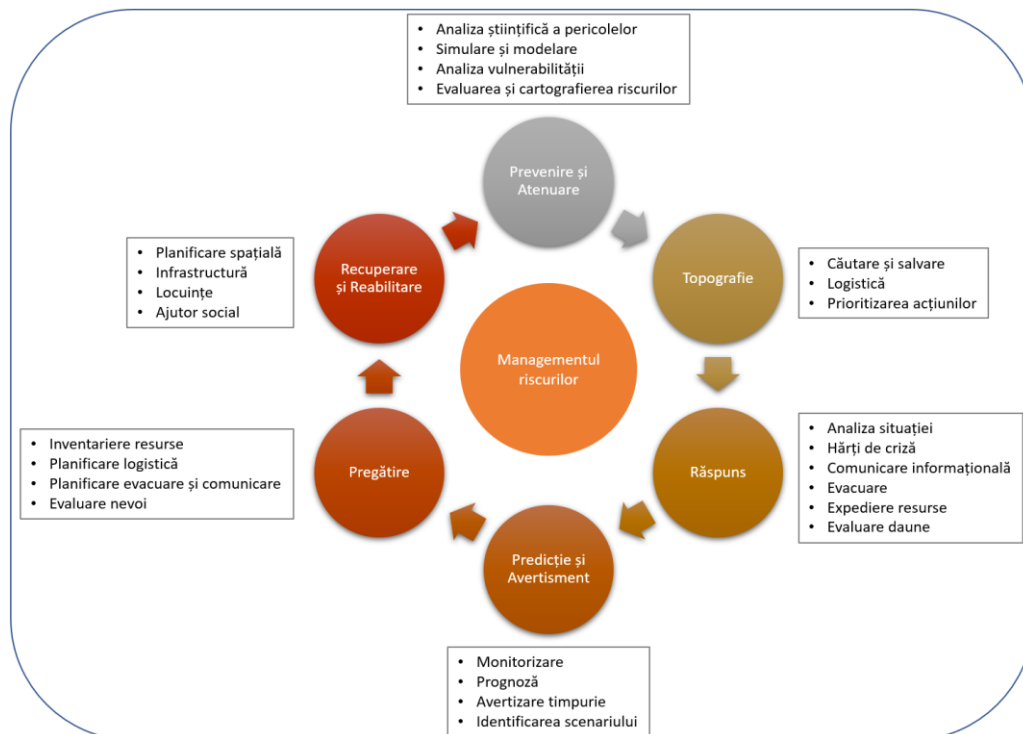


Figura 2.1: Managementul riscurilor

Analiza literaturii de specialitate reflectă o preocupare majoră pentru identificarea riscurilor de mediu. Prin urmare, eforturi susținute din partea mediului politic și a companiilor private și de stat, dar și a organizațiilor non-guvernamentale, sunt concentrate cu scopul de a obține metode și tehnologii care pot sprijini procesele de evaluare și analiza pentru prevenirea și monitorizarea mai eficientă a

fenomenelor care produc atât dezastre naturale, cât și antropice, indiferent dacă sunt locale, regionale, naționale sau internaționale și dacă acestea au debut brusc sau lent.

În anul 2020, Biroul Organizației Națiunilor Unite pentru reducerea riscurilor de dezastre (UNDRR) definește gestionarea dezastrelor ca “organizarea, planificarea și aplicarea măsurilor de pregătire, reacție și recuperare după dezastre...se concentrează pe crearea și implementarea pregătirii și a altor planuri pentru a reduce impactul dezastrelor. Imposibilitatea de a crea și a aplica un plan ar putea duce la deteriorarea vieții, a bunurilor și pierderea veniturilor”. Ca o măsură importantă a gestionării dezastrelor, este necesară, de asemenea, o planificare atentă și stabilirea unui cadru clar în cadrul căruia organizațiile responsabile pot comunica, colabora, coordona și desfășura sarcinile lor de urgență.

Există multe situații care pot fi considerate o “urgență”. De-a lungul istoriei în România, majoritatea acestor situații au fost generate de dezastre naturale, cum ar fi inundațiile, alunecările de teren și cutremurele. Toate aceste dezastre influențează utilizarea terenurilor și modelele de așezare din România (Rujoiu-Mare și colab. 2015, 22 & Vaculisteanu și colab. 2019, 765). Într-o țară emergentă precum România, aceste provocări devin o problema din ce în ce mai mare (Ozunu și colab. 2011, 1319).

Mai mult decât atât, schimbările climatice cresc frecvența și severitatea evenimentelor meteorologice extreme, de la incendii de vegetație la secete și inundații, ceea ce înseamnă ca dezvoltarea durabilă în România, fără existența intervențiilor politice informative asupra riscurilor, ar putea fi amenințată.

Astfel, în domeniul gestionării situațiilor de urgență, ținând cont de necesitatea identificării cu precizie a zonelor predispuse la riscuri și a scenelor de dezastru, cercetătorii și factorii implicați utilizează din ce în ce mai mult teledetectia și Sistemele Informaționale Geografice (SIG) pentru a obține informații explicite și intuitive despre aceste zone (figura 2.2). Aceste informații sunt absolut necesare în dezvoltarea și implementarea de strategii bine fundamentate, realiste și integrate, drept pentru care cererea de date geospațiale a crescut semnificativ în ultimile decenii (Daniel și colab., 2017; Khan și colab., 2020; Boccardo and Tonolo, 2015; Giordan și colab., 2017).

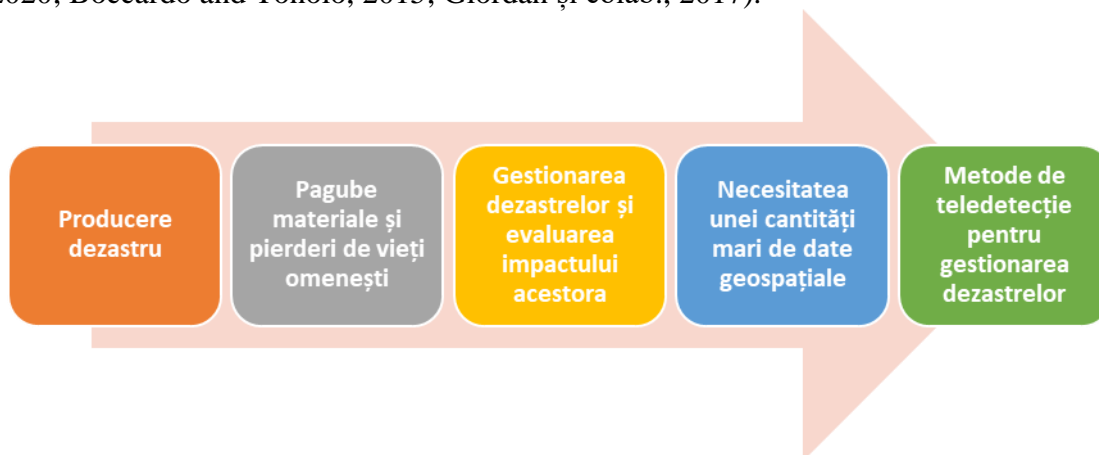


Figura 2.2: Utilizarea metodelor de teledetectie pentru gestionarea dezastrelor

Aplicațiile actuale de cartografiere, cum ar fi generarea de informații topografice și actualizarea bazelor de date geospațiale, necesită implementarea unor procese rapide și economice datorită limitării resurselor disponibile care implică o bază de cunoștințe consolidată legată de metodele de monitorizare, eficiență, funcționare și serviciile pe care le furnizează.

O parte vitală a cartografierii riscurilor este comunicarea analizei derivate a riscurilor către utilizatorul final. Sciziunea dintre știință și utilizatorii finali poate fi eliminată folosind o infrastructură

de date geospațiale bazată pe cartografierea riscurilor (Antofie și colab., 2018) prin care se prezintă și comunică în mod eficient datele spațiale părților interesate deoarece permite o percepție rapidă a conținuturilor majore (WHO, 2020). Cartografierea poate servi ca punct de plecare pentru realizarea vulnerabilității și determinarea consecințelor potențiale (Preston și colab, 2011).

Teledetecția și SIG pot ajuta în toate etapele gestionării situațiilor de urgență (figura 2.3), astfel:

1. În **etapa de prevenire a situațiilor de urgență**, teledetecția este utilizată în scopul culegerii de date geospațiale primare (de ex. modelul digital al terenului), efectuării de anchete de mediu, concentrării asupra unei anumite zone pentru monitorizarea și susținerea evaluării regionale a riscurilor (Romero și colab., 2016; Tang and Shao, 2015; Klemas, 2005; Zhao and Lu, 2018);
2. În **etapa de răspuns și salvare**, teledetecția este utilizată pentru a obține imagini în timp real pentru a ajuta la determinarea locației și a tipului de dezastru, a analiza amploarea daunelor, a urmări și detecta anomaliile (Bilham and Fielding, 2013; Daniel și colab., 2019; Fernandez Galarreta și colab., 2015; Moya și colab., 2020; Serpico și colab., 2012; Dominici și colab., 2016; Kerle și colab., 2020);
3. În **etapa de recuperare de după dezastru**, teledetecția este utilizată pentru a monitoriza dezastrele secundare și pentru a ajuta la planificarea reconstrucției și la monitorizarea progresului (Zhao și colab., 2018; Szapkowski și colab., 2019).

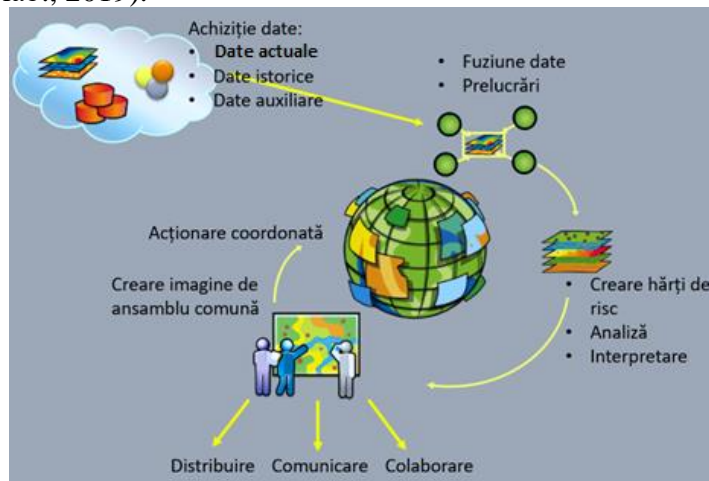


Figura 2.3: Fluxul de lucru în vederea gestionării situațiilor de urgență cu ajutorul teledetecției și SIG

Astfel, tehnologiile moderne în sinergie cu datele detectate de la distanță în mediul SIG deschid un câmp larg pentru asistența în gestionarea situațiilor de urgență. Cea mai importantă componentă a oricărui sistem de gestionare a crizelor este planul de pregătire pentru criza. A fi pregătit înseamnă a avea o cunoaștere clară despre structura geospațială, mecanismul dezastrului și scenariile pentru modelarea și instruirea planurilor de gestionare a dezastrelor. În prezent, există o varietate de platforme și senzori care vin în sprijinul achiziției de date pentru pregătirea în cazul unui dezastru, avertizare timpurie și gestionarea dezastrelor. Astfel, senzorii și camerele inteligente dedicate, precum și Sistemul de Poziționare Globală (GPS) și sistemul wireless care oferă localizare în timp real și monitorizare pot fi utilizate pentru a crea o hartă completă a scenariului și pentru a prezice tendințele sale (de exemplu direcția și viteza răspândirii focului, regiunile cu risc semnificativ), permițând astfel pregătirea unui plan de urgență viabil pentru coordonarea activităților de salvare.

Platforme

Există diverse cadre de cooperare internațională în situații de urgență, cum ar fi:

- programul *UN-SPIDER* (Platforma Organizației Națiunilor Unite pentru informații spațiale pentru gestionarea dezastrelor și răspunsul la situații de urgență - <https://www.un-spider.org/>) prin care toate țările și organizațiile internaționale și regionale au acces și dezvoltă capacitatea de a utiliza toate tipurile de informații spațiale pentru a sprijini ciclul complet de gestionare a dezastrelor;
- *Carta Internațională privind spațiul și dezastrele majore* (<https://disasterscharter.org>) care are 126 de țări membre (începând cu 2020) pentru colaborare la nivel Mondial (Ito, 2005);
- sateliții Sentinel din cadrul programului european Copernicus, coordonat de Agenția Spațială Europeană (ESA), în parteneriat cu Comisia Europeană și Serviciul Copernicus de gestionare a situațiilor de urgență (<https://emergency.copernicus.eu/index.html>) ce cuprinde:
 - Sistemul european de avertizare în caz de inundații (EFAS);
 - Sistemul European de informare privind incendiile forestiere (EFFIS);
 - Observatorul European al secetei (EDO);
 - Sistemul global de avertizare în caz de inundații (GloFAS);
 - Sistemul global de informații privind incendiile forestiere (GWIS)
 - Observatorul global al secetei (GDO).

Aceste programe se concentrează pe schimbul de date satelitare deoarece majoritatea platformelor de satelit au capacitate globală de observare.

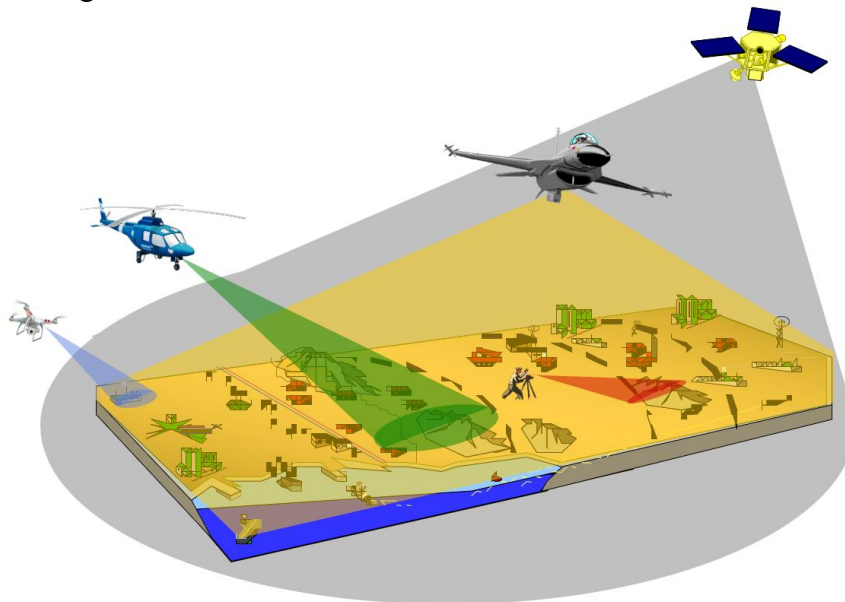


Figura 2.4: Platforme de senzori utilizate în situații de urgență

Vehiculele aeriene pilotate de la distanță (RPAS - *Remotely Piloted Aircraft System*) sau vehicule fără pilot (UAV - *Unmanned Aerial Vehicle*) pot compensa datele furnizate de sateliți, platforme aeropurtate - aeronave și topografice de la sol și oferă o capacitate de captare a imaginii cu costuri reduse și de foarte înaltă rezoluție. De asemenea, pot funcționa ca mecanisme de monitorizare în timp real și sunt capabile să zboare la altitudini mai mici, colectând informații mai precise decât aeronavele sau sateliții. Pot zbura în zone în care norii pot împiedica adesea colectarea de imagini din satelit și pot colecta imagini la scări spațiale fine (de obicei < 10 cm rezoluție spațială) zburând la altitudini de 100-200 m. Un avantaj al sistemelor de aeronave pilotate de la distanță este capacitatea de a zbura semi- sau complet

autonom datorită senzorilor și a computerului de bord. Principalele două tipuri de configurații pentru aceste platforme sunt: cu aripă fixă sau cu rotor (figura 2.5).



Figura 2.5: Cele două configurații de vehicule pilotate de la distanță/vehicule aeriene fără pilot

Vehiculele de tip RPAS sau UAV pot transporta o serie de senzori, în funcție de sarcina utilă, majoritatea având o cameră digitală și un senzor multispectral. Rezoluția imaginilor este influențată de tipul de platformă utilizată, conform tabelului 2.1.

Tabel 2.1: Rezoluția și aria imaginilor care pot fi obținute cu o gamă largă de platforme

Platformă aeropurtată-UAV	Rezoluție	Arie
Multi-rotor < 7 kg	< 1 cm–20 cm	10 ha
Multi-rotor < 7 kg	< 1 cm–20 cm	10 ha
Aripă fixă < 1 hr	3–20 cm	200–300 ha
Aripă fixă > 1 hr	3–20 cm	> 300 ha

Senzori

Unii senzori pot fi utilizați preponderent în faza de intervenție sau evaluare după eveniment, în timp ce alți senzori pot servi la prevenirea întâmplării anumitor evenimente. Dimensiunile senzorilor sunt tot mai reduse, iar combinarea unor senzori de diferite tipuri (de exemplu, cu rezoluții diferite) sprijină dezvoltarea de noi strategii în analiza datelor colectate.

Atât pentru senzorii utilizați pe satelit, cât și pentru cei aeropurtați, sistemele multispectrale măsoară mai puțin de 10 benzi, dar sistemele hiperspectrale acoperă acum >10 benzi. Există un număr tot mai mare de sateliți cu rezoluție spațială înaltă, cu dimensiuni ale pixelilor <1 m. Modelarea computerizată și fotogrammetria au avansat rapid cu capacitatea de a capta caracteristicile terenului (altitudine, înălțimea copacilor etc.) la rezoluție spațială fină <1 m. Arhivele online de imagini (de exemplu, arhiva Landsat de ~ 30 de ani) sunt acum disponibile cu interfețe software corespunzătoare pentru analiza seriilor temporale de imagini. Metodele de procesare software au făcut progrese semnificative, în special tehnicile de procesare a imaginilor bazate pe obiecte și opțiunile de procesare online, cum ar fi Google Earth Engine și Centrul de date pentru observarea Pământului (EODC; <https://www.eodc.eu>). Deoarece rezoluția spațială a senzorului, împreună cu acuratețea de detectare a caracteristicilor dintr-un mediu, controlează nivelul de detaliu și caracteristicile ce pot fi cartografiate, abordarea se face pe două direcții: la scară peisagistică (imagini din satelit) și la scară fină (imagini provenite de la senzorii aeropurtați).

Tabel 2.2. Specificațiile tehnice ale sistemelor satelitare

Senzor	Scară Spațială (metri)	Spectral (#)	Intervalul benzii radiometrice (bit)	Intervalul benzii radiometrice (μm)	Iradieria lățimii de bandă (μm)	Iradieria lățimii de bandă (W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹)	Puncte de date (# pe hectare)	Frecvență de prelevare (zile)
AVHRR	1000	4	11	0.58-0.68 0.725-1.1 3.55-3.93 10.30-10.95 10.95-11.65	0.10 0.375 0.38 0.65 0.7	1390 1410 1510 0 0	0.01	zilnic
MODIS	250,500,1000	36/7	12	0.62-0.67 0.84-0.876 0.459-0.479 0.545-0.565 1.23-125 1.63-1.65 2.11-2.16	0.05 0.036 0.02 0.02 0.02 0.02 0.05	1528.2 974.3 2053 1719.8 447.4 227.4 86.7	0.16,0.04,0.01 0.16,0.04,0.01	zilnic
Landsat-1, 2, 3 MSS	56X79	4	6	0.5-0.6 0.6-0.7 0.7-0.8 0.8-1.1	0.1 0.1 0.1 0.3	1970 1843 1555 1047	2.26	16
Landsat-4, 5 TM	30	7	8	0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.69 0.76-0.90 1.55-1.74 10.4-12.5 2.08-2.35	0.07 0.80 0.60 0.14 0.19 2.10 0.25	1970 1843 1555 1047 227.1 0 80.53	11.1	16
Landsat-7 ETM+	30	8	8	0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.69 0.50-0.75 0.75-0.90 10.0-12.5 1.75-1.55 0.52-0.90(p)	0.65 0.80 0.60 0.150 0.200 2.5 0.2 0.38	1970 1843 1555 1047 227.1 0 1368 1352.71	44.4, 11.1	16
ASTER	15, 30, 90	15	8	0.52-0.63 0.63-0.69 0.76-0.86 0.76-0.86 1.60-1.70	0.11 0.06 0.1 0.1 0.1	1846.9 1546.0 1117.6 1117.6 232.5	44.4, 11.1, 1.23	16



**Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență
cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea
impactului acestora în vederea reducerii
consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare**

COD: DT_A1-81/21

Ediția:1

Revizia:1

Pagina: 47

Exemplar nr. 1

				2.145-2.185	0.4	80.32		
				2.185-2.225	0.4	74.96		
				2.235-2.285	0.5	69.20		
				2.295-2.365	0.7	59.82		
				2.360-2.430	0.7	57.32		
			12	8.125-8.475	0.35	0		
				8.475-8.825	0.35	0		
				8.925-9.275	0.35	0		
				10.25-10.95	0.7	0		
				10.95-11.65	0.7	0		
ALI	30	10	12	.048-0.69(p)	0.64	1747.8600	11.1	16
				0.433-0.453	0.20	1849.5		
				0.450-0.515	0.65	1985.0714		
				0.425-0.605	0.80	1732.1765		
				0.633-0.690	0.57	1485.2308		
				0.775-0.805	0.30	1134.2857		
				0.845-0.890	0.45	948.36364		
				1.200-1.300	1.00	439.61905		
				1.550-1.750	2.00	223.39024		
				2.080-2.350	2.70	78.072727		
SPOT-1				0.50-0.59	0.09	1858		
-2				0.61-0.68	0.07	1575		
-3	2.5-20	15	16	0.79-0.89	0.1	1047	1600,25	3-5
-4				1.5-1.75	0.25	234		
				0.51-0.73(p)	0.22	1773		
IRS-1C	23.5	15	5	0.52-0.59	0.07	1851.1	18.1	16
				0.62-0.68	0.06	1583.8		
				0.77-0.86	0.09	1102.5		
				1.55-1.70	0.15	240.4		
				0.5-0.75(p)	0.25	1627.1		
IRS-1	23.5	15	8	0.52-0.59	0.07	1852.1	18.1	16
				0.62-0.68	0.06	1577.38		
				0.77-0.86	0.09	1096.7		
				1.55-1.70	0.15	240.4		
				0.5-0.75 (p)	0.25	1603.9		
IRS-P6AWiFS	56	4	10	0.52-0.59	0.07	1857.7	3.19	16
				0.68 0.06	0.06	1556.4		
				0.86 0.09	0.09	1082.4		
				1.70 0.15	0.1	239.84		
					5			
CBERS-2	20m pan		11	0.51-0.73	0.22	1934.03	25,25	

-3B	20 m MS			0.45-0.52	0.07	1787.10				
-3	5 m pan			0.52-0.59	0.07	1587.97				
-4	20 m MS			0.63-0.69	0.06	400, 25	400,25			
				0.77-0.89	0.12	1069.21				
Hyperion	30	196 ^a	16	196	10		11.1	16		
IKONOS	1-4	4	11	0.445-0.516 0.506-0.595 0.632-0.698 0.757-0.853	0.71 0.89 0.66 0.96	1930.9 1854.8 1156.5 1156.9	10000, 625	5		
QUICKBIRD	0.61-2.44	4	11	0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.69 0.76-0.89	0.07 0.08 0.06 0.13	1381.79 1924.59 1843.08 1574.77	14872, 625	5		
RESOURCESAT	5.8	3	10	0.52 - 0.59 0.62 - 0.68 0.77 - 0.86	0.07 0.06 0.09	1853.6 1581.6 1114.3	33.64	24		
RAPID EYE-A	6.5	5	12	0.44-0.51	0.07	1979.33	236.7	1-2		
-E				0.52-0.59 0.63-0.68 0.69-0.73 0.77-0.89	0.07 0.05 0.04 0.12	1752.33 1499.18 1343.67 1039.88				
WORLDVIEW	0.55	1	11	0.45-0.51	0.06	1996.77			40000	1.7-5.9
FORMOSAT-2	2-8	5	11	0.45-0.52 0.52-0.60 0.63-0.69 0.76-0.90 0.45-0.90(p)	0.07 0.08 0 .06 0.14 0.45	1974.93 1743.12 1485.23 1041.28 1450			2500, 156.25	zilnic
KOMPSAT-2	1-4	5	10	0.5-0.9 0.45-0.52 0.52-0.6 0.63-0.59 0.76-0.90	0.4 0.07 0.08 0.04 0.14	1379.46 1974.93 1743.12 1485.23 1041.28	10000, 625	3-28		

În ceea ce privește senzorii aeropurtați, în ultima perioada a fost dezvoltată o serie de camere digitale ce au fost utilizate tot mai intens pe platforme aeropurtate. Una dintre aplicațiile senzorilor aeropurtați care este folosită la scară largă în monitorizarea componentelor de mediu este colectarea datelor LiDAR (Froidevaux și colab. 2016, Lin și Hyyppa 2016, Sander și colab. 2016). În ciuda capacităților furnizate de către LiDAR în ceea ce privește colectarea reprezentărilor tridimensionale ale suprafeței terestre, avansul tehnologic în sectorul informatic a oferit tehnologii emergente care vor înlocui tehnologiile de tip LiDAR. Un astfel de exemplu este *Structure from Motion* (SfM) cu Multi-View Stereo (MVS) care produce nori de puncte de calitate comparabilă cu metodele de sondaj existente (de exemplu, LiDAR) și permite identificarea punctelor comune din imaginile luate din diferite poziții, astfel încât geometria camerei și caracteristicile în sine să poată fi calculate.

Aplicațiile actuale ale reprezentărilor tridimensionale ale suprafeței pământului includ modelarea hidrologică la scară fină, geomorfologia și detectarea modificărilor vegetației. Lin și Hyyppa (2016) au dezvoltat un cadru eficient de testare și validare a parametrilor caracteristicilor din datele 3D aeropurtate pentru clasificarea speciilor de arbori. Sander și colab. (2016) au folosit date topografice 3D pentru a investiga formele de relief de coastă a insulei Samso, Danemarca. Modelele digitale de înaltă rezoluție pot facilita modelarea hidrologică detaliată care poate fi aplicată pentru a evalua impactul potențial al creșterii nivelului mării. Înălțimile bolții, măsurările biomasei și suprafața frunzelor pot fi studiate folosind sisteme de captare a imaginilor 3D din aer. Datele topografice 3D pot fi utilizate pentru a detecta caracteristici topografice, cum ar fi terasele râurilor și malurile canalelor râului și pentru a măsura cota suprafeței terenului de sub acoperișul vegetației. Prelevările repetate ale datelor topografice 3D pot fi utilizate pentru a monitoriza procesele de eroziune a solului, cum ar fi volumul de sol pierdut din cauza eroziunii în rigole (Bayliss și colab. 2016).

Există o serie de abordări diferite ale imaginilor hiperspectrale și, ca atare, o varietate de tipuri de senzori sunt disponibili (Figura 2.6) (Aasen, 2018). De obicei, senzorii sunt caracterizați de disponerea și/sau numărul de benzi spectrale implicate în arhitectura instrumentală (Aasen, 2018; Goetz, 2009) precum și metoda aplicată de captare a imaginii. Senzorii *Push Broom* au fost folosiți pentru o plajă largă de aplicații de imagistică aeropurtată care au fost recent miniaturizate cu succes pentru a fi utilizate în cadrul sistemelor UAV (Aasen, 2018; Lucieer, 2014; Malenovsky, 2017). Această abordare de măsurare a senzorilor este preferată datorită rezoluției sale spațiale și spectrale ridicate (Freitas, 2018), totuși, această metodă de preluare a imaginii, prin care o linie de informații spectrale pe expunere este înregistrată (Aasen, 2018; Habib, 2018), poate provoca dificultăți în post-procesare (Aasen, 2018). În mod similar, senzorii de tip *Whiskbroom*, care vizualizează un singur pixel sau o locație spațială la un moment dat (Fowler, 2014; Uto, 2016), folosind o oglindă rotativă pentru a străbate o linie de scanare perpendiculară pe direcția mișcării platformei sensorului (Fowler, 2014; Kerekes, 2007), sunt afectați de aceleași probleme (Fowler, 2014). În plus, senzorii *Whiskbroom* furnizează rate de cadre în mod inerent mai mici decât unitățile *Push Broom*, ceea ce duce la perioade mai lungi de preluare a datelor unde toate celelalte lucruri sunt egale (Fowler, 2014, Uto, 2016). Un alt dezavantaj este că rotirea blocului optic poate duce la distorsiuni spațiale la ieșirea imaginii (Willet, 2014).

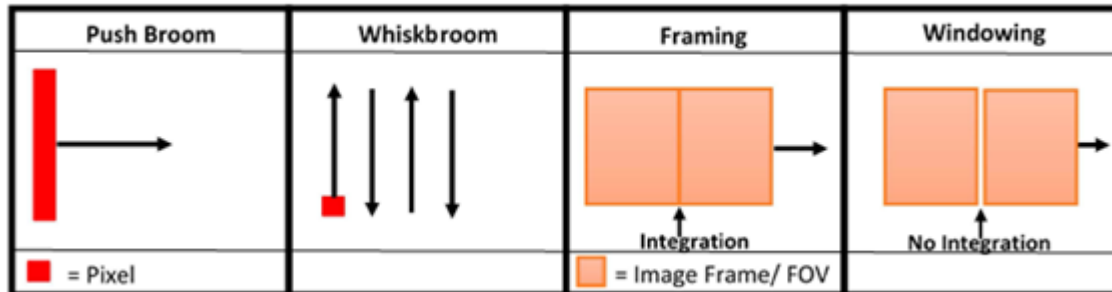


Figura 2.6: Tehnici de captare a imaginii pentru fiecare tip de senzor. A se observa diferitele metode de formări de imagine; de la captarea bazată pe pixeli a scanerelor *Push Broom* și *Whiskbroom*, la a 2- captură dimensională completă a imaginilor și instrumentelor *Framing* și *Windowing*. Acest lucru evidențiază potențialul problemei legate de distorsiunea imaginii care rezultă din rotația blocului optic în instrumentele bazate pe pixeli, așa cum s-a menționat mai sus. (Stuart și colab., 2019)

Alternativ, instrumentele de tip *Framing* pot capta cadre prin imagini bidimensionale cu optică suplimentară care se concentrează fie pe o lungime de undă individuală, fie pe benzi de lungime de undă folosind filtre reglabile, cum ar fi filtrele de trecere a benzii de încadrare translatate de-a lungul spectrului (Willet, 2014). Designul unor astfel de senzori este semnificativ mai simplu decât cel al senzorilor *Push Broom* și *Whiskbroom* (Fowler, 2014, Jaud, 2018), totuși, utilizarea filtrării spectrale reduce substanțial intensitatea luminii captate de senzor, limitând zgomotul din semnal (Willet, 2014). Instrumentele *Framing* și *Windowing* folosesc, de asemenea, un câmp vizual bidimensional care se deplasează într-un mod continuu (Sellar, 2005). Cu toate acestea, instrumentele care utilizează această imagine captată dobândește o expunere distinctă de fiecare dată când câmpul vizual bidimensional avansează, fără integrare între expuneri (Sellar, 2005).

Literatura de specialitate subliniază că, deși pot exista variații semnificative cauzate de lățimea benzii, distanța focală a obiectivului și timpul de integrare (Aasen, 2018), senzorii *Push Broom*, în prezent, oferă o combinație mai bună de rezoluție spațială și spectrală. Senzorii *Push Broom* sunt de obicei mai stabili decât senzorii *Whiskbroom* datorită procesului de achiziție a imaginii linie cu linie, prin urmare, limitând potențialele de aliniere ale datelor între linii, mai degrabă decât între pixeli individuali (Freitas, 2018). În plus, ele au adesea o rezoluție spectrală mai mare, de exemplu Jaud și colab. (Jaud, 2018), raportează o rezoluție spectrală de 1,85 nm pentru dispozitivul lor *Push Broom*. Instrumentele de tip *Framing* și *Windowing* sunt adesea limitate din cauza filtrării benzilor spectrale, rezultând în rezoluții spectrale de >5 nm fiind mai frecvente pentru aceste dispozitive (Aasen, 2018; Sellar, 2005). Rezoluția spațială ridicată este, de asemenea, mai ușor de obținut cu *Push Broom* întrucât miniaturizarea permite ca acestea să fie implementate pe dispozitive mai manevrabile și mai ușoare, de exemplu, un număr din studii evidențiază preluările reușite de imagini cu rezoluții spațiale mai mici de 10 cm (Jaud, 2018), cu Lucieer și colab. (Lucieer, 2014) și Malenovský și colab. (Malenovsky, 2017), realizând o rezoluție spațială de 4 cm. Instrumentele de *Framing* și *Windowing* sunt în prezent limitate de obicei din cauza dimensiunilor mari, făcând senzorii *Push Broom* mult mai compatibili cu senzorii ușori, miniaturizați în prezent în aplicații.

Deși câteva dintre aceste modele de senzori (Figura 2.7) au fost miniaturizate cu succes, făcându-le potrivite pentru teledetecție aeropurată, în prezent nici una nu conține date interne de georeferențiere și, prin urmare, necesită adăugarea de dispozitive externe (de exemplu, receptor GPS) pentru a înregistra aceste informații (Khan, 2018; Aasen, 2018). În timp ce acest lucru nu afectează în mod special

teledetecția și metodele de imagistică la sol, poate deveni problematică la proiectarea sarcinilor utile integrate efectiv pentru UAV (Aasen, 2018, Fowler, 2014). Fiecare dintre aceste modele de senzori are avantajele sale, în funcție de parametri aplicației propuse, însă, designul *Push Broom* a fost cel mai popular, în special în domeniul achiziției de imagini cu UAV-uri ușoare (Freitas, 2018). În timp ce implementările acestor senzori pot implica distorsiuni în cadrul datelor achiziționate, în prezent depășesc performanța abordărilor de captare a imaginilor cu cadre complete, deoarece aceste sisteme din urmă necesită în prezent un compromis între acoperirea spațială, rezoluție spațială și rezoluție spectrală (Aasen, 2018; Jaud, 2018). Cu toate acestea, cum interesul și cererea în această zonă continuă să crească (Honkavaara, 2013; Freitas, 2018), progrese semnificative în designul senzorilor compacti, inclusiv încorporarea de filtre liniare variabile, poate fi anticipată în viitor.

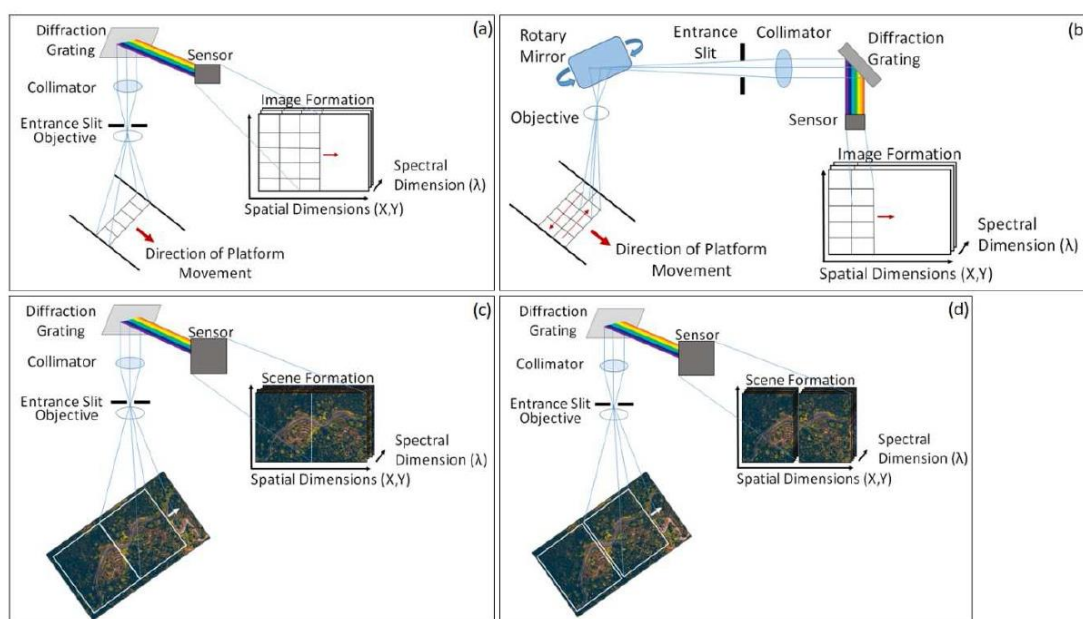


Figura 2.7: Schema modului de funcționare pentru fiecare tip de senzor. (a) Senzor *Push Broom*; (b) Senzor *Whiskbroom*; (c) Senzor *Framing*; (d) Senzor *Windowing*. (Stuart și colab., 2019)

Disponibilitatea mare a UAV-urilor echipate cu camere comerciale vizibile (VIS) a fost principalul motor al cercetării care a explorat potențiala utilizare a senzorilor cu costuri reduse pentru monitorizarea vegetației. Printre mulți indici spectrali vizibili disponibili, Indicele normalizat de diferențiere verde-roșu (NGRDI - *Normalized Green-Red Difference Index*) și indicele excesului de verde (ExG - *Excessive Green*) au fost utilizați pentru a oferi niveluri acceptabile sau ridicate de acuratețe în studiile de cartografiere a vegetației. Astfel de indici de vegetație pot fi un instrument eficient din punct de vedere al costurilor pentru estimarea biomasei plantelor și stabilirea hărților de variație a randamentului pentru luarea deciziilor agricole specifice locației.

În ultimii ani, senzorii de infraroșu apropiat (NIR) și hiperspectrali au devenit mai disponibili pentru UAV. Camerele RGB (roșu-verde-albastru) modificate – inițial foarte populare (Hunt, 2010) – au început acum să fie înlocuite cu camere multispectrale sau hiperspectrale dedicate, deoarece acestea au redus costul și greutatea. De exemplu, senzori hiperspectrali ușori pentru UAV sunt acum disponibili de la diferiți furnizori (de exemplu, SPECIM; HYSPEX; HeadWall), oferind răspunsuri spectrale mai

definite și mai discretizate în comparație cu camerele RGB sau multibandă modificate. Camerele multispectrale folosesc de obicei mai multe lentile, care introduc decalaje bandă la bandă care trebuie corectate în mod adecvat pentru a evita artefactele introduse în multibandă combinată (Laliberte, 2011; Jhan, 2017). Atât camerele multispectrale, cât și cele hiperspectrale necesită calibrare radiometrică și corecții atmosferice pentru a converti numerele digitale înregistrate (DN) în valori de reflectare a suprafeței pentru a permite evaluarea fiabilă a caracteristicilor terenului, compararea măsurărilor repetate și determinarea fiabilă a indicilor spectrali (Lu, B, 2017). Deși DN-urile sunt frecvent utilizate direct pentru a determina indici de vegetație (de exemplu, NDVI), diferențele de iluminare între (și în cadrul) sondaje semnifică că utilizarea acestor valori este în general inadecvată, în special pentru studii cantitative.

Calibrarea radiometrică implică în mod normal măsurarea în câmp a țintelor naturale sau artificiale de referință cu un spectroradiometru de câmp (Lu, B, 2017; Brook, 2011; Zarco-Tejada, 2012) și calibrarea camerelor individuale care necesită efort suplimentar semnificativ. Unele camere multispectrale actuale (de exemplu, Parrot Sequoia, MicaSense RedEdge) includ un senzor de radiație și un panou de reflectanță calibrat pentru a răspunde unora dintre cerințele calibrării radiometrice. Acest lucru este benefic, dar nu abordează întreaga complexitate a calibrării radiometrice, iar artefactele vor rămâne. Alte aspecte, cum ar fi reflectanța bidirecțională (modelată prin distribuția bidirecțională a reflectanței - BRDF) și vignetarea imaginii, introduc incertitudini suplimentare pentru clasificarea imaginilor. În timp ce planul de lucru cel mai potrivit pentru analiza imaginilor multispectrale depinde într-o oarecare măsură de complexitatea aplicației ulterioare (de exemplu, indici de vegetație de bază sau clasificarea imaginilor bazată pe reflectanță), creșterea numărului de studii din literatura de specialitate și îmbunătățirile recente ale senzorilor susțin dezvoltarea de ghiduri de bune practici pentru comunitatea UAV de mediu.

Senzorii hiperspectrali pot fi menționați pe scurt ca extensii ale discuției legate de senzorii multispectrali din jur și considerentele aferente calibrării radiometrice și corecție atmosferică. În ultimii cinci ani, a existat un interes din ce în ce mai mare pentru senzorii de imagine hiperspectrală (Honkavaara, 2017). Deși acestea sunt încă mai scumpe decât sistemele multispectrale, ele oferă un potențial semnificativ pentru studii cantitative ale vegetației solului și culturilor. Imaginile hiperspectrale înregistrate cu UAV-ul oferă de obicei benzi înguste continue în spectrul VIS-NIR (infraroșu apropiat). Camerele existente includ scanner pushbroom și, mai recent, tehnologia de captare a cadrelor. În funcție de mecanismul de captare, există de obicei artefacte legate de captarea neinstantanee (întârziere) între benzi sau decalaje fizice între benzi (Honkavaara, 2017). De asemenea, a existat interes pentru spectrometrele (hiperspectrale) montate pe UAV (Burkart, 2015).

În domeniile hiperspectrale, acuratețea radiometrică ridicată și calculul exact al reflectanței sunt factori cheie pentru a exploata în continuare această tehnologie (Ben-Dor, 2009). În consecință, practicile de pe platformele echipate cu senzori hiperspectrali pot fi adoptate în aplicațiile UAV, cum ar fi noua metodă de calibrare indirectă supravegheată (SVC - *supervised vicarious calibration*) sugerată de Brook și Ben-Dor (2017). Acest studiu a folosit ținte artificiale pentru a evalua calitatea datelor, pentru a corecta radiația înregistrată de senzor și pentru a genera o matrice multidimensională de date de reflectanță de înaltă calitate. Tehnologiile care au fost introduse includ și senzori de lumină în regiunea SWIR (infraroșu cu unde scurte), aceștia fiind produși special pentru aplicațiile UAV (HeadWall).

Senzorii cu termoviziune în bandă largă, instalați pe UAV, măsoară radiația emisă de suprafața Pământului (din care poate fi calculată temperatura de strălucire) de obicei între 7,5 și 13,5 μm . Considerațiile cheie se referă la rezoluția spațială și sensibilitatea termică, aceasta din urmă atingând

acum 40-50 mK. Teledetecția termică cu UAV-ul necesită, de asemenea, luarea în considerare a calibrării radiometrice și luarea în considerare a vignetații și a altor efecte sistematice, așa cum au discutat Smigaj și colab. (2017). Aceste informații pot fi utilizate pentru a calcula starea vegetației sau conținutul de apă din sol, având în vedere relația puternică existentă între aceste variabile și bilanțul energetic de suprafață. Aici se poate aprecia nivelul ridicat de detaliu oferit de această tehnologie în descrierea unei zone de vegetație neregulată.

Senzorii LiDAR devin, de asemenea, din ce în ce mai obișnuiți pe platformele UAV, deoarece sistemele din ce în ce mai ușoare devin realizabile (deși greutatea maximă la decolare < 3 kg este încă o provocare). Există un interes deosebit pentru UAV LiDAR pentru aplicații forestiere, în special în ceea ce privește clasificarea și cuantificarea parametrilor structurali (de exemplu, înălțimea pădurii, dimensiunile coroanei; (Sankey, 2017)).

Fiecare dintre senzorii enumerați în această secțiune permite obținerea de informații având fiecare câte un dezavantaj. De exemplu, camerele hiperspectrale și termice pot oferi o descriere mai adecvată a stării fiziologice a vegetației, dar în detrimentul rezoluției spațiale, costurilor, și complexitatea prelucrării și calibrării. Utilizarea tehnologiei LiDAR oferă informații detaliate despre structura vegetației, dar este solicitantă în ceea ce privește procesarea datelor și costurile senzorului. Prin urmare, există o necesitate critică de a identifica o abordare standard pentru sarcini specifice care poate reduce erorile senzorilor și elaborarea asociată, sporind fiabilitatea observațiilor UAV.

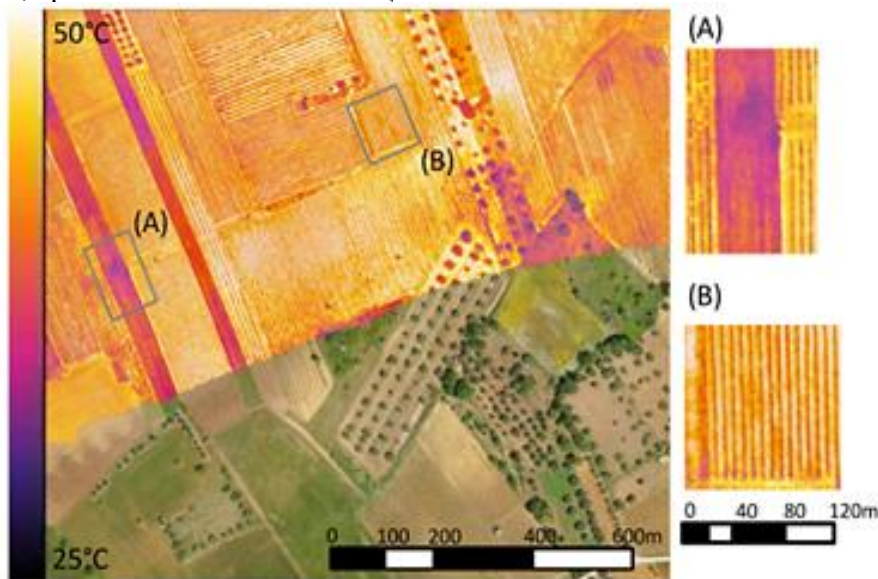


Figura 2.8: Un sondaj termic peste o podgorie Aglianico din regiunea Basilicata (sudul Italiei) care acoperă o ortofotografie RGB obținută de un multicopter montat atât cu optic, cât și cu FLIR Tau 2 camere. Inserțiile (A) și (B) furnizează porțiuni mărite ale hărții termice, unde este posibil să se distingă rândurile de viță de vie (B) și distribuția temperaturii de suprafață pe solul gol, cu un punct de temperatură mai rece datorită conținutului mai ridicat de apă din sol (B).

Tabelul 2.3 Camere optice disponibile pentru UAV și principalele caracteristici ale acestora (* Abrevieri: APS = Advanced Photo System type-C; FF = Full Frame; MILC = Mirrorless Interchangeable-Lens Camera; SF = Small Frame)

Producator si model	Rezoluție tip senzor (MPx)	Tip format*	Dimensiune senzor (mm ²)	Pasul pixelilor (μm)	Greutate (kg)	Frecvența de reîmprospătare (fps)	Viteză maximă a obturatorului
Canon EOS 5DS	CMOS 51	FF	36.0 × 24.0	4.1	0.930	5	8000
Sony Alpha 7R II	CMOS 42	FF MILC	35.9 × 24.0	4,5	0.625	5	8000
Pentax 645D	CCD 40	FF	44.0 × 33.0	6.1	1.480	1.1	4000
Nikon D750	CMOS 24	FF	35.9 × 24.0	6.0	0.750	6.5	4000
Nikon D7200	CMOS 24	SF	23.5 × 15.6	3.9	0.675	6	8000
Sony Alpha a6300	MOS 24	SF MILC	23.5 × 15.6	3.9	0.404	11	4000
Pentax K-3 II	MOS 24	SF	23.5 × 15.6	3.9	0.800	8.3	8000
Foxtech Map-01	MOS 24	APS-C	23.5 × 15.6	3.9	0.155	6	4000
Canon EOS 7D Mark II	CMOS 20	SF	22.3 × 14.9	4.1	0.910	10	8000
Panasonic Lumix DMC GX8	CMOS 20	SF MILC	17.3 × 13.0	3.3	0.487	10	8000
Sony QX1	CMOS 20	APS-C	23.2 × 15.4	4.3	0.216	3.5	4000
Ricoh GXR A16	CMOS 16	SF	23.6 × 15.7	4.8	0.550	2.5	3200

Tabelul 2.4. Camere multispectrale disponibile pe piață pentru UAV și principalele lor caracteristici (* benzi selectabile).

Producator si model	Rezoluție (Mpx)	Dimensiune (mm)	Dimensiune pixel (μm)	Greutate (kg)	Numărul de benzi spectrale	Dimensiunea spectrului (nm)
Tetracam MCAW6 (<i>Global shutter</i>)	1.3	-	4.8 × 4.8	0.55	6	450–1000 (*)
Tetracam MCAW12 (<i>Global shutter</i>)	1.3	-	4.8 × 4.8	0.6	12	450–1000 (*)
Tetracam MicroMCA4 Snap (<i>Global shutter</i>)	1.3	115.6 × 80.3 × 68.1	4.8 × 4.8	0.497	4	450–1000 (*)
Tetracam MicroMCA6 Snap (<i>Global shutter</i>)	1.3	115.6 × 80.3 × 68.1	4.8 × 4.8	0.53	6	450–1000 (*)
Tetracam MicroMCA12 Snap (<i>Global shutter</i>)	1.3	115.6 × 155 × 68.1	4.8 × 4.8	1	12	450–1000 (*)
Tetracam MicroMCA6 RS (<i>Rolling shutter</i>)	1.3	115.6 × 80.3 × 68.1	4.8 × 4.8	0.53	6	450–1000 (*)
Tetracam MicroMCA12 RS (<i>Rolling shutter</i>)	1.3	115.6 × 155 × 68.1	4.8 × 4.8	1	12	450–1000 (*)
Tetracam ADC micro	3.2	75 × 59 × 33	3.2 × 3.2	0.9	6	520–920 (Equiv. to Landsat TM2, 3, 4)



**Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență
cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea
impactului acestora în vederea reducerii
consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare**

COD: DT_A1-81/21

Ediția:1

Revizia:1

Pagina: 56

Exemplar nr. 1

Quest Innovations Condor-5 ICX 285	7	150 × 130 × 177	6.45 × 6.45	1.4	5	400-1000
Parrot Sequoia	1.2	59 × 41 × 28	3.75 × 3.75	0.72	4	550-810
MicaSense RedEdge		120 × 66 × 46		0.18	5	475-840
Sentera Quad	1.2	76 × 62 × 48	3.75 × 3.75	0.17	4	400-825
Sentera High Precision NDVI and NDRE	1.2	25.4 × 33.8 × 37.3	3.75 × 3.75	0.03	2	525-890
Sentera Multispectral Double 4K	12.3	59 × 41 × 44.5	-	0.08	5	386-860
SLANTRANGE 3P NDVI	3	146 × 69 × 57	-	0.35	4	410-950
Mappir Survey2	16	59 × 41 × 30	1.34 × 1.34	0.047	1-6(filtre) – o lentilă	395-945
Mappir Survey3	12	59 × 41.5 × 36	3.75 × 3.75	0.05	1-4(filtre) – o lentilă	395-945
Mappir Kernel	14.4	34 × 34 × 40	1.4 x 1.4	0.045	19+ (filtre) – 6 matrici lentile	395-945

Tabelul 2.5. Camere hiperspectrale disponibile pe piață pentru UAV și principalele lor caracteristici

Producator si model	Lentile	Dimensiuni (mm²)	Dimensiune pixel (μm)	Greutate (kg)	Dimensiunea spectrului (nm)	Benzi spectrale (N) (Rezoluție, nm)	Raport semnal/zgomot
Rikola Ltd. hyperspectral camera	CMOS	5.6 × 5.6	5.5	0.6	500–900	40 (10 nm)	-
Headwall Photonics Micro-hyperspec X-series NIR	InGaAs	9.6 × 9.6	30	1.025	900–1700	62 (12.9 nm)	-
BaySpec's OCI-UAV-1000	C-mount	10 × 10 × 10	N/A	0.272	600–1000	100 (5 nm)/20–12 (15 nm)	-
HySpex Mjolnir V-1240	-	25 × 17.5 × 17	0.27 mrad	4	400–1000	200 (3 nm)	>180
HySpex Mjolnir S-620	-	25.4 × 17.5 × 17	0.54 mrad	4.5	970–2500	300 (5.1 nm)	>900
Specim-AISA KESTREL16	push-broom	99 × 215 × 240		2.3	600–1640	Up to 350 (3–8 nm)	400–600
Cornirg microHSI 410 SHARK	CCD/CMOS	136 × 87 × 70.35	11.7 μm	0.68	400–1000	300 (2 nm)	-
Resonon Pika L		10.0 × 12.5 × 5.3	5.86	0.6	400–1000	281 (2.1 nm)	368–520
CUBERT (S185)	Snapshot + PAN	19 × 42 × 65		0.49	450–995	125 (8 nm)	-

Tabelul 2.6. Camere termale disponibile pe piață pentru UAV și principalele lor caracteristici

Producator si model	Rezoluție (Px)	Dimensiunea Senzorului (mm²)	Pasul pixelilor (μm)	Greutate (kg)	Dimensiunea spectrului (nm)	Sensibilitatea termică (mK)
LIR Duo Pro 640	640 × 512	10.8 × 8.7	17	<0.115	7.5–13.5	50
FLIR Duo Pro 336	336 × 256	5.7 × 4.4	17	<0.115	7.5–13.5	50
FLIR Duo R	160 × 120	-	-	0.084	7.5–13.5	50
FLIR Tau2 640	640 × 512	N/A	17	<0.112	7.5–13.5	50
FLIR Tau2 336	336 × 256	N/A	17	<0.112	7.5–13.5	50
Optris PI 450	382 × 288	-	-	0.320	7.5–13	130
Optris PI 640	640 × 480	-	-	0.320	7.5–13	130
Thermoteknix Miricle 307 K	640 × 480	16.0 × 12.0	25	<0.170	8.0–12.0	50
Thermoteknix Miricle 110 K	384 × 288	9.6 × 7.2	25	<0.170	8.0–12.0	50/40
Workswell WIRIS 640	640 × 512	16.0 × 12.8	25	<0.400	7.5–13.5	30/50
Workswell WIRIS 336	336 × 256	8.4 × 6.4	25	<0.400	7.5–13.5	30/50
YUNCGOETEU	160 × 120	81 × 108 × 138	12	0.278	8.0–14.0	<50

Tabelul 2.7. Senzori cu laser disponibili pentru UAV și principalele lor caracteristici.

Producator si model	Model de scanare	Interval (m)	Greutate (kg)	Rezoluția Unghiulară (grade)	FOV (grade)	Clasa laser și λ (nm)	Frecvența (kp/s)
ibeo Automotive Systems IBEO LUX	4 linii paralele de scanare	200	1	(H) 0.125 (V) 0.8	(H) 110 (V) 3.2	Class A 905	22
Velodyne HDL-32E	32 de perechi laser/detector	100	2	(H)-(V) 1.33	(H) 360 (V) 41	Class A 905	700
RIEGL VQ-820-GU	1 linie de scanare	>1000	25.5	(H) 0.01 (V) N/A	(H) 60 (V) N/A	Class 3B 532	200
Hokuyo UTM-30LX-EW	1080 distanță în plan	30	0.37	(H) 0.25 (V) N/A	(H) 270 (V) N/A	Class 1905	200
Velodyne Puck Hi-Res	<i>Dual Returns</i>	100	0.590	(H)-(V) 0.1-0.4	(H) 360 (V) 20	Class A-903	-
RIEGL VUX-1UAV	Linii paralele de scanare	150	3.5	0.001°	330	Class A-NIR	200
Routescene—UAV LidarPod	32 de perechi laser/detector	100	1.3	(H)-(V) 1.33	(H) 360 (V) 41	Class A-905	-
Quanergy M8-1	8 de perechi laser/detector	150	0.9	0.03-0.2°	(H) 360 (V) 20	Class A-905	-
Phoenix Scout	<i>Dual Returns</i>	120	1.65	-	(H) 360 (V) 15	Class 1-905	300
Phoenix ALS-32	32 de perechi laser/detector	120	2.4	-	(H) 360 (V) 10-30	Class 1-905	700
YellowScan Surveyor	<i>Dual returns</i>	100	1.6	0.125	360	Class 1-905	300
YellowScan Vx	Linii paralele de scanare	100	2.5-3	-	360	Class 1-905	100

Analiza literaturii de specialitate și a proiectelor de cercetare pentru fiecare tip de risc

În ultima perioadă, schimbările climatice și activitatea umană au avut un impact semnificativ asupra mediului, existând tot mai des fenomene precum: valuri de căldură, secete, furtuni de praf, inundații, uragane și incendii de vegetație.

2.1.1. Furtuni și viscol

Una dintre sub-categoriile asociate riscului de furtuni și viscol este reprezentată de căderile de grindină. Măsurarea distribuțiilor dimensionale ale grindinei este dificil de realizat datorită frecvenței reduse de apariție și severitatea furtunilor ce duc la precipitații sub formă de grindină. Din cauza acestor constrângeri, aceste măsurări sunt mai puțin frecvente, în special pentru grindina mai mare de 25 mm. Senzorii utilizați la sol pentru măsurarea distribuției dimensionale a grindinei sunt de două tipuri: disdrometre de grindină sau plăci pentru determinarea amprentelor lăsate de grindină (*hail pad*). Disdrometrele de grindină, fie că sunt optice sau cu impactor furnizează informații importante despre variația în timp a distribuției dimensionale a grindinei de la o anumită furtună, însă principalele dezavantaje ale acestor instrumente sunt reprezentate de costurile mari de producție și modalitatea dificilă de implementare.

Atât placa de tip *hail pad*, cât și disdrometrele furnizează estimări rezonabile ale dimensiunilor grindinei, dar sunt supuse unor limitări semnificative, chiar dacă se realizează calibrări multiple (Palencia și colab., 2011). În plus, ambele tipuri de instrumente utilizează drept suprafață de eșantionare o zonă mică, cuprinsă între 0.1 și 0.3 metri pătrați. Cu toate acestea, există lucrări științifice (Soderholm și colab., 2019) care abordează determinarea distribuției dimensionale a grindinei în mod diferit. Pentru acest studiu a fost utilizată o dronă de tip DJI Phantom 4 Pro V2 și un program software pentru controlul zborului de tip Pix4DCapture. Camera integrată a dronei folosește un senzor de tip 13.2 x 8.8 mm CMOS care oferă 20 de milioane de pixeli efectivi și un obiectiv cu focalizare automată ce are o distanță focală cuprinsă între 8.8 – 24 mm și un câmp maxim vizual de 84°.

Plecând de la imaginile preliminare (Strecha, 2012) s-a utilizat pachetul software Pix4DMapping pentru a genera atât imagini ortomozaicate, cât și un model digital de elevație (*digital elevation model* DEM). Software-ul se bazează pe tehnici de fotometrie structurală și cinematică și folosește următorii pași automatizați:

- Sunt identificate punctele de legătură dintre imaginile preliminare. Fiecare punct trebuie să fie găsit în cel puțin trei imagini
- Punctele de legătură sunt combinate cu informațiile de poziționare și orientare date de pilotul automat al dronei pentru a reconstrui perspectiva camerei și poziția pentru fiecare imagine preliminară. Această informație este utilizată pentru verificarea calității punctelor de intersecție și pentru calculul coordonatelor tridimensionale ale punctelor de legătură.
- Punctele de suprapunere ale coordonatelor 3D sunt interpolate pentru obținerea grilei modelului DEM.
- Modelul DEM este folosit pentru a proiecta fiecare pixel de imagine și pentru a calcula ortomozaicul

Pentru identificarea eficientă a multitudinii de bucăți de grindină captate în imagini, a fost dezvoltată o serie de tehnici de detecție automată. Detecția simplă a diferenței de luminozitate a pixelilor pentru detectarea grindinei nu a fost eficientă din cauza luminozității similare a vegetației, a parcelelor de noroi,

a pietrelor și a resturilor de frunze. În ciuda contrastului scăzut, grindina a fost identificată ușor în imagini de către observatorii umani, motivând aplicarea modelului rețelelor neuronale de tip CNN (*convolutional neural network*).

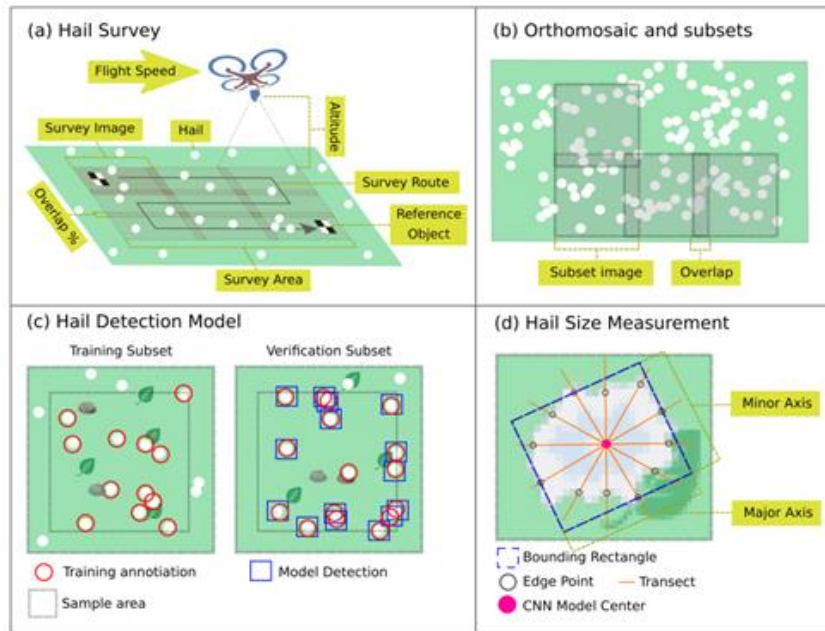


Figura 2.9: Fluxul de lucru al (a) colectării datelor, (b) împărțirea (secționarea) ortomozaicului, (c) detectarea grindinei cu ajutorul tehnicii de tip Mask-RCNN și (d) măsurarea dimensiunilor grindinei folosind secționare radială (Soderholm și colab., 2020)

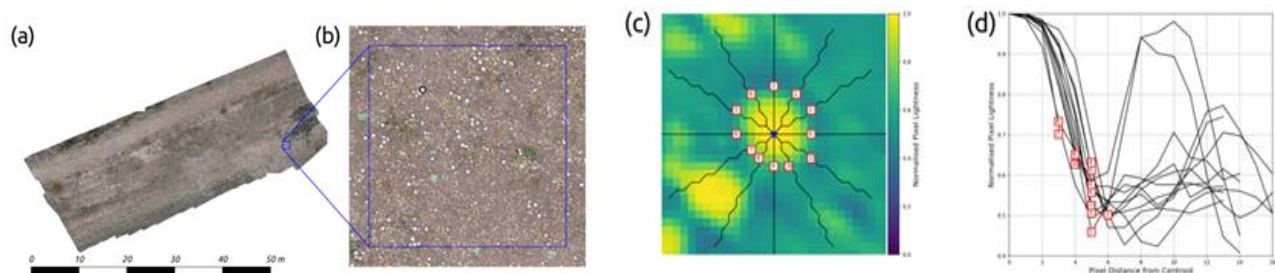


Figura 2.10: Demonstrare a extracției dimensiunilor grindinei din imagini preliminare ortomozaice (a) dintr-o singură secțiune (b; caseta de delimitare albastră) pentru o singură bucată de grindină (c, cercul negru din b). Secțiunile circulare pentru extragerea luminozității imaginilor sunt prezentate în (c) ca linii negre care radiază din centrul grindinei (cercul albastru) și pixelii marginii bucății de grindină de-a lungul secțiunilor sunt numerotați. Subgraficul (d) arată luminozitatea pixelilor normalizați de-a lungul celor 12 secțiuni prezentate în (c) cu marcarea corespunzătoare a pixelilor marginii bucății de grindină. (Soderholm și colab., 2020)

2.1.2. Inundații

Inundațiile se numără printre cele mai comune și mai distructive hazarde naturale, având un impact asupra vieților oamenilor și provocând dificultăți economice grave la nivel mondial (Khan și colab., 2011). Apariția inundațiilor este în creștere din cauza urbanizării rapide și a schimbărilor climatice extreme; prin urmare, studiul acestui fenomen prezintă interes tot mai mare pentru comunitatea științifică și nu numai, iar metodele de monitorizare și cartografiere a inundațiilor sunt, de asemenea în dezvoltare, pentru a facilita reducerea impactului dezastrelor cauzate de inundații. Progresul tehnologiilor actuale, cum ar fi al sistemelor de tip LiDAR a facilitat și îmbunătățit aplicațiile ce monitorizează inundațiile. Problema inundațiilor atrage atenția întregului glob, fiind depuse eforturi semnificative pentru a dezvolta soluții eficiente de prevenire și monitorizare a inundațiilor. Pregătirea hărților pentru zonele ce sunt predispuse apariției inundațiilor este una dintre exemplele fazei de pregătire într-un ciclu de gestionare a dezastrelor, ce este utilizată pe scară largă pentru a reduce impactul dezastrelor și pentru a reacționa în timp util în luarea de măsuri pentru oferirea de suport pentru populația afectată de acest tip de dezastru.

Nivelul și amploarea inundațiilor sunt parametri cheie pentru monitorizarea gradului în care se dezvoltă acest fenomen. Pentru a analiza mai bine o asemenea situație, adesea trebuie integrate mai multe surse de date de la diverși senzori. De exemplu, atât un senzor de sol *in situ* pentru măsurarea nivelului apei, cât și datele de teledetecție sunt utilizate pentru a se furniza informații utile ale zonei în care se produce inundația. Modelele de risc de inundații necesită informații spațiale actuale considerabile; cu toate acestea, utilizarea metodelor de la sol pentru a colecta aceste informații este dificilă. Tehnologiile de teledetecție pot obține aceste informații în mod economic. Deoarece sunt necesare informații extinse pentru o mai mare acuratețe, cartografierea inundațiilor poate fi realizată cu o precizie mai mare atunci când sunt combinați mai mulți senzori.

Abordarea folosită pentru a face față problemelor legate de inundații a fost schimbată substanțial în ultimul deceniu, trecând de la protecția împotriva inundațiilor la managementul riscului de inundații. În acest context, dezvoltarea unei strategii comune a riscului actual de inundații în rândul părților interesate este esențială, ceea ce înseamnă că probabilitatea de inundații într-o anumită locație, magnitudinea fenomenului de inundare, impactul și măsurile care pot fi luate pentru a atenua riscul ar trebui să fie înțelese de toată lumea (Henstra și colab., 2019). Această nouă abordare în gestionarea problemelor legate de inundații este acum comună în întreaga lume datorită Directivei Europene privind inundațiile 2007/60/EC și Directivei Societății Americane de Inginerie Civilă (ASCE) (Traver, 2014).

Hărțile de inundații sunt reprezentări cartografice ale zonelor geografice predispuse la inundații și sunt un instrument util pentru facilitarea înțelegerii riscului de dezastru (Dransch și colab., 2010). Tehnologia de cartografiere a inundațiilor a evoluat rapid în ultimul deceniu datorită progresului în modelarea bidimensională (2-D) a inundațiilor, a sistemelor de calcul și a datelor de înaltă calitate din ce în ce mai disponibile care permit obținerea informațiilor locale despre pericolele de inundații, inclusiv adâncimile inundațiilor, viteze etc. (Cea și Bladè, 2015; Fernández-Pato și colab., 2016; Felder și colab., 2018; Dazzi și colab., 2019; Sanders și Schubert, 2019).

LiDAR poate produce date de înaltă rezoluție și precizie ridicată bazându-se pe acuratețea componentelor GPS și IMU (Chen, 2016). Sistemele IMU sunt utilizate pentru a măsura poziția precisă, traiectoria și orientarea aeronavei. Între timp, scopul GPS-ului este de a identifica locația X, Y și Z. GPS-ul este responsabil pentru furnizarea locației precise a senzorului; prin urmare, GPS-ul diferențial este utilizat prin configurarea unei stații GPS la sol pentru a obține o precizie a poziției mai bună de 10 cm în datele furnizate de LiDAR-ul aeropurtat (Cracknell, 2007; Li și colab., 2008).

Un senzor inovator LiDAR aeropurtat (RIEGL LMS-Q560) a fost utilizat de Costabile și colab. în 2021, pentru a monitoriza și evalua riscurile de inundație pe râul Crati din orașul Cosenza, Italia. Diferite tipuri de DEM (model digital de suprafață, model digital de teren cu și fără clădiri și alte obiecte care acoperă pământul etc.) au fost produse la sfârșitul acestei etape și rearanjate pe două grile a căror dimensiune era de 0.5 m și respectiv 2 m. În plus, a fost asigurată achiziția de imagini digitale pentru a genera mai multe imagini ortofoto ale zonei.

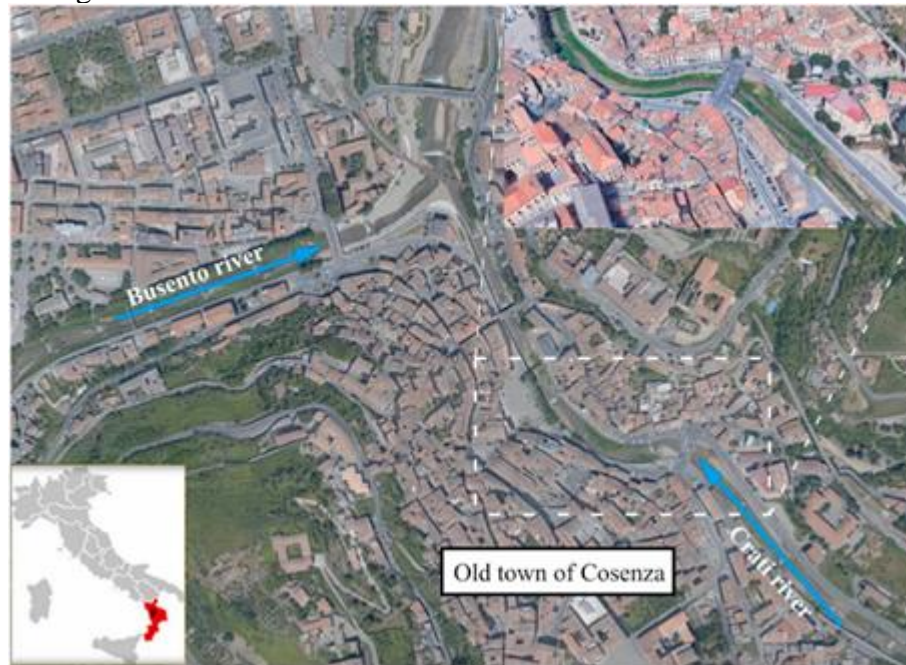


Figura 2.11: Privire de ansamblu asupra orașului vechi Cosenza (Italia) (Costabile și colab., 2021).

Din datele obținute cu ajutorul sistemului LiDAR, Costabile și colab., au realizat modele digitale de suprafață utile pentru planurile de management al inundațiilor deoarece permite diferiților utilizatori să obțină informații despre principalele “ținte” expuse riscului de inundații: oameni, vehicule și clădiri.

- **Inundații provocate de furtuni marine**

În ceea ce privește impactul fenomenelor marine asupra situațiilor de urgență, acestea pot fi mult mai bine monitorizate și înțelese, astfel încât timpul de reacție într-o situație de criză să fie minim. O modalitate de a realiza acest lucru este prin studierea zonelor de coastă cu ajutorul instrumentelor aeropurtate.

Un studiu realizat în Alaska (Lantz et. al, 2020) a arătat că intensificarea furtunilor de coastă, combinată cu topirea ghețarilor, creșterea nivelului mării și schimbările în condițiile de permafrost, va crește probabil incidența și impactul inundațiilor în mediile de coastă. Studiul a folosit date LiDAR de înaltă rezoluție prelevate cu ajutorul aeronavelor pentru a genera scenarii de inundații de furtună pentru trei comunități de coastă. Astfel aceștia au putut estima costuri relative ale daunelor provocate de diverse scenarii de criză. Tot cu ajutorul datelor LiDAR se pot efectua studii cu privire la eroziunea solului din zona de coastă. În cadrul dezastrelor determinate de furtuni marine, o evaluare rapidă a pagubelor produse, astfel încât să se poată lua măsuri într-un timp cât mai scurt se poate realiza cu ajutorul

vehiculelor aeriene fără pilot (UAV). Fiind un sistem foarte versatil, acesta poate fi extins în cadrul oricărei regiuni geografice.

- **Inundații produse de ridicarea nivelului pânzei de apă freatică**

Într-un studiu din Olanda (Delsman și colab., 2018), s-au folosit măsurări electromagnetice aeropurtate pentru a genera modele ale schimbărilor climatice asupra pânzei freatice. Astfel a fost creat un model tridimensional al pânzei freatice tranzitorii cu densitate variabilă dintr-o zonă de coastă, prin intermediul acestei tehnici. Aceste tipuri de studii în zonele de coastă sunt de interes deoarece pătrunderea apei marine (sărate) în pânza freatică de apă dulce a așezărilor reprezintă o amenințare, acest fenomen fiind reversibil - scurgeri de apă dulce din pânza freatică în bazinul mării. Tot prin măsurări electromagnetice realizate cu aparatură aeropurtată se poate determina salinitatea și nivelul pânzei freatice.

2.1.3. Tornade

Tornadele sunt perturbații atmosferice violente, de dimensiuni reduse, cu un caracter turbionar, sub aspectul unei coloane înguste care se rotește foarte repede. Tornadele se produc atunci când curenții de aer cald și rece se ciocnesc și creează o zonă de rotație, cu presiune atmosferică scăzută. Aerul dintr-un front cu presiune scăzută are tendința naturală de a se ridica, formând un curent ascendent puternic. Acest curent atrage aerul cald din jurul său, de la nivelul solului, făcându-l să se rotească din ce în ce mai rapid. În cazuri extreme, acești curenți puternici de aer pot atinge viteze de 500 km pe oră sau chiar 800 km pe oră. Dar chiar dacă există condițiile favorabile pentru ca o furtună să formeze vârtejuri, acest lucru nu se întâmplă întotdeauna.

Tehnologiile emergente de teledetecție, cele satelitare și imagistică aeropurtată și lidar, au demonstrat o creștere constantă a colectării, arhivării, organizării și comunicării eficiente a informațiilor referitoare la hazarde pentru diferite scări spațiale (Eguchi și colab., 2008; Pittore și colab., 2016). Colectarea informațiilor de tip tridimensional imediat după tornadă poate furniza informații cruciale și detalii ale daunelor. Tehnologiile de imagistică prin teledetecție s-au dovedit a fi eficiente pentru detectarea și delimitarea pagubelor în zone îndepărtate, în special zone împădurite care altfel ar putea rămâne nedetectate din cauza lipsei de populație și a observatorilor instruiți.

2.1.4. Secetă

Seceta și fenomenele asociate acesteia, respectiv aridizarea și deșertificarea, reprezintă, după poluare, cea de-a doua mare problemă cu care se confruntă omenirea, în ultima jumătate de secol. Extinderea acestor fenomene distructive la nivel global este pusă în evidență de datele din modelele climatice care indică o încălzire progresivă a atmosferei și o reducere a cantităților de precipitații, care conduc la apariția secetei. Permanentizarea acestui fenomen determină producerea aridizării, ca o primă fază în instalarea unui climat secetos, iar, ulterior, a deșertificării, care se recunoaște prin scăderea drastică a disponibilităților de apă, prin reducerea producțiilor culturilor agricole, a biomasei necesare ca material furajer și a biomasei lemnoase, precum și prin extinderea zonelor nisipoase (Humă și colab., 2004).

Datele de teledetecție oferă informații spectrale care și-au dovedit eficiența în multe aplicații din domeniul managementului dezastrelor. În general, rețelele de monitorizare de pe teren, sunt insuficiente prin densitatea scăzută a punctelor de observații; platformele satelitare asigură o acoperire spațială destul de largă fără limitări de acces. Din date de teledetecție se pot extrage parametri

biofizici, biologici sau structurali ai vegetației: indicele suprafeței foliare - *LAI*, biomasa, fracțiunea zilnică de radiație fotosintetică activă absorbită de acoperirea vegetală - *fAPAR*, indicele de vegetație-diferență normalizată - *NDVI*, indicele de apă-diferență normalizată - *NDWI*. Indicele de secetă diferență normalizată (*Normalized Difference Drought Index*) este un indice relativ nou util pentru monitorizarea secetei, fiind calculat ca raportul dintre diferența dintre indicele de vegetație diferență normalizată și indicele de apă diferență normalizată și suma lor:

$$NDDI = (NDVI - NDWI) / (NDVI + NDWI)$$

Combinând informații din vizibil, infraroșu apropiat și infraroșu în unde scurte, NDDI reprezintă un indicator de secetă mai sensibil, în special în perioadele de vară. NDDI este un parametru ce oferă informații suplimentare precise și utile în monitorizarea secetei, alături de datele *in situ* și agrometeorologice (Nerțan și colab., 2016).

Sistemele LiDAR se montează în general pe platforme aeriene, vehicule terestre și platforme fixe și staționare la sol. UAV-urile prezintă un potențial și o eficiență mult mai mare decât celelalte platforme ce permit cartografierea 3D. Deși LiDAR are aplicații limitate pentru studiile asupra impactului cauzat de secetă, unele aplicații ar putea fi posibile. Pe scurt, platformele aeriene cu sisteme LiDAR sunt eficiente pentru măsurarea zonelor cu multă vegetație ce formează un strat deasupra solului, în timp ce imaginile brute ar putea fi nepotrivite pentru analiza toleranței la secetă. Pentru a depăși acest lucru, sunt sugerate platforme la sol cu rezoluția actuală a imaginii LiDAR (Kim și colab., 2020).

Seceta este descrisă în mod obișnuit ca un fenomen natural indus de deficitul de precipitații și de dezechilibrul hidrologic în consecință (Pachauri și colab., 2014; Trenberth și colab., 2014). Seceta poate apărea în toate condițiile climatice și are o gamă largă de efecte dăunătoare (Dai, 2011; Vicente-Serrano și colab., 2019). De exemplu, poate cauza pierderi de recoltă, ceea ce poate duce la preocupări substanțiale ale securității alimentare și pierderi financiare (Daryanto și colab., 2015; Daryanto și colab., 2016; God-fray și colab., 2010; Pandey și colab., 2007;); poate scădea volumele de apă din râuri, lacuri și ape subterane, impactând direct disponibilitatea apei, distribuția și furnizarea de energie (Van Loon, 2015); de asemenea, poate amplifica mortalitatea copacilor, poate declanșa incendii și poate scădea absorbția de carbon în vegetație (Allen și colab., 2010; Ciais și colab., 2005; Zhao și Running, 2010), influențând astfel potențialul de stocare a carbonului terestru.

Având în vedere avantajul spațial și temporal pe care îl poate oferi teledetecția, datele de la o serie de platforme satelitare au jucat un rol din ce în ce mai important în studiile de secetă în ultimul deceniu (AghaKouchak și colab., 2015; West și colab., 2019). În plus, progresele în dezvoltarea algoritmilor și creșterea capacității de calcul și stocare au îmbunătățit considerabil potențialul de aplicare al teledetecției pentru studiile de secetă (Abdelwahab și colab., 2014; Faghmous și Kumar, 2014; Huntington și colab., 2017). Pe lângă faptul că oferă o capacitate de observare independentă, datele de teledetecție oferă o oportunitate de a reduce incertitudinea și de a restrânge eforturile de modelare îndreptate către predicția secetei (Smith și colab., 2016). Cu toate aceste progrese, a existat un număr tot mai mare de studii pe tema monitorizării și impactului secetei (Agutu și colab., 2017; Asner și colab., 2016; Gonçalves și colab., 2020; Hu și colab., 2020; Jiao și colab., 2019a; Jiao și colab., 2019b; Jiao și colab., 2019c; Liu și colab., 2017a; Nicolai-Shaw și colab., 2017; Park și colab., 2017; Schwantes și colab., 2017 2016; Thomas și colab., 2017; Zhang și colab., 2017).

Integrarea mai multor senzori prezintă o serie de avantaje pentru teledetecția secetei în comparație cu abordările cu un singur senzor, cum ar fi:

(i) Este recunoscut faptul că seceta are efecte complexe asupra mediului și poate afecta numeroase componente ale ecosistemelor în paralel (Vicente-Serrano și colab., 2019). Folosit individual, este puțin probabil ca un singur indice de secetă să surprindă complexitatea interacțiunilor proceselor și a diferitelor impacturi ale secetei, în timp ce platformele cu mai mulți senzori, facilitate de recuperări multivariate, pot reflecta mai bine amploarea și severitatea condițiilor de secetă (Hao și AghaKouchak, 2013; Hao și Singh, 2015).

(ii) Produsele actuale de teledetecție fac deja posibilă observarea secetei din diverse perspective, inclusiv prin monitorizarea precipitațiilor, a temperaturii aerului și a suprafeței solului, a umidității solului, a evaporării, a stocării totale de apă și a sănătății vegetației (Agha-Kouchak și colab., 2015; Alizadeh și Nikoo, 2018; Pan și colab., 2008). O serie de platforme de teledetecție furnizează informații continue legate de secetă pe termen lung pentru utilizare la scară largă, un exemplu fiind seria de sateliți a Administrației Naționale a Oceanelor și Atmosferei (NOAA), care au asigurat acoperire globală de la radiometrul avansat de foarte înaltă rezoluție (AVHRR) din 1979 până în prezent (Van Leeuwen și colab., 2006). O astfel de acoperire pe termen lung este posibilă numai prin fuziunea datelor multi-senzor/multiplatformă.

(iii) Până la adăugarea recentă a constelațiilor CubeSat la sistemul de observare a Pământului (McCabe și colab., 2017; Rahmat-Samii și colab., 2017; Woellert și colab., 2011), sateliții cu un singur senzor nu au putut oferi în timp real informații despre secetă cu rezoluție spațio-temporală mare, deoarece abordările tradiționale de teledetecție necesită, în general, un compromis între rezoluția spațială și frecvența temporală (Price, 1994; Zhu și colab., 2010). Noile sisteme, împreună cu fuziunea datelor de la diferiți senzori și platforme, sau multi-senzorii din constelațiile de sateliți, pot oferi informații despre secetă cu rezoluție spațială și temporală ridicată (Feng și colab., 2006; McCabe și colab., 2017b; Pohl și Van Genderen, 1998; Zhu și colab., 2010), depășind această diviziune spațio-temporală.

(iv) Studiile de secetă care utilizează mai multe surse de date pot furniza mai multe informații și pot îmbunătăți robustețea analizei. Senzorii de la diferite instrumente observă Pământul în mod independent, permițând astfel analiza dintr-o varietate de surse de date care pot oferi validare încrucișată și o reprezentare îmbunătățită a incertitudinii de predicție.

(v) Progrese recente atât în ceea ce privește noii senzori, cât și tehnicile de observare îmbunătățite, cum ar fi fluorescența clorofilei indusă de soare în spațiu (Jiao și colab., 2019a; Sun și colab., 2015), detectarea și măsurarea luminii (LiDAR) oferă informații complementare care pot fi integrate în studiile cu mai mulți senzori asupra secetei pentru a înțelege mai bine mecanismele dezvoltării și impactului acesteia.

Seceta poate avea un impact direct asupra rezervelor de carbon terestru, răspunsul vegetației fiind un indicator cheie al acestei influențe (Piao și colab., 2019). Impactul secetei asupra ciclului terestru al carbonului a fost evaluat folosind observații cu teledetecție (AghaKouchak și colab., 2015), cu scăderi ale productivității vegetației acționând pentru a reduce absorbția de CO₂ (Chen și colab., 2013; Ciais și colab., 2005; Donohue și colab., 2013).

Cu toate acestea, răspunsul vegetației la secetă poate varia considerabil, atât din punct de vedere fiziologic, cât și structural, de la nivelul frunzelor până la nivelul copacilor. Răspunsurile structurale și fiziologice ale plantelor la secetă nu sunt bine înțelese la scară largă (Van der Molen și colab., 2011). Răspunsurile fiziologice variază în funcție de activitățile enzimatice legate de fotosinteză și de închiderea stomatică, care acționează pentru a preveni pierderea apei (Chang și colab., 2020; Meir și colab., 2008; Meir și Woodward, 2010). Schimbarea structurală în condiții de stres cauzat de secetă poate include reduceri ale suprafeței frunzelor, căderii frunzelor și modificarea distribuției unghiului frunzelor în interiorul copacului (Kull și colab., 1999). O astfel de schimbare a fost adesea dedusă prin măsurări ale

indicelui suprafeței frunzelor (LAI) bazate pe teledetecție (Zhang și colab., 2013). Cu toate acestea, estimarea corectă a indicelui LAI la scară regională până la globală rămâne o provocare de lungă durată (Richardson și colab., 2009). Teledetecția pentru determinarea LAI poate fi realizată prin senzori optici pasivi, senzori cu microunde și instrumente de detectare și măsurare a luminii active (LiDAR), fiecare metodă având punctele sale forte și limitările relative (Fang și colab., 2019; Zheng și Moskal, 2009). De exemplu, senzorii optici pasivi pot oferi imagini multispectrale, ceea ce este benefic pentru diferențierea obiectelor (Chen și colab., 2004). Cu toate acestea, estimările LAI bazate pe senzori optici pasivi pot fi afectate de mai mulți factori, cum ar fi saturația bazată pe indicele de vegetație, degradarea senzorului, atenuarea efectelor pigmentului frunzelor și contaminările atmosferice (Xie și colab., 2018; Yan și colab., 2019). Estimarea LAI bazată pe microunde are potențialul de a depăși impactul norilor și a altor influențe atmosferice (Fang și colab., 2019). Cu toate acestea, puține estimări bazate pe microunde se bazează pe modele fizice radar, iar acuratețea determinărilor indicelui LAI la scară largă pe bază de microunde necesită evaluări suplimentare (Fang și colab., 2019; Tao și colab., 2016). Indicele LAI bazat pe LiDAR poate fi estimat prin separarea componentelor lemnoase ale copacului și ale frunzișului (Zhao și colab., 2011).

În plus, observațiile LiDAR au potențialul de a caracteriza structura verticală a vegetației la diferite înălțimi și de a furniza date precise tridimensionale (3D) (Liu și colab., 2017b). Astfel de date oferă noi oportunități pentru evaluări detaliate ale impactului secetei asupra structurii copacului. În literatura de specialitate sunt disponibile diverse abordări de monitorizare a secetei culturilor, care pot fi împărțite în abordări bazate pe măsurarea directă a solului și abordări indirecte bazate pe teledetecție (J. Bellvert și colab., 2014). Abordarea la sol este precisă, deși, de obicei necesită forță de muncă, consumă mult timp, și are un cost ridicat, prin urmare, nu poate satisface nevoile reale pentru suprafețe vaste de teren. Ca urmare, există o tendință de a adopta tehnologia de teledetecție pentru a deduce în timp util informațiile despre secetă extrase din diverse instrumente, inclusiv senzori electro-optici și radar. De exemplu, sateliții echipați cu o cameră multispectrală pot oferi informații utile despre umiditate cu privire la sol și cultură, unde benzile infraroșii cu unde scurte sunt diferite. Deși este potrivită pentru aplicații pe suprafețe mari, este, de asemenea, recunoscută existența anumitor limitări pentru teledetecția bazată pe satelit (C. Zhang și colab., 2012). În primul rând, costul teledetecției prin satelit este de obicei ridicat. În al doilea rând, rezoluția spațială a imaginilor din satelit este de obicei scăzută, de ex. 10 m, ceea ce duce la problema pixelilor micști și deci nu este potrivit pentru terenuri agricole de scară mică sau mijlocie. În al treilea rând, satelitul poate fi ușor afectat de variațiile de mediu, cum ar fi norii. În plus, timpul de revizuire a satelitului este de obicei fix și nu flexibil. Cu rezoluții spațio-temporale definite de utilizator, un cost scăzut și flexibilitate, teledetecția bazată pe UAVa devenit o completare importantă pentru teledetecția bazată pe satelit și aeronave cu echipaj (C. Zhang și colab., 2012). În această abordare, diferite instrumente (de exemplu, imaginile RGB), camere multispectrale, hiperspectrale, termice și radar) pot fi instalate pe UAV-uri care pot zbura la diferite altitudini pentru diverse aplicații, inclusiv clasificarea culturilor, estimarea parametrilor agronomici (de exemplu, indicele suprafeței frunzelor, biomasă, azot conținut, densitatea plăcilor), monitorizarea dezastrelor, printre multe altele (T. Zhao și colab., 2017).

2.1.5. Temperaturi extreme

Gheața formată pe lacuri sau râuri este o componentă importantă a criosferei, având un rol cheie în climatul global, energia de suprafață, fluxuri de umiditate și în sănătatea ecosistemelor acvatice și riverane. Importanța gheții de apă dulce are un efect și asupra economiei. Referitor la fenomenele de gheață formată pe râuri sau fluvii, acestea pot avea efecte negative cauzate de barajele sau blocajele de gheață sau de inundațiile ce pot avea loc. Barajele de gheață sunt fenomene hidrologice periculoase caracteristice zonelor predispușe. Creșterile nivelurilor apelor în timpul formării barajelor de gheață pot avea efecte negative asupra așezărilor umane și activităților economice situate în apropierea râurilor sau fluviilor afectate.

Pentru a reduce riscurile asociate acestor fenomene este necesară monitorizarea cât mai eficientă a formațiunilor de gheață de pe râuri sau fluvii.

Observațiile și monitorizarea din teren a acestor fenomene sunt metodele cele mai de încredere, dar de obicei prezintă dezavantaje, cum ar fi costurile de operare ridicate și timpul necesar. Aceste dezavantaje au dus la dezvoltarea de tehnologii noi de măsurare și monitorizare la distanță (teledetecție). Tehnicile cele mai eficiente și răspândite sunt reprezentate de implementările aeropurtate, atât cu ajutorul aeronavelor cât și cu ajutorul vehiculelor aeriene fără pilot (UAV).

Sistemele de vehicule aeriene fără pilot (UAV) oferă o soluție promițătoare pentru obținerea de imagini de teledetecție a condițiilor de gheață de pe râuri și fluvii. Avantajele UAV includ costuri reduse, logistica flexibilă din punctul de vedere al lansării și aterizării, siguranța, capacitatea de a zbura sub nori și colectarea de imagini de înaltă rezoluție. UAV-ul poate fi lansat cu o catapultă și poate ateriza cu o parașută, ceea ce face posibilă desfășurarea rapidă și obținerea de imagini în timp util ale segmentelor de râu acoperite cu gheață sau blocate cu gheață. Deoarece UAV-ul zboară sub nori, calitatea imaginilor obținute nu este influențată de vremea înnoată de cele mai multe ori, spre deosebire de sistemele prin satelit și aeronave. Imaginile UAV au o rezoluție spațială foarte mare, care poate fi ajustată și prin schimbarea altitudinii de zbor. Datorită naturii funcționării fără echipaj, nu există victime în caz de accidente. Achiziția de date UAV are unele dezavantaje, inclusiv limitarea sarcinii utile, distorsiunea geometrică mare a imaginii, acoperirea îngustă a unei singure imagini și necesitatea unei pre-procesări semnificative a imaginii.

În aplicațiile civile, teledetecția UAV este aplicată în primul rând pentru investigarea mediilor naturale și a dezastrelor. Universitatea din Tokyo a folosit UAV care poartă o cameră optică pentru a capta informații despre vegetație și caracteristici geografice detaliate într-un mediu fluvial. UAV a fost folosit ca o alternativă utilă la aeronavele cu pilot pentru supravegherea și monitorizarea populațiilor și ecologiei faunei sălbatice. De asemenea, UAV-urile au fost folosite pentru a colecta informații despre gheața pentru mări, lacuri și râuri. Un UAV a fost utilizat pentru a detecta, urmări și prognoza caracteristici severe de gheață, cum ar fi crestele de gheață și aisbergurile, pentru a asigura siguranța și succesul operațional.

Un exemplu de implementare a unui sistem UAV este dat de Jiayuan Lin et. al. 2012. Cu structură unică și viteză mai mare, UAV-ul cu aripă fixă (Figura 2.12) are o rezistență mai mare la forfecarea

vântului decât elicopterele fără pilot și UAV-urile cu patru rotoare. Acest aspect nu numai că va spori considerabil siguranța zborului, dar va facilita și menținerea stabilității pentru senzorii de la bord, astfel încât aceștia pot obține imagini de calitate superioară în condiții de vânt.



Figura 2.12: Sistemul de teledetecție UAV utilizat pentru observarea condițiilor de gheață a râului Galben: (a) platforma UAV cu aripă fixă; (b) sistem de control al zborului; (c) aparat de fotografiat digital; și (d) sistemul de control al stației de la sol (Lin și colab., 2012)

O implementare a unui sistem aeropurtat este dată de Fedorov și colab., 2021, în care a fost utilizat un sistem radar (GPR – *Ground Penetrating Radar*). Este utilizat sistemul OKO-2 GPR cu detectare automată a locației printr-un sistem de poziționare (GPS/GLONASS). Sistemul este reprezentat în Figura 2.13, unde este instalat împreună cu antena AB400 (frecvență centrală 400 MHz) la bordul aeronavei EuroStar SLV. În partea dreaptă a figurii este reprezentată distribuția grosimii gheții prin cod de culoare.

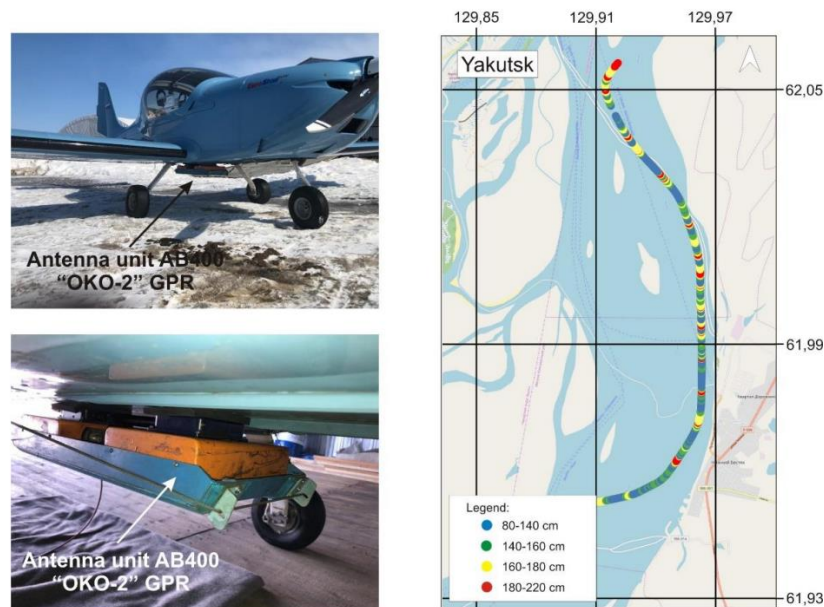


Figura 2.13: Sistemul OKO-2 GPR și antena AB400 la bordul aeronavei EuroStar SLV (stanga) și exemplu de rezultate georeferențiate (dreapta)

2.1.6. Incendii de vegetație

Incendiile forestiere (termenul folosit în Europa pentru a desemna incendiile nedorite care ard pădurile și terenurile sălbatice; denumite și „incendii sălbatice”) reprezintă un pericol major în întreaga Europă, producând pierderi mari atât la nivelul componentelor de mediu, cât și pierderi economice. Incendiile de pădure au consecințe extreme asupra ecosistemelor locale și globale și afectează atât infrastructura, cât și componenta umană. Prin urmare, detectarea incendiilor și monitorizarea precisă a tipului, amplitudinii și impactului perturbației pe suprafețe mari devine din ce în ce mai importantă.

Tendința de apariție a sezoanelor de incendii recurente și tragice în Europa reflectă limitările strategiilor și programelor convenționale de gestionare a incendiilor de pădure în abordarea eficientă a fenomenului. S-au înregistrat progrese până în prezent la diferite niveluri, inclusiv revizuirea programelor forestiere naționale, dezvoltarea criteriilor și indicatorilor de gestionare durabilă a pădurilor și a codurilor voluntare de bune practici. Cu toate acestea, numărul tot mai mare de evenimente extreme de incendii indică faptul că strategiile contemporane de gestionare a terenurilor trebuie să țină cont de regimurile de perturbare și tipurile de ecosistem care definesc peisajele predispușe la incendiu. Acest nou context necesită o gestionare mai eficientă a incendiilor forestiere bazată pe știință și o luare a deciziilor în funcție de risc, care să țină cont de condițiile socioeconomice, climatice și de mediu. Aceasta înseamnă, de asemenea, concentrarea atenției de la suprimare la prevenire în cadrul managementului integrat al incendiilor și creșterea gradului de conștientizare și pregătire a populațiilor expuse riscului. Abordarea noului context al incendiilor de pădure din Europa va implica, prin urmare, consolidarea cooperării europene în ceea ce privește gestionarea riscului de incendiu forestier prin sinergii eficiente între obiectivele politicii UE, naționale și guvernanta teritorială. Ca urmare, ar putea fi implementate strategii de gestionare a pădurilor mai echilibrate și durabile care să integreze aspectele de prevenire, adaptare la climă, educație, pregătire, suprimare și restaurare.

În condiții meteorologice extreme, un incendiu se poate transforma rapid într-un incendiu mare și intens cu efecte catastrofale. Detectarea în timp util și precis necesită integrarea comportamentului incendiului și a cunoștințelor forestiere la nivel strategic și tactic. Prin urmare, detectarea rapidă a incendiilor de pădure este fundamentală pentru coordonarea și efectuarea unei acționări inițiale mai rapide și mai eficiente.

Țările europene au depus un efort semnificativ pentru a reduce riscul de incendiu forestier. Investițiile în cercetare au avut ca rezultat progrese semnificative în înțelegerea aspectelor sociale, ecologice și tehnice legate de detectarea, răspunsul și suprimarea incendiilor forestiere, prevenirea și restaurarea după incendiu. Progresul științific în domeniul riscului de incendiu forestier a contribuit la facilitarea și stimularea inovațiilor, a noilor programe de management și la adoptarea de măsuri, precum și la o mai bună înțelegere a riscului în sine.

Datele de teledetectie pot ajuta la gestionarea incendiului în trei etape legate de producerea incendiului, inclusiv (i) înainte de incendiu (măsuri de evitare a pericolului pentru combustibil, timp de la ultima ardere) pentru a sprijini activitățile de prevenire sau minimizare a incendiilor, (ii) în timpul incendiului (aproape în timp real), detectarea și localizarea zonelor active de incendiu și (iii) după incendiu (cartografierea și evaluarea zonelor arse). Incendiile active pot fi detectate folosind date satelitare deoarece fronturile de incendiu sunt foarte fierbinți în comparație cu temperatura peisajului de fundal și emit cantități mari de energie care pot fi potențial observate de senzorii termici de la bordul sateliților sau avioanelor.

Cea mai veche metodă de detectare și monitorizare a incendiilor este utilizarea turnurilor de incendiu active în timpul sezonului de vârf al incendiilor; aceste structuri erau adesea puncte de

observație îndepărtate. Turnurile, care sunt încă folosite în perioadele de vârf, necesită forță de muncă substanțială și au furnizat doar informații de incendiu bazate pe direcție. De asemenea, platformele de observare sunt încă utilizate și oferă posibilitatea de monitorizare în timp real a incendiului, deși costurile și raza de zbor au limitat utilitatea (Matthews și colab., 2010). Sensorii de cartografiere a Pământului, cum ar fi Advanced Very High Resolution (AVHRR) au început să fie utilizați pentru proiecte de mediu la scară largă, cum ar fi cartografierea stării vegetației, inclusiv identificarea punctelor fierbinți termice folosind o tehnică dezvoltată de Dozier (1981).

Identificarea cu succes a zonelor fierbinți prin satelit a condus la investigații suplimentare privind potențialul de monitorizare a incendiilor. Muirhead și Cracknell (1984) și Matson și colab. (1987) au fost printre primii care au detectat incendiile de vegetație folosind date de la senzorii AVHRR și respectiv NOAA-N. Prezența fumului provenit de la incendii, dar și a norilor a fost un factor care a limitat succesul acestor proiecte inițiale, așa cum a fost și confundarea incendiilor de vegetație cu arderea puțurilor de petrol, dar aceste erori au fost reduse la minimum prin perfecționarea tehnologiei senzorilor și a algoritmilor activi de procesare a incendiilor (Dozier, 1981; Louis Giglio, și colab., 2006; Lentile, și colab., 2006).

În prezent, sunt disponibile două tipuri diferite de rețele de senzori pentru detectarea incendiilor: camere de supraveghere și rețelele de senzori fără fir. Dezvoltarea senzorilor, a camerei digitale, a procesării imaginilor și a calculatoarelor industriale a dus la dezvoltarea unui sistem de recunoaștere și avertizare timpurie automată și optică a incendiilor forestiere. În sistemele terestre pot fi utilizate diferite tipuri de senzori de detecție: (i) cameră video, (ii) camere termice cu infraroșu (IR), bazate pe detectarea fluxului de căldură al incendiului, (iii) spectrometre IR pentru a identifica caracteristicile spectrale ale fumului, (iv) sisteme de detectare a luminii și de măsurare a distanței - LIDAR care măsoară fasciculul laser reflectat de particulele de fum.

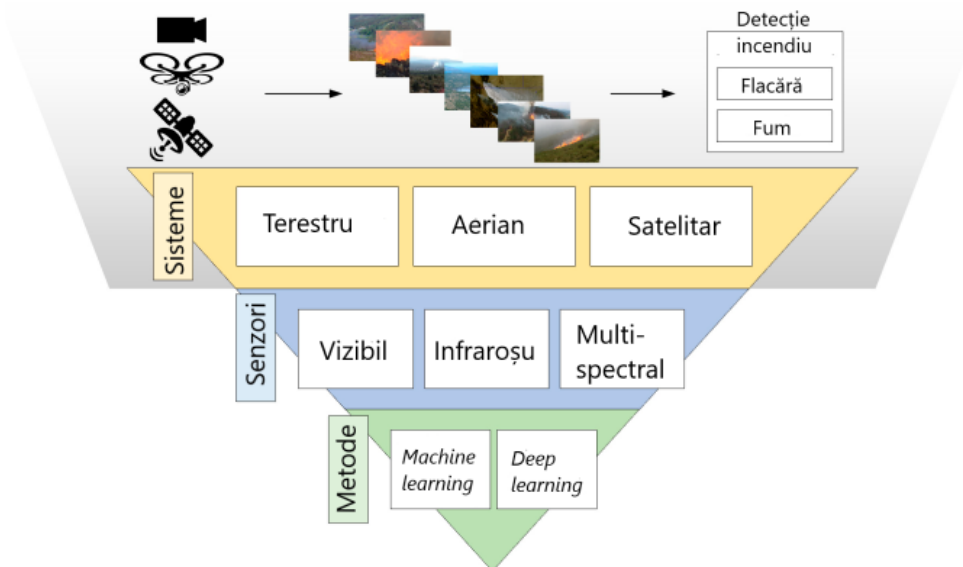


Figura 2.14: Sisteme de imagistică multispectrale pentru detectarea incendiilor

Sistemele de imagistică de la sol pot detecta atât flacăra, cât și fumul, dar în cele mai multe cazuri este imposibil de vizualizat răspândirea flăcărilor prin intermediul unei camere de la sol sau într-un turn de supraveghere. În acest scop, vehiculele aeriene fără pilot (UAV) pot furniza o imagine mai precisă de ansamblu, chiar și în zonele care sunt inaccesibile sau sunt considerate periculoase pentru operațiunile echipajelor de stingere a incendiilor.

2.1.7. Avalanșe

Avalanșele sunt un fenomen natural și reprezintă alunecări pe pante a unor mase de zăpadă, apar de regulă în zone montane, în anumite condiții și din anumite cauze - pot fi spontane (autodeclanșate, de factori naturali) sau declanșate (de oameni) - pot produce victime omenești sau pagube materiale importante (Sfârlea, 2015). Avalanșele apar atunci când gravitația care împinge zăpada în vârful pantei este mai mare decât puterea zăpezii în sine. O schimbare de temperatură, un zgomot puternic sau vibrații pot fi câteva cauze ale apariției avalanșelor.

Exemple de catastrofe pe plan internațional: Franța, 1601: Cheze et Saint-Martin (Pirinei): 107 morți, ambele sate distruse, Franța, 1749: Huez (Isere): 130 morți, mare parte a localității distrusă, SUA, Statul Washington, 1910: o avalanșă a surprins și smuls de pe o cale ferată două trenuri, Canada, 1910: avalanșă cu 62 morți (muncitori care dezgropau un tren acoperit de altă avalanșă), Nanga Parbat (munții Karakorum), 1937: 16 alpiniști germani și serpași morți în avalanșă, Peru, 10 ianuarie 1962: avalanșă uriașă, pornită de sub vf. Huascarán - 4000 de victime în 9 mici localități, Franța, 1970: Val d'Isere (Savoia): 39 morți, 37 răniți, o cabana distrusă - Peru, 31 mai 1970: avalanșă uriașă (cutremur care a dislocat un ghețar suspendat) - distruge orașul Yungay - peste 15.000 victime, Franța, 20 ianuarie 1981, departamentele Savoia și Isere: peste 100 locuințe, biserici, anexe gospodărești distruse de avalanșe, Elveția, Galtur: 23 februarie 1999: zeci de clădiri, 31 morți și 18 răniți (circa 250.000 mc de zăpadă pulver cantarind circa 87.000 tone au coborât 1300 m diferența de nivel cu circa 250 km / h)

Exemple de avalanșe mari în Carpații românești, cu victime:

- catastrofa de la Bâlea din 17 aprilie 1977, în care au pierit 23 de schiori sibieni
- grupul de militari surprinși de o avalanșă declanșată de o explozie a geniștilor, la construirea Transfăgărășanului

Deși este un fenomen cu o rată de producere relativ mică, ele pot fi declanșate în mod natural din cauza unei sarcini crescute provocate fie de ninsori, fie de modificări ale zonelor de zăpadă, fie de la căderea de pietre sau chiar de la căderea gheții. Având o capacitate impresionantă de a putea transporta cantități mari de zăpadă la viteze mari, avalanșele pot provoca o distrugere semnificativă a proprietăților. Zonele care sunt favorabile pentru apariția avalanșelor reprezintă o amenințare semnificativă pentru oameni și infrastructură, iar pentru a diminua cât mai mult puterea de obstrucție a acestora trebuie eliminat potențialul de avalanșă prin declanșarea ei artificială.

Anumiți producători de UAV-uri își doresc ca dronele lor să ajute la localizarea victimelor surprinse în avalanșe, ceea ce ar eficientiza întregul proces. În plus, atât găsirea victimelor într-un timp mult mai scurt ar ajuta salvamontistii să detoneze ulterior, fără probleme, zăpada acumulată din cauza avalanșei, pentru a îndepărta zăpada de pe versanții munților.

Folosind drone pentru a scădea considerabil timpul de căutare a victimelor, salvamontiştii ar putea ajunge la victimele îngropate de zăpadă înainte de a fi prea târziu. Statisticile realizate de cercetări arată că mai mult de 90% dintre oamenii prinși în avalanșă supraviețuiesc dacă sunt găsiți în primele 15 minute de după catastrofă. După 45 de minute șansele de supraviețuire scad până la 20%. Expertul în avalanșe Henry Schniewind spune că sufocarea este principala cauză a morții oamenilor surprinși de avalanșe. Transmițătoarele de avalanșă, dispozitive radio de buzunar care emit un semnal pulsatoriu de mică putere, sunt în momentul de față dispozitivele cu ajutorul cărora echipele de salvare găsesc victimele îngropate de avalanșe. Serviciul de Salvare Montană a Cehiei (MRS) folosește Robodrone Kingfisher dotate atât cu camere, cât și cu propriul lor transmițător de detectare a avalanșelor pentru misiunile de salvare.

În 2016, Mesay Belete Bejiga, Abdallah Zeggada, și Farid Melgani au scris un articol (Bejiga și colab., 2016) despre tehnici de detecție în timp real a obiectelor din imagini surprinse de drone în vederea sprijinirii operațiunilor de căutare și salvare a persoanelor surprinse în avalanșe. În această lucrare, cei trei cercetători și-au propus să proceseze imaginile colectate prin intermediul camerelor de la drone cu ajutorul unei rețele neuronale convoluționale (*CNN - convolutional neural network*).

Pentru a detecta obiectele de interes, în partea superioară, este integrat un sistem ce are la bază un sistem liniar de tip SVM (Support Vector Machine), adică o tehnică de clasificare bazată pe teoria statistică (Morariu, 2007), favorită pentru manipularea mulțimilor foarte mari de date. Rezultatele experimentale arată că performanțele detectării sunt încurajatoare pentru un timp rezonabil de procesare a datelor. Pentru această lucrare au fost utilizate drone echipate cu senzori optici pentru a scana suprafețele supuse avalanșei și sunt procesate datele obținute folosind tehnici de procesare a imaginilor pentru a identifica victimele surprinse în avalanșă în timp real. Cerința de a detecta un obiect dintr-o imagine începe prin a reprezenta acea imagine printr-un vector potrivit, ale cărui elemente sunt constituite din obiecte, potrivit, iar după aceea acest vector să fie trecut printr-un clasificator.

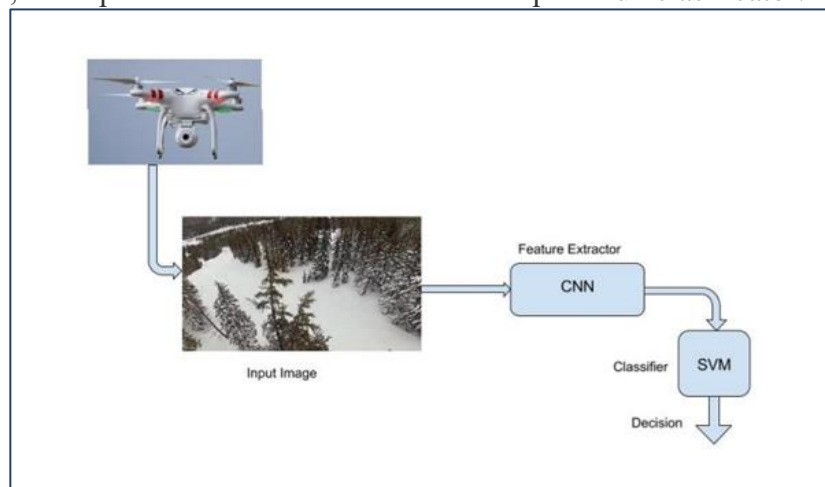


Figura 2.15: Schema-bloc a procesului de identificare a victimelor după avalanșă (Bejiga și colab., 2016)

Având la dispoziție seturi mari de date din întreaga lume, precum cele de la ImageNet (www.image-net.org/), calculatoare de înaltă performanță și o arhitectură a rețelelor îmbunătățită, rețelele convoluționale (CNN sau ConvNet) au îmbunătățit în mod semnificativ detectarea obiectelor și performanțele de clasificare. Astfel, s-a propus să se reprezinte o imagine folosind tehnici de detectare a imaginilor cu ajutorul rețelelor CNN și a sistemelor vectoriale pentru machine learning de tip SVM pentru operațiuni de salvare și căutare a persoanelor prinse în avalanșe. Următorul pas după ce s-a făcut

extragerea imaginii este folosirea clasificatorului pentru a face distincția între probele pozitive și negative. Clasificatorul SVM a fost ales în acest sens pentru performanțele sale: eficacitatea în problemele de clasificare hiper-dimensională și popularitatea în aplicații de teledetecție.

Pentru a simula scenariu de după producerea avalanșei se utilizează imagini captate de drone ce surprind zone de ski, în care sunt prezente anumite obiecte de interes, cum ar fi: părți ale corpului uman, rucsace, ski-uri, etc. Setul de date utilizat a fost compus din 165 de imagini, dintre care 59 au fost considerate probe pozitive, cu o rezoluție a imaginilor de 1280x720.



Figura 2.16: Exemplu de imagine clasificată negativ (stânga sus), imagine clasificată pozitiv (dreapta sus), obiect fals clasificat pozitiv într-un dreptunghi galben (stânga jos), și obiect fals clasificat negativ sau obiect nedetectat (dreapta jos). Obiectele de interes sunt indicate printr-o săgeată galbenă (Bejiga și colab., 2016)

Rezultatele experimentale au arătat că procesarea la o rezoluție mai mare îmbunătățește în mod semnificativ eficiența, dar în același timp crește și timpul de procesare.

UAV-urile sunt dezvoltate pentru a fi multifuncționale, (Silvagni și colab., 2017) să aibă masă relativ mică (<5 kg), să fie capabile să realizeze zboruri complet autonome (incluzând decolările și aterizările) sau să fie ușor configurabile în misiuni specifice. În astfel de misiuni autopilotul gestionează măsurătorile senzorilor (semnale, camere) pentru a îmbunătăți automat misiunile necesare. Funcționalități specifice precum urmărirea terenului (cartografierea) au fost dezvoltate și implementate. Operarea la sol a UAV-ului nu este necesară, cu excepția cazului monitorizării, deoarece în cazul nostru, al avalanșelor, misiunea de salvare poate fi realizată în mod complet automat.

Interfața cu utilizatorul disponibilă pentru semnalele luminoase moderne pentru avalanșe (ARTVA) ghidează echipele de salvare în timpul căutării, reducând timpul de căutare. Acest lucru este foarte util pentru situațiile de salvare automată când stresul joacă un rol important asupra operațiunilor. Eficacitatea acestor dispozitive este confirmată de faptul că numărul deceselor din ultimii ani din cauza deceselor cauzate de avalanșe a rămas constant, deși numărul sportivilor și a pasionaților de drumeții a crescut (Techel F, 2013). Chiar dacă senzorii moderni pentru avalanșe sunt validați și siguri, raza de operare a acestora este de aproximativ 60 m (Meister E, 2014), ceea ce influențează foarte mult timpul de salvare. În condiții reale de operare, această distanță este redusă din cauza mai multor factori:

zgomotul ambiental, interferența cu alte dispozitive electronice sau cu alte semnale. Mai mult de atât, echipele de salvare se confruntă cu alți factori ce îngreunează căutările, cum ar fi mediul și relieful, de aceea din nou dronele se dovedesc cea mai bună soluție, deoarece ele efectuează activitățile necesare în mod autonom, eficiente și fără să expună echipele de salvare la alte riscuri cauzate de a doua avalanșă ce ar putea urma.

Așa cum a fost demonstrat de către organizațiile de voluntari, cum ar fi SAR Drones (SAR Drones, 2016), aplicațiile în mediul muntos sunt în ziua de azi foarte puține și nu par să treacă de etapa preliminară a prototipului.

Proiectul ALCEDO (ALCEDO, 2009) a început în 2009 și a avut ca scop dezvoltarea și construirea unui quadcopter ultrașor cu un set de algoritmi foarte sofisticăți de localizare și navigare, pe baza GPS-ului, pentru a localiza victimele supuse avalanșelor în mai puțin de 10 secunde. Similar, Delta Drone, o companie franceză, au dezvoltat drone care își modifică traiectoria atunci când detectează zonele unde sunt victime.

Cercetări ample au fost făcute de Joern (Joern J., 2015) care a utilizat UAV-uri cu camere termice, pentru a identifica victime din avalanșe, cercetările au la bază sistemul de informații geografic (GIS), teledetecție și oferă soluții rapide și fiabile pentru misiunile de căutare și salvare. Rezultatele au fost concentrate pe analiza imaginilor cu ajutorul sistemelor integrate. Similar, AerialTronics (2015) îmbunătățesc unul dintre sistemele lor pentru a produce o soluție mai ieftină și mai sigură pentru a fi încorporată în drone pentru a facilita misiunile de căutare și salvare.

Un UAV echipat cu camere vizuale/termice și semnale luminoase de avalanșe (Silvagni și colab., 2017) a fost evaluat ca fiind foarte bun pentru suportul operațiilor de salvare. A fost realizată o cercetare preliminară folosind metode clasice de căutare și salvare bazate pe imagini capturate în timp real cu camere optice și termice ale zonei investigate. Chiar dacă rezultatele sunt în concordanță cu așteptările, anumite limitări relevante devin evidente: Acest tip de misiune necesită personal foarte bine calificat pentru a evalua video-urile cu zonele de interes. Mai mult, misiunea necesită mai mult decât un operator pentru a îndeplini sarcinile de zbor și observare. Cu tehnologiile de termoviziune disponibile în prezent în diverse studii (Silvagni și colab., 2017) s-a utilizat o cameră de tip FLIR2IR pentru scanarea unui strat de zăpadă, ce acoperă o persoană. De cele mai multe ori, un strat de 10-20 cm de zăpadă este suficient pentru a preveni identificarea oricăror surse termice.

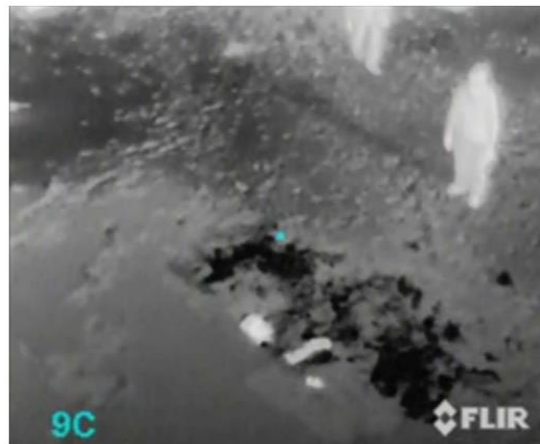


Figura 2.17: Imagine surprinsă de dronă, capturată cu o cameră de tip FLIR2 IR în zona de urgență. În partea de jos este vizibilă persoana parțial acoperită cu zăpadă (Silvagni și colab., 2017)

Drona utilizată este o dronă de tip Venture UAV produsă de PROS3, particularizată pentru aplicația specifică, pentru a fi capabilă să care sarcina necesară (sistemele de camere și senzori menționate anterior).

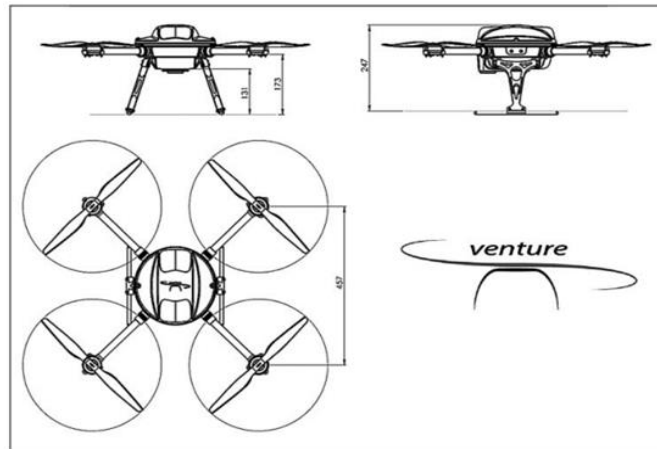


Figura 2.18: Venture UAV - PROS3 – principalele dimensiuni (Silvagni și colab., 2017)

Tabel 2.8. Venture UAV - PROS3 – principalele caracteristici (Silvagni și colab., 2017)

Caracteristică	Unitatea de măsură	Valoare
Dimensiuni generale (gata de zbor)	mm	838 x 838 x 247
Dimensiuni generale (pliată)	mm	549 x 266 x 266
Masa maximă de decolare	kg	3.0–3.5
Viteza de croazieră	kph	30
Viteza vântului (maximă)	kph	15
Autonomia de zbor (fără încărcătură)	Min	30
Raza de acoperire	km	2
Masa dronei (fără încărcătură)	kg	2.1
Masa bateriei	kg	0.6
Tipul bateriei	LiPo – 6s1p 4600 mAh	

UAV-ul este echipat cu un MicroPilot 2128g2Heli (MicroPilot, 2015) autopilot ce oferă posibilitatea integrării diferitelor sarcini și definirea a diferite operațiuni de zbor. Frecvența de lucru relativ scăzută a semnalelor face ca operarea să fie foarte sensibilă la zgomotul indus de electromagnetism, mai ales dacă antena și receptorul sunt apropiate de avionica UAV-ului, ceea ce include microcontrolerele, sistemele electronice de generare a puterii, bateriile și motoarele electrice. O poziție optimă pentru receptorul antenei a fost determinată să fie partea de jos a UAV-ului la o distanță de aproximativ jumătate de metru. Configurația adoptată necesită ca antena să fie instalată pe un sistem retractabil, ceea ce înseamnă că poate fi închis în timpul decolării și aterizării și poate fi deschisă în zbor atunci când încep operațiile de căutare.

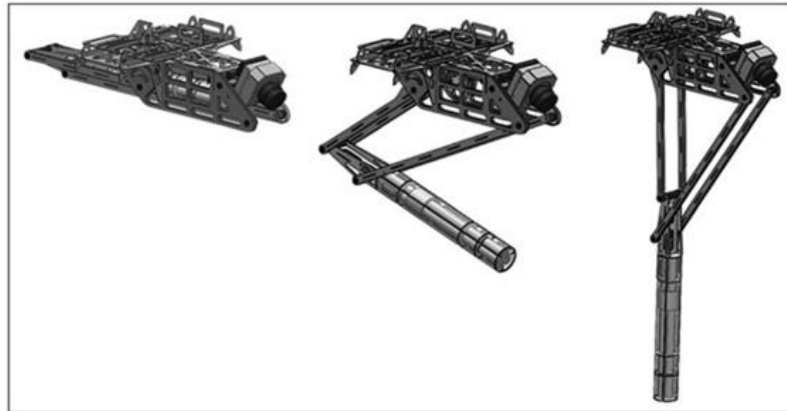


Figura 2.19: Sistemul retractabil al antenei semnalului de avalanșă (stânga: complet retras, mijloc: în timpul deschiderii, dreapta: complet deschis – poziția de lucru) (Silvagni și colab., 2017)

Pe lângă utilizarea dronelor, la ora actuală se folosesc și sisteme de teledetecție, cum ar fi sistemul aeropurtat GPR (*ground penetrating radar*) (Fruehauf și colab., 2009). Instrumentele obișnuite GPR folosite pentru suprafețe acoperite de zăpadă nu sunt capabile să reducă numărul de decese cauzate de avalanșe, deoarece sunt foarte lente din punctul de vedere al căutării unui teren. O alternativă foarte bună este căutarea cu un sistem aeropurtat GPR. Acest tip de căutare este o provocare din punct de vedere tehnologic pentru că avem de-a face cu un flux de date foarte mare care trebuie să fie procesate și vizualizate în timp real, și mai mult de atât, interacțiunea undelor electromagnetice cu zăpada, cu suprafața pământului și cu obiectele trebuie înțelese foarte bine. S-a utilizat (Fruehauf și colab., 2009) un algoritm în doi pași pentru a localiza victimele avalanșelor în timp real. Algoritmul a fost validat folosind condiții de testare realiste și o telecabina. Au fost măsurate: dependența dintre distanța parcursă de unda reflectată și înălțimea de zbor, coerența între utilizarea mai multor antene și raza lor de acțiune, și imaginile de reflexie pentru diferite victime supuse avalanșei. Algoritmul a detectat un obiect pentru fiecare caz investigat, unde energia de reflexie a scanărilor a fost mai mare față de scanările pentru zăpadă pură. Sistemul aeropurtat GPR are un potențial foarte mare pentru a deveni o metodă rapidă de căutare în cazul avalanșelor cu zăpadă uscată. Cu toate acestea, pentru a avea o versiune complet operațională sunt necesare îmbunătățiri substanțiale pe partea de hardware și software.

Găsirea victimelor, surprinse în avalanșe, care nu sunt echipate cu dispozitive de localizare este o adevărată problemă pentru echipele de salvare. De-a lungul timpului mai multe echipe de cercetători au lucrat la dezvoltarea și îmbunătățirea sistemelor GPR pentru detectarea victimelor supuse avalanșelor (Niessen și colab., 1994; Jaedicke, 2003; Istanes, și colab., 2004; Modroo și colab., 2004; Modroo și colab., 2006). Ceea ce au în comun aceste studii este faptul că sistemul radar este folosit direct pe suprafața acoperită cu zăpadă. De obicei, suprafața de zăpadă a unei avalanșe este blocată și este foarte dificil de mers pe ea. Un instrument radar aeropurtat este foarte atractiv, din punctul de vedere al timpului scăzut de căutare (Brugger și colab., 2001). Olhoeft și Modroo (Modroo, 2006) au măsurat sistematic semnalul specific pentru diferite corpuri acoperite cu zăpadă. Cei doi au arătat cum corpul uman are un semnal specific distinct. Heiling (Heilig, și colab., 2008) a investigat întrebările fundamentale relevante legate de aplicațiile aeropurtate ale sistemelor GPR: 1) influența proprietăților zăpezii asupra semnalului radar; 2) distanța maximă, măsurată orizontal, dintre o victimă și direcția de zbor. Mai mult de atât, este esențial pentru o operațiune de căutare cât mai rapidă cu ajutorul unui sistem aeropurtat GPR ca obiectele acoperite de zăpadă să fie localizate automat de un algoritm software specializat. O detectare manuală,

în timp real, pe un ecran de calculator este imposibilă, din cauza condițiilor dificile de lumină și din cauza recepției lente a semnalelor radar ale antenelor. Datorită acestor factori, este nevoie de o dezvoltare a sistemelor aeropurtate GPR pentru o localizare fezabilă automată a victimelor supuse avalanșelor, cu ajutorul unor algoritmi performanți.

Datele înregistrate cu ajutorul radarelor aeropurtate sunt extrase din cel puțin trei materiale: aer, zăpadă și stratul de dedesubt, fie sol, roci sau gheață. Limitele dintre cele trei materiale apar în radiogramă ca niște linii drepte, cauzate de reflectivitatea mare a acestora, datorată schimbării permitivității și/sau conductivității electrice.

Datele înregistrate cu ajutorul radarelor aeropurtate sunt extrase din cel puțin trei materiale: aer, zăpadă și stratul de dedesubt, fie sol, roci sau gheață. Limitele dintre cele trei materiale apar în radiogramă ca niște linii drepte, cauzate de reflectivitatea mare a acestora, datorată schimbării permitivității și/sau conductivității electrice.

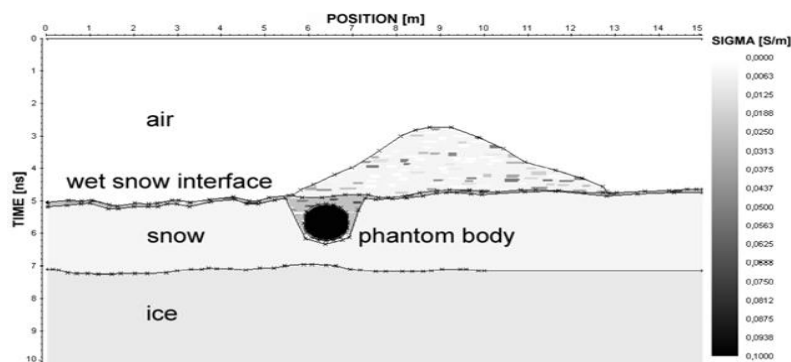


Figura 2.20: Geometria și conductivitatea electrică pentru simularea numerică a răspunsului radarului pentru condiții de zăpadă umedă. Este modelată o suprafață subțire a stratului de zăpadă umedă cu o conductivitate mai mare decât în cazul zăpezii uscate. Se presupune o distribuție aleatorie a conductivității datorită amestecului de zăpadă uscată și umedă (Heilig, 2009)

2.1.8. Poluare de ape

Apa este esențială pentru supraviețuirea umanității și de aceea calitatea acesteia trebuie monitorizată și protejată. Monitorizarea calității apei este crucială în fiecare comunitate, oferind o estimare rezonabilă a stării curente a apelor și reflectă utilizarea lor cea mai adecvată pentru orice activitate umană. Printre principalii factori care pun în pericol resursele de apă regăsim deșeurile industriale și substanțele fertilizante folosite în agricultură. Pentru protejarea calității apelor și eliminarea contaminărilor surselor de apă au fost dezvoltate programe de monitorizare a calității apei. Monitorizarea oxigenului dizolvat în apă, pH-ului, temperaturii, precum și a conductivității electrice este folosită pentru evaluarea calității apelor din lacuri, iazuri și râuri (Koparan și co., 2018). De asemenea, în jurul rezervoarelor de alimentare cu apă potabilă monitorizarea turbidității este foarte importantă (McKim și Merry, 1984).

Monitorizarea calității apei este un interes local și global și este condusă de legislații precum Directiva-cadru privind apa (WFD) (Carvalho și co., 2019) în Europa, Legea privind apa curată (Collins și co., 2017) în Canada, Australian Water Act (Papap, 2018) și US Clean Water Act (Keiser și Shapiro, 2018) în Statele Unite.

Pentru a se putea interveni rapid în cazul unor evenimente extreme este necesar ca aparatura pusă la dispoziție echipelor de intervenție să ofere date în timp real fără să necesite preprocesare. Investigațiile la sol au rezultate bune, dar necesită timp și implică costuri ridicate. Investigarea satelitară sau survolurile aeriene acoperă o zonă mai mare într-un timp mai scurt, însă sunt limitate de fenomene meteorologice cum ar fi ceața densă, rezoluție mică, precum și costuri ridicate. Monitorizarea poluării apelor cu ajutorul vehiculelor aeriene fără pilot (UAV) prezintă o bună acuratețe a datelor cât și acoperire spațială bună (Zang și co., 2012).

În tabelul de mai jos sunt ilustrate caracteristicile mai multor tipuri de senzori ce furnizează informații cu privire la parametrii ce definesc nivelul de calitate al apei.

Tabel 2.9. Comparatie a caracteristicilor unor senzori utilizați în măsurările pentru poluările de ape

Nume	Producător/locație	Tip senzor	Parametri/specificații
Troll 9500	In-Situ, Fort Collins, SUA	Sondă multi-parametru	Oxigen dizolvat, turbiditate, pH, nutrienți
CTD Driver	Van Essen Instrument, Delft, Olanda	Sondă multi-parametru	Conductibilitatea electrică, temperatură, presiune
AP2000	Aquaread, Broadstairs, UK	Sondă multi-parametru	Oxigen dizolvat, turbiditate, pH, nutrienți
MiniDOT Logger	PME, Vista, USA	Sondă multi-parametru	Oxigen dizolvat, temperatură
GoPro 3+ și 5	GoPro, San Mateo, SUA	Cameras submersibilă	40 m adâncime maximă
Algae Torch	Bbe Moldaenke, Schwentinental, Germania	Senzor – alge	Clorofilă – A, ficocianina, ficoetrină

2.2. Utilizarea sistemelor aeriene fără pilot la bord pentru monitorizarea calității componentelor de mediu

Evaluarea aeriană este cea mai eficientă și mai rapidă metodologie de conștientizare situațională datorită capacității de a face fotografii și videoclipuri în zone geografice mari. În ultimii ani, tehnologiile UAV au primit o atenție tot mai mare din partea comunității de cercetare și dezvoltare în gestionarea dezastrelor.

Monitorizarea mediului joacă un rol central în diagnosticarea impactului asupra climei și managementului asupra sistemelor naturale și agricole; îmbunătățirea înțelegerii proceselor hidrologice; optimizarea alocării și distribuției resurselor de apă și evaluarea, prognoza și chiar prevenirea dezastrelor naturale. În zilele noastre, majoritatea sistemelor de monitorizare și de colectare a datelor se bazează pe o combinație de măsurări la sol, senzori aeriene cu echipaj și observații prin satelit. Aceste date sunt utilizate în descrierea atât a proceselor la scară mică, cât și la scară mare, dar au constrângeri spațio-temporale inerente fiecărui sistem de colectare respectiv. Reducerea diviziunilor spațiale și temporale unice care limitează platformele actuale de monitorizare este cheia pentru îmbunătățirea înțelegerii

noastre asupra sistemelor de mediu. În acest context, sistemele aeriene fără pilot (UAV) au un potențial considerabil de a îmbunătăți radical monitorizarea mediului. Senzorii montați pe UAV oferă o oportunitate extraordinară de a reduce decalajul existent între observațiile pe teren și teledetecția tradițională aeriană și spațială, oferind detalii spațiale ridicate pe zone relativ mari într-un mod rentabil și o capacitate complet nouă de îmbunătățire a timpului de regăsire. Pe lângă prezentarea progreselor recente în domeniu, este, de asemenea, nevoia de a identifica și înțelege potențialele limitări ale tehnologiei UAV. Pentru ca aceste platforme să își atingă potențialul de monitorizare, un spectru larg de probleme nerezolvate și provocări specifice aplicației necesită o atenție concentrată a comunității. Într-adevăr, pentru a valorifica întregul potențial al abordărilor bazate pe UAV, tehnologiile de detectare, protocoalele de măsurare, tehnicile de postprocesare, algoritmi de regăsire și tehnicile de evaluare trebuie armonizate.

În ciuda creșterii recente și rapide a numărului și a gamei de sateliți de observare a Pământului (Belward, 2015; Hand, 2015; Wekerle, 2017), rezoluția temporală și disponibilitatea actualilor senzori de satelit cu rezoluție spațială foarte mare (mai puțin de 10 m) nu sunt, în general, suficiente și destul de flexibile pentru multe aplicații de teledetecție și, prin urmare, sunt de o utilizare limitată în detectarea și monitorizarea dinamicii proceselor de mediu superficial. Se fac progrese recente în observarea Pământului rezultând noi oportunități pentru monitorizarea mediului la scări mai fine (McCabe, 2017). De exemplu, platformele CubeSat reprezintă o tehnologie promițătoare prin satelit, care operează predominant în porțiunea vizibilă până la infraroșu apropiat a spectrului electromagnetic și oferă o rezoluție spațială și temporală ridicată (McCabe, 2017). Cu toate acestea, majoritatea acestor sateliți sunt operați de organizații comerciale; prin urmare, dacă sunt necesari timpi scurți de revizie (adică, pentru monitorizarea de înaltă frecvență), costul achiziției imaginii poate deveni un factor limitator. În timp ce platformele aeriene cu echipaj personal pot, în principiu, să ofere atât rezoluție spațială ridicată și timpi rapizi de revizuire, în practică, utilizarea lor este limitată în mod obișnuit de complexitatea operațională, siguranță, logistică și cost. Utilizarea lor devine fezabilă doar în zonele de dimensiuni medii și rămâne în mare parte în domeniul operatorilor comerciali. Progresele recente în tehnologia sistemelor aeriene fără pilot (UAV) au creat o platformă alternativă de monitorizare care oferă o oportunitate de a capta cerințele spațiale, spectrale și temporale într-o gamă largă de aplicații cu investiții relativ mici. Ele oferă o versatilitate ridicată, adaptabilitate și flexibilitate în comparație cu sistemele aeropurtate sau sateliții cu echipaj și au potențialul de a fi implementate rapid și repetat pentru date cu rezoluție spațială și temporală înaltă (Pajares, 2015).

Din cauza rezoluției spațiale și temporale scăzute, imaginile satelitare nu pot fi utilizate în toate situațiile de urgență. Însă, sistemele UAV pot oferi imagini de înaltă rezoluție, fiind astfel rentabile în detectarea unor astfel de dezastre. Elementele de bază ale unui sistem de incendiu bazat pe UAV poate acoperi funcțiile de monitorizare, de detectare (poate da o alarmă declanșatoare), diagnostic și prognostic care sunt inițializate de către operatorii de incendiu după ce au primit alarma declanșatoare. Funcția principală a unui astfel de sistem este de a găsi informații detaliate cu privire la localizarea și amploarea incendiului și, de asemenea, să urmărească evoluția sa, în timp ce în prognostic urmărește și prezice evoluția focului viitor în timp real, folosind informații (condiții de vânt și foc) furnizate de senzorii de monitorizare la distanță de la bord, care sunt instalați pe UAV. Aceste funcții pot fi realizate cu ajutorul unui UAV unic sau de către un grup de UAV-uri (cu senzori multipli cu funcții diferite) împreună cu stația centrală la sol.

Pentru a obține aceste obiective, sistemul bazat pe UAV include:

- diferiți senzori, receptoare GPS, camere, unități de măsurare inerțiale (IMU);
- algoritmi și strategii;
- navigare și control de ghidare autonome;
- localizare, sistem de desfășurare și control;
- stație la sol.

Datorită apariției camerelor digitale ieftine, fotogrammetria a fost implementată primar la UAV-uri, iar James și Robson (2014) au evidențiat modul în care elementele nerezolvate ale modelului camerei (distorsiunea lentilei) se pot propaga ca erori în UAV-DEM (modele digitale de elevație derivate) și cum acest lucru poate fi abordat prin încorporarea de imagini oblice. Alte studii au evidențiat importanța configurațiilor liniilor de zbor (Peppas, 2016), precum și a minimizării neclarității imaginii. Este necesar să se consolideze aceste dovezi pentru a dezvolta îndrumări de bune practici pentru optimizarea calității măsurării UAV SfM (structure-from-motion), menținând în același timp ușurința de utilizare și accesibilitatea.

Orientarea exactă absolută (georeferențierea) este un element important pentru sondajele UAV și este fundamentală pentru orice monitorizare multitemporală sau comparație cu alte seturi de date. Această sarcină este adesea denumită înregistrare și depinde în mod convențional de stabilirea punctelor de control la sol (GCP) care sunt fixate printr-o metodă de control de ordin superior (de obicei, Global Navigation Satellite System—GNSS sau Global Positioning System). O serie de studii au examinat efectul rețelelor GCP (număr și distribuție) în sondajele UAV, arătând că sunt de așteptat erori semnificative în produsele bazate pe SfM unde GCP-urile nu sunt adoptate (Peppas, 2016; Eltner, A., 2015). Cu toate acestea, eroarea sistematică DEM poate fi redusă semnificativ prin includerea GCP-urilor bine definite (James, M.R., 2017) sau încorporarea de imagini oblice în absența GCP (James, M.R., 2014).

Cele mai bune practici pot fi, de asemenea, extrase din fotogrammetria aeriană. Georeferențierea directă este o practică standard în fotogrammetria aeriană, în care poziția și orientarea platformei sunt determinate cu precizie utilizând date GNSS diferențiale de nivel de topografie la bord și unități de măsură inerțiale (IMU) combinate printr-un sistem de navigație inerțial (INS) (Toth, 2016). Acest lucru permite ca poziția și orientarea stației camerei (expunerea) să fie derivate direct, eliminând sau minimizând astfel nevoia de puncte de control la sol. Prin urmare, există o tendință tot mai mare către realizarea georeferențierii directe la nivel de centimetru pentru UAV folosind configurații alternative GNSS/IMU, poziționare precisă a punctului (PPP) și GNSS cu frecvență dublă.

O revizuire a literaturii a permis identificarea unui număr de probleme rămase nerezolvate în utilizarea UAV pentru monitorizarea mediului. Printre altele, am selectat ce s-a considerat că necesită o atenție specială:

(i) Deși o comparație directă între diferite metodologii (UAV, aeropurtat cu echipaj și satelit) este o provocare, s-a constatat că sistemele UAV reprezintă o tehnică de monitorizare eficientă din punct de vedere al costurilor pentru regiuni mici (<20 ha). Pentru mai multe măsurări, platformele aeriene sau satelitare cu echipaj pot deveni opțiuni mai eficiente, dar numai atunci când avantajul temporal al UAV nu este luat în considerare.

(ii) Amploarea limitată a zonelor studiate reduce bugetul relativ disponibil, sporind fragmentarea procedurilor și metodologiilor adoptate.

- (iii) Reglementările guvernamentale care restricționează distanța de eșantion la sol (GSD) și modul de zbor UAV limitează avantajele economice legate de utilizarea lor și unele aplicații potențiale, în special în mediile urbane.
- (iv) Gama largă de experiențe descrise a evidențiat variabilitatea uriașă a strategiilor, metodologiilor și senzorii adoptați pentru fiecare variabilă de mediu specifică monitorizată. Acest lucru identifică necesitatea de a găsi principii unificatoare în studiile bazate pe UAV.
- (v) Vulnerabilitatea UAV la condițiile meteorologice (de exemplu, vânt, ploaie) poate modifica calitatea sondajelor.
- (vi) Există, de asemenea, limite tehnice, cum ar fi constrângerile meteorologice (vânt puternic și/sau ploaie), altitudini mari sau medii cu temperatură ridicată, care pot reprezenta o provocare pentru majoritatea dispozitivelor/senzorilor și operatorilor UAV.
- (vii) Limitările geometrice și radiometrice ale senzorilor ușori actuali fac ca utilizarea acestei tehnologii să fie dificilă.
- (viii) Rezoluția spațială mare a datelor UAV generează o cerere mare pentru capacitatea de stocare și procesare a datelor.
- (ix) Există o nevoie clară de proceduri pentru a caracteriza și corecta erorile senzorilor care se pot propaga în mozaicarea ulterioară și prelucrarea datelor aferente.
- (x) În sfârșit, un dezavantaj în utilizarea UAV este reprezentat de complexitatea asociată utilizării acestora, care este comparabilă cu cea a sateliților. De fapt, aplicațiile satelitare sunt în general asociate unui lanț de procesare care asigură calitatea finală a datelor. În cazul UAV, toate acestea sunt lăsate la latitudinea utilizatorului sau cercetătorului final, necesitând pași suplimentari pentru a putea folosi datele preluate.

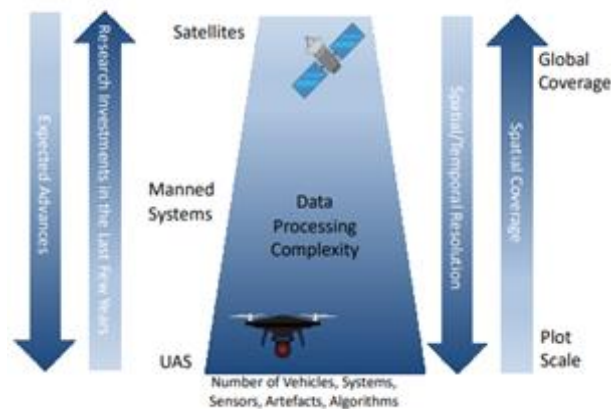


Figura 2.21: Comparare între cele mai importante aspecte ale UAV și monitorizarea prin satelit

2.2.1. Furtuni și viscol

Utilizarea UAV-urilor (Unmanned Aerial Vehicles) ca instrument de cartografiere și măsurare a crescut semnificativ în ultimii ani, astfel încât potențialul aplicațiilor de monitorizare a furtunilor începe să fie realizat. În timp ce metodele mai tradiționale la sol sau aeropurtate (de exemplu LiDAR) de colectare a datelor topografice pe suprafețe mari pot necesita forță de muncă și/sau costisitoare și restrictive din punct de vedere fizic, topografia UAV are acum capacitatea de a oferi un cost-soluție eficientă pentru prelevare rapidă la precizie ridicată și rezoluție spațială foarte mare.

În ultimii ani, a existat o proliferare rapidă a utilizării vehiculelor aeriene fără pilot (UAV-uri sau „drone”) pentru aplicații comerciale și recreative. Un astfel de domeniu în care UAV-urile s-au dovedit a fi deosebit de benefice este ca instrument de cercetare, cartografiere și monitorizare a mediului. Echipate cu un senzor la bord, cum ar fi o cameră de înaltă rezoluție în benzile de lumină vizibilă sau infraroșie apropiată și folosind algoritmi de procesare a imaginilor de ultimă generație, sistemele UAV au potențialul de a eșantiona rapid suprafețe mari de teren la rezoluție și precizie foarte înaltă. Aceste atribute au făcut UAV-urile deosebit de atractive pentru o gamă largă de sectoare și au început deja să înlocuiască metodele de topografie mai tradiționale în industria minieră, construcții și agricultură.

Societatea Americană de Meteorologie a realizat un studiu prin care au efectuat prognoze pe timp de iarnă cu ajutorul vehicule aeriene fără echipaj (UAV). Rezultatele au fost publicate în articolul „Applications of Uncrewed Aerial Vehicles (UAVs) in Winter Precipitation-Type Forecasts” Daniel D. Tripp, Elinor R. Martin, Heather D. Reeves. Profilurile de temperatură și umiditate din primii 3 km ai atmosferei oferă informații cruciale în determinarea tipului de precipitații, ceea ce ajută la realizarea prognozelor și la transmiterea informațiilor cu privire la riscurile legate de vreme. Ca răspuns la provocările asociate cu prognoza mediilor cu fază mixtă, studiul a utilizat vehicule aeriene fără echipaj (UAV) pentru a explora eficacitatea măsurătorilor temporale și verticale de înaltă rezoluție. La 19 februarie 2019, s-au efectuat măsurări în stratului limită ale unei furtuni de iarnă din Oklahoma ce au fost colectate prin intermediul unei platforme de tip UAV prin radiosondaje.

2.2.2. Inundații

Imaginile aeropurtate capturate de obicei de UAV-uri echipate cu sisteme de imagistică sunt folosite pentru a aborda activitățile de gestionare a inundațiilor. În general, configurația bazată pe UAV-uri oferă funcționalitatea analizei la cerere și discută decalajele dintre imaginile prin satelit și imaginile de la sol, oferind o rezoluție spațială și o acoperire temporală mai bună (Ridolfi și Manciola, 2018; Robertson și Chan, 2009).

În 2008, Lewis și Rhoads au propus utilizarea abordării velocimetriei imaginilor de particule la scară mare (LSPIV) cu un sistem aerian fără pilot (UAV) pentru măsurarea tiparelor de curgere în râuri. Performanța a fost evaluată prin compararea rezultatelor LSPIV-UAV cu valorile LSPIV-Stationary și măsurate în mod convențional pentru două locații de interes. Din rezultate, LSPIV montat pe UAV a fost raportat mai precis în comparație cu măsurările LSPIV-Stationary și convenționale. În 2009, Robertson și Chan au folosit o abordare de segmentare a imaginilor bazată pe culoare pentru analiza riscului de inundații din imaginile aeriene. Clasificarea imaginilor prin entropie și gradientii de imagine au fost utilizați pentru a diferenția între diferitele clase de utilizare a terenului. Precizia admisibilă pentru abordarea propusă a fost raportată pe un set de date personalizat. În 2015, Sumalan și colab. a propus utilizarea unei abordări computerizate pentru a detecta apa de suprafață din imaginile capturate cu UAV. Modelele binare locale (LBP) au fost folosite pentru a detecta apa din imagini pe baza variațiilor de culoare. O evaluare cuprinzătoare a algoritmului propus în ceea ce privește generalizarea și domeniul de aplicare nu a fost prezentată. În 2015, Tauro și colab. a propus utilizarea abordării velocimetriei LSPIV pentru UAV într-un efort de a crește zona de măsurare și accesul la locații. Secvențele video au fost capturate folosind un quadcopter personalizat. Videoclipurile capturate au fost procesate folosind abordarea LSPIV pentru a măsura viteza apei de suprafață. Configurarea cardanului a fost utilizată pentru a preveni ortorectificarea imaginii. Abordarea propusă a fost validată pentru scenariile de laborator și site-uri din lumea reală, cu rezultate încurajatoare pentru măsurările vitezei.

Feng și colab. a propus un algoritm bazat pe viziune pentru a identifica zonele inundate din imaginile din aer capturate folosind un mini UAV. Caracteristicile de textură derivate la nivel de gri au fost extrase din imagini aeriene și au fost clasificate ca inundate sau neinundate folosind un clasificator de pădure aleatoriu. A fost obținută o precizie ridicată de clasificare pentru un set de date personalizat și relativ mic; cu toate acestea, performanța generalizată nu a fost abordată. Sullivan și colab., a dezvoltat o abordare nouă pentru a detecta structurile de drenaj încrucișat mai vulnerabile la blocarea reziduurilor din imaginile capturate cu UAV. Ideea propusă a fost de a automatiza procesul de detectare a grămezilor de lemn mari și de clasificare într-una din cele trei categorii definite; grămada mică (1–2 copaci), grămada medie (3–6 copaci) și grămada mare (mai mult de 6 copaci). Nu a fost dezvoltat sau implementat un algoritm de viziune computerizată pentru detectarea și clasificarea resturilor; în schimb, a fost utilizată o abordare manuală bazată pe sondaje pentru a identifica riscul.

În 2016, Perks și colab., a dezvoltat o abordare bazată pe viziunea computerizată pentru a urmări caracteristicile legate de inundații și pentru a determina viteza apei de suprafață din imaginile capturate cu UAV. Transformările au fost utilizate pentru a compensa orientările camerei și a fost implementat algoritmul Kande-Lucas-Tomasi (KLT) pentru urmărirea caracteristicilor de la suprafața apei. În plus, vectorii viteză au fost obținuți folosind o metodă de corecție vectorială. În același an, Tauro și colab., a propus utilizarea dronei de agrement și a abordării LSPIV pentru a măsura cu precizie vitezele apei de suprafață. Au fost utilizați trasori naturali și artificiali pentru a îmbunătăți performanța abordării velocimetriei imaginii. Din rezultate, s-a raportat că platforma quadcopter instalată a fost capabilă să captureze videoclipuri stabile și nu a existat niciun efect semnificativ asupra măsurărilor de viteză. Deși au fost raportate rezultate încurajatoare; cu toate acestea, performanța generalizată și dependența de condițiile de iluminare nu au fost investigate.

În 2017, Zhu și colab., a investigat importanța colectării datelor folosind UAV-uri pentru a monitoriza și a atenua mai bine evenimentele de inundații. S-a raportat că datele UAV, în combinație cu Sistemul de informații geografice (GIS), oferă informații mai precise și mai rapide despre evenimentele de inundații în comparație cu abordările convenționale. În 2018, Rahnemoonfar și colab., a introdus utilizarea modelelor dens conectate (CNN) și a rețelei neuronale recurente (RNN) pentru a segmenta cu precizie regiunile legate de inundații din imaginile aeriene. Un set de date personalizat colectat de la Houston, Texas, a fost utilizat pentru a evalua performanța și a fost raportată o acuratețe de peste 90% pentru abordarea propusă. Cu toate acestea, detaliile despre setul de date nu au fost prezentate cuprinzător și performanța generalizată nu a fost abordată. Kamilaris și Prenafeta-Boldu, au propus un algoritm bazat pe învățarea profundă pentru a clasifica setul mic de date de imagini din aer în categorii de dezastre și non-dezastre și a identificat tipul de dezastru. Abordarea propusă a fost validată pentru un set de date mic colectat personalizat și a fost raportată performanța admisibilă; cu toate acestea, performanța generalizată nu a fost discutată.

În 2018, Ridolfi, a folosit ideea de a detecta nivelul apei din rezervor din imaginile capturate cu UAV. Abordarea convențională de detectare a marginilor a fost utilizată și implementată în cazul de utilizare cu o eroare de numai 0,02 m. Cu toate acestea, nu a fost inclusă nicio discuție despre compensarea punctelor de vedere ale camerei, vibrațiilor și zgomotului. În plus, performanța generalizată nu a fost abordată, deoarece setul de date vizuale a fost relativ mic. În 2019, Kyrkou și Theocharides, au folosit mai multe modele CNN pe un set de date personalizat pentru a clasifica dezastrele din imaginile aeriene. Baza de date de imagini aeriene pentru răspuns la urgență (AIDER) care conține aproximativ 300 de imagini legate de inundații a fost dezvoltată și clasificată folosind algoritmi CNN, inclusiv MobileNet, ResNet50, VGG16 și SCNet. Gao și colab. a propus detectarea nivelului apei bazată pe

viziunea computerizată din imaginile capturate cu UAV. Tehnicile convenționale de procesare a imaginii au fost folosite pentru a trasa o linie de apă în imagine, iar fluctuațiile au fost măsurate folosind o abordare parametrică. Un factor de corecție a fost utilizat pentru a compensa factorul de derivă al UAV și s-au obținut rezultate favorabile din testele preliminare pentru un caz de utilizare. Gebrehiwot și colab., a introdus utilizarea modelului CNN bazat pe VGG pentru a extrage regiunile inundate dintr-o imagine capturată cu UAV. Un set de date personalizat de doar 100 de imagini a fost folosit pentru a antrena modelul CNN și a fost evidențiat ca un avantaj al abordării propuse; cu toate acestea, justificarea cererii nu a fost furnizată. Algoritmul propus ar putea eșua drastic pentru seturi de date mai generalizate, deoarece curba de învățare a indicat supraadaptarea.

În 2019, Yang și Cervone, au dezvoltat o conductă bazată pe învățarea profundă și învățarea automată pentru a clasifica automat o anumită imagine aeriană ca fiind inundată sau neinundată. Pentru antrenarea modelului CNN, au fost utilizate 1000 de imagini adnotate manual. A fost folosit un clasificator de vot maxim pentru a clasifica caracteristicile extrase și a fost raportată performanța unei clasificări cu o precizie de aproximativ 90%. Cu toate acestea, potențialul modelelor CNN mai avansate cu performanță generalizată nu a fost explorat. Stulic și colab. (2019), a propus o nouă abordare bazată pe atenția vizuală pentru a detecta o persoană din imaginile aeriene. A fost folosită ideea reducerii spațiului de căutare prin antrenarea unui algoritm de atenție vizuală bazat pe CNN. A fost utilizată o bază de date de aproximativ 70.000 de imagini numită „HERIDAL” și a fost atinsă o precizie de 88,9% pentru algoritmul propus. Rezultatele raportate au fost comparate cu literatura existentă și s-au găsit îmbunătățite în ceea ce privește performanța. Lygouras și colab. a folosit un algoritm nesupravegheat de detecție umană bazat pe învățarea profundă pentru a facilita operațiunile de căutare și salvare. Un model CNN pre-antrenat pe setul de date COCO a fost reglat fin și transferul învățat folosind un set de date personalizat pentru înotători. Algoritmul propus a fost implementat și pe hardware și acuratețea admisibilă a fost obținută în urma testelor preliminare. Ichim și Popescu au dezvoltat un UAV pentru a mapa regiunea inundată folosind modelul CNN. Ideea de a împărți imaginile în pete mici și de a clasifica fiecare petic ca inundat sau neinundat a fost folosită pentru cartografierea inundațiilor. Abordarea propusă a fost testată pe un set de date personalizat și s-au obținut rezultate admisibile.

Pi și colab. (2019), a propus utilizarea algoritmilor CNN pe imaginile capturate de UAV pentru identificarea daunelor cauzate de inundații. You Only Look Once (YOLO) au fost utilizați algoritmi bazați pe modele de detectare a obiectelor pentru detectarea daunelor în imagini. A fost efectuată o comparație detaliată a diferitelor modele pentru un set de date adnotat personalizat. În același an, Koutalakis și colab., a efectuat un studiu comparativ pentru a investiga performanța a trei abordări de velocimetrie a imaginilor utilizate în mod obișnuit (adică, PIVlab, PTVlab, KU-STIV) pe videoclipuri capturate cu dronă ale râului Aggitis. Au fost raportate rezultate comparabile pentru toate cele trei abordări cu capacitatea de a măsura viteza apei de suprafață în intervalul $0,02-3,99 \text{ ms}^{-1}$. Cu toate acestea, performanța pentru diverse condiții de curgere și condiții variabile de iluminare nu a fost studiată. În 2020, Mishra și colab., a introdus un set de date vizuale în scopuri de căutare și salvare pentru a facilita implementarea algoritmilor bazați pe învățarea profundă. Setul de date propus de detectare și recunoaștere a acțiunilor a constat din aproximativ 2000 de imagini cu 30.000 de instanțe umane ale diferitelor acțiuni. A fost propus un model CNN profund în scopuri de detectare, iar performanța a fost comparată cu modelele R-CNN și R-FCN din literatură pentru a demonstra avantajul. Mai recent, Fung și colab., a folosit o abordare de detecție și segmentare a obiectelor bazată pe învățarea profundă pentru a detecta victimele dezastrelor într-un mediu urban aglomerat.

Cartografierea inundațiilor în faza de răspuns timpuriu cuprinde în principal detectarea zonelor inundate cu apă și adâncimea apei. Utilizarea vizualizării computerizate pentru a detecta corpurile de apă din imaginile satelitare a fost deja promulgată cu o acuratețe admisibilă (Nogueira și colab., 2018; Liu și colab., 2017; Isikdogan și colab., 2017; Ip și colab., 2006). Acestea fiind spuse, utilizarea platformei aeropurtate pentru hărți de inundații în timp real și la cerere pentru regiunile locale nu este investigată cuprinzător. În plus, capacitatea unui model hibrid, care include senzori aeropurtați și de la sol nu este analizată. Identificarea victimelor în timpul fazei de căutare și salvare poate fi abordată folosind un UAV echipat cu algoritm de detectare a obiectelor de ultimă generație. Cu toate acestea, detectarea victimelor sub adăposturi din aer este o sarcină dificilă din perspectiva vederii computerizate. Evaluarea daunelor structurale în faza tardivă de răspuns este o procedură enciclopedică și implică resurse tehnice enorme. Tehnologiile de vizualizare computerizată pot fi utilizate eficient pentru a găzdui experiența în accesarea de la distanță a regiunilor periculoase și pentru a explica deteriorarea structurilor. Însă, colaborarea dintre experții în evaluarea daunelor și dezvoltatorii de tehnologie de viziune computerizată lipsește. Blocarea structurilor de drenaj transversal de către moloz este obișnuită în zonele urbane și provoacă inundații în regiune. Monitorizarea în timp real a structurilor hidraulice și interpretarea blocajului este un potențial viitor utilitar de vizualizare computerizată. Acestea fiind spuse, natura imprevizibilă și neregulată a acumulării de resturi la structurile hidraulice face ca interpretarea cu precizie a blocării structurilor hidraulice să fie dificilă. În sfârșit, în faza de recuperare, tehnologiile de vizualizare computerizată pot fi utilizate pentru monitorizarea reconstrucției, monitorizarea îndepărtării resturilor, monitorizarea refacerii structurilor istorice și monitorizarea creșterii vegetației în același domeniu ca și pentru evaluarea daunelor structurale în faza de răspuns.

2.2.3. Tornade

Utilizarea vehiculelor aeriene fără pilot (UAV) pentru a evalua daunele provocate de furtună este un instrument de cercetare util. Beneficiile includ capacitatea lor de a accesa zone îndepărtate sau impracticabile după furtună, de a identifica daune necunoscute și de a asista cu investigații mai detaliate ale locului și eforturi de salvare. Progresul tehnologic al UAV-urilor înseamnă că acestea pot captura imagini de înaltă rezoluție adesea la un preț accesibil. Aceste imagini pot fi folosite pentru a crea medii 3D pentru a interpreta și a delimita mai bine daunele de pe suprafețe mari care ar fi fost dificile în sondajele la sol.

Uniunea Geofizică Americană, în urma unei tornade din 2019 a venit cu un răspuns rapid, astfel încât a fost inițiată o echipă de ingineri care a efectuat atât sondaje la sol, cât și imagini bazate pe UAV. În comparație cu un sondaj la sol, imagistica bazată pe UAV are un avantaj important, având în vedere acoperirea sa geospațială. Un UAV cu o încărcătură utilă a camerei de înaltă rezoluție poate surprinde deteriorarea la nivelul acoperișului sau integritatea structurală generală a multor structuri de la sol, în mod eficient și economic. Cu ajutorul software-ului modern bazat pe Structure-from-Motion (SfM) 3D (3D), cartografierea în 3D poate fi obținută rapid. În orice caz, se recunoaște decalajul critic dintre aceste tehnologii UAV și analizele pe care le primesc drept răspuns după dezastru. În acest scop, vizualizarea cu ochiul liber și interpretarea subiectivă umană a daunelor geospațiale sunt încă necesare pentru prelucrarea datelor. Odată cu progresul în inteligența artificială (AI), în special în învățarea profundă bazată pe date mari, se ia în considerare posibilitatea înțelegerii și raportării daunelor provocate în urma dezastrului, pe baza AI. În această discuție, se dezvoltă un plan de lucru de transfer-învățare profund bazat pe cel mai recent cadru de clasificare semantică bazată pe obiecte. Pentru a instrui și valida cadrul,

inginerii structurali ajută la pregătirea datelor de antrenament și a datelor de testare bazate pe evenimentul tornadei Linwood dublate și de date de la sol și cele aeriene.

2.2.4. Secetă

În literatura de specialitate sunt disponibile diverse abordări de monitorizare a secetei culturilor, care pot fi împărțite în abordări bazate pe măsurarea directă a solului și abordări indirecte bazate pe teledetecție (J. Bellvert și colab., 2014). Abordarea la sol este precisă, deși, de obicei necesită forță de muncă, consumă mult timp, și are un cost ridicat, prin urmare, nu poate satisface nevoile reale pentru suprafețe vaste de teren. Acest lucru se datorează faptului că este necesară o cantitate mare de puncte uniforme de prelevare pentru a acoperi o zonă mare de interes, iar testele experimentale de laborator sunt necesare în continuare pentru a determina stresul hidric al culturii/solului. Ca urmare, există o tendință de a adopta tehnologia de teledetecție pentru a deduce în timp util informațiile despre secetă extrase din diverse instrumente, inclusiv senzori electro-optici și radar. De exemplu, sateliții echipați cu o cameră multispectrală pot oferi informații utile despre umiditate cu privire la sol și cultură, unde benzile infraroșii cu unde scurte sunt diferite. Deși este potrivită pentru aplicații pe suprafețe mari, este, de asemenea, recunoscută existența anumitor limitări pentru teledetecția bazată pe satelit (C. Zhang și colab., 2012).

În primul rând, costul teledetecției prin satelit este de obicei ridicat. În al doilea rând, rezoluția spațială a imaginilor din satelit este de obicei scăzută, de ex. 10 m, ceea ce duce la problema pixelilor micști și deci nu este potrivit pentru terenuri agricole de scară mică sau mijlocie. În al treilea rând, satelitul poate fi ușor afectat de variațiile de mediu, cum ar fi norii. În plus, timpul de revizuire a satelitului este de obicei fix și nu flexibil. Cu rezoluții spațio-temporale definite de utilizator, un cost scăzut și flexibilitate, teledetecția bazată pe UAV stârnește interesul oamenilor de știință, devenind și o completare importantă pentru teledetecția bazată pe satelit și aeronave cu echipaj (C. Zhang și colab., 2012). În această abordare, diferite instrumente (de exemplu, imaginile roșu-verde-albastru (RGB), camere multispectrale, hiperspectrale, termice și radar) pot fi instalate pe UAV-uri care pot zbura la diferite altitudini pentru diverse aplicații, inclusiv clasificarea culturilor, estimarea parametrilor agronomici (de exemplu, indicele suprafeței frunzelor, biomasă, azot conținut, densitatea plăcilor), monitorizarea dezastrelor (de exemplu, dăunători, buruieni, boli, locuințe și stres hidric), printre multe altele (T. Zhao și colab., 2017).

Imaginile RGB (Figura 2.22), datorită rezoluției sale spațiale ridicate, prețului scăzut și accesibilității ridicate, au atras recent mult interes pentru oamenii de știință și au fost utilizate pentru diverse aplicații. De exemplu, problema detectării roșiilor este luată în considerare (J. Senthilnath și colab., 2016) prin utilizarea imaginilor RGB aeriene UAV, în care atât caracteristicile spectrale, cât și cele spațiale sunt găzduite în construcția algoritmului de învățare automată. Algoritmii Fully Convolutional Network (FCN) și SegNet sunt aplicați imaginilor RGB aeriene pentru segmentarea semantică (diferențierea culturilor și, respectiv, buruienilor) (H. Huang și colab., 2018). Există, de asemenea, un studiu privind aplicarea învățării profunde în agricultura de precizie (A. Kamilaris și colab., 2018). Se remarcă, totuși, că nicio lucrare existentă până în prezent nu a exploatat potențialul imaginii aeriene RGB în evaluarea stresului hidric al culturilor. În consecință, se dorește dezvoltarea unui sistem de cartografiere a culturilor bazat pe învățarea automată a condițiilor de secetă prin utilizarea imaginilor cu teledetecție obținute cu ajutorul UAV-urilor.

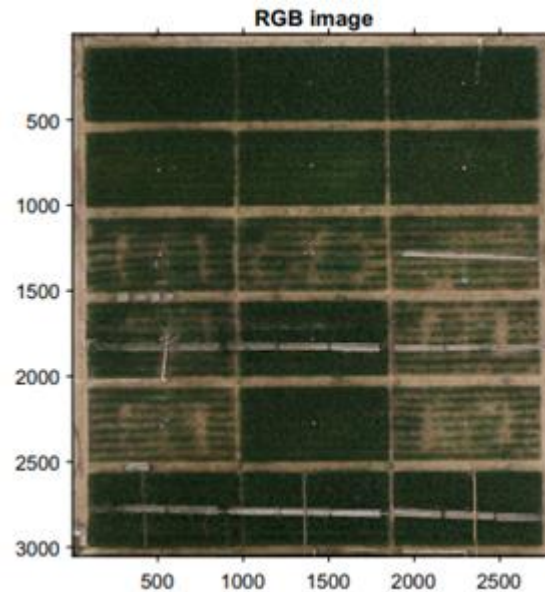


Figura 2.22: Imagine RGB (Sursă: Jinya Su și colab., 2020)

Principalii pași ai sistemului sunt rezumați după cum urmează:

- (i) Preprocesarea datelor: preprocesează imaginile colectate cu ajutorul UAV-urilor pentru a obține o imagine ortomozaică (figura 2.23) utilizând software-ul comercial Agisoft și decupează regiunea de interes;
- (ii) Segmentarea pixelilor de grâu: Segmentarea pixelilor de grâu din fundal folosind indicii clasici de exces verde normalizat (NExG) (D. Woebbecke și colab., 1995) pentru a atenua efectele adverse ale pixelilor de sol;
- (iii) Extragerea caracteristicilor și instruirea clasificatorului: Extrageți caracteristicile adecvate pentru pixelii de grâu și modelul de clasificare a terenurilor.
- (iv) Desfășurați clasificatorul învățat în domeniul de interes pentru a genera o hartă de clasificare a stresului hidric, pe baza căreia se poate efectua un tratament ulterior.

În comparație cu abordările existente de învățare automată pe subiecte conexe (de exemplu, clasificarea în funcție de pixeli (J. Su și colab., 2017), etichetarea imaginilor bazată pe învățarea profundă), sistemul dezvoltat, care adoptă pixeli pătrați și segmentarea culturilor pentru pixeli de vegetație, nu poate procesa un număr mare de imagini de sondaj aerian într-un mod eficient și nu se bazează pe un număr mare de eșantioane de instruire etichetate (de exemplu, abordarea bazată pe învățarea profundă care este costisitoare și necesită multă muncă în aplicațiile agriculturii de precizie) (Jinya Su și colab., 2020).

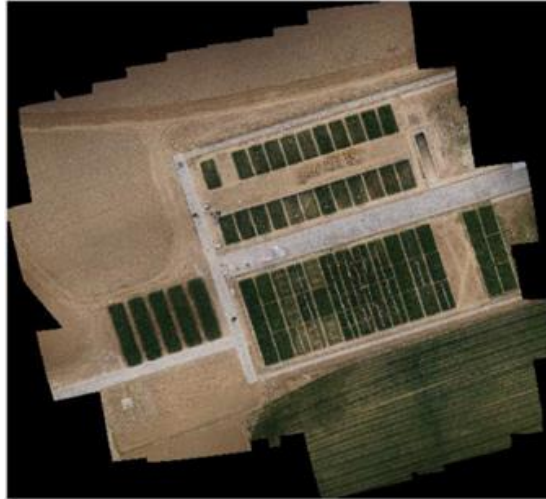


Figura 2.23: Imagine ortomozaică (Sursă: Jinya Su și colab., 2020)

De asemenea, exista diverse studii în care se furnizează rezultatele utilizării unor drone *low cost* echipate cu sisteme de camere termale de tip ICI 8640 P (Infrared Cameras Inc., SUA), FLIR Vue Pro R 640 (FLIR Systems, SUA) și thermoMap (senseFly, Elveția) în vederea testării și evaluării potențialului acestora pentru monitorizarea pădurilor, a vegetației și a modificărilor terenurilor.



Figura 2.24. Sistemele UAV și camerele termale; (a) - Camere Sony RGB și ICI integrate pe un hexa-copter DJI M600 Pro; (b) - Camera hiperspectrală și FLIR integrate pe un hexa-copter DJI M600 Pro; (c) - Octo-copter DJI S1000 și camera FLIR; (d) - UAV eBee și camera thermoMap (Sagan și colab., 2019)

Tabel 2.10. Comparație a caracteristicilor celor 4 sisteme: ICI 8640P, FLIR Vue Pro R 640, thermoMap, FLIR TG167

Parametru	ICI 8640 P	FLIR Vue Pro R 640	thermoMap	FLIR TG167
Interval spectral	7 – 14 μm	7.5 – 13.5 μm	7.5 – 13.5 μm	8 – 14 μm
Frecvența de reîmprospătare	30 Hz	30 Hz	7.5 Hz	9 Hz
Precizie	(+/-) 1°C	(+/-) 5°C	(+/-) 5°C	(+/-) 1.5°C
Format de date	Jpeg, 16-bit TIFF, 32-bit TIFF	Jpeg radimetric, 14-bit TIFF	16-bit TIFF	bitmap
Rezoluție senzor	640 x 512	640 x 512	640 x 512	80 x 60
Rezoluție radiometrică	14 bit	14 bit	14 bit	N/A
Putere consumată	< 1 W	2.1 W	5 W	N/A
Densitate pixel	17 μm	17 μm	17 μm	N/A
Sensibilitate termală	0.02°C	0.05°C	0.1°C	0.15°C
Focalizare	Manuală	∞	∞	∞
Distanță focală	13 mm	13 mm	9 mm	N/A
f-stop	1.0	1.25	1.4	N/A
Greutate (g)	74.5	92.0 – 113.0	134.0	312

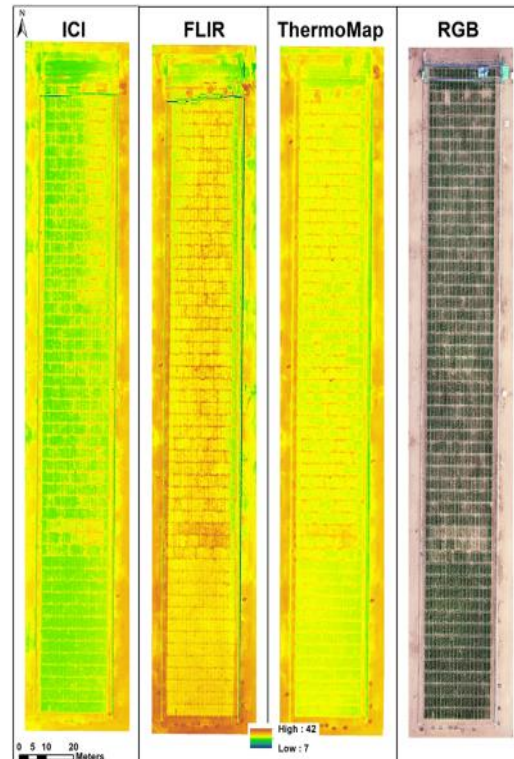


Figura 2.25 Exemplu de imagini prelevate prin intermediul celor 3 camere termale utilizate în studiul lui Sagan și colab., din 2019

2.2.5. Temperaturi extreme

Monitorizarea temperaturilor extreme prin intermediul UAV-urilor se realizează similar cu cea a fenomenului de secetă. Astfel, prin intermediul camerelor termale instalate pe sistemele UAV, se pot capta imagini care indică temperatura de la suprafață. Cu toate acestea, trebuie menționat faptul că anumite caracteristici în regimuri de temperatură extremă, cum ar fi performanțele de zbor ale sistemelor UAV, dar și ale senzorilor, scad. Prin urmare, există anumite limitări în ceea ce privește utilizarea sistemelor aeropurtate fără pilot în monitorizarea situațiilor de temperaturi extreme.

2.2.6. Incendii de vegetație

Teledetecția bazată pe UAV este o tehnologie emergentă care a fost utilizată într-o gamă largă de aplicații civile și militare, inclusiv monitorizarea mediului și agricultura de precizie (Bekmezci și colab., 2013; Adams și colab., 2011; Peng și colab., 2018; Shamsoshoara și colab., 2019; Khaledi și colab., 2018). În mod similar, celulele aeriene cu UAV au fost explorate pentru a extinde capacitatea, acoperirea și eficiența energetică a rețelelor celulare 5G, cu arhitecturi de rețea cu mai multe benzi și mai multe niveluri cu unde milimetrice (Chakareski și colab., 2019; Naqvi și colab., 2018; Korenda și colab., 2017; Razi și colab., 2016). În cele din urmă, (Chackareski, 2017a; 2017b; 2017c) investighează achiziția de date UAV-IoT, conectarea în rețea și planificarea căii pentru a permite aplicații de generație următoare, cum ar fi realitatea virtuală și augmentată în rețea, în care computerul de margine este integrat

(Chackareski, 2017), și alocarea eficientă a lățimii de bandă fără fir în întreaga lume trebuie efectuate mai multe locații de detectare.

Pe lângă utilizarea dronelor cu sisteme de detectare la bord, într-o clasă diferită de sisteme de detectare bazate pe UAV, dronile funcționează ca o punte între o rețea terestră de senzori fără fir și o unitate de procesare bazată pe *cloud*, astfel încât un singur UAV sau mai multe UAV-uri să zboare în prealabil și să colecteze informații dintr-o grilă de senzori staționari (Razi și colab., 2017). Deși această metodă funcționează eficient pentru procesarea offline a datelor, nu este potrivită pentru reacția imediată la evenimente care pun viața în pericol, cum ar fi incendiile și inundațiile. În astfel de dezastre naturale cu câmpuri de operare foarte dinamice, este necesar un răspuns rapid. De asemenea, utilizarea dronelor cu comunicații directe cu stațiile terestre, în special atunci când dezastrul are loc în zone îndepărtate, consumă o parte considerabilă din energia UAV-urilor. În aceste scenarii, utilizarea UAV-urilor autonome cu capacitatea de planificare independentă a traseului sau de finalizare a sarcinilor oferă o soluție mai fezabilă și mai eficientă. Pentru a depăși capacitățile limitate ale unui singur UAV, inclusiv sarcina utilă limitată, timp de zbor scurt și rază de comunicații limitată, o rețea de UAV-uri multiple poate fi utilizată pentru a efectua în cooperare sarcini compuse și pentru a acoperi câmpuri de operare largi și foarte dinamice. Mai multe cercetări recente s-au concentrat asupra problemei alocării centralizate sau descentralizate a sarcinilor în sistemele formate din mai multe drone, care se bazează în mod obișnuit pe cunoașterea deplină a resurselor și pozițiilor acestora și, prin urmare, necesită sisteme de comunicare fiabile între vehiculele aeriene pentru a partaja astfel de informații (Afghah și colab., 2018; Schneider și colab., 2014; Korsah și colab., 2013; Ghazanfari și colab., 2014; Shamsoshoara și Darmani, 2015; Mousavi și colab., 2017; Ghazanfari și Mozayani, 2016). Aceste metode nu pot oferi un răspuns urgent în situații dinamice, în care sarcinile se desfășoară în locații și ore imprevizibile, iar cunoștințele prealabile complete ale domeniului operațional nu sunt disponibile. Prin urmare, acestea nu pot oferi un mecanism practic și în timp real de alocare a sarcinilor pentru sistemele de monitorizare bazate pe UAV. Un exemplu clar de astfel de dezastre este un incendiu de pădure, în care provocările includ: i) lipsa unei cunoștințe prealabile complete a domeniului de operare la distanță, ii) dinamica ridicată și extinderea mare (adică răspândirea incendiului din cauza vântului și a intemperiilor), iii) vulnerabilitatea dronelor la defecțiuni și iv) capacitatea limitată de detectare, calculare și comunicare al unui singur UAV. Aceste provocări îndeamnă la dezvoltarea unui sistem eficient de implementare a unei rețele de drone autonome pentru a finaliza în timp util sarcina de monitorizare desemnată la un cost rezonabil în astfel de condiții dinamice.

Au fost dezvoltate mai multe abordări de formare a grupărilor de UAV-uri pentru alocarea sarcinilor în rețelele UAV (Afghah și colab., 2018; Mousavi și colab., 2018; Li și Duan, 2017). O nouă abordare este dezvoltarea strategiilor de intervenție într-o manieră distribuită, în care soluția este obținută prin luarea în considerare a beneficiilor individuale, precum și a beneficiului social al întregii rețele. În articolul Mousavi și colab., 2018, este propus un algoritm pentru formarea unei grupări de tip *leader-follower* care găsește distribuția optimă de UAV într-un sistem la scară largă, luând în considerare fiabilitatea și probabilitatea eșecului UAV-urilor. Un dezavantaj comun al acestor metode de formare a grupărilor de UAV este complexitatea de calcul a formării stabile. În general, metodele convenționale, cum ar fi metodele de programare dinamică (Rahwan și Jennings, 2008; Cruz-Menca și colab., 2013), abordările teoretice de grafică (Cruz-Menca și colab., 2013; Bistaffa și colab., 2014), *merge-and-split* (Afghan și colab., 2018) nu sunt potrivite pentru a oferi răspunsuri prompte în aplicațiile de monitorizare a dezastrelor în rețele dinamice.

Un exemplu de intervenție în formație a UAV-urilor cu capacități diferite de detectare/imagistică și diferențe la sarcinile utile, tipul bateriei și durata de zbor este prezentat în figura 2.26. Se utilizează două tipuri de drone, inclusiv UAV-uri cu aripă fixă care pot zbura la altitudini mai înalte și pot scana rapid o zonă largă și UAV-uri cu aripă rotativă care zboară la altitudini joase pentru a colecta date de înaltă rezoluție. UAV-urile cu aripă fixă cu capacități de zbor mai bune și capacități de calcul mai mari servesc ca lideri ai formației și sunt utilizate pentru recunoașterea inițială a incendiilor pentru a transmite informațiile acumulate în cadrul unei grupări către stația de la sol. UAV-urile cu aripă rotativă servesc ca membri ai grupării (sau *follower*) și îndeplinesc sarcinile reale de detectare și înregistrare video.



Fig. 2.26. Propunere de grupare *leader-follower* utilizată în monitorizarea a două zone de incendiu forestier (Carvajal-Ramírez și colab., 2019).

În funcție de rata de incidență și gravitatea incendiilor de vegetație dintr-o regiune, se pot lua în considerare scenarii cu cerințe diferite în ceea ce privește numărul și tipul de UAV. Acestea pot fi amplasate în modul stand-by în stațiile turnului de observație sau pe suporturi de încărcare rezistente la intemperii situate peste pădure. În sistemul propus de monitorizare a incendiilor, se presupune că misiunea UAV-urilor este inițiată pe baza informațiilor primare despre un incendiu furnizate de un observator uman sau de o rețea de senzori la sol. Apoi, UAV-urile cu aripă fixă de mare viteză zboară spre zona afectată pentru a confirma existența incendiului și pentru a oferi o hartă inițială a incendiului. După evaluarea preliminară a regiunii de incendiu, UAV-urile cu aripă fixă furnizează un profil aproximativ de incendiu, inclusiv o cartografiere termică estimată a incendiului, rata de răspândire, lungimea flăcării, intensitatea incendiului și numărul estimat și tipul de UAV-uri necesare pentru a asigura o utilizare completă, dar și acoperirea imaginilor/video a regiunii afectate.

Un exemplu de intervenție în cazul unui incendiu este descris în lucrarea lui Carvajal-Ramírez și colab., 2019, în care a fost utilizat un vehicul aerian fără pilot de tip DJI Matrice 600 Pro, echipat cu o cameră multispectrală Parrot Sequoia montată pe un stabilizator *gimbal* cu trei axe pentru compensarea mișcării.



Figura 2.27: Vehicul aerian fără pilot (UAV): (a) DJI Matrice 600 Pro cu o cameră multispectrală Parrot Sequoia 153 la bord și antenă de navigație D-RTK; (b) Stația la sol a dispozitivului de poziționare și navigare GNSS (D-RTK Global Navigation Satellite System) (Carvajal-Ramírez și colab., 2019).

Camera Parrot Sequoia are patru senzori cu o rezoluție de 1,2 megapixeli (1280×960) care colectează imagini multispectrale, utilizând obturatorul global în lungimile de undă verde, roșu, marginea infraroșie a spectrului și infraroșu apropiat. Cele patru lentile au o distanță focală fixă de 4 mm. Distanța medie de eșantionare la sol (*Average Ground Sample Distance* (GSD)) a fost de 7.22 cm, corespunzând unei înălțimi de 56 m. Mai mult, camera include un senzor RGB de înaltă rezoluție de 16 megapixeli (4608×3456) și un GSD minim de 1,5 cm la o înălțime de zbor de 56 m.



Figura 2.28: Cameră multi-spectrală Sequoia (stânga) și senzorul pentru determinarea radiației solare (dreapta) (Carvajal-Ramírez și colab., 2019).

Una dintre cele mai interesante caracteristici ale acestei camere multispectrale o reprezintă senzorul de radiație. Acest senzor înregistrează condițiile de lumină în aceleași benzi spectrale cu cele ale senzorului multispectral. Datorită acestui dispozitiv, modificările luminii de-a lungul timpului zborului pot fi compensate prin calcularea reflectanței absolute în timpul post-procesării.

Planificarea rutei de zbor

Atât zborurile pre-incendiu, cât și cele post-incendiu au fost planificate cu un design unic, urmând criteriile de echidistanță a rutei de zbor cu o altitudine peste nivelul solului (AGL) de 56,2 m. Planificarea

a fost realizată folosind software-ul UgCS 3.0 PRO (<https://www.ugcs.com/>). DSM-ul de referință a fost obținut anterior dintr-un zbor fotogrametric cu UAV.



Figura 2.29: Planificare atât pentru zboruri fotogrametrice înainte, cât și după incendiu. Toate punctele de referință au aceeași altitudine (56,2 m peste nivelul solului) (Carvajal-Ramírez și colab., 2019).

Produse fotogrametrice din zboruri cu UAV-ul

Au fost procesate 1825 de imagini în spectrul vizibil, dintre care aproximativ 98% au fost calibrate și 3650 de imagini multispectrale, din care 95% dintre ele calibrate, acoperind o suprafață de 33,66 ha. Pozițiile imaginilor au fost distribuite de-a lungul a 22 de traiectorii de zbor cu o frecvență de timp suficientă pentru a se obține un mozaic suprapus în care fiecare pixel al produselor finale să fie înregistrat în cel puțin cinci imagini.

Ultimul pas în procesul fotogrametric a fost ortorectificarea tuturor imaginilor multispectrale și a celor din spectrul vizibil asociate perioadelor pre și post-incendiu folosind DSM-urile cu dimensiunea originală a pixelilor.

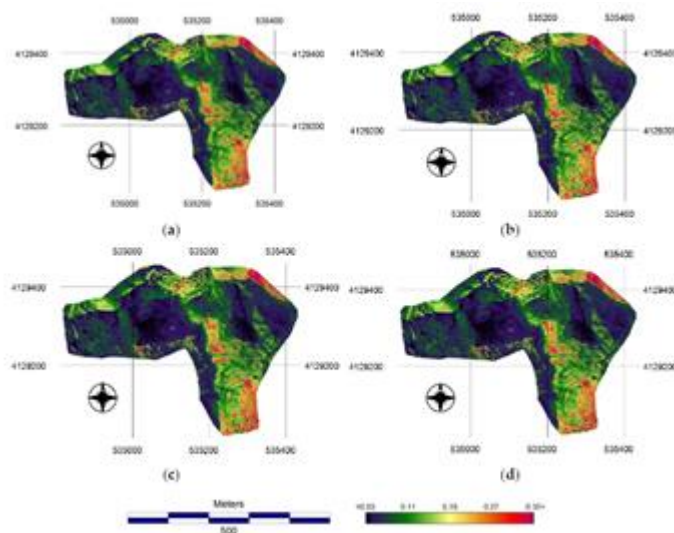


Figura 2.30: Ortoimagini în (a) verde, (b) roșu, (c) marginea infraroșie a spectrului și (d) NIR - infraroșu apropiat corespunzătoare imaginilor de reflectanță post-incendiu, reprezentate la scară cantitativă (Carvajal-Ramírez și colab., 2019).

2.2.7. Avalanșe

Există mai mulți roboți autonomi care au fost făcuți pentru a ajuta oamenii. Acești roboți pot fi folosiți pentru divertisment, activități domestice, îngrijire medicală, activități militare și așa mai departe. Există, de asemenea, roboți, precum vehiculele autonome fără pilot (UAV) sau dronele, care pot salva oameni sau pot identifica situații riscante în mediul de lucru. Aceste drone sunt folosite pentru a zbura peste zonele de risc, cum ar fi minele și munții cu risc de alunecare de teren sau de zăpadă. De asemenea, folosind camere și senzori, aceștia pot căuta supraviețuitori (Verykokou și colab. 2016).

Există două tipuri principale de avalanșe, plăci și vrac. Avalanșele de plăci apar atunci când plăcile coezive de zăpadă alunecă pe munte ca o unitate. Acesta este de departe cel mai periculos tip atunci când vorbim despre riscul de avalanșă. Avalanșele libere sunt cauzate de alunecarea necoerentă, uscată sau umedă a zăpezii. Ele pornesc dintr-un punct și se învârt pe măsură ce coboară (B. Tremper, 2001). Acestea din urmă sunt considerate mai puțin dăunătoare, deoarece se deplasează cu viteză mai mică și, prin urmare, sunt mai ușor de evitat.

În plus față de cerințele privind starea zăpezii, trebuie să existe o pantă de $>30^\circ$ și un fel de declanșator extern, cum ar fi un schior sau un snowmobil, pentru ca o avalanșă de plăci să apară. O placă suficientă de coeziune este adesea generată de zăpada depusă de vânt. Când vântul a depus zăpadă, de obicei nu este bine conectat la patul de dedesubt timp de câteva zile. (B. Tremper, 2001).

Timpul de supraviețuire la avalanșă este cel mai important aspect care trebuie luat în considerare. Un studiu actualizat al statisticilor de supraviețuire la avalanșă (Haegeli și colab. 2011) indică faptul că șansele de supraviețuire sunt semnificativ mai mici decât se credea anterior. După cum se arată în Figura 2.31, capacitatea de supraviețuire scade sub 80% după numai 10 minute de la îngropare.

Salvarea promptă cu ajutorul dispozitivelor tehnice precum balizele de avalanșă, sondele și lopețile pentru zăpadă, precum și cunoașterea temeinică a procedurilor de „căutare și extragere” de către toți colegii de echipă constituie cea mai bună șansă de supraviețuire pentru persoanele acoperite cu zăpadă, iar pentru a spori șansele de supraviețuire al persoanelor îngropate în zăpadă, trebuie să se micșoreze timpul de căutare, UAV-urile fiind cea mai bună opțiune (figura 2.32).

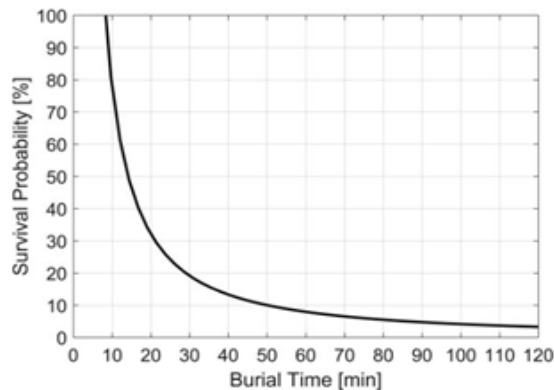


Figura 2.31: Curba de supraviețuire a persoanelor îngropate complet în avalanșă în funcție de durata îngropării (Silvagni, 2017)

Setul de cerințe pentru selectarea UAV-ului disponibil comercial a fost stabilit în funcție de:

- Zbor complet autonom: inclusiv decolare, navigare în puncte de referință și aterizare.
- Capacitatea de a zbura fără o stație la sol în mod complet autonom cu gestionarea defecțiunilor legate de capacitatea de alimentare (baterie, legătură etc.)
- Capacitate de încărcare utilă: aproximativ 1–1,5 kg, pentru a transporta farul de avalanșă și camera termică.
- Transport și operabilitate ușoară și în mediul montan.
- Performanță bună de zbor: stabilitate și în condiții de vânt și robustețe la setarea (încărcarea) schimbărilor.
- Rezistență: cel puțin 10-15 min la sarcina maximă. Posibilitatea de integrare a sistemului: interacțiune cu diferite sarcini utile.
- Personalizare ușoară



Figura 2.32: UAV în timpul unei misiuni de căutare și salvare (Silvagni, 2017)

2.2.8. Poluare de ape

În general, monitorizarea calității apei se realizează prin prelevarea de probe și analizarea acestora în laborator, însă aceste metode sunt intensive, costisitoare iar rezultatul este furnizat în termen de câteva zile și nu permite cartografierea schimbărilor rapide din mediul respectiv. Senzorii statici de măsurare a calității apei pot furniza serii temporale ale variațiilor sezoniere ale parametrilor, însă necesită întreținere frecventă și sunt costisitori și cu o durată mică de funcționare. Din aceste considerente, au fost realizate diferite platforme mobile care permit realizarea de măsurări pe diferite nivele de adâncime. Aceste platforme mobile sunt echipate cu senzori, dispozitive de prelevare și camere.



(a)



(b)



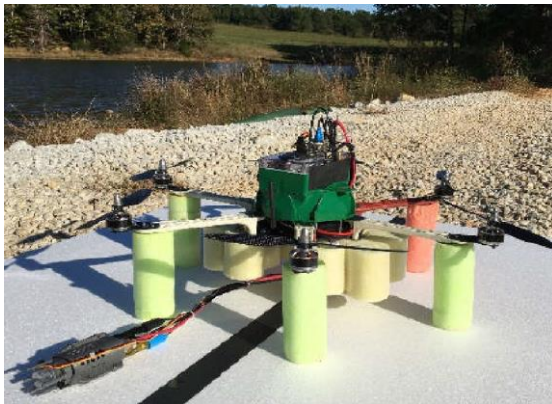
(c)



(d)

Figura 2.33: Exemple de drone subacvatice (a) - Neptune, (b) - OpenROV2.7, (c) - BlueROV2, (d) - PowerRay (Pedroso de Lima și colab., 2020)

În figura 2.34 este prezentat un sistem UAV dezvoltat de Koparan și colab., pentru monitorizarea în situ a calității apelor. Sistemul este format dintr-un hexacopter capabil să transporte o încărcătură mare și să zboare în condiții de vânt puternic/în rafale, precum și un subsistem de senzori încapsulați pentru măsurarea oxigenului dizolvat în apă, conductivității electrice, pH-ului și temperatura apei.



a)



b)

Figura 2.34: Sistemul de măsurare format dintr-un UAV și senzori pentru măsurări in-situ: a) înainte de misiunea de zbor; b) plutind pe suprafața apei în timpul măsurărilor (Koparan și co., 2018).

Metoda de măsurare aplicată pentru testarea sistemului a constat în măsurări la o adâncime de 60 cm, adâncimea putând fi reglată din lungimea cablurilor ce fac conexiunea dintre senzori și cutia de înregistrare, așa cum se poate observa în Figura 2.35.

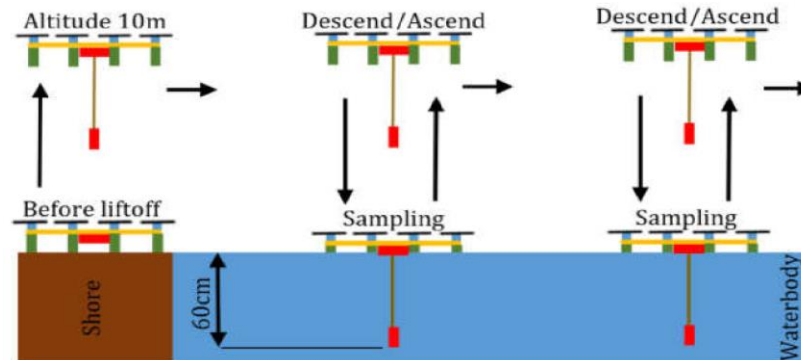


Figura 2.35: Metoda aplicată pentru măsurarea calității apei folosind sistemul UAV dezvoltat (Koparan și co., 2018)

Aplicând metoda descrisă echipa de cercetare a efectuat măsurări ale calității apei din lacul Lamaster, Clemson, Carolina de Sud, reușind să acopere aproape toată suprafața lacului după cum reiese din traiectoria de zbor (Figura 2.36).

Sistemul dezvoltat poate fi folosit pentru a executa măsurări asupra calității apei în locuri greu accesibile, precum și măsurări rapide ale calității apelor după producerea unor dezastre naturale cum ar fi inundații sau uragane.

Cea mai mare limitare a acestui sistem este reprezentată de bateria folosită. Acest dezavantaj putând fi însă eliminat prin folosirea unei baterii mai performante precum și o optimizare a designului sistemului pentru o creștere a duranței.

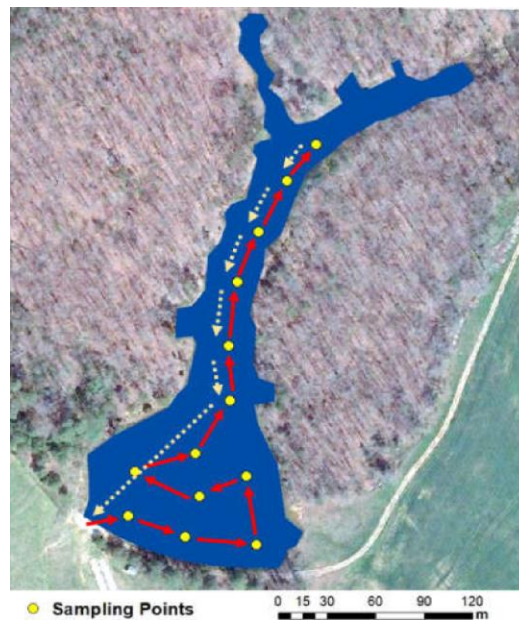


Figura 2.36: Traiectoria de zbor a sistemul UAV (Koparan și co., 2018).

2.3. Monitorizarea în timp real a riscurilor specifice MMAP cu ajutorul senzorilor aeropurtați. Descriere generală, capacități, limitări și cerințe actuale

Designul, integrarea și operarea instrumentației *in-situ* și de teledetecție pe aeronave necesită luarea în calcul a unor aspecte speciale pentru măsurări de calitate. Astfel, cele mai importante aspecte sunt planificarea strategiei de zbor, deplasarea aeronavei pe traiectorie, montarea echipamentelor pe aeronavă și condițiile meteorologice din timpul zborului (turbulențe, fenomene majore).

Intercomparări ale datelor obținute cu mai multe aeronave echipate cu instrumente, care operează în zone echivalente, uneori în sincron, au devenit foarte importante pentru verificarea calității datelor și a îmbunătățirii instrumentelor pentru viitoarele campanii de măsurări și cercetări științifice, privind fenomenele importante din atmosferă (Nemuc și colab., 2015; Boscornea și colab. 2015a).

În prezent, există o mare varietate de instrumente inovative montate pe platforme aeropurtate, utilizate în măsurări atmosferice și de mediu (Wendisch și Brenguier, 2013). În acest context, România aduce, prin măsurările *in-situ* efectuate cu ajutorul platformelor aeropurtate, un aport semnificativ la cercetările din domeniul microfizicii norilor și a precipitațiilor.

În acest sens, în anul 2011 Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare Aerospațială "Elie Carafoli" București (INCAS) a inițiat demersurile de a întemeia un laborator aeropurtat pentru studiul atmosferei.

Proiectul ATMOSLAB – Laboratorul Aeropurtat Pentru Cercetări Atmosferice de Mediu are ca obiectiv principal dezvoltarea unei infrastructuri specifice cercetărilor avansate de mediu atmosferic, în conformitate cu „Strategia Națională de Protejare a Mediului”, „Strategia Națională pentru Dezvoltare Durabilă la orizontul anilor 2013-2020-2030” și „Vision 2020”, elaborată de ACARE (Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe) și integrată la nivelul EUFAR (European Facility for Airborne Research).

Aeronava ATMOSLAB

Laboratorul aeropurtat ATMOSLAB constă într-o aeronavă de ultimă generație – Beechcraft King Air C-90 GTx Bimotor, fabricată în 2011 și înmatriculată YR-INC, echipată cu două sisteme de senzori meteorologici pe aripi: Droplet Measurements CAPS și Hawkeye - Cloud Imaging Probe, un sistem LIDAR Riegl Q680i și un sistem Data Link de transmisie a datelor la sol în timpul zborului.

Acestă aeronavă bimotor turbopropulsată, cu cabină presurizată, poate atinge o altitudine maximă de croazieră de 9114 m și o viteză maximă de croazieră de 504 km/h. Greutatea maximă la decolare nu poate depăși 4756 kg, din care aproximativ 250 kg sunt destinate încărcăturii științifice. În plus, distanța maximă parcursă în timpul unui zbor este de 2027 km. Configurația internă a aeronavei de cercetare ATMOSLAB este prezentată în figura de mai jos și constă în 2 piloți și 2 operatori aparatură.



Figura 2.37: Aeronava ATMO-SLAB aparținând INCAS

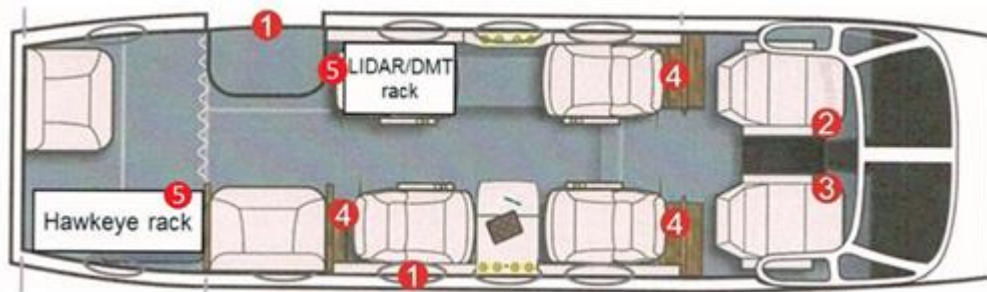


Figura 2.38: Configurația interioară a aeronavei ATMO-SLAB: 1-ușa principală de acces și ușa de siguranță, 2-pilot/comandant, 3-copilot, 4-posturi operatori, 5-rack-uri ce conțin computerele și panoul electric de comandă pentru echipamentele de cercetare

Din schițele aeronavei prezentate în sistem imperial, se pot observa dimensiunile de gabarit ale avionului, iar, pe aripi, montajul sistemelor de senzori meteorologici. Având în vedere faptul că instrumentele sunt montate în afara aeronavei, există o serie de factori decisivi în ceea ce privește respectarea condițiilor de aeronavigabilitate. Astfel, există o serie de analize pentru certificarea faptului că un instrument nu influențează siguranța zborurilor: calcul de aerodinamică, calcul de vibrații libere, calcul structuri locale și calcul aeroelastic. Pentru toate aceste analize se furnizează atât modelele FEM (*Finite Element Model*), cât și rapoarte de analiză.

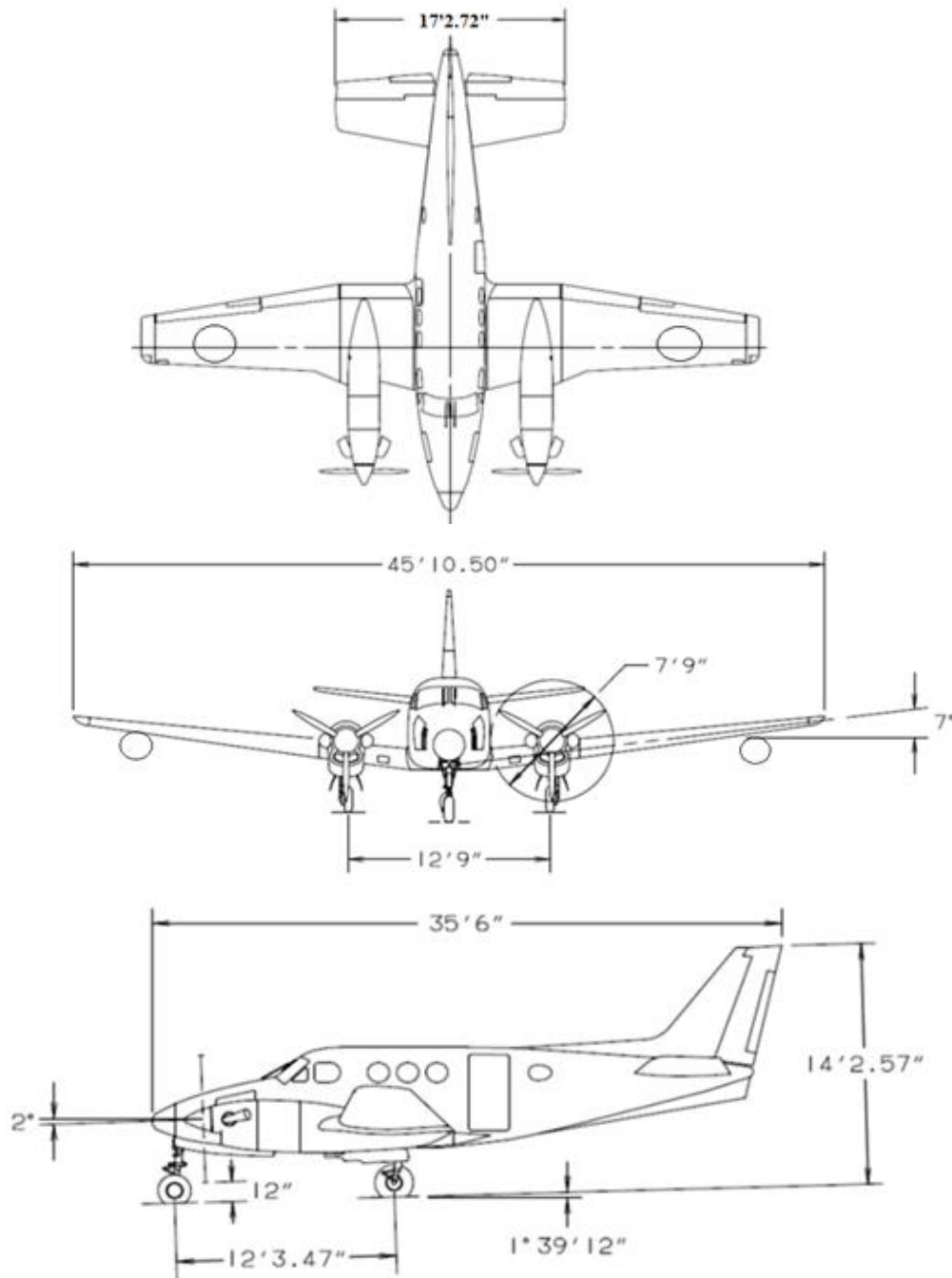


Figura 2.39: Schițele aeronavei Beechcraft, Corporation Interactive Maintenance Library (IML). P/N: 90-590012-13
Revision B30 - May 1, 2014

Configurația ATMOSLAB pentru studiul norilor

Configurația de bază a aparaturii aeronavei ATMOSLAB folosită pentru studiul norilor este formată din spectrometrul pentru nori, aerosoli și particule – CAPS (Cloud Aerosol and Precipitation Spectrometer) și sistemul Hawkeye, care permite, suplimentar parametrilor furnizați de CAPS, și captarea unor imagini 3D ale hidrometeorilor.

Acuratețea măsurărilor și analiza datelor obținute în timpul zborului de cercetare pot fi limitate datorită eșantionării, poziționării spațiale, precum și a condițiilor de mediu întâlnite (de exemplu, norii sunt caracterizați de o mare variabilitate spațială și temporală). Pentru a diminua efectele acestor limitări, a fost dezvoltată o nouă generație de instrumente. Din această categorie face parte și spectrometrul de nori, aerosoli și precipitații (CAPS) introdus în 1999 de către Droplet Measurement Technologies (DMT), care combină în funcționalitatea lui FSSP-300 (Forward Scattering Spectrometer Probe - 300), FSSP-100 (Forward Scattering Spectrometer Probe-100), 2D-OAP (Two Dimensional Optical Array Probes), MASP (Multiangle Aerosol Spectrometer) și sonda cu fir încins ale PMS (Particle Size Magnifier). CAPS cuprinde trei sisteme de senzori principali: un senzor pentru determinarea conținutului total de apă lichidă (LWC-100 – Liquid Water Content-100), un spectrometru pentru aerosoli și hidrometeori (CAS – Cloud and Aerosol Spectrometer) și un sistem de imagistică pentru hidrometeori (CIP – Cloud Imaging Probe).

Principiul de operare al CAPS

În figura de mai jos, unde este prezentată schema CAPS, se observă cei 5 senzori: spectrometrul de aerosoli și nori (CAS), sonda de imagistică a norilor (CIP), detectorul de conținut al apei lichide (LWC), un senzor pentru viteza vântului și o sondă pentru temperatură.

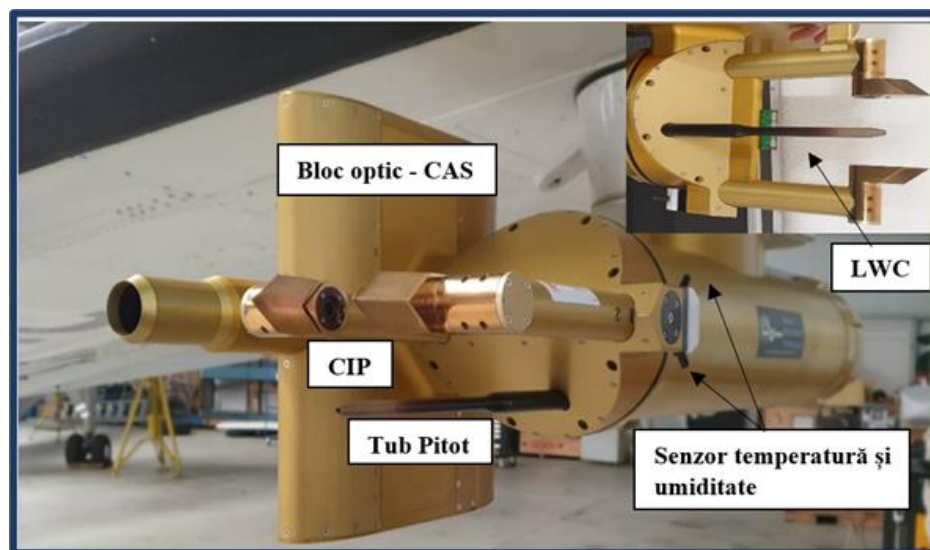


Figura 2.40: Senzorii sistemului CAPS, care poate fi montat pe avion în containerul standard de tip PMS (Particle Measuring Systems)

Tehnica de măsurare a CAS este similară cu cea a FSSP-100, și constă în colectarea radiațiilor luminoase împrăștiate înainte de către particulele care trec una câte una prin fața unui fascicul laser focalizat. Volumul sondat este definit de către apertura punctiformă similară celei de tip fantă a FSSP-300 (Baumgardner și colab., 1992), folosită pentru selectarea zonei cele mai intense a fasciculului laser. Cele două cutii optice, marcate în chenarele observate în figura de mai jos, sunt fizic conectate între ele pentru a menține alinierea. (Baumgardner și colab., 2001).

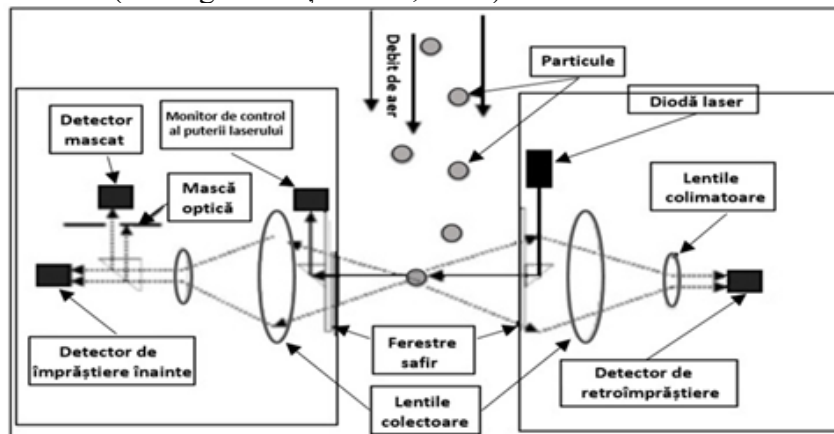


Figura 2.41: Configurația sistemului de colectare a luminii, întâlnită la sistemul CAS (Baumgardner și colab. 2001)

În plus, CAS este echipat cu un set de optică și detectori care măsoară lumina retroîmprăștiată. Dimensiunea fiecărei particule este determinată cu ajutorul teoriei Mie a împrăștierei luminii. Prin compararea dimensiunilor obținute din cele două semnale (lumina împrăștiată înainte și lumina retroîmprăștiată), se determină dimensiunea reală a particulei, erorile fiind astfel limitate.

CIP determină imaginile particulelor folosind aceeași tehnică precum PMS, 2D-OAP, și anume, captând umbra particulelor ce trec prin fasciculul laser focalizat. Fasciculul laser emis de o diodă de 45 mW cu lungimea de undă de 0,685 μm , este poziționată peste o matrice liniară de 64 de diode. De fiecare dată când matricea se mișcă pe o distanță de 25 μm (rezoluția sondei), este înregistrată starea de *pornit-oprit* a fiecărei diode, în timp ce imaginea particulei se mișcă de-a lungul matricei. Când nivelul luminii scade sub 70%, starea diodei este înregistrată ca *pornit*. Particulele formează o umbră pe matricea liniară de diode, iar electronica de procesare înregistrează starea fiecărei diode. Sondele standard PM 2D folosesc un nivel de 50% pentru a defini starea de *pornit-oprit* a diodelor. Pragul limită de 70% (Korolev și colab., 1998) a fost impus pentru a micșora incertitudinea în măsurări.

LWCD folosește o tehnică descrisă de către King și colab., 1978, pentru măsurarea LWC (Liquid Water Content – conținutul de apă lichidă), dar cu o geometrie diferită și un alt tip de circuit pentru controlul căldurii, în comparație cu senzorul PMS. Pentru a spori stabilitatea și a diminua vibrația în timpul zborului, senzorul cilindric este montat la marginea unui suport dreptunghiular. Temperatura firului în senzorul DMT este menținută constantă folosind un semnal de 40 kHz, cu amplitudinea fixă de 28 V, dar cu un ciclu al eficienței cuprins între 10% și 90%, pentru a se evita supraîncălzirea aeronavei aflată în repaus.

Cu ajutorul tubului Pitot și a senzorului de temperatură integrați în sistem, este determinată viteza vântului în locul poziționării sondei, în vederea calculării volumului de eșantionare și a controlării ratei de scanare a senzorului CIP.

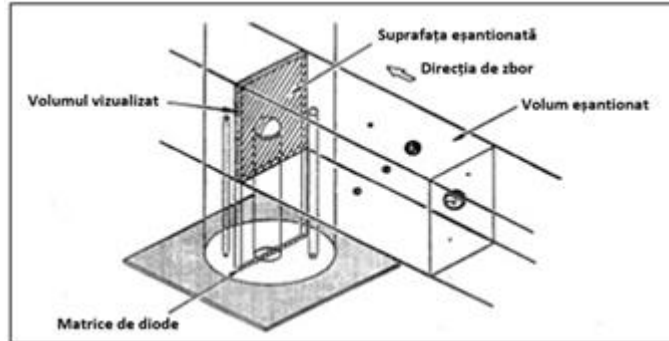


Figura 2.42: Principul fundamental de măsurare a senzorului CIP (Baumgardner și colab., 2001)

Aspecte suplimentare

În comparație cu instrumentația dezvoltată până la momentul apariției pe piață a CAPS, intervalul dimensional al CAPS-ului este mai extins și oferă un spectru continuu, de la aerosolii de dimensiuni mari din modul de acumulare până la picăturile din nori de dimensiunea picăturilor de burniță, fiind furnizată astfel o distribuție dimensională continuă din aceeași regiune a norului. Așadar, există o serie de avantaje ce merită a fi menționate, printre acestea regăsindu-se și electronica procesării semnalului.

Cu un timp de răspuns de 0,1 μs , CAS utilizează o zonă de tampon (buffer) de tipul FIFO (First-In First-Out, primul intrat-primul ieșit) ce elimină orice pierderi atribuite timpului mort, până când rata particulelor depășește 250 Ks^{-1} . Datorită celor 40 de canale dimensionale programabile de către utilizator ce permit fie fixarea, fie selectarea curbei de împrăștiere Mie, se poate efectua o autocalibrare a instrumentului CAS. În plus, a fost implementată distribuția frecvenței timpului de sosire a particulelor în măsurările de concentrație independente (Baumgardner, 1986; Baumgardner și colab., 1993; Brenguier și colab., 1994).

Ansamblul HAWKEYE

Hawkeye-ul combină trei sisteme pentru a dimensiona particulele: un modul de împrăștiere înainte a luminii pentru dimensionarea particulelor cu dimensiuni cuprinse între $0,1 \mu\text{m}$ și $10 \mu\text{m}$, o camera CCD (Charge-Coupled Device) și două matrici de imagine 2D-S (2D Stereo Probe) care pot prezenta particule în trei perspective diferite și cu două rezoluții diferite.

Principiul de funcționare al 3V-CPI

Componenta 2D-S a Hawkeye din modulul 3V-CPI (3-View Cloud Particle Imager) are la bază două canale optice de imagine care sunt așezate ortogonal unul față de celalalt și normal, comparativ cu fluxul de particule. Fiecare fascicul de lumină este direcționat către o matrice liniară de diode cu elemente cu mărimea necesară pentru a produce aproximativ micropixeli în volumul eșantionului din canalul vertical și micropixeli în canalul orizontal. Suprafața este scanată cu o viteză proporțională cu viteza particulei, astfel încât unele părți din imagine sunt făcute la rezoluția pixelilor. Atunci când suprafața laserului detectează o particulă prezentă în planul obiectiv al sistemului imagistic, este emis un impuls al laserului

de mare putere. Imaginile înregistrate sunt procesate, iar din cadrele care conțin particule sunt selectate regiunile de interes (ROI) pentru a fi analizate.

Sistemul de imagistică utilizează o cameră monocromală digitală (CCD), care produce imagini de înaltă rezoluție cu aproximativ 400 cadre pe secundă. Fiecare cadru poate ilustra mai mult de 25 de particule/cadru (cu o suprafață a imaginii de 1024x1289, o rezoluție de aproximativ 2,3 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ și 256 nivele). Principalele componente electro-optice ale echipamentului 3V-CPI sunt prezentate în Figura 2.42. Două fascicule laser provenind de la matricea laser 2D-S se intersectează în formă de bandă, în plan orizontal și în plan vertical. Planul obiectiv al camerei CCD este localizat în marginea posterioară a intersecției fasciculelor de la 2D-S.

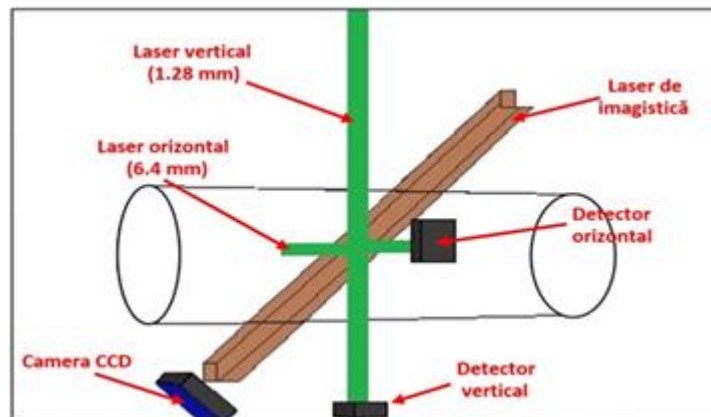


Figura 2.42: Schema de funcționare a 3V-CPI (Manual Hawkeye)

Prima înregistrare o reprezintă imaginea de fond capturată în absența particulelor de nor, stocată și utilizată pentru a procesa cadrele ulterioare, în cazul în care acestea vor conține particule. Un exemplu de astfel de imagine este prezentat în figura de mai jos. Principiul de funcționare al 2D-S este similar cu cel al CIP, deosebiri fiind în modul de afișare al imaginilor.



Figura 2.43: Imaginea unei particule și regiunea de interes asociată acesteia (Manual Hawkeye)

La trecerea unei particule printr-un volum de eșantionare, curentul foto este redus și apoi convertit în tensiune. Aplicând un filtru presetat tensiunii, se va crea o valoare binară asociată fiecărei diode, întregul ansamblu de valori binare formând vectorul digital de imagine. Procedeeul de înregistrare al unei imagini asociate unei particule se va declanșa după îndeplinirea unui set de criterii minime prestabilite de utilizator, continuând cu declanșarea camerei. După aprinderea laserului imagistic, imaginea particulei va fi înregistrată de către camera CCD, urmând a fi analizată. În cazul în care laserul nu a fost aprins, imaginea va fi ștersă, eliminându-se astfel eventualele erori de interpretare a datelor.

După descărcarea completă a imaginii, aceasta va fi fragmentată în regiuni de interes. Algoritmii de procesare a imaginilor scade imaginea de fond inițială din noul cadru achiziționat. Zonele de interes, unde rezultatele scăderii în orice suprafață a imaginii CCD sunt mai mari decât mărimea pixelului minim predefinit, sunt trunchiate din imaginea inițială și analizate. La interfața grafică a utilizatorului (GUI) sunt afișate imaginile înregistrate de către canalul vertical și de către cel orizontal.

Principiul de funcționare al sondei rapide pentru picături de nor (FCDP)

Sonda rapidă pentru picături de nor a Hawkeye-ului (FCDP-Fast Cloud Droplet Probe) determină dimensiunea picăturilor între $1 \mu\text{m}$ și $50 \mu\text{m}$ (cu o rezoluție de aproximativ $3 \mu\text{m}$) și concentrația acestora prin măsurarea cantității de lumină împrăștiată înainte de către particule, în interiorul volumului de eșantionare. FCDP este capabil să dimensioneze particulele cu viteze cuprinse între 10 și 200 m/s, iar apoi să le clasifice în douăzeci de clase dimensionale (prezente din faza de construcție a echipamentului).

Un laser colimat este proiectat între brațele de transmisie și recepție ale FCDP, în volumul de eșantionare. Particulele de nor care pătrund în acest volum împrăștie lumina fasciculului laser. Lumina împrăștiată este colectată în punctul de depozitare din brațul de recepție. Acest fascicul este direcționat spre doi detectori: unul de calificare și altul de semnal. O reprezentare schematică a principiului de operare al FCDP este prezentată în figura de mai jos. Atunci când o particulă este în centrul ambilor detectori, fanta de calificare observă un pic de dimensiune mare. Pentru ca o particulă să fie calificată, până la despicierea fasciculului în jumătate, picul de calificare va fi mai mare decât picul de semnal. Caracteristicile precum timpul de rulare, timpul de tranzit, tensiunea semnalului, tensiunea de calificare, suprafața (suma de tensiuni) și timpul de vârf sunt înregistrate de către sistemul de achiziție de date, pentru fiecare particulă.

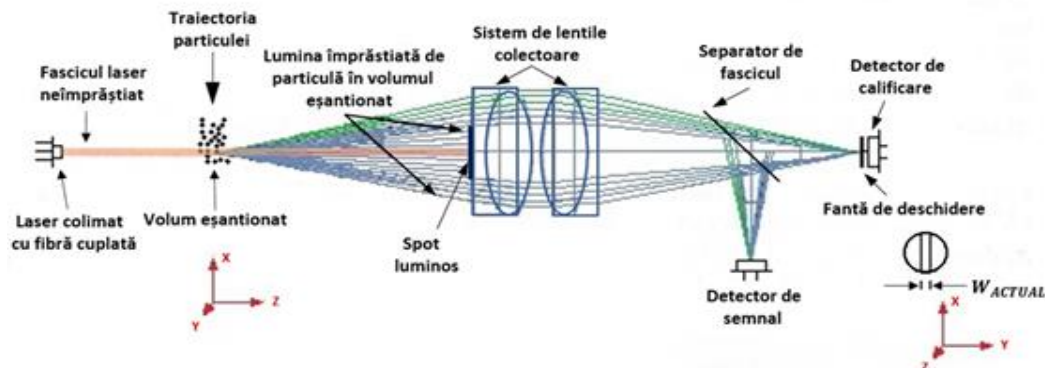


Figura 2.44: Schema de ansamblu a FCDP (Wendisch și Brenguier, 2013)

3. Analiza impactului folosirii metodelor aeropurtate pentru reducerea consecințelor negative la diferite scări spațiale și temporale

3.1. Condiții de utilizare a senzorilor aeropurtați. Cadrul legislativ, condiționări tehnice și administrative.

- **Modificarea unei aeronave sau a unui produs aero-navigabil / Certificarea aeronavelor și a produselor, pieselor și aparatelor conexe**

Modificările unui aeronave necesită alinierea la o serie de regulamente privind navigabilitatea. În funcție de natura modificării aerodinei, se determină gradul de complexitate al alterării stării inițiale a aeronavei, astfel procesul unei modificări este unul complex.

Modificările standard sunt modificări ale unui design de tip (Changes to a Type Design):

- a. În legătură cu:
 - (i) Avioane cu masa maximă la decolare (MTOM) de 5700 kg sau mai mică;
 - (ii) Aeronave cu 3715 kg MTOM sau mai puțin;
 - (iii) planoare, planoare cu motor, baloane și dirijabile, așa cum sunt definite în ELA1 sau ELA2
- b. care urmează datele de proiectare incluse în specificațiile de certificare emise de agenție, care conțin metode, tehnici și practici acceptabile pentru efectuarea și identificarea modificărilor standard, inclusiv instrucțiunile asociate pentru menținerea navigabilității; și
- c. Care nu sunt în conflict cu datele deținătorilor de TC (Type Certificate) – Certificat de Tip;

- **Modificările aduse unui certificat de tip sunt clasificate ca minore și majore.**

O „schimbare minoră” este una care nu are un efect apreciabil asupra masei, echilibrului, rezistenței structurale, fiabilității, caracteristicilor operaționale, zgomotului, ventilației combustibilului, emisiilor de evacuare, datelor de adevărate operațională sau alte caracteristici care afectează navigabilitatea produsului. Managerul de proiect sau DE (Design Engineer – Inginer de Design) desemnat este responsabil pentru realizarea procesului de clasificare în conformitate cu procedura de mai jos. HOA (Head of Airworthiness) este responsabil pentru executarea corectă a acestei proceduri. Numai personalul calificat cu instruire documentată este permis să efectueze această procedură:

A. Este necesar ca toate modificările să fie clasificate ca fiind majore sau minore, luând în considerare procedura următoare:

În unele ocazii, procesul de clasificare este inițiat într-un moment în care unele date necesare pentru a lua o decizie de clasificare nu sunt încă disponibile. Prin urmare, organizația DOA / STRAERO va aștepta disponibilitatea datelor înainte de a lua o decizie.

Ori de câte ori există îndoieli cu privire la clasificarea unei modificări, agenția – EASA, este consultată pentru clarificări.

DOA / STRAERO poate solicita Agenției reclasificarea unei modificări din majore în minore, dacă este justificată.



**Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență
cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea
impactului acestora în vederea reducerii
consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare**

COD: DT_A1-81/21

Ediția: 1

Revizia: 1

Pagina: 109

Exemplar nr. 1

O simplă modificare de proiectare planificată a fi impusă printr-o directivă de navigabilitate poate fi reclasificată minoră datorită implicării agenției în procesul de menținere a navigabilității.

B. Se consideră că o modificare a unui TC are un „efect apreciabil asupra masei, echilibrului, rezistenței structurale, fiabilității, caracteristicilor operaționale, zgomotului, evacuarea combustibilului, emisiile de evacuare, adecvarea operațională sau alte caracteristici care afectează navigabilitatea produsului” și , prin urmare, ar trebui clasificată ca o **SCHIMBARE MAJORĂ**, în special, dar nu numai, atunci când sunt îndeplinite una sau mai multe dintre următoarele condiții:

- (i) În cazul în care modificarea necesită o ajustare a bazei de certificare de tip sau a bazei de certificare OSD (condiții speciale sau echivalent, constatare de siguranță echivalentă), cu excepția alegerii conformității cu specificațiile ulterioare de certificare
- (ii) În cazul în care solicitantul propune o nouă interpretare a specificațiilor de certificare utilizate pentru baza de certificare de tip sau baza de certificare OSD care nu a fost publicată ca material AMC sau convenită în alt mod cu agenția.
- (iii) În cazul în care demonstrarea conformității utilizează metode care nu au fost acceptate anterior ca fiind adecvate pentru natura modificării.
- (iv) În cazul în care amploarea noilor date de fundamentare (substantiation data) necesare pentru a se conforma cu specificațiile de certificare aplicabile și gradul în care datele de fundamentare inițiale trebuiesc reevaluate considerabil.
- (v) Modificarea este făcută obligatorie printr-o directivă de navigabilitate sau modificarea este acțiunea de încheiere a unei directive de navigabilitate (ref. 21.A.3B).
- (vi) În cazul în care modificarea introduce sau afectează funcții în care efectul defecțiunii este clasificat catastrofal sau periculos.

O modificare care nu este considerată a avea un „efect apreciabil asupra masei, echilibrului, rezistenței structurale, fiabilității, caracteristicilor operaționale, zgomotului, ventilației combustibilului, emisiilor de evacuare, adecvarea operațională sau alte caracteristici care afectează navigabilitatea produsului” și nu este clasificată ca majoră așa cum este definită mai sus, va fi clasificată ca o **SCHIMBARE MINORĂ**.

C. Fluxul de lucru al procesului de clasificare – de la inițiere la finalizare

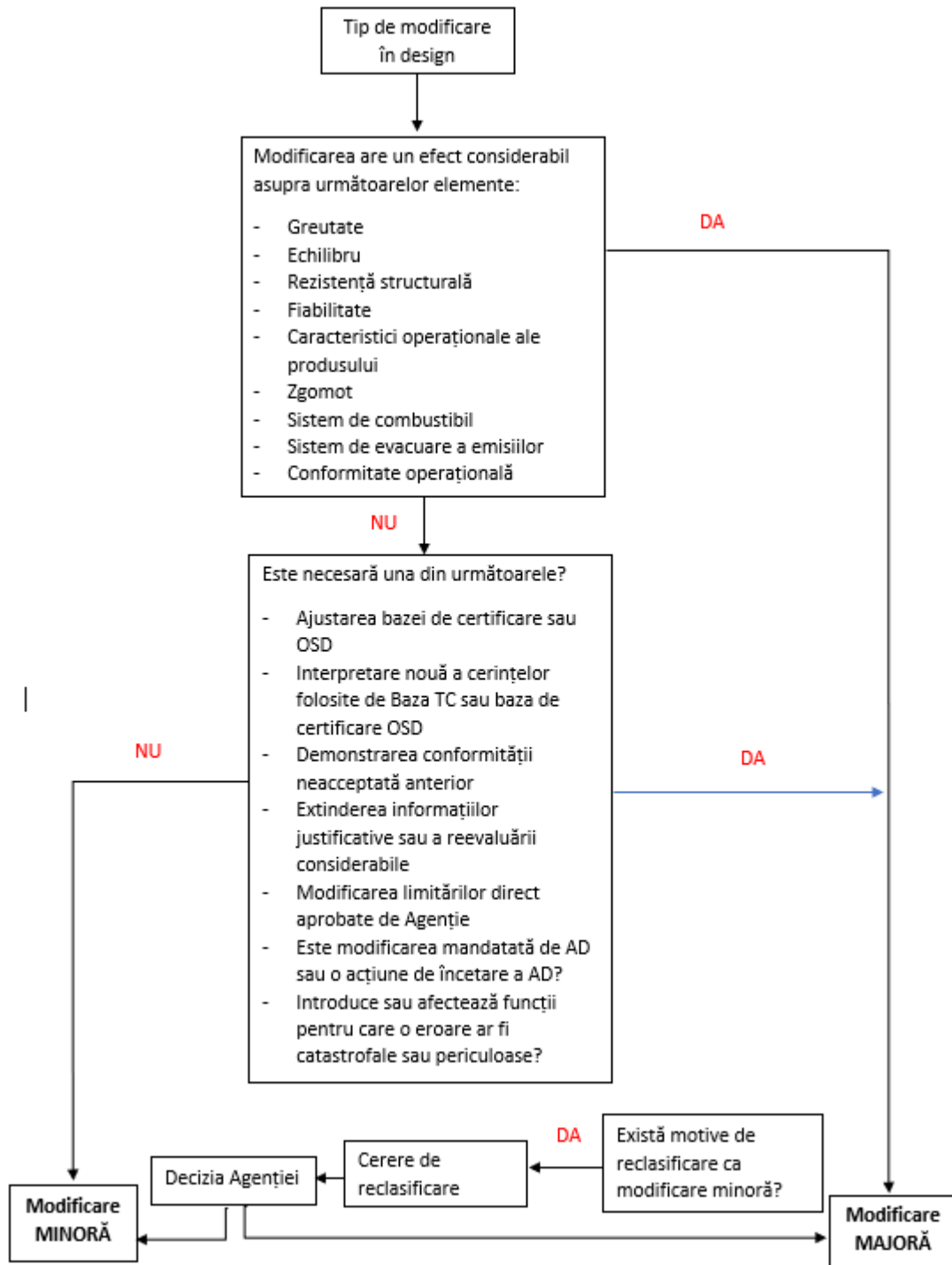


Figura 3.1: Fluxul de lucru al procesului de clasificare – de la inițiere la finalizare



**Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență
cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea
impactului acestora în vederea reducerii
consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare**

COD: DT_A1-81/21

Ediția: 1

Revizia: 1

Pagina: 111

Exemplar nr. 1

D. În cazul în care modificarea este clasificată ca fiind majoră, se evaluează dacă modificarea în proiectare, putere, tracțiune sau greutate este atât de mare încât necesită o investigație completă și substanțială a conformității cu baza de certificare de tip aplicabilă. O investigație completă și substanțială a conformității este necesară atunci când cea mai mare parte a argumentării existente nu este aplicabilă produsului de modificare.

Cu alte cuvinte, modificarea designului poate fi considerată substanțială dacă este atât de extinsă (făcând produsul suficient de diferit fata de stadiul inițial) încât modelele de proiectare, metodologiile și abordările utilizate pentru a demonstra o constatare anterioară de conformitate nu ar putea fi utilizate.

Organizația DOA / STRAERO evaluează efectul total sau combinat al tuturor modificărilor propuse, inclusiv efectele cumulate ale modificărilor relevante anterioare de proiectare.

E. În cazul în care modificarea este clasificată ca fiind majoră, dar nu SUBSTANȚIALĂ, se va evalua dacă modificarea este SEMNIFICATIVĂ sau NESEMNIFICATIVĂ. Schimbările semnificative sunt schimbări la nivel de produs care sunt distincte de majoritatea schimbărilor majore. În general, aceste modificări sunt fie rezultatul unei acumulări de modificări, fie apar printr-o schimbare extensivă izolată care face ca produsul schimbării să fie diferit de predecesorii săi.

Trebuie să se identifice dacă modificările propuse sunt legate între ele și trebuie organizate în grupări ale celor legate și fără legătură (autonome). În acest fel, efectul (efectele) cumulativ poate fi mai ușor evaluat și modificarea de proiectare evaluată și clasificată în semnificativă sau nesemnificativă.

O modificare SEMNIFICATIVĂ este definită ca fiind existentă atunci când se aplică unul sau mai multe dintre cele trei criterii automate de mai jos:

I) Modificări în care configurația generală nu este păstrată (modificare semnificativă a configurației generale - T0). O modificare a configurației generale la nivel de produs care distinge produsul rezultat de celelalte modele de produs.

II) Modificări în care principiile de construcție nu sunt păstrate (modificare semnificativă a principiilor de construcție). O modificare la nivel de produs a materialelor și/sau metodelor de construcție care afectează caracteristicile generale de funcționare ale produsului sau rezistența inerentă și ar necesita o investigație extinsă pentru a demonstra conformitatea.

III) Modificări care invalidează ipotezele utilizate pentru certificare (modificare semnificativă a ipotezelor utilizate pentru certificare). O modificare a ipotezelor la nivel de produs asociate cu demonstrarea conformității, performanța sau pachetul de operare care, prin ea însăși, este atât de diferită încât ipotezele sau metodologiile originale de demonstrare a conformității sunt invalidate.

O modificare majoră care nu este clasificată ca SUBSTANȚIALĂ sau SEMNIFICATIVĂ va fi clasificată ca NESEMNIFICATIVĂ.

După întocmirea documentației de către DE – *Design Engineer*, un CVE – *Compliance Verification Engineer* - trebuie să verifice corectitudinea și caracterul complși colab datelor enumerate în clasificarea modificării.

HOA – *Head of Airworthiness* - trebuie să verifice și să aprobe clasificarea modificării la designul de tip.

HDO – *Head of Design Organisation* - trebuie să elibereze clasificarea modificării la designul de tip.

Conform procedurilor interne se va efectua și o evaluare de risc.

NOTĂ: Dacă în timpul procesului de clasificare/certificare a unei modificări a proiectului certificatului de tip, apare oricare dintre următoarele, cu o importanță semnificativă:

- Probleme tehnice
- Probleme de reglementare

- Probleme administrative

HOA – Șeful Biroului de Navigabilitate - este responsabil pentru organizarea unei întâlniri, la care participă toți DE și CVE implicați în proiect, pentru a identifica și rezolva în mod adecvat problemele apărute. Rezultatul întâlnirii este înregistrat folosind un formular specific intern DOA, în care sunt înregistrate cel puțin următoarele:

- Problema abordată, descrierea etc.
- Documente de referință
- Participanți
- Concluzii, dacă este cazul / concluziile individuale pot fi înregistrate
- dacă este necesar să se solicite Agenției (EASA) un CRI (Element de revizuire a certificării)
- dacă este necesar să se încorporeze constatarea unui CRI în proiectare

Minor Change – Modificări Minore

HOA - Șeful biroului de navigabilitate este responsabil pentru verificarea faptului că această procedură a fost efectuată corect.

O modificare minoră a unui proiect de tip trebuie aprobată în conformitate cu Part 21.A.95 numai dacă se demonstrează că produsul modificat îndeplinește specificațiile de certificare aplicabile, astfel cum se specifică la punctul 21.A.101.

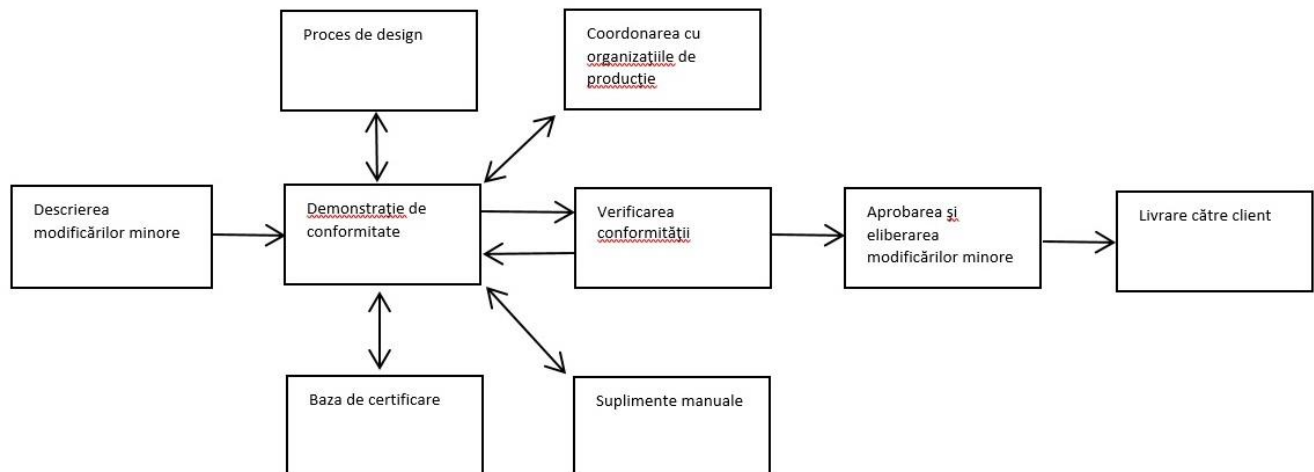


Figura 3.2: Fluxul de lucru pentru modificare minoră

Înainte de începerea realizării acestei proceduri, se va asigura că modificarea a fost clasificată ca fiind minoră în conformitate cu manualul intern al STRAERO / DOA.

1. Baza de certificare - Definierea bazei de certificare aplicabilă în conformitate cu procedura internă - Definierea bazei de certificare de tip.
2. Demonstrație de conformitate
3. Procesul de proiectare
4. Menținerea navigabilității
5. Coordonarea dintre proiectare și PO/MO
6. Colaborarea cu deținătorul TC



**Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență
cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea
impactului acestora în vederea reducerii
consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare**

COD: DT_A1-81/21

Ediția: 1

Revizia: 1

Pagina: 113

Exemplar nr. 1

Procedura Internă Colaborare cu TC Holder.

7. Subcontractori

8. CVE relevanți verifică în mod independent toată documentația de conformitate pregătită de inginerul proiectant (DE) și aprobă corectitudinea acestora cu semnătura lor.

9. Aprobarea modificărilor minore

Utilizare formular intern STRAERO / DOA - Aprobare modificări minore. HOA trebuie să valideze aprobarea modificărilor minore cu semnătura sa.

10. Livrarea către client a documentației referitoare la aprobarea modificărilor minore care urmează să fie efectuată în conformitate cu reglementările din DOH STRAERO.

11. Controlul documentelor și păstrarea evidenței

MINOR CHANGE la STC

Modificările aduse certificatelor de tip suplimentare, clasificate ca modificări minore în conformitate cu manualul DOH STRAERO, vor fi tratate după cum urmează:

1) Documentația de la STC, inclusiv MDL, va fi revizuită în conformitate cu procedura internă a organizației.

2) O nouă aprobare de modificare minoră va fi emisă pentru modificarea minoră a STC. MDL-ul modificării minore va face referire la documentele revizuite ale clientului și MDL-ul STC.

Modificarea minoră va fi tratată ca orice altă modificare minoră în conformitate cu fluxul procesului menționat anterior pentru acest tip de modificare.

3) MDL-ul STC-ului revizuit va face referire la MDL-ul modificării minore.

Când sunt necesare piese livrate cu EASA FORM1

După aprobarea modificării, dacă este necesară producerea de noi repere, ca acestea să fie avionabile, trebuie produse într-o unitate de tip P21G – POA – Organizație de Producție. După semnarea formularului între DOA și POA – DO/PO Agreement, reperele menționate se pot produce și elibera cu documentul EASA Form1 – ceea ce atestă calitatea și aeronavigabilitatea acestora.

După ce modificarea minoră a fost aprobată și eliberată, formularul - Declarație de date de proiectare aprobată va fi completat cu P/N-urile pieselor individuale sau ale ansamblurilor de nivel superior care au fost fabricate cu datele de proiectare aprobate de STRAERO; după aprobarea și eliberarea de către HDO, acesta va fi prezentat clientului în conformitate cu procedura descrisă în manualul DOH STRAERO.

Major Change – Modificări Majore

Aprobarea unei modificări majore într-un certificat de tip este limitată la acea sau acele configurații specifice din certificatul de tip pe care se face modificarea.

Fiecare modificare majoră adusă acelei părți a unui produs care face obiectul unui certificat de tip suplimentar (STC) va fi aprobată ca certificat de tip suplimentar separat, în conformitate cu partea E din Part 21. Prin derogare, o modificare majoră a acelei părți a unui produs care face obiectul unui certificat de tip suplimentar prezentat de titularul certificatului de tip suplimentar poate fi aprobat ca modificare a certificatului de tip suplimentar existent.

Gestionarea modificărilor majore (o modificare care este clasificată drept majoră în conformitate cu DOH STRAERO) este descrisă mai jos.

A) Reglementare

1. Se demonstrează că:

- I. Produsul modificat îndeplinește specificațiile aplicabile de certificare și cerințele de protecție a mediului, așa cum sunt specificate în 21.A.101;
 - II. Orice prevederi de navigabilitate respectate sunt compensate de factori care asigură un nivel echivalent de siguranță; și
 - III. Nicio caracteristică sau caracteristică nu face produsul nesigur pentru utilizările pentru care se solicită certificarea.
2. În cazul unei modificări care afectează OSD – Operational Suitability Data, se demonstrează că modificările necesare OSD îndeplinesc baza de certificare a OSD aplicabilă desemnată în conformitate cu punctul 21.A.101 litera (g);
 3. Prin derogare de la punctul 2 și la cererea STRAERO inclusă în declarația menționată la punctul 21.A.20 litera (d), o modificare majoră a unui certificat de tip de aeronavă poate fi aprobată înainte de a se conforma adecvarea operațională aplicabilă. Baza de certificare a datelor a demonstrat, cu condiția ca solicitantul să demonstreze conformitatea cu baza de certificare OSD înainte ca datele OSD să fie utilizate efectiv.

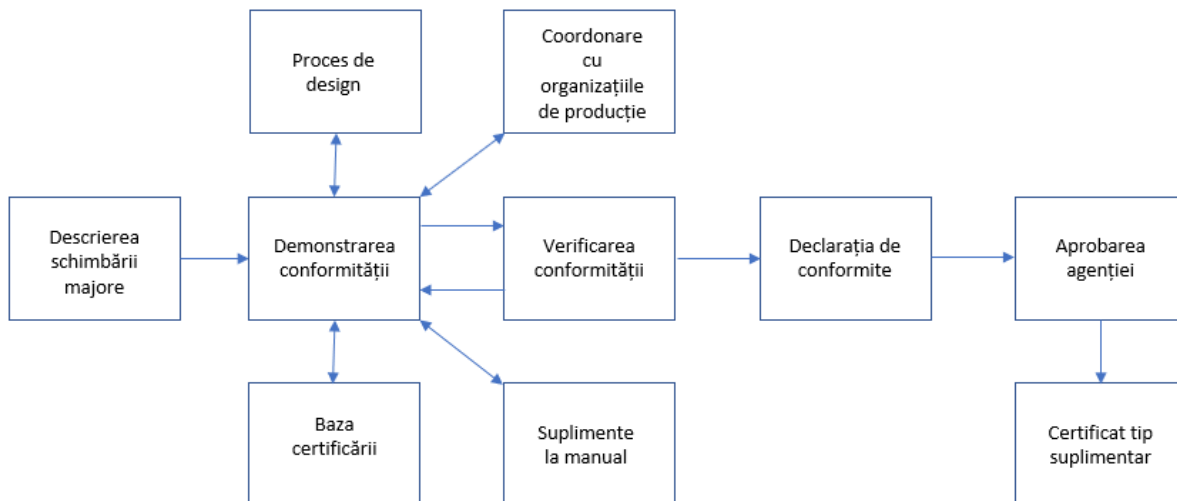


Figura 3.3: Fluxul de lucru pentru modificare majoră

Dacă modificările minore se aprobă intern DOA, modificările de tip Major Change / STC se depun spre analiza către Agenție / EASA. Comunicarea se face prin formulare bine stabilite pentru fiecare pas din procesul aprobării.

Transmiterea documentelor / datelor de conformitate către Agenție

1. Se definește baza de certificare aplicabilă în conformitate cu procedura internă STRAERO - Definirea bazei de certificare de tip.
2. Se pregătește un Program de Certificare utilizând Formularul intern al DOA STRAERO, așa cum este specificat în DOH intern STRAERO.
3. Se întocmește o listă de verificare a conformității, așa cum este specificat în DOH.
4. Se definește o listă de elemente de acțiune pentru proiect utilizând formularul necesar stipulate în DOH STRAERO.



Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea impactului acestora în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare

COD: DT_A1-81/21

Ediția: 1

Revizia: 1

Pagina: 115

Exemplar nr. 1

5. Programul de certificare, lista de verificare a conformității și lista de acțiuni ale proiectului sunt prezentate agenției către managerul de certificare a proiectului alocat de EASA

Aprobarea datelor de către Agenție / EASA

După ce Programul de Certificare a fost acceptat de către Agenție, conformitatea va fi demonstrată în concordanță cu acest program de certificare.

Dacă în timpul proiectului sunt necesare modificări ale Programului de Certificare, acesta va fi modificat în consecință și retrimis Agenției pentru aprobare.

1. Demonstrație de conformitate
2. Procesul de proiectare
3. Menținerea navigabilității
4. Coordonarea dintre proiectare și PO/MO
5. Colaborarea deținătorului TC
6. Subantreprenori
7. CVE relevanți verifică în mod independent toată documentația de conformitate pregătită de inginerul proiectant și aprobă corectitudinea acestora cu semnătura lor.
8. Livrarea către client a documentației - După finalizarea proiectului, creați MDL (Master Data List) folosind formularul intern desemnat în DOH STRAERO. Asigurați-vă că toate documentele cu niveluri corecte de revizuire sunt menționate în MDL.

MDL și toate documentele la care se face referire, după ce au fost aprobate și eliberate, vor fi transmise Agenției pentru aprobare. Doar după aprobarea Agenției, documentele sunt trimise clientului.

9. Controlul documentelor și păstrarea evidenței

Când sunt necesare piese livrate cu EASA FORM1

După ce STC/modificarea majoră a fost aprobată și eliberată, Formularul intern STRAERO - Declarație de date de proiectare aprobată va fi completat cu P/N-urile pieselor individuale sau ansamblurilor de nivel superior care au fost fabricate cu datele de proiectare aprobate de STRAERO; după aprobarea și eliberarea de către HDO, acesta va fi prezentat organizației de producție.

STRAERO se asigură că transferă sau vinde un certificat de tip suplimentar STRAERO unei persoane fizice sau juridice care este capabilă să-și asume obligațiile unui astfel de certificat de tip suplimentar (21.A.118A) și în acest scop deține un DOA sau se angajează privilegii cu proceduri alternative aprobate de agenție.

Se eliberează un certificat de tip suplimentar pentru o durată nelimitată. Acesta rămâne valabil sub condițiile:

- 1) Deținătorul rămâne în conformitate cu anexa I din Part 21
- 2) Certificatul nefiind revocat conform procedurilor administrative aplicabile stabilite de Agenție.

* La predare sau revocare, certificatul de tip suplimentar va fi returnat Agenției.

3.2. Avantajele și limitările utilizării senzorilor aeropurtați

- **Avantajele utilizării senzorilor aeropurtați**

- a. Relocare rapidă între diverse zone geografice.
- b. Posibilitatea de schimbare rapidă a senzorilor în funcție de tipul de situație de urgență
- c. Acoperirea unei mari arii geografice într-un timp scurt
- d. Utilizarea senzorilor de tip Remote -Sensing permit menținerea unei distanțe sigure față de localizarea situației de urgență.
- e. Informațiile furnizate de senzorii aeropurtați pot fi utilizate în mai multe tipuri de aplicații.
- f. Pentru anumite tipuri de senzori aeropurtați, accesul la date se poate face în timp real.

- **Dezavantajele utilizării senzorilor aeropurtați**

Pentru fiecare tip de situație de urgență se va face o evaluare a riscului de operare cu vectori aeropurtați cu sau fără echipaj la bord. În cazul în care din analiza de risc rezultă un risc acceptabil se decide efectuarea misiunii. Se vor lua măsuri pentru mitigarea riscului.

Tipuri de risc în operarea aeronavelor:

- a. Zbor la Joasă înălțime /Zbor în zone montane**

Zborul în munți necesită cel mai înalt nivel de concentrare din partea pilotului și a specialiștilor în sarcini. Efectele carenței de oxigen asupra organismului precum și altitudinea la care apar simptomele sunt individual foarte diferite (vârsta, lipsa somnului, consumul de alcool cu o zi înainte de zbor, fumatul). În general, o performanță redusă este deja evidentă, începând de la o altitudine de 2000 de metri (6500 de picioare).

Densitatea mai mică a aerului are, de asemenea, o mare influență asupra performanței aeronavei și în același timp asupra eficienței motorului / turbinei. Acest lucru se datorează faptului că densitatea aerului scade odată cu creșterea înălțimii.

Pe teren accidentat se dezvoltă curenți puternici de vânt, care sunt intensificați de efectele venturi și se schimbă de la LUV la LEE, ducând la creșterea turbulențelor. Vânturile puternice înseamnă, de obicei, și turbulențe puternice, care pot face operarea aeronavei (de exemplu, transportul de încărcături) mai solicitantă sau imposibilă. Masele de aer umed termic și în creștere sunt cauza principală a schimbărilor meteorologice rapide în zonele muntoase.

Condițiile meteorologice tipice pot include:

- Vânturi puternice
- Termice
- Vizibilitate redusă
- Precipitații
- Givraj



Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea impactului acestora în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare

COD: DT_A1-81/21

Ediția: 1

Revizia: 1

Pagina: 117

Exemplar nr. 1

Pentru operațiunile la munte există prevederi suplimentare privind echipajul și echipamentul. Următoarele prevederi suplimentare se aplică PIC: O experiență de zbor de minim 200 de ore pentru încărcături mai mici de 1.500 kg

b. Zbor în condiții de vânt puternic/ atmosferă turbulentă (a se vedea riscurile asociate zborului în zona montana)

c. Zbor în condiții de vizibilitate redusă

Condițiile de vizibilitate influențează operațiunile aviatice în multe feluri. Vizibilitatea slabă la o destinație poate reduce capacitatea aeroporturilor, ducând la întâzieri la sol, devieri de zbor, anulări de zboruri și costuri suplimentare de operare, pentru a numi doar câteva.

Mai jos este o prezentare generală a termenilor generali utilizați:

i. Vizibilitate definită : Vizibilitatea la sol sau la suprafață este distanța orizontală predominantă la care un obiect poate fi deslușit clar de un observator meteorologic certificat, în condițiile actuale de lumină și vreme. Vizibilitatea aeriană este distanța medie orizontală înainte, de la cabina de zbor, la care obiectele proeminente neluminate pot fi văzute și identificate.

ii. Măsurarea vizibilității: Vizibilitatea este dată în metri ori de câte ori se raportează intervalul de vizibilitate a pistei (RVR) și prognozele aerodromului terminal (TAF). Valorile vizibilității sunt determinate atât de observatorii umani, cât și de sistemele automate de observare a suprafețelor (ASOS). Observatorul uman determină vizibilitatea identificând obiecte și repere la distanțe cunoscute pe parcursul unui cerc de 360 de grade în jurul punctului de observație. Cea mai mare vizibilitate observată peste 50% sau mai mult din zona de 360 de grade este vizibilitatea predominantă. Dacă, totuși, există un sector al zonei de 360 de grade care diferă semnificativ de vizibilitatea predominantă, observatorul poate adăuga o remarcă. ASOS măsoară și convertește valorile determinate de senzori în valori de vizibilitate corespunzătoare a ceea ce poate vedea ochiul uman. Piloții trebuie să aibă în vedere faptul că aproape jumătate din zona din jurul unui aeroport poate avea condiții mai scăzute decât vizibilitatea predominantă raportată.

iii. Vizibilitate redusă Fenomenele atmosferice care au ca rezultat o vizibilitate redusă includ ploaia, burnița, furtunile, zăpada și zăpada cu suflare, pelete de gheață/cristale/ceață de gheață, cenușă vulcanică, ceață, fum, ceață și praf și nisip din aer.

iv. Impacturi majore asupra vizibilității:

Ceața este adesea un factor semnificativ în ceea ce privește valorile scăzute ale vizibilității. Precipitațiile reduc vizibilitatea, în funcție de intensitate și dimensiunea picăturilor, iar burnița ușoară și/sau zăpada pot împiedica operațiunile regulii de zbor vizual (VFR). Ploaia abundentă, zăpada și activitatea furtunilor pot reduce semnificativ vizibilitatea.

Fenomene de întunecare și ceață sunt orice colecție de particule – fie în sus, fie în contact cu suprafața – care este suficient de densă pentru a fi perceptibilă de observator. Aceasta include totul, de la ploaie la ceață la cenușă vulcanică. Pe de altă parte, ceața este reprezentată de particule suspendate în aer care reduc vizibilitatea prin împrăștierea luminii. Ceața se formează de obicei prin prezența nucleelor de condensare, cum ar fi aerosoli, ozon, oxizi de azot și hidrocarburi (poluarea aerului).

Restricții de funcționare referitoare la vizibilitate: Certificările de pilot determină adesea în ce condiții este capabil să opereze un pilot. Zborul VFR, de exemplu, impune ca pilotul să poată vedea în afara cabinei de pilotaj pentru a controla atitudinea aeronavei, a naviga și a evita obstacolele și alte



Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea impactului acestora în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare

COD: DT_A1-81/21

Ediția: 1

Revizia: 1

Pagina: 118

Exemplar nr. 1

aeronave. Zborul în alte condiții decât VFR este considerată o operațiune IFR. Vizibilitatea scăzută, atunci când se operează fără certificări pentru regulile de zbor instrumental (IFR), poate duce la pierderea controlului aeronavei.

Minime legale de vizibilitate: Operatorii aeriени certificați au în general mai multe restricții de operare în vigoare în comparație cu operațiunile private. Operațiunile IFR trebuie, de exemplu, să poată ateriza în 80% din lungimea pistei și acest lucru poate afecta operațiunile către o mare parte din aeroporturi și aerodromuri din România. În plus, operațiunile din partea IFR nu pot începe o apropiere de un aeroport care nu are nicio facilitate de raportare meteo, cu excepția cazului în care un aeroport alternativ desemnat a aprobat raportarea meteo și se află în termen de o oră de zbor.

Deși vizibilitatea de o milă înainte este de obicei o cerință minimă standard de aterizare, există mulți factori care contribuie la minimele de aterizare/decolare, inclusiv performanța aeronavei, certificarea operatorului și trecerea obstacolelor. Pentru operațiunile VFR, 1000 de picioare/3 mile este cerința tehnică legală de vizibilitate minimă. Rețineți că VFR-ul de noapte este mai dificil decât cel de zi, deoarece este mai dificil să vedeți norii și să diferențiați detaliile de la sol. Trebuie să se acorde atenție sporită în cazurile de previziuni meteorologice marginale și înclinați mai mult spre „deteriorarea” decât „îmbunătățirea” proiecțiilor.

Este foarte important ca cerințele minime de vizibilitate să fie asigurate. Operatorii au adesea cerințe individuale și specifice de operare în ceea ce privește vizibilitatea. Chiar și cu toate minimele legale stabilite de aeroporturi, autoritățile locale și certificările echipajului, piloții vor ști cu ce se simt confortabil. Mulți operatori VFR, de exemplu, nu vor risca să plece în condiții de vizibilitate aproape marginale. Trebuie să se asigure întotdeauna că furnizorii terți sunt conștienți de cerințele minime de operare și vizibilitate. Când se caută valori precise de vizibilitate, cel mai bine este să se obțină aceste informații cu cel mult 24 de ore înainte de ora estimată de plecare sau de sosire. În timp ce previziunile privind vizibilitatea pot fi luate în considerare în scopuri de planificare până la 72 de ore, aceste previziuni nu sunt la fel de detaliate sau precise. Când se operează către destinații cu vizibilitate sub 1000/3, trebuie să existe cel puțin două aeroporturi alternative cu vizibilitate de 800/2 sau mai mare. Atunci când se operează în zone cu alternative limitate, poate fi necesar să se privească la o anumită distanță pentru a găsi alternative de aeroport adecvate, care să îndeplinească toate cerințele operaționale și de vizibilitate.

d. Zbor în atmosferă contaminată cu diverși poluanți

În vederea realizării unui zbor de cercetare în condiții de atmosferă poluată cu contaminanți solizi de tipul cenușii vulcanice a fost realizată următoarea analiză pentru identificarea pericolelor și evaluarea riscurilor (HIRA) conform cu reglementările legale în vigoare și manualele de operare a aeronavelor utilizate. Resursele utilizate sunt enumerate mai jos:

- Programul de întreținere a aeronavelor al Be90 înregistrat YR-INC
- RoCAA PIAC-OPS Ediția 1 Revizia 03/2020
- RoCAA CN:VA din 23.04.2010
- Strategie de zbor pentru scopul proiectat
- EASA SIB 2010-17R7
- Raportul EASA privind zborul în cenușa vulcanică

Tabel 3.1: Matricea de risc pentru zborul în cenușă vulcanică

Risc Identificat		Componente specifice ale Riscului	Consecințele legate de pericol	Apărări existente pentru a controla riscul (riscurile) și indicele de risc		Acțiuni ulterioare pentru reducerea riscului (riscurilor) și indicelui riscului (riscurilor) rezultat	
No.	Descriere			Indice de risc:	Indice de risc:	Indice de risc:	
1	Proceduri neștiute de către membrii	Dezorientare și acțiuni haotice în cabină	Proceduri necunoscute în cazul contaminărilor ridicate cu cenușă vulcanică	Be90 AFM		Revizuirea procedurilor	
				RoCAA CN:VA			
				RoCAA PIAC -OPS			
				Indice de risc:		Indice de risc:	
	Probabilitate risc:	3	Toleranță:	2C	Toleranță:	1C	
	Severitate risc:	C					
2	Contaminarea cabinei		Miros sulfuros detectat în cabină	Utilizarea măștilor de oxigen		Evacuare aer din cabină prin Supapa de Evacuare (Sub FL100)	

		Contaminare a cu substanțe toxice	Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitate risc:	3	Toleranță:	2E	Toleranță:	1E
			Severitate risc:	E				
3	Observare ceață neobișnuită	Dezorientare și acțiuni haotice în cabină	Contaminarea cabinei		Utilizarea măștilor de oxigen		Acțiune: viraj 180 și coborâre rapidă Evacuare aer din cabină prin Supapa de Evacuare (Sub FL100)	
			Indice de risc					
			Probabilitate risc:	3	Toleranță	2E	Toleranță	1E
			Severitate risc:	E				
			Contaminarea motoarelor		Acțiune: reducerea tracțiunii pe ambele motoare		Acțiuni de întreținere a turbinelor – proces de curățare	

				Scop: reducerea cantității de particule și substanțe corozive				
			Indice de risc					
			Probabilitate risc:	3	Toleranță:	2C	Toleranță:	1C
			Severitate risc:	C				
4	Descărcare electrostatică	Panică în cabină	Necunoașterea procedurilor în ceea ce privește acest tip de eveniment	Be90 AFM RoCAA CN:VA RoCAA PIAC -OPS			Revizuirea procedurilor	
			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	

			Probabilitate risc:	3	Toleranță:		Toleranță:	1C
			Severitate risc:	C				
		Anomalii ale sistemului electric	Defecțiune electrică sau la computer		Zbor în condiții VMC		Zbor în apropierea unui aeroport/aerodrom	
			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitate risc:	3	Toleranță:	2	Toleranță:	1
			Severitate risc:	C		C		C
5	Cenușă raportată dar fără alte efecte sau deteriorări raportate	Contaminare cu substanțe toxice	Substanțe toxice pentru membrii echipajului		Utilizarea măștilor de oxigen		Evacuare aer din cabină prin Supapa de Evacuare (Sub FL100)	
			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	

			Probabilitate risc:	3	Toleranță:		Toleranță:	
			Severitate risc:	E				
6	Praf (nivel ușor) observat în cabină	Contaminare cu substanțe toxice	Miros sulfuros detectat în cabină		Utilizarea măștilor de oxigen		Evacuare aer din cabină prin Supapa de Evacuare (Sub FL100)	
			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitate risc:	3	Toleranță:	2E	Toleranță:	1E
			Severitate	E				
7	Depuneri de cenușă pe suprafața	Modificări la statusul aerodinamic	Creșterea Vs		Reducerea timpului petrecut în norul de cenușă vulcanică		Inspecție tehnică a aeronavei după zbor	

	exterioară a aeronavei	al aeronavei	Indice de risc:		Indice de risc:	1A	Indice de risc:	2A
			Probabilitate risc:	2	Toleranță:		Toleranță	
			Severitate:	A				
8	Fluctuații ale temperaturii gazelor de evacuare cu returnare de valori normale	Deteriorare motor	Pierdere tracțiune		Reducerea puterii și coborârea din afara norului de cenușă vulcanică pentru reducerea timpului petrecut în interiorul norului		Inspecție tehnică după zbor	
			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitate risc:	2	Toleranță:	1A	Toleranță:	1A
			Severitate:	A				

9	Praf (nivel puternic) în cabină ("întuneric" precum noaptea în cabină)	Contaminare cu substanțe toxice	Miros sulfuros detectat în cabină	Utilizarea măștilor de oxigen		Evacuare aer din cabină prin Supapa de Evacuare (Sub FL100)		
			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitate de risc:	2	Toleranță:	1A	Toleranță:	1A
			Severitate	A				
10	Contaminarea sistemului de tratare a aerului și a aerului condiționat care necesită utilizarea oxigenului	Contaminare cu substanțe toxice	Miros sulfuros detectat în cabină	Utilizarea măștilor de oxigen		Evacuare aer din cabină prin Supapa de Evacuare (Sub FL100)		
			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitate de risc:	3	Toleranță:	2E	Toleranță:	1E
			Severitate					

11	Deteriorarea prin abraziune a suprafețelor exterioare, admisiei motoarelor și palelor ventilatorului compresorului	Deteriorarea aeronavei sau a componentelo r	Deteriorarea motorului / deteriorarea structurii		Reducerea puterii și coborârea din afara norului de cenușă vulcanică pentru reducerea timpului petrecut în interiorul norului de cenușă vulcanică		Inspecție tehnică după zbor	
			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitat e risc:	2	Toleranță:	1C	Toleranță:	1C
			Severitate	C				
12	Închegare sau spargerea parbrizului sau a geamurilor.	Deteriorarea aeronavei sau a componentelo r	Deteriorarea motorului / deteriorarea structurii		Reducerea puterii și coborârea din afara norului de cenușă vulcanică pentru reducerea timpului petrecut în interiorul norului		Inspecție tehnică după zbor	



Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea impactului acestora în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare

COD: DT_A1-81/21

Ediția:1

Revizia:1

Pagina: 127

Exemplar nr. 1

			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitate risc:	1	Toleranță:	1C	Toleranță:	1C
			Severitate	C				
13	Blocarea minoră a sistemului de conectare al pitot – static – insuficient pentru a afecta citirea valorilor de pe instrument	Pierderea Sistemului Air Data	Pierderea indicațiilor despre Airspeed		Reducerea puterii și coborârea din afara norului de cenușă vulcanică pentru reducerea timpului petrecut în interiorul norului		Inspecție tehnică după zbor	
			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitate risc:	1	Toleranță:	1C	Toleranță:	1C
			Severitate	C				

14	Depunerea cenușei în motor	Deteriorarea motorului	Pierdere tracțiune		Reducerea puterii și coborârea din afara norului de cenușă vulcanică pentru reducerea timpului petrecut în interiorul norului		Inspecție tehnică după zbor	
			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitate risc:	2	Toleranță:	1C	Toleranță:	2C
			Severitate	C				
15	Vibrații sau explozii ale motoarelor	Deteriorarea motorului	Pierdere tracțiune		Reducerea puterii și coborârea din afara norului de cenușă vulcanică pentru reducerea timpului petrecut în interiorul norului		Inspecție tehnică după zbor	

			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitate risc	2	Toleranță:	1B	Toleranță	1B
			Severitate	B				
16	Conectarea sistemului pitot-static pentru a da citiri eronate ale instrumentului.	Pierderea informațiilor de tip Air Data	Pierderea indicațiilor despre viteza Air speed		Reducerea timpului petrecut în norul de cenușă vulcanică		Inspecție tehnică după zbor	
			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitate risc:	2	Toleranță:	1B	Toleranță:	1B
			Severitate	B				

17	Contaminarea uleiului de la motor sau la fluidelor sistemului hidraulic	Deteriorarea motorului	Defecțiunea sistemelor aeronavei		Reducerea timpului petrecut în norul de cenușă vulcanică		Inspecție tehnică după zbor	
			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitat e risc:	2	Toleranță:	1B	Toleranță:	1B
			Severitate	B				
18	Defectarea sistemului electric sau a computerului	Anomalii ale echipamentel or electrice	Defecțiune la computer sau la componenta electrică		Zbor în condiții VMC		Zbor în apropierea unui aeroport/aerodrom	
			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitat e risc:	2	Toleranță:	1B	Toleranță:	1B
			Severitate	B				

19	Defectarea motorului	Oprirea motorului	Pierdere parțială sau totală a tracțiunii		Zbor în condiții VMC		Zbor în apropierea unui aeroport/aerodrom	
			Indice de risc		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitate risc:	2	Toleranță:	1B	Toleranță:	1B
			Severitate	B				
20	Defecțiune temporară a motorului ce necesită repornirea motorului în zbor	Repornire în zbor nereușită	Pierdere parțială sau totală a tracțiunii		Zbor în condiții VMC		Zbor în apropierea unui aeroport/aerodrom	
			Indice de risc:		Indice de risc:		Indice de risc:	
			Probabilitate risc:	3	Toleranță:	2A	Toleranță:	1B
			Severitate	A				

e. Zbor în condiții de givraj cunoscut

Givrajul este o depunere de gheață, opacă sau transparentă care aderă la anumite elemente ale unui avion, în special la acele elemente expuse vântului și la cele având părți unghiulare (borduri de atac, vârful de antenă, nituri etc.).

Givrajul poate afecta: bordul de atac al aripilor, ampenajul sau elicele, parbrizul, antenele radio și radar, tubul Pitot și carburatorul sau reactorul. Când se depune pe aripi și ampenaj, modifică forma suprafeței portante; acestea sunt construite într-o anumită formă pentru permiterea scurgerii normale a aerului de-a lungul suprafețelor superioare și inferioare. Odată apărută, gheața se îngroașă și se extinde treptat, până când suprafețele devin complet deformat. Astfel, scurgerea aerului devine dislocată, rezistența la înaintare crește, portanța scade.

Pericolele pe care le reprezintă gheața, se datorează mai mult formei depunerii decât cantității de gheață depusă. Întrucât coeficientul aerodinamic devine minim, viteza de angajare a avionului crește.

Când se formează pe palele elicelor în zbor, nu se poate observa acumularea, dar se poate observa pe coiful elicei. Pala poate deveni rotunjită, deci rezultă ineficiența înaintării avionului. Depunându-se neregulat pe elice, încep vibrații exagerate ale motorului și zgomot datorită proiectării gheții pe fuselaj. Zborul devine periculos datorită deformării palelor.

Când se formează pe parbriz, acumularea gheții reduce vizibilitatea pilotului. Când se formează pe antena radar, împiedică funcționarea acestuia. Pe antenele radio acumularea gheții împiedică adesea comunicările radio până la întreruperea lor.

Gheața care se formează în tubul Pilot, produce interferențe indicatorului de viteză a avionului fata de aer. Gheața îngroșându-se, diminuează scurgerea aerului și falsifică indicațiile de viteză.

Gheața se poate forma în carburator, chiar la temperaturi pozitive ale aerului și chiar în zbor pe timp senin. Aerul scurgându-se rapid în carburator (unde se consumă caldura și datorită evaporării carburantului), dilatăndu-se se reduce mult temperatura, ducând la sublimarea vaporilor de apă pe pereții interni. Givrajul carburatorului determină pierderea treptată a puterii și deci scăderea vitezei în raport cu aerul.

f. Zbor în condiții de temperaturi extreme

La temperaturi ridicate nu doar performanțele aeronavei, ci și ale echipajului sunt mai scăzute. Acești factori trebuie luați în considerare mai ales pe timpul verii.

g. Zbor la altitudine ridicată în aeronave nepresurizate:

Riscul apariției hipoxiei datorate lipsei de Oxigen

În conformitate cu SPO.OP.195, operațiunile peste 10.000 ft pot fi efectuate fără oxigen suplimentar, sub rezerva următoarelor prevederi:

Altitudine cabină:

Condiții suplimentare:

10.000ft până la 13.000 ft

• Maxim 30 min.

13.000ft până la 16.000 ft

• Zboruri scurte peste 13.000 ft cu aeronave necomplexe din punct de vedere tehnic, sub rezerva aprobării prealabile din partea autorității competente.

Este important ca limitările fizice cauzate de lipsa de oxigen (hipoxie) să fie detectate într-un stadiu incipient la altitudini mari (> 10.000 ft).

3.3. Validarea și testarea metodelor de utilizare a senzorilor aeropurtați pentru reducerea consecințelor negative ale riscurilor specifice MMAP

În ultima perioada de timp INCAS a participat la un număr mare de proiecte de cercetare ce au implicat și campanii de colectare a datelor folosind senzori aeropurtați ambarcați atât la bordul aeronavelor fără pilot la bord cât și a unui număr de avioane special modificate ca laboratoare aeropurtate de cercetare atmosferică.

Mai jos se enumeră 4 proiecte de cercetare, dar și un exercițiu de intervenție la o situație de urgență simulată cu ajutorul ISU.

AROMAT – Technical Assistance for Airborne Romanian Measurements of Aerosols and Trace Gases

Testarea sistemelor aeropurtate de măsurare a calității aerului (AirMap, SWING, sonde de NO₂) în scopul comparării datelor achiziționate cu datele satelitare. Astfel, s-au realizat măsurări axate pe monitorizarea gazelor reziduale, testarea sistemelor de monitorizare adiționale cu baza la sol, scanări LiDAR a penelor de poluant și utilizarea altor platforme aeropurtate.

RAMOS – Technical Assistance for a Romanian Atmospheric Observation System

Dezvoltarea și implementarea unei infrastructuri de cercetare, unică la nivel național care combină capacitățile experimentale de teledetecție aflate la sol, cât și cele aeropurtate în vederea determinării diferitelor specii atmosferice în contextul actual și viitor al programelor de observare a Pământului și Atmosferei.

IceSafari – Safer flights for UAVs and small aircrafts; better understanding of icing conditions in clouds

Dezvoltarea unui sistem de senzori ce contribuie la operarea în siguranță a dronelor comerciale prin evitarea condițiilor de givraj și creșterea gradului de înțelegere a norilor în fază mixtă, elemente critice în reprezentarea picăturilor de apă suprarăcită în modelele de prognoză a vremii și modelele climatice.

Tehnologii pentru identificarea și scăderea factorilor de risc asociați integrării sistemelor fără pilot în spațiul aerian neselegat

Proiectul a avut ca obiective identificarea și analiza cerințelor regulamentare existente și extrapolarea acestora pentru integrarea sistemelor UAV în spațiul aerian civil. Definierea unei configurații de echipare de bază și elaborarea strategiilor de reducere a riscurilor asociate.

Exercițiul de cooperare al ISU "Petrodava" al județului Neamț, având tematica: "Activitatea Inspectoratului pentru Situații de Urgență al județului Neamț în cooperare cu alte componente ale sistemului de management al situațiilor speciale de urgență pentru intervenția în cazul producerii unui incendiu la o unitate de cazare turistică, cu extindere la fondul forestier- cabana Dochia Muntele Ceahlău" În urma participării la aceste proiecte se pot trage următoarele concluzii operaționale :

Concluzii de operare sistem UAV multicopter:

- Cooperarea foarte bună între toate structurile prezente datorită imaginilor furnizate în timp real conducătorului operațiunii.
- Avantajul real al unui sistem UAV cu decolare verticală în zone limitate ca spațiu de manevră.
- Durata de zbor mare a sistemului UAV, dar și timpul mic de repunere în funcțiune prin schimbarea bateriilor a permis supravegherea exercițiului în totalitate.
- Dimensiunile mici atât ale UAV, cât și ale sistemului de comandă/control permit transportul ușor și rapid în apropierea zonei de interes, de asemenea UAV poate fi controlat de un singur operator instruit corespunzător.

Concluzii operare sistem UAV cu aripă fixă:

- Raza mare de acțiune.
- Timp mare de survol asupra zonei țintă.
- Viteza mare de deplasare (se micșorează timpul de zbor până la țintă, crescând astfel timpul util de zbor)
- Sistem compact, ușor de manevrat, care nu necesită instalații ajutoare pentru lansare/recuperare. Deplasarea sistemului în teren se poate face ușor de către 2 persoane.
- Timp mic de punere în funcțiune sau de refacere a capacității de zbor.
- Structura ușoară, rezistentă la uzură, dar totodată accesibilă ca preț.

Concluzii operare aeronava Beechcraft King Air C90 GTx:

- Sistemul Lidar imbarcat la bordul aeronavei Beechcraft C90GTx a demonstrat capabilitatea de a identifica ținte sub coronamentul pomilor, în măsura în care frunzișul acestora nu este foarte des.
- Datele Lidar pot fi procesate într-un timp scurt cu o precizie acceptabilă pentru a fi folosite în cadrul unor situații de urgență. Totuși, dimensiunea mare a acestor date și lipsa unei rețele de calculatoare în Laboratorul mobil nu a permis folosirea Licenței Network în procesarea datelor. Acest fapt a împiedicat obținerea unui timp mai scurt. Un alt factor ce trebuie remediat este accesul la internet în Laboratorul mobil, anumite licențe având nevoie la inițializare de accesarea site-ului producătorului de soft.
- Capacitatea de a transmite datele în alte puncte de comandă a fost semnificativ îmbunătățită comparativ cu proiectele precedente.

Concluzii generale:

- Deplasarea Laboratorului mobil în zona exercițiului a permis desfășurarea în bune condiții a misiunilor, elemente din structura acestuia fiind folosite la interfațarea cu Centrul de Comandă Avansat.
- A fost demonstrată eficiența sistemului de baterii containerizat, reîncarcarea acumulatorilor aeronavelor realizându-se *in situ*, fără a fi necesară utilizarea generatorului sau a rețelei electrice.
- Cooperare bună cu CZ.
- Cooperare bună cu comandantii exercițiului. Această cooperare se poate totuși îmbunătăți prin creșterea feedback-ului, mai ales în cadrul exercițiului de supraveghere.
- Lipsa în zonă a semnalului GSM nu a afectat decât comunicațiile mobile, calculatoarele de misiune având încărcate din timp datele/hărțile zonei survolate. De asemenea, echipa I.N.C.A.S. a procurat din timp hărți ale zonei de exercițiu, familiarizându-se cu particularitățile reliefului.
- Sistemele UAV au funcționat corespunzător în imediata apropiere a centrului de comandă.
- Capabilitatea de a opera la distanță medie sau mare rămâne încă de rezolvat.

4. Identificare caracteristicilor ce pot sta la baza dezvoltării unui model conceptual a situațiilor cu potențial de urgență în vederea prevenirii și/sau a limitării consecințelor acestora

4.1. Design model conceptual a prevenirii și/sau limitării situațiilor cu potențial de urgență cu sisteme și senzori aeropurtați

Odată cu apariția unei situații de urgență, există mai multe etape de urmat pentru prevenirea, intervenția și limitarea impactului. Astfel, realizarea modelului conceptual trebuie să țină cont de o serie de factori și ipoteze care pot influența arhitectura finală a acestuia.

În primă instanță, este foarte important să se realizeze identificarea corectă a riscului, atât în ceea ce privește încadrarea acestuia în clasificarea realizată în Anexa 1, cât și impactul asupra diverselor elemente precum: energie, infrastructură, comerț, industrie, locuințe, sănătate, educație, telecomunicații, etc. Odată realizată estimarea impactului, trebuie să se realizeze o estimare a resurselor disponibile pentru intervenție, fie că aceasta se realizează la sol, fie că se realizează prin intermediul vehiculelor aeriene.

În cazul intervenției cu sisteme și senzori aeropurtați, se propune următoarea procedură de intervenție:

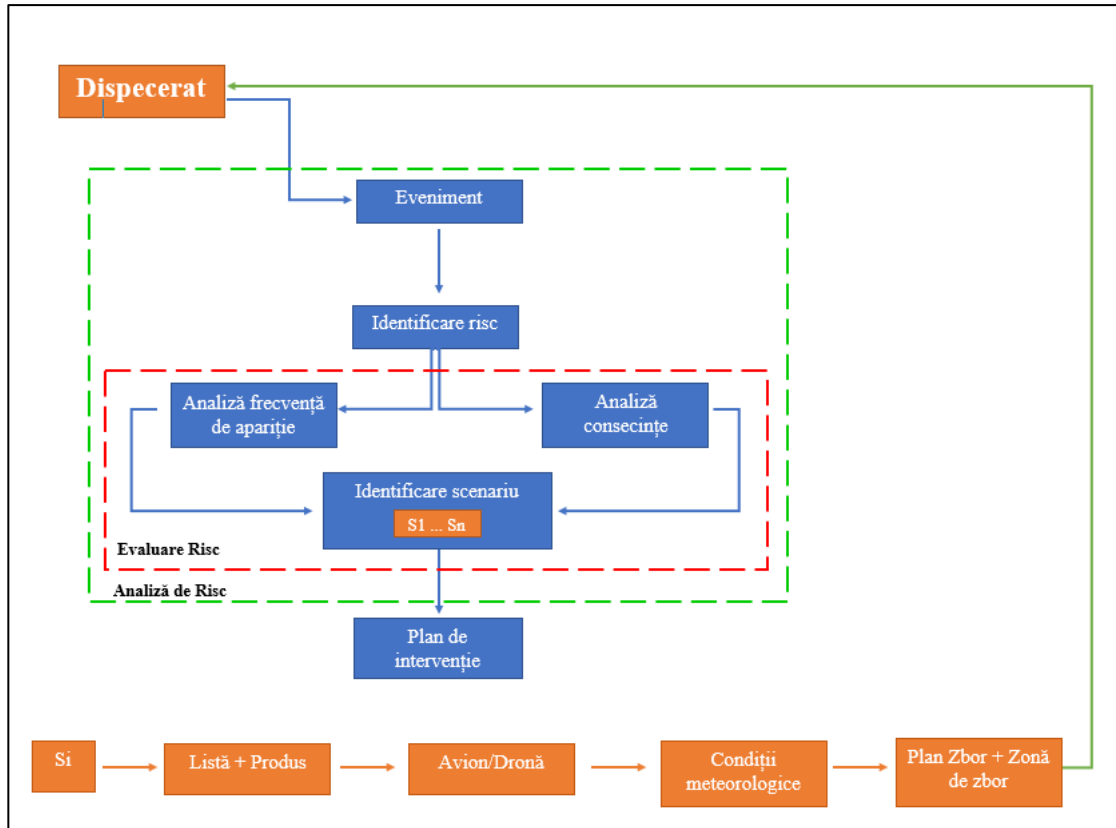


Figura 4.1: Procedură generală de intervenție cu senzori aeropurtați în cazul apariției unei situații de urgență

Scenariile S_i vizate de procedura prezentată în figura 4.1., reprezintă fiecare situație asociată riscurilor specifice Ministerului Mediului, Apelor și Pădurilor prezentate în Anexa 1.

Odată cu identificarea scenariului, începe planul de intervenție ce conține o serie de etape ce impun condiții diferite de desfășurare.

- Definirea obiectivului intervenției** – această etapă vizează definirea clară a produselor ce vor fi furnizate la sfârșitul zborului (fișiere de date, fotografii, înregistrări video, etc).
- Alegerea platformei aeropurtate** – în funcție de produsele solicitate și de infrastructura deținută și operată, se va realiza selecția platformelor aeropurtate ce urmează a fi utilizate.
- Verificarea condițiilor meteorologice** – această etapă poate fi decisivă în realizarea operațiunilor aeriene deoarece în cazul în care condițiile meteorologice nu permit realizarea zborurilor de intervenție (poate fi periclitată siguranța echipajului și a aeronavei/dronei), misiunea va fi anulată.
- Definirea zonei și a planului de zbor** (strategia de zbor) – în cadrul acestei etape se stabilește perimetrul în care se realizează misiunea aeriană și strategia de zbor (timpul efectiv de zbor, traiectoria preliminară, modalitatea de realizare a sondajelor)

Conform reglementărilor în vigoare, planul de zbor în formatul, conținutul și condițiile prevăzute de standardele internaționale aplicabile se depune la Autoritatea Aeronautică Civilă Română (AACR) cu minim **două ore*** înainte de executarea efectivă a zborului. În regim de urgență, este necesară activarea



Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea impactului acestora în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare

COD: DT_A1-81/21

Ediția: 1

Revizia: 1

Pagina: 137

Exemplar nr. 1

unui NOTAM (*Notice to Airman*) pentru spațiul aerian corespunzător zonei de zbor și de tranzit în colaborare cu autoritățile (ex. Forțele Armate Române).

**Notă:* Timpul de depunere al planului de zbor depinde de timpul necesar tranzitului de la aerodrom/aeroport până în zona de interes.

Furnizarea informațiilor colectate de senzorii aeropurtați se poate face în trei moduri în funcție de instrumentația utilizată:

I. Transmisiune în timp real

În acest caz, transmiterea de date se face prin intermediul DataLink, fiind permis transferul de imagini, înregistrări video și nu numai. Trebuie menționat că pentru acest tip de transmitere, datele sunt brute/neprocesate.

II. Transmitere după zbor – intervenție

Acest tip de transmitere vizează situația în care zborul este realizat ca intervenție în cazul apariției unei situații de urgență. Timpul de furnizare al informațiilor poate fi:

- 3 ore de la încheierea zborului, caz în care se transmit datele brute de la instrumentele a căror date nu pot fi transmise prin intermediul DataLink din cauza volumului mare de informații. Acest tip de transmitere se poate realiza prin intermediul bazei de date (a se vedea secțiunea 4.2.)
- 1 zi de la încheierea zborului, situație în care este furnizată o analiză preliminară a datelor, însoțită de un raport științific și tehnic. Asemenea cazului anterior, acest tip de transmitere se poate realiza prin intermediul bazei de date.

III. Transmitere după zbor – prevenție/post eveniment

Transmiterea datelor după un zbor de prevenție/post eveniment se poate realiza atât preliminar, situație în care timpul de transmitere este de 2-3 zile, cât și complet – în acest caz transmiterea poate dura de la 5 zile până la câteva luni, în funcție de instrumentația utilizată în misiunea aeriană (ex. Pentru datele provenite de la LiDAR, procesarea poate dura câteva luni deoarece aceasta include: corecții sistematice, corecții pentru fiecare bandă de zbor, corecții fluctuante, controlul diferențelor între benzi, controlul altimetric și planimetric, clasificarea norului de puncte, realizarea modelelor digitale ale terenului, etc).

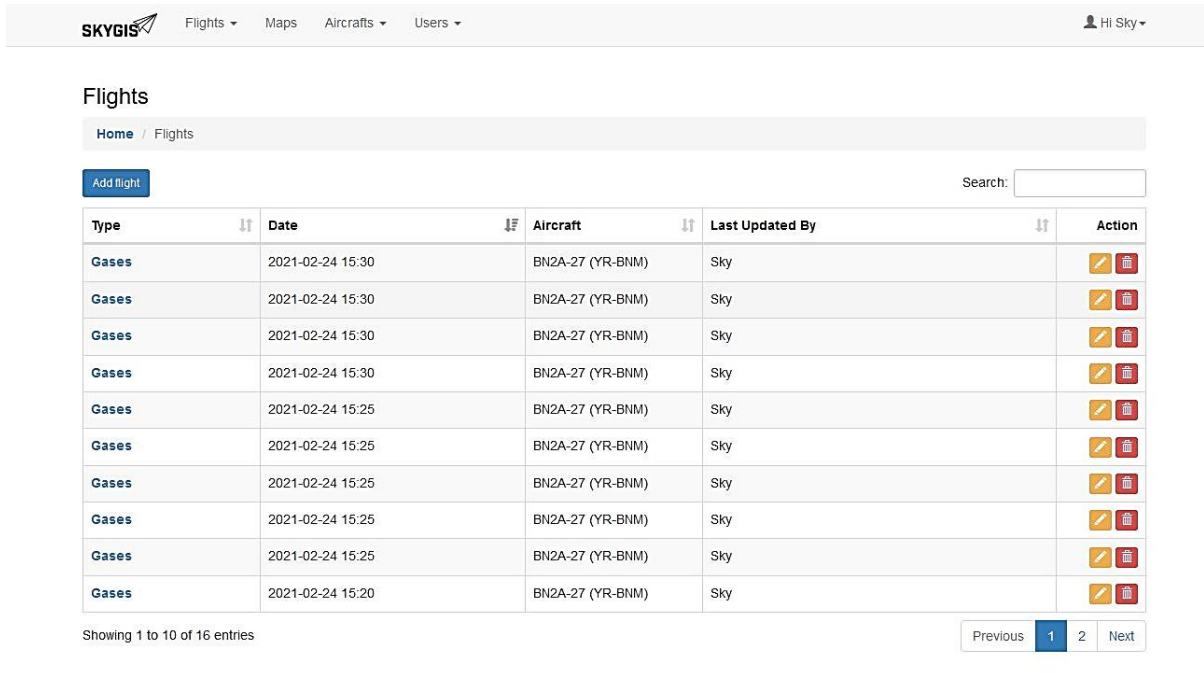
4.2. Interfațare cu alte sisteme/baze de date

Stocarea și accesarea datelor colectate în timpul misiunilor de zbor poate fi realizată prin intermediul unei baze de date, accesată liber sau prin intermediul unor date de autentificare. La momentul actual, singura bază de date disponibilă la nivel național care conține date colectate prin intermediul senzorilor aeropurtați este baza de date SkyGIS, deținută de către INCAS. Această platformă permite integrarea datelor de la diferiți senzori cu parcursul dat de către GPS-ul aflat pe aeronavă.

SkyGIS permite interpolarea datelor de la diferiți senzori și obținerea de valori sau imagini coerente în funcție de necesitățile solicitantului.

În funcție de tipul misiunii de zbor și implicit de instrumentația utilizată, tipul de date, dimensiunea și formatul sunt diferite. Pentru stocarea pe termen lung a datelor, informațiile sunt convertite și furnizate către solicitant într-un format standard, acest lucru permițând interfațarea cu alte sisteme sau baze de date. Fiecare fișier de date este însoțit de un fișier text sau un antet care furnizează utilizatorului informații despre setul de date sau de imagini, precum: denumirea parametrilor (în cazul în care pentru aceștia se utilizează simboluri sau prescurtări), tipul de instrument utilizat, timpul de eșantionare, aria zonei de eșantionare și disponibilitatea anumitor componente (senzor de temperatură, presiune, GPS, etc).

Baza de date SkyGIS este securizată, iar accesul la date se face pe bază de solicitare scrisă către INCAS. Una dintre capacitățile bazei de date este vizualizarea zborurilor atât sub formă de listă (Figura 4.2.), cât și ca reprezentare grafică pe hartă (Figura 4.3.).



The screenshot shows the SkyGIS interface with a navigation menu (Flights, Maps, Aircrafts, Users) and a user profile (Hi Sky). The main content area is titled 'Flights' and includes a search bar and an 'Add flight' button. Below is a table with 10 entries, each representing a flight. The table columns are Type, Date, Aircraft, Last Updated By, and Action. All flights listed are 'Gases' missions using 'BN2A-27 (YR-BNM)' aircraft, with dates ranging from 2021-02-24 15:30 to 2021-02-24 15:20. The 'Action' column contains edit and delete icons. At the bottom, it shows 'Showing 1 to 10 of 16 entries' and navigation buttons for 'Previous', '1', '2', and 'Next'.

Type	Date	Aircraft	Last Updated By	Action
Gases	2021-02-24 15:30	BN2A-27 (YR-BNM)	Sky	[Edit] [Delete]
Gases	2021-02-24 15:30	BN2A-27 (YR-BNM)	Sky	[Edit] [Delete]
Gases	2021-02-24 15:30	BN2A-27 (YR-BNM)	Sky	[Edit] [Delete]
Gases	2021-02-24 15:30	BN2A-27 (YR-BNM)	Sky	[Edit] [Delete]
Gases	2021-02-24 15:25	BN2A-27 (YR-BNM)	Sky	[Edit] [Delete]
Gases	2021-02-24 15:25	BN2A-27 (YR-BNM)	Sky	[Edit] [Delete]
Gases	2021-02-24 15:25	BN2A-27 (YR-BNM)	Sky	[Edit] [Delete]
Gases	2021-02-24 15:25	BN2A-27 (YR-BNM)	Sky	[Edit] [Delete]
Gases	2021-02-24 15:25	BN2A-27 (YR-BNM)	Sky	[Edit] [Delete]
Gases	2021-02-24 15:20	BN2A-27 (YR-BNM)	Sky	[Edit] [Delete]

© 2021

Figura 4.2: Vizualizarea zborurilor cu menționarea tipului de misiune, a datei de realizare și a tipului de aeronavă utilizat

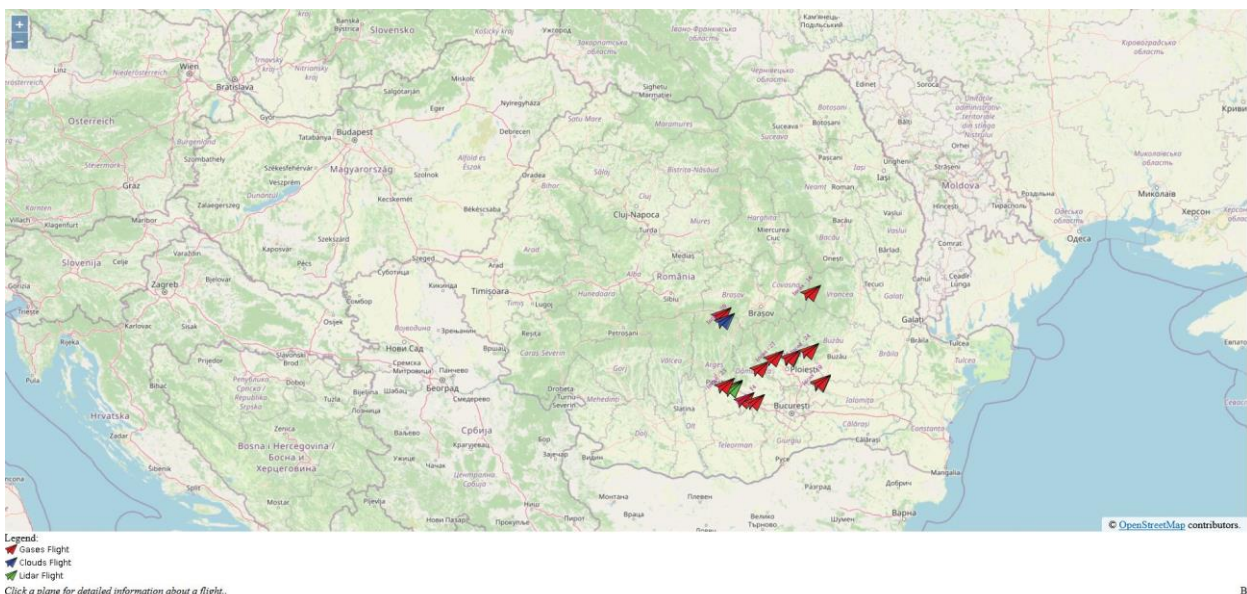


Figura 4.3: Vizualizarea zborurilor reprezentate pe hartă cu simbolul în zona de interes pentru misiunea de zbor

Baza de date SkyGIS permite vizualizarea traiectoriilor de zbor și a parametrilor mășurați în cod de culoare pentru fiecare punct al traiectoriei. Un exemplu de zbor realizat cu aeronava Britten Norman 2A-27 deținută și operată de către INCAS este ilustrat în figura 4.4.

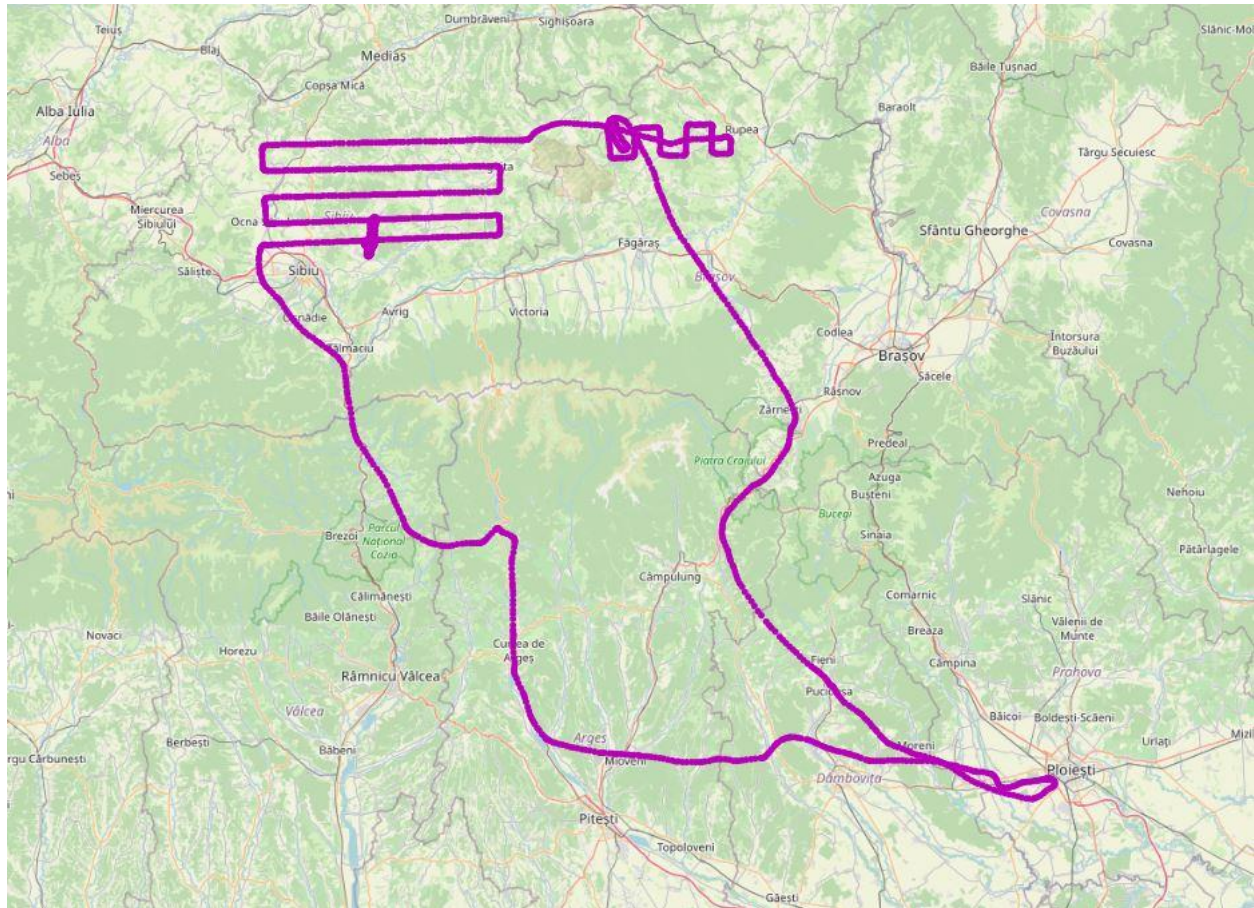


Figura 4.4: Vizualizarea traiectoriei unui zbor de cercetare realizat cu aeronava BN2A-27

La nivel european există alte două baze de date ce conțin date colectate în timpul zborurilor:

- Baza de date **EUFAR** (*European Facility for Airborne Research* www.eufar.net)

În cadrul acestei baze de date sunt integrate date din campaniile de măsurări și cursuri de specializare finanțate prin intermediul proiectelor EUFAR FP7 și EUFAR2. Activitatea de arhivare a datelor (coordonată de STFC - *Science and Technology Facilities Council*) și are scopul de a îmbunătăți accesul și utilizarea datelor colectate de instrumentele montate pe aeronavele de cercetare din Europa, oferind un portal unic pentru date, însoțite de documentație suport.

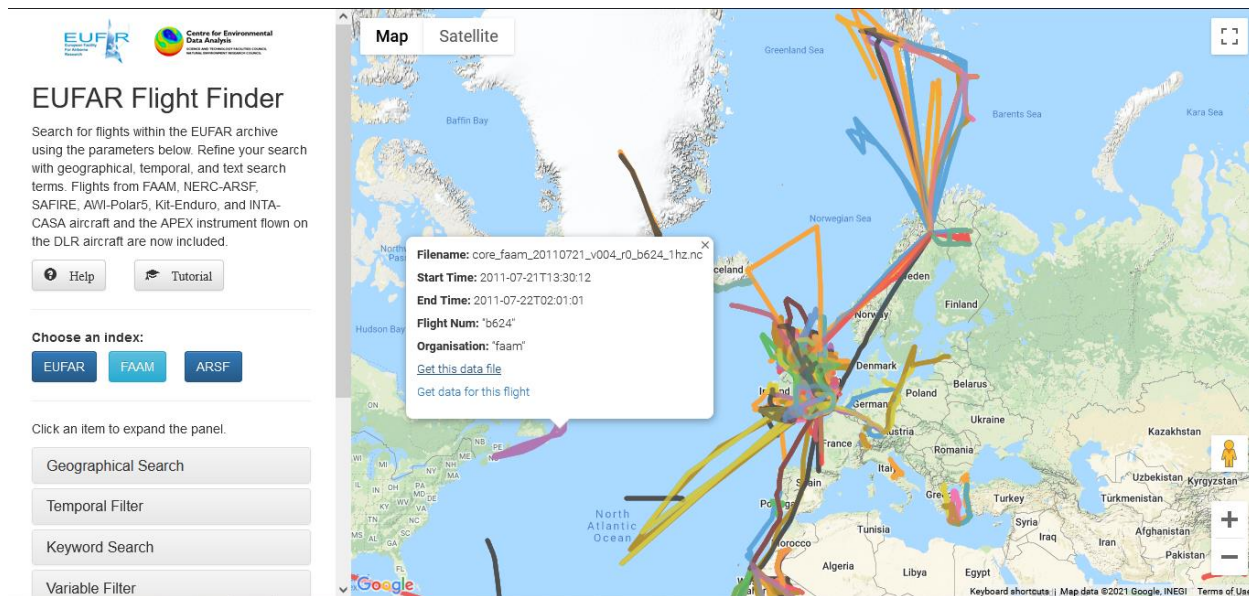


Figura 4.5: Vizualizarea traiectoriilor de zbor de cercetare în baza de date EUFAR (www.eufar.net)

- Baza de date **IAGOS** (*In-service Aircraft for a Global Observing System* www.iagos.org)

Această bază de date furnizează seturi de date la diverse rezoluții spațiale și temporale pentru Variabile Climatice Esențiale (*ECV – Essential Climate Variables*) și poluanți atmosferici. Datele furnizează informații despre distribuția și schimbările pe termen lung din troposferă și stratosfera joasă și profile verticale regulate peste principalele orașe.

O privire de ansamblu asupra parametrilor măsurați în timpul campaniilor IAGOS-CORE (continuu cu mai multe aeronave, cca. 500 de zboruri/aeronavă/an) și IAGOS-CARABIC (1 aeronavă, 40-50 de zboruri/an) este dată în figura de mai jos.

	MOZAIC	IAGOS-CORE (several aircraft, ca. 500 flights/ac/yr)	IAGOS-CARABIC (1 aircraft, ca. 50 flights/yr)
Greenhouse Gases			
CO ₂		Package2d (since 2018)	X (since 2005)
CH ₄		Package2d (since 2018)	X (since 2005)
H ₂ O	X (since 1994)	ICH (since 2011)	X (since 1997)
N ₂ O			X
CFCs			X
SF ₆			X

Reactive Gases

O₃	X (since 1994)	Package1 (since 2011)	X (since 1997)
CO	X (since 2001)	Package1 (since 2011)	X (since 1997)
NO_y	X (2001-2005)	Package2a (since 2011)	X (since 2005)
NO_x	X (since 1994)	Package2b (since 2011)	X
SO₂			X
VOC			X
HCHO			X

Aerosol

Number Density		Package2c (Certification in progress)	
Size Distribution		Package2c (Certification in progress)	
5-75 μ		BCP (since 2011)	

Cloud Particles (5-75 μm)

Number Density		BCP (since 2011)	
Cloud ice/water			
Size Distribution		BCP (since 2011)	

Figura 4.6: Parametrii disponibili în cadrul bazei de date IAGOS (www.iagos.org)

Concluzii și propuneri

În cadrul acestui raport au fost prezentate studii cu privire la monitorizarea situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea impactului acestora în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare.

În prima parte a raportului este realizată analiza riscurilor specifice MMAP prin inventariere, caracteristici generale și specific regional. Mai mult, au fost realizate hărți pentru a identifica zonele geografică cu o probabilitate mai mare de apariție a unui astfel de risc. Pentru realizarea unei imagini de ansamblu pot fi utilizate date de la rețelele naționale de monitorizare a fenomenelor care pot produce riscuri specifice Ministerului Mediului, Apelor și Pădurilor.

Au fost prezentate studii din literatura de specialitate cu privire la sistemele operaționale care integrează senzori aeropurtați și alte tipuri de date în vederea identificării riscurilor de mediu. În plus, au fost descrise și sisteme aeriene fără pilot pentru monitorizarea calității componentelor de mediu.

Concluzii de operare sistem UAV multicopter: Cooperarea foarte bună între toate structurile prezente datorită imaginilor furnizate în timp real conducătorului operațiunii, Avantajul real al unui sistem UAV cu decolare verticală în zone limitate ca spațiu de manevră, Durata de zbor mare a sistemului UAV, dar și timpul mic de repunere în funcțiune prin schimbarea bateriilor a permis supravegherea exercițiului în totalitate, Dimensiunile mici atât ale UAV, cât și ale sistemului de comandă control permit transportul ușor și rapid în apropierea zonei de interes, de asemenea UAV poate fi controlat de un singur operator instruit corespunzător.

Concluzii operare sistem UAV cu aripă fixă: Raza mare de acțiune, Timp mare de survol asupra zonei tinta, Viteza mare de deplasare (se micșorează timpul de zbor până la tinta, crescând astfel timpul util de zbor), Sistem compact, ușor de manevrat, care nu necesită instalatii ajutatoare pentru lansare/recuperare. Deplasarea sistemului în teren se poate face ușor de către 2 persoane, Timp mic de punere în funcțiune sau de refacere a capacității de zbor, Structura ușoară, rezistentă la uzură, dar totodată accesibilă ca preț.

Una din componentele acestui raportului este intervenția în timp real cu ajutorul senzorilor aeropurtați. În această secțiune au fost prezentate aeronava de cercetare și instrumentele utilizate în studii atmosferice.

O altă problemă abordată este dată de condițiile, avantajele și limitările utilizării senzorilor aeropurtați. Înțelegerea acestor aspecte este foarte importantă, pentru stabilirea condițiilor în care poate fi realizată o misiune de cercetare.

Accesul la baza de date SkyGIS, care conține date colectate prin intermediul senzorilor aeropurtați, reprezintă un avantaj major. Această platformă permite integrarea datelor de la diferiți senzori aeropurtați și vizualizarea parametrilor atmosferici. Mai mult, rezultatele pot fi extinse prin analiza datelor din alte rețele europene care stochează date colectate în timpul zborurilor de cercetare (EUFAR și IAGOS).

Sinergia dintre senzorii aeropurtați constituie un avantaj în analiza fenomenelor care produc riscuri. Mai mult, utilizarea senzorilor aeropurtați în monitorizarea situațiilor de urgență are un impact major în vederea reducerii consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare prin rapiditatea de deplasare către zona afectată.

Toată documentația din acest raport reprezintă un pachet de informații necesar în analiza fenomenelor care pot produce riscuri specifice Ministerului Mediului, Apelor și Pădurilor. Raportul descrie principalele posibilități de monitorizare a situațiilor de urgență cu ajutorul senzorilor aeropurtați, la nivel național și internațional.

Bibliografie

- ***(2008), Clima României, Editura Academiei Române, București, 363 p
- Aasen, H.; Honkavaara, E.; Lucieer, A.; Zarco-Tejada, P.J. Quantitative remote sensing at ultra-high resolution with UAV spectroscopy: A review of sensor technology, measurement procedures, and data correction workflows. *Remote Sens.* 2018, 10, 1091.
- Adão, T.; Hruška, J.; Pádua, L.; Bessa, J.; Peres, E.; Morais, R.; Sousa, J.J. Hyperspectral imaging: A review on UAV-based sensors, data processing and applications for agriculture and forestry. *Remote Sens.* 2017, 9, 1110.
- AghaKouchak, A., et al., 2015. Remote sensing of drought: progress, challenges and opportunities. *Rev. Geophys.* 53 (2), 452–480.
- Agutu, N., et al., 2017. Assessing multi-satellite remote sensing, reanalysis, and land surface models' products in characterizing agricultural drought in East Africa. *Remote Sens. Environ.* 194, 287–302.
- Ahmed, O.S.; Shemrock, A.; Chabot, D.; Dillon, C.; Williams, G.; Wasson, R.; Franklin, S.E. Hierarchical land cover and vegetation classification using multispectral data acquired from an unmanned aerial vehicle. *Int. J. Remote Sens.* 2017, 38, 2037–2052.
- Ai, M.; Hu, Q.; Li, J.; Wang, M.; Yuan, H.; Wang, S. A robust photogrammetric processing method of low-altitude UAV images. *Remote Sens.* 2015, 7, 2302–2333.
- Alizadeh, M.R., Nikoo, M.R., 2018. A fusion-based methodology for meteorological drought estimation using remote sensing data. *Remote Sens. Environ.* 211, 229–247.
- Allen, C.D., et al., 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *For. Ecol. Manag.* 259 (4), 660–684.
- Alvarado, M.; Gonzalez, F.; Fletcher, A.; Doshi, A. Towards the development of a lowcost airborne sensing system to monitor dust particles after blasting at open-pit mine sites. *Sensors* 2015, 15, 19667–19687.
- Angearu, C.-V., Onțel, I., Irimescu, A., Burcea, S. (2020), Analiza fenomenului de grindină din Câmpia Bărăganului pe baza datelor de teledetecție, Sesiunea Anuală de Comunicări Științifice ANM, București, 25-27 Noiembrie 2020.
- Antonescu, B., Bell Aurora (2015), Tornadoes in Romania, *Mon. Wea. Rev.*, 143, pp 689–701, DOI:10.1175/MWR-D-14-00181.1.
- Argentina Teodora NERȚAN, Valeriu PANAITESCU; , **IMPORTANȚA UTILIZĂRII DATELOR DE TELEDETECȚIE PENTRU MONITORIZAREA STĂRII DE VEGETAȚIE A CULTURILOR AGRICOLE**; a XVI-a Conferință internațională – multidisciplinară ‘Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești’ Sebeș, 2016
- Asner, G.P., et al., 2016. Progressive forest canopy water loss during the 2012–2015 California drought. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113 (2), E249–E255.
- B.L. Preston, E.J. Yuen, R.M. Westaway Putting vulnerability to climate change on the map: a review of approaches, benefits, and risks *Sustainability Science*, 6 (2) (2011), pp. 177-202
- B.L. Preston, E.J. Yuen, R.M. Westaway Putting vulnerability to climate change on the map: a review of approaches, benefits, and risks *Sustainability Science*, 6 (2) (2011), pp. 177-202
- Bălțeanu, D., Alexe, R. (2000), *Hazarde naturale și antropogene: Curriculum opțional pentru învățământul preuniversitar*, Editura Corint, 112 p.
- Bălțeanu, D., Alexe, R. (2001), *Hazarde naturale și antropogene*, Editura Corint, București, 107 p., ISBN: 973-653-079-5.

- Bandini, F.; Butts, M.; Jacobsen Torsten, V.; Bauer-Gottwein, P. Water level observations from unmanned aerial vehicles for improving estimates of surface water–groundwater interaction. *Hydrol. Process.* 2017, 31, 4371–4383
- Basley, B.B., Jensen, M.L., Frehlich, R.G. (1998) “The use of state-of-the-art kites for profiling the lower atmosphere”, *Bound.-Lay. Meteorol.*, 87, 1–25.
- Belward, A.S.; Skøien, J.O. Who Launched What, When and Why; Trends in Global Land-Cover Observation Capacity from Civilian Earth Observation Satellites. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 2015, 103, 115–128.
- Ben-Dor, E.; Chabrillat, S.; Demattê, J.A.M.; Taylor, G.R.; Hill, J.; Whiting, M.L.; Sommer, S. Using imaging spectroscopy to study soil properties. *Remote Sens. Environ.* 2009, 113, S38–S55.
- Bentley, M. L., T. L. Mote, Thebpanya, P. (2002), Using Landsat to identify thunderstorm damage in agricultural regions, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 83, pp. 363–376.
- Bhardwaj, A.; Sam, L.; Akanksha; Martin-Torres, F.J.; Kumar, R. UAVs as remote sensing platform in glaciology: Present applications and future prospects. *Remote Sens. Environ.* 2016, 175, 196–204.
- Blaschke, T., and J. Strobl, 2001. What’s wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS, *GeoInformations-Systeme*, 6(01):12–17.
- Bogdan, O. (1978), Fenomene climatice de iarnă și de vară, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 62 p.
- Bogdan, O., Niculescu, E. (1999), Riscurile climatice din România, Editura Academiei Române, București, 280 p., ISBN 973-0-00800-0.
- Bordei-Ion, N. (1988), Fenomene meteoclimatice induse de configurația Carpaților în Câmpia Română, Editura Academiei RSR, București, 174 p.
- Bowman, D.M.J.S., Kolden, C.A, Abatzoglou, J.T., Johnston, F.H., Van der Werf, G.R., Flannigan, M., (2020), Vegetation fires in the Anthropocene, *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 500-515, <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0085-3>
- Božić-Štulić, D., Marušić, Ž., Gotovac, S., Deep learning approach in aerial imagery for supporting land search and rescue missions, *Int. J. Comput. Vis.*, 127 (9) (2019), pp. 1256-1278.
- Brevis, W.; Niño, Y.; Jirka, G.H. Integrating cross-correlation and relaxation algorithms for particle tracking velocimetry. *Exp. Fluids* 2011, 50, 135–147.
- Brook, A.; Ben-Dor, E. Supervised vicarious calibration (SVC) of hyperspectral remote-sensing data. *Remote Sens. Environ.* 2011, 115, 1543–1555.
- Brook, A.; Ben-Dor, E. Supervised vicarious calibration (SVC) of multi-source hyperspectral remote-sensing data. *Remote Sens.* 2015, 7, 6196–6223.
- Brumă, I. S., Tănasă, L. (2011), Termeni și noțiuni de agricultură ecologică, în cartea *Studii și cercetări de economie rurală*, tomul X, „Perspectivele dezvoltării rurale”, Editura Terra Nostra, Iași, pp. 512-554.
- Burcea, S., Cică, R., Bojariu, R. (2016), Hail Climatology and Trends in Romania: 1961–2014, *Mon. Wea. Rev.*, 144, pp. 4289–4299, DOI:/10.1175/MWR-D-16-0126.1
- Burkart, A.; Aasen, H.; Alonso, L.; Menz, G.; Bareth, G.; Rascher, U. Angular dependency of hyperspectral measurements over wheat characterized by a novel UAV based goniometer. *Remote Sens.* 2015, 7, 725–746.
- C. Zhang and J. M. Kovacs, The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review, *Precis. Agric.* 13(6) (2012) 693–712
- Caballero, I., J. Ruiz and G. Navarro (2019), Sentinel-2 satellite provide near-real time evaluation of catastrophic floods in the West Mediterranean. *Water*, 11 (12), 2499.

- Calow, R., Robins, N., Macdonald, A. & Nicol, A., 1999. Planning for groundwater drought in Africa, Interdisciplinary international conference on integrated drought management, Pretoria, South-Africa.
- Calviño-Cancela, M.R.; Mendez-Rial, J.R.; Reguera-Salgado, J.; Martín-Herrero, J. Alien plant monitoring with ultralight airborne imaging spectroscopy. PLoS ONE 2014, 9, e102381. 123. Hill, D.J.C.; Tarasoff, G.E.; Whitworth, J.; Baron, J.L.; Bradshaw, J.S. Church, Utility of unmanned aerial vehicles for mapping invasive plant species: A case study on yellow flag iris (*Iris pseudacorus* L.). Int. J. Remote Sens. 2017, 38, 2083–2105
- Carvajal-Ramírez, F., Marques da Silva, J. R., Agüera-Vega, F., Martínez-Carricondo, P., Serrano, J., & Moral, F. J. (2019). Evaluation of fire severity indices based on pre-and post-fire multispectral imagery sensed from UAV. Remote Sensing, 11(9), 993
- Cea, L., Bladé, E., A simple and efficient unstructured finite volume scheme for solving the shallow water equations in overland flow applications. Water Resour. Res., 51 (7) (2015), pp. 5464-5486.
- Chabot, D.; Bird, D.M. Evaluation of an off-the-shelf unmanned aircraft system for surveying flocks of geese. Waterbirds 2012, 35, 170–174.
- Chang, Q., et al., 2020. Estimating site-specific optimum air temperature and assessing its effect on the photosynthesis of grasslands in mid-to high-latitudes. Environ. Res. Lett. 15 (3), 034064.
- Chen, J., Menges, C., Leblanc, S., 2005. Global mapping of foliage clumping index using multi-angular satellite data. Remote Sens. Environ. 97 (4), 447–457.
- Chen, L.-C., Teo, T.-A., Shao, Y.-C., Lai, Y.-C., Rau, J.-Y., 2004. Fusion of LIDAR data and optical imagery for building modelling. Int. Arch. Photogram. Remote Sens. 35 (B4), 732–737.
- Chen, T., Van der Werf, G., De Jeu, R., Wang, G., Dolman, A., 2013. A global analysis of the impact of drought on net primary productivity. Hydrol. Earth Syst. Sci. 17, 3885–3894
- Chen, Z., The Application of Airborne Lidar Data in the Modelling of 3D Urban Landscape Ecology; Cambridge Scholars Publishing: Cambridge, UK, 2016; ISBN 1443857602.
- Chuvieco, E. Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 1999; p. 212.
- Ciais, P., et al., 2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. Nature 437 (7058), 529.
- CJSU Neamț (2006), Planul de prevenire și combatere a poluărilor accidentale 2006-2010
- Clark, M.L. Mapping land cover with hyperspectral and multispectral satellites using machine learning and Spectral Mixture Analysis. In Proceedings of the 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Beijing, China, 10–15 July 2016. Sensors 2019, 19, 3071 14 of 17
- Claverie, M., et al., 2018. The Harmonized Landsat and Sentinel-2 surface reflectance data set. Remote Sens. Environ. 219, 145–161.
- Colomina, I.; Molina, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 2014, 92, 79–97.
- Cooper, O., C. Forster, D. Parrish, M. Trainer, E. Dunlea, T. Ryerson, G. Hübler, F. Fehsenfeld, D. Nicks, J. Holloway, J. de Gouw, C. Warneke, J. M. Roberts, F. Flocke, J. Moody. (a), A case study of trans-Pacific warm conveyor belt transport: The influence of merging airstreams on trace gas import to North America, J. Geophys. Res., 109, D23S08, doi:10.1029/2003JD003624, 2004.
- Cooper, O., Forster C., Parrish D., Dunlea E., Hubler G., Fehsenfeld F., Holloway J., Oltmans S., Johnson B., Wimmers A., (b), On the life cycle of a stratospheric intrusion and its dispersion into polluted warm conveyor belts, J. Geophys. Res., 109, D23S09, doi:10.1029/2003JD004006, 2004.

- Costabile, P., Costanzo, C., De Lorenzo, G., De Santis, R., Penna, N., Macchione, F., Terrestrial and airborne laser scanning and 2-D modelling for 3-D flood hazard maps in urban areas: new opportunities and perspectives, 135 (2021), 104889.
- Cracknell, A.P., Introduction to Remote Sensing; CRC press: Boca Raton, FL, USA, 2007; ISBN 1420008978.
- Crocker, R.I.; Maslanik, J.A.; Adler, J.J.; Palo, S.E.; Herzfeld, U.C.; Emery, W.J. A sensor package for ice surface observations using small unmanned aircraft systems. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2012, 50, 1033–1047.
- D. Woebbecke, G. Meyer, K. Von Bargen and D. Mortensen, Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions, Trans. ASAE 38(1) (1995) 259–269
- D’Addabbo, A.; Refice, A.; Pasquariello, G.; Lovergine, F.; Capolongo, D.; Manfreda, S. A Bayesian Network for Flood Detection Combining SAR Imagery and Ancillary Data. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2016, 54, 3612–3625.
- Dai, A. (2011), Drought under global warming: a review. WIREs Clim Change, 2: 45–65. <https://doi.org/10.1002/wcc.81>
- Damiani, R., Zehnder, J., Geerts, B., Demko, J., Haimov, S., Petti, J., ... & French, J. (2008), „The cumulus, photogrammetric, in situ, and Doppler observations experiment of 2006”, Bulletin of the American Meteorological Society, 89(1), 57.
- Dandois, J.P.; Ellis, E.C. High spatial resolution three-dimensional mapping of vegetation spectral dynamics using computer vision. Remote Sens. Environ. 2013, 136, 259–276
- Daryanto, S., Wang, L., Jacinthe, P.-A., 2015. Global synthesis of drought effects on food legume production. PLoS One 10 (6), e0127401.
- Daryanto, S., Wang, L., Jacinthe, P.-A., 2016. Global synthesis of drought effects on maize and wheat production. PLoS One 11 (5), e0156362.
- Dazzi, S., Vacondio, R., Mignosa, P., Integration of a levee breach erosion model in a GPU-accelerated 2D shallow water equations code. Water Resour. Res., 55 (1) (2019), pp. 682–702.
- De Santis, A.; Chuvieco, E. Burn severity estimation from remotely sensed data: Performance of simulation versus empirical models. Remote Sens. Environ. 2007, 108, 422–435.
- De Santis, A.; Chuvieco, E., GeoCBI: A modified version of the Composite Burn Index for the initial assessment of the short-term burn severity from remotely sensed data. Remote Sens. Environ. 2009b, 113, 554–562.
- De Santis, A.; Chuvieco, E.; Vaughan, P.J. Short-term assessment of burn severity using the inversion of PROSPECT and GeoSail models. Remote Sens. Environ. 2009a, 113, 126–136.
- Delsman, J.R., van Baaren, E.S., Siemon, B., Dabekaussen, W., Karaoulis, M.C., Pauw, P.S., Vermaas, T., Bootsma, H., De Louw, P.G.B., Gunnink, J.L. (2018) Large-scale, probabilistic salinity mapping using airborne electromagnetics for groundwater management in Zeeland, the Netherlands, Environ. Res. Lett. 13 084011
- Deshler, T., Hervig, M.E., Hofmann, D.J., Rosen, J.M., Liley, J.B. (2003), “Thirty years of in situ stratospheric aerosol size distribution measurements from Laramie Wyoming (41° N), using balloon-borne instruments”, J. Geophys. Res., 108, 4167 AAC 4-1 – 4-13.
- Detert, M.; Johnson, E.D.; Weitbrecht, V. Proof-of-concept for low-cost and non-contact synoptic airborne river flow measurements. Int. J. Remote Sens. 2017, 38, 2780–2807.
- Detert, M.; Weitbrecht, V. A low-cost airborne velocimetry system: Proof of concept. J. Hydraul. Res. 2015, 53, 532–539.

- Di Mauro, B.; Baccolo, G.; Garzonio, R.; Giardino, C.; Massabó, D.; Piazzalunga, A.; Rossini, M.; Colombo, R. Impact of impurities and cryoconite on the optical properties of the Morteratsch Glacier (Swiss Alps). *Cryosphere* 2017, 11, 2393–2409.
- Dierssen, H.M.; Chlus, A.; Russell, B. Hyperspectral discrimination of floating mats of seagrass wrack and the macroalgae *Sargassum* in coastal waters of Greater Florida Bay using airborne remote sensing. *Remote Sens. Environ.* 2015, 167, 247–258.
- Dittmann, S.; Thiessen, E.; Hartung, E. Applicability of different non-invasive methods for tree mass estimation: A review. *For. Ecol. Manag.* 2017, 398, 208–215.
- Dong, P., Chen, Q., *LiDAR Remote Sensing and Applications*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2017; ISBN 1351233343.
- Donohue, I., et al., 2013. On the dimensionality of ecological stability. *Ecol. Lett.* 16 (4), 421–429.
- Dransch, D., Rotzoll, H., Poser, K., The contribution of maps to the challenges of risk communication to the public. *International Journal of Digital Earth*, 3 (3) (2010), pp. 292-311.
- Dumitru Chiriac, Cristina Humă; 'Aspecte globale privind fenomenele de secetă, aridizare și deșertificare'; *Calitatea vieții*, Issue No: 1-2, Page 113-121, 2004
- Dumont, M., Gascoïn, S. (2016), *Optical Remote Sensing of Snow Cover*, *Land Surface Remote Sensing in Continental Hydrology*, pp. 115–137, DOI:10.1016/b978-1-78548-104-8.50004-8.
- Eckhardt, S., A. Stohl, H. Wernli, P. James, C. Forster, and N. Spichtinger, A 15-year climatology of warm conveyor belts, *J. Clim.*, 17, 218-237, 2004.
- EEA (2010), *Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe. An overview of the last decade*, EEA Technical Report 13, 64-73.
- Eguchi, R. T., Huyck, C. K., Ghosh, S., and Adams, B. J. (2008). "The application of remote sensing technologies for disaster management," in 14th World Conf on Earthquake Engr (Beijing), 12–17
- Ehlers, M. (editor), 2002a. *Remote sensing for environmental monitoring, GIS applications, and geology*, *Proceedings of SPIE*, Volume 4545, Bellingham, Washington, 330 p.
- Ehlers, M. (editor), 2002a. *Remote sensing for environmental monitoring, GIS applications, and geology*, *Proceedings of SPIE*, Volume 4545, Bellingham, Washington, 330 p.
- Ehlers, M., 2002b. *Fernerkundung für GIS-Anwender: Sensoren und methoden zwischen Anspruch und Wirklichkeit*, *Fernerkundung und GIS: Neue Sensoren – Innovative Methoden* (T. Blaschke, editor), Wichmann Verlag, Heidelberg, pp. 10–23
- Ehlers, M., 2004. *Remote sensing for GIS applications: New sensors and analysis methods, remote sensing for environmental monitoring, GIS applications, and geology III* (M. Ehlers, H.J. Kaufmann, and U. Michel, editors), *Proceedings of SPIE*, Volume 5239, Bellingham, Washington, pp. 1–13.
- Eichkorn, S., Eichkorn, S., Wilhelm, S., Aufmhoff, H., Wohlfrom, K. H., Arnold, F., *Cosmic ray-induced aerosol-formation: First observational evidence from aircraft-based ion mass spectrometer measurements in the upper troposphere*, *Geophys. Res. Lett.*, 14, 1698-1702, 2002.
- Eltner, A.; Schneider, D. *Analysis of Different Methods for 3D Reconstruction of Natural Surfaces from Parallel-Axes UAV Images*. *Photogramm. Record* 2015, 30, 279–299.
- EM-DAT (2020), *The Emergency Events Database - Universite catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be*, Brussels, Belgium.
- Epting, J.; Verbyla, D.; Sorbel, B. Evaluation of remotely sensed indices for assessing burn severity in interior Alaska using Landsat TM and ETM+. *Remote Sens. Environ.* 2005, 96, 328–339.
- European Commission (2007). *Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks*. *Off. J. Eur. Union L.* 288, 27–34.

- Faghmous, J.H., Kumar, V., 2014. A big data guide to understanding climate change: the case for theory-guided data science. *Big Data* 2 (3), 155–163.
- Fang, H., Baret, F., Plummer, S., Schaepman-Strub, G., 2019. An overview of global leaf area index (LAI): methods, products, validation, and applications. *Rev. Geophys.* 57 (3), 739–799.
- Felder, G., Gómez-Navarro, J.J., Zischg, A.P., Raible, C.C., Röthlisberger, V., Bozhinova, D., Martius, O., Weingartner, R., From global circulation to local flood loss: coupling models across the scales. *Sci. Total Environ.*, 635 (2018), pp. 1225-1239.
- Feng, G., Masek, J., Schwaller, M., Hall, F., 2006. On the blending of the Landsat and MODIS surface reflectance: predicting daily Landsat surface reflectance. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 44 (8), 2207–2218.
- Feng, Q., Liu, J., Gong, J., Urban flood mapping based on unmanned aerial vehicle remote sensing and random forest classifier case of yuyao, China, *Water*, 7 (4) (2015), pp. 1437-1455.
- Fernández-Pato, J., Caviedes-Voullième, D., García-Navarro, P., Rainfall/runoff simulation with 2D full shallow water equations: sensitivity analysis and calibration of infiltration parameters. *J. Hydrol.*, 536 (2016), pp. 496-513.
- Ferrano, G., and C. Feix, 2003. The Z/I Imaging DMC – Digital Mapping Camera system status, configuration and calibration, ASPRS 2003 Annual Conference Proceedings, unpaginated CD-ROM.
- Ferreira, E.; Chandler, J.; Wackrow, R.; Shiono, K. Automated extraction of free surface topography using SfM-MVS photogrammetry. *Flow Meas. Instrum.* 2017, 54, 243–249
- Fischer, C.; Kakoulli, I. Multispectral and hyperspectral imaging technologies in conservation: Current research and potential applications. *Stud. Conserv.* 2006, 51, 3–16.
- Flynn, K.F.; Chapra, S.C. Remote sensing of submerged aquatic vegetation in a shallow non-turbid river using an unmanned aerial vehicle. *Remote Sens.* 2014, 6, 12815–12836
- Forest Fire | UN-SPIDER Knowledge Portal
- Fowler, J.E. Compressive pushbroom and whiskbroom sensing for hyperspectral remote-sensing imaging. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, Paris, France, 27–30 October 2014.
- Freitas, S.; Silva, H.; Almeida, J.; Silva, E. Hyperspectral imaging for real-time unmanned aerial vehicle maritime target detection. *J. Intell. Robot. Syst.* 2018, 90, 551–570.
- French, N.H.F.; Kasischke, E.S.; Hall, R.J.; Murphy, K.A.; Verbyla, D.L.; Hoy, E.E.; Allen, J.L. Using Landsat data to assess fire and burn severity in the North American boreal forest region: An overview and summary of results. *Int. J. Wildland Fire* 2008, 17, 443–462.
- Fujita, I.; Hino, T. Unseeded and seeded PIV measurements of river flows video from a helicopter. *J. Vis.* 2003, 6, 245–252.
- Fujita, I.; Kunita, Y. Application of aerial LSPIV to the 2002 flood of the Yodo River using a helicopter mounted high density video camera. *J. Hydro-Environ. Res.* 2011, 5, 323–331.
- Fujita, I.; Muste, M.; Kruger, A. Large-scale particle image velocimetry for flow analysis in hydraulic engineering applications. *J. Hydraul. Res.* 1997, 36, 397–414.
- Fung, A., Wang, L.Y., Zhang, K., Nejat, G., Benhabib, B., Using deep learning to find victims in unknown cluttered urban search and rescue environments, *Current Robotics Reports* (2020), pp. 1-11.
- Gallo, K., Smith, T., Jungbluth, K., Schumacher, P. (2012), Hail swaths observed from satellite data and their relation to radar and surface-based observations: A case study from Iowa in 2009, *Weather and Forecasting*, 27(3), pp. 796-802, DOI: 10.1175/WAF-D-11-00118.1.



**Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență
cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea
impactului acestora în vederea reducerii
consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare**

COD: DT_A1-81/21

Ediția: 1

Revizia: 1

Pagina: 149

Exemplar nr. 1

- Gao, A., Wu, S., Wang, F., Wu, X., Xu, P., Yu, L., Zhu, S., A newly developed unmanned aerial vehicle (uav) imagery based technology for field measurement of water level, *Water*, 11 (1) (2019), p. 124.
- Gebrehiwot, A., Hashemi-Beni, L., Thompson, G., Kordjamshidi, P., Langan, T.E., Deep convolutional neural network for flood extent mapping using unmanned aerial vehicles data, *Sensors*, 19 (7) (2019), p. 1486.
- Georgescu, F., Tașcu, S., Caian, M., Banciu, D. (2009), A severe blizzard event in Romania – a case study, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, pp. 623-634, DOI:/10.5194/nhess-9-623-2009.
- Getzin, S.; Nuske, R.S.; Wiegand, K. Using unmanned aerial vehicles (UAV) to quantify spatial gap patterns in forests. *Remote Sens.* 2014, 6, 6988–7004
- Getzin, S.; Wiegand, K.; Schöning, I. Assessing biodiversity in forests using very high-resolution images and unmanned aerial vehicles. *Methods Ecol. Evol.* 2012, 3, 397–404.
- Ghamisi, P.; Yokoya, N.; Li, J.; Liao, W.; Liu, S.; Plaza, J.; Rasti, B.; Plaza, A. Advances in hyperspectral image and signal processing: A comprehensive overview of the state of the art. *IEEE Geosci. Remote Sens. Mag.* 2017, 5, 37–78.
- Gholizadeh, A.; Saberioon, M.; Ben-Dor, E.; Bor °uvka, L. Monitoring of selected soil contaminants using proximal and remote sensing techniques: Background, state-of-the-art and future perspectives. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 2018, 48, 243–278.
- Glumb, R.; Lapsley, M.; Lee, D.; Mantica, P.; Dery, J.P. TRL6 testing of a hyperspectral infrared CubeSat instrument. In *Proceedings of the AIAA Space and Astronautics Forum and Exposition, Orlando, FL, USA, 12–14 September 2017.*
- Godfray, H.C.J., et al., 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327 (5967), 812–818.
- Goetz, A.F. Three decades of hyperspectral remote sensing of the Earth: A personal view. *Remote Sens. Environ.* 2009, 113, S5–S16.
- Golden, J.H. (2000), Tornadoes, în Pielke & Pielke (editori), *Storms. Vol 2.*, Routledge, London and New York: 103-132.
- Gonçalves, N.B., et al., 2020. Both near-surface and satellite remote sensing confirm drought legacy effect on tropical forest leaf phenology after 2015/2016 ENSO drought. *Remote Sens. Environ.* 237, 111489.
- Govender, M.; Chetty, K.; Bulcock, H. A review of hyperspectral remote sensing and its application in vegetation and water resource studies. *Water SA* 2017, 33, 145–152.
- H. Huang, J. Deng, Y. Lan, A. Yang, X. Deng and L. Zhang, A fullyconvolutional network for weed mapping of unmanned aerial vehicle (uav) imagery, *PloS One* 13(4) (2018) e0196302
- Habib, A.; Zhou, T.; Masjedi, A.; Zhang, Z.; Flatt, J.E.; Crawford, M. Boresight calibration of GNSS/INS-assisted push-broom hyperspectral scanners on UAV platforms. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 2018, 11, 1734–1749.
- Hall, D.K., Riggs, G.A. (2007), Accuracy assessment of the MODIS snow products, *Hydrol. Process.*, 21, pp. 1534–1547, DOI: 10.1002/hyp.6715.
- Hall, D.K., Riggs, G.A., Salomonson, V.V., DiGirolamo, N., Bayr, K.J. (2002), MODIS snow-cover products, *Remote Sens. Environ.*, 83(1–2), pp. 181–194, DOI:10.1016/S0034-4257(02)00095-0.
- Hand, E. Startup Liftoff. *Science* 2015, 348, 172–177. [CrossRef]
- Hao, Z., AghaKouchak, A., 2013. Multivariate standardized drought index: a parametric multi-index model. *Adv. Water Resour.* 57, 12–18.
- Hao, Z., Singh, V.P., 2015. Drought characterization from a multivariate perspective: a review. *J. Hydrol.* 527, 668–678.

- Hayes, M.J. 2006. Drought indices. Wiley Online Library, DOI: 10.1002/0471743984.vse8593.
- Henstra, D., Minano, A., Thistlethwaite, J., Communicating disaster risk? An evaluation of the availability and quality of flood maps. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 19 (1) (2019), pp. 313-323.
- Heymsfield, A.J., Westbrook, C.D. (2010), "Advances in the estimation of ice particle fall speeds using laboratory and field measurements", *J. Atmos. Sci.*, 67, 2469–2482.
- Hillaker, H. J., Waite, P.J. (1985), Crop-hail damage in the midwest corn belt, *J. Appl. Meteor.*, 24 (1), pp. 3–15, DOI: 10.1175/1520-0450(1985)024<0003:CHDITM>2.0.CO;2.
- Hisdal, H., & Tallaksen, L.M. 2003. Estimation of regional meteorological and hydrological drought characteristics: a case study for Denmark. *Journal of Hydrology*, 281, 230–247.
- Hoffmann, A., and F. Lehmann, 2000. Vom Mars zur Erde – die erste digitale Orthobildkarte Berlin mit Daten der Kamera HRSC-A, *Kartographische Nachrichten*, 50(2):61–71. Hoffmann, A., J.W. van der Vegt, and F. Lehmann, 2000. Towards automated map updating: Is it feasible with new digital data acquisition and processing techniques?, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing (IAPRS)*, Amsterdam, 33/B2, pp. 295–302.
- Hoffmann, A., and F. Lehmann, 2000. Vom Mars zur Erde – die erste digitale Orthobildkarte Berlin mit Daten der Kamera HRSC-A, *Kartographische Nachrichten*, 50(2):61–71. Hoffmann, A., J.W. van der Vegt, and F. Lehmann, 2000. Towards automated map updating: Is it feasible with new digital data acquisition and processing techniques?, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing (IAPRS)*, Amsterdam, 33/B2, pp. 295–302.
- Honkavaara, E.; Heikki, S.; Kaivosoja, J.; Pölönen, I.; Hakala, T.; Litkey, P.; Mäkynen, J.; Pesonen, L. Processing and assessment of spectrometric stereoscopic imagery collected using a lightweight UAV spectral camera for precision agriculture. *Remote Sens.* 2013, 5, 5006–5039.
- Honkavaara, E.; Rosnell, T.; Oliveira, R.; Tommaselli, A. Band registration of tuneable frame format hyperspectral UAV imagers in complex scenes. *ISPRS J. Photogramm.* 2017, 134, 96–109.
- Hu, T., et al., 2020a. Monitoring agricultural drought in Australia using MTSAT-2 land surface temperature retrievals. *Remote Sens. Environ.* 236, 111419.
- Hu, T., et al., 2020b. On agricultural drought monitoring in Australia using Himawari-8 geostationary thermal infrared observations. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 91, 102153.
- Hugenholtz, C.H.; Whitehead, K.; Brown, O.W.; Barchyn, T.E.; Moorman, B.J.; LeClair, A.; Riddell, K.; Hamilton, T. Geomorphological mapping with a small unmanned aircraft system (sUAS): Feature detection and accuracy of a photogrammetrically-derived digital terrain model. *Geomorphology* 2013, 194, 16–24.
- Hunt, E.R.; Hivel, W.D.; Fujikawa, S.J.; Linden, D.S.; Daughtry, C.S.T.; McCarty, G.W. Acquisition of NIR-green-blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring. *Remote Sens.* 2010, 2, 290–305.
- Huntington, J.L., et al., 2017. Climate Engine: cloud computing and visualization of climate and remote sensing data for advanced natural resource monitoring and process understanding. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 98 (11), 2397–2410.
- Ichim, L., Popescu, D., Flooded areas evaluation from aerial images based on convolutional neural network, *IGARSS 2019-2019 IEEE International Geoscience And Remote Sensing Symposium, IEEE, Yokohama, Japan (August 2019)*, pp. 9756-9759.
- Ip, F., Dohm, J., Baker, V., Doggett, T., Davies, A., Castano, R., Chien, S., Cichy, B., Greeley, R., Sherwood, R., Flood detection and monitoring with the autonomous sciencecraft experiment onboard eo-1, *Remote Sens. Environ.*, 101 (4) (2006), pp. 463-481.

- Isikdogan, F., Bovik, A.C., Passalacqua, P., Surface water mapping by deep learning, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10 (11) (2017), pp. 4909-4918.
- J. Bellvert, P. Zarco-Tejada, J. Girona and E. Fereres, Mapping crop water stress index in a Pinot-noir vineyard: Comparing ground measurements with thermal remote sensing imagery from an unmanned aerial vehicle, *Precis. Agric.* 15(4) (2014) 361–376.
- J. Senthilnath, A. Dokania, M. Kandukuri, K. Ramesh, G. Anand and S. Omkar, Detection of tomatoes using spectral-spatial methods in remotely sensed rgb images captured by uav, *Biosys. Eng.* 146 (2016) 16–32
- J. Su, D. Yi, C. Liu, L. Guo and W.-H. Chen, Dimension reduction aided hyperspectral image classification with a small-sized training data-set: Experimental comparisons, *Sensors* 17(12) (2017) 2726
- James, M.R.; Robson, S. Mitigating systematic error in topographic models derived from UAV and ground-based image networks. *Earth Surf. Process. Landf.* 2014, 39, 1413–1420.
- James, M.R.; Robson, S.; d’Oleire-Oltmanns, S.; Niethammer, U. Optimising UAV topographic surveys processed with structure-from-motion: Ground control quality, quantity and bundle adjustment. *Geomorphology* 2017, 280, 51–66.
- Jaud, M.; Dantec, N.L.; Ammann, J.; Grandjean, P.; Constantin, D.; Akhtman, Y.; Barbieux, K.; Allemand, P.; Delacourt, C.; Merminod, B. Direct georeferencing of a pushbroom, lightweight hyperspectral system for mini-UAV applications. *Remote Sens.* 2018, 10, 204.
- Jedlovec, G. J., Nair, U., Haines, S. L. (2006), Detection of storm damage tracks with EOS data, *Wea. Forecasting*, 21, pp. 249–267, DOI:10.1175/WAF923.1.
- Jhan, J.-P.; Rau, J.-Y.; Haala, N.; Cramer, M. Investigation of parallax issues for multi-lens multispectral camera band co-registration. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* 2017, XLII-2/W6, 157–163.
- Jiao, W., Chang, Q., Wang, L., 2019a. The sensitivity of satellite solar-induced chlorophyll fluorescence to meteorological drought. *Earth’s Future* 7 (5), 558–573.
- Jiao, W., Tian, C., Chang, Q., Novick, K.A., Wang, L., 2019b. A new multi-sensor integrated index for drought monitoring. *Agric. For. Meteorol.* 268, 74–85.
- Jiao, W., Wang, L., Novick, K.A., Chang, Q., 2019c. A new station-enabled multi-sensor integrated index for drought monitoring. *J. Hydrol.* 574, 169–180.
- Jinya Su, Matthew Coombes, Cunjia Liu, Yongchao Zhu, Xingyang Song, Shibo Fang, Lei Guo, Wen-Hua Chen; Machine Learning-Based Crop Drought Mapping System by UAV Remote Sensing RGB Imagery; *Unmanned Systems*, Vol. 8, No. 1 (2020) 71–83; DOI: 10.1142/S2301385020500053
- Jones, G.P.; Pearlstine, L.G.; Percival, H.F. An assessment of small unmanned aerial vehicles for wildlife research. *Wildl. Soc. Bull.* 2006, 34, 750–758.
- Jonkman, S.N., Global perspectives on loss of human life caused by floods. *Nat. Hazards*, 34 (2) (2005), pp. 151-175
- Kamilaris and F. X. Prenafeta-Boldú, Deep learning in agriculture: A survey, *Comput. Electron. Agric.* 147 (2018) 70–90.
- Kamilaris, A., Prenafeta-Boldú, F.X., Disaster monitoring using unmanned aerial vehicles and deep learning, *arXiv*, 1807.11805 (2018).
- Keeley, J.E. Fire intensity, fire severity and burn severity: A brief review and suggested usage. *Int. J. Wildland Fire* 2009, 18, 116–126.
- Kerekes, J.P.; Schott, J.R. Hyperspectral imaging systems. In *Hyperspectral Data Exploitation: Theory and Applications*, 1st ed.; Chang, C.I., Ed.; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2007; pp. 19–46.

- Key, C.H.; Benson, N.C. Landscape Assessment: Ground Measure of Severity, the Composite Burn Index, and Remote Sensing of Severity, the Normalized Burn Index. In FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System; Lutes, D., Keane, R., Caratti, J., Key, C.H., Benson, N.C., Sutherland, S., Gangi, L., Eds.; Rocky Mountains Research Station, USDA Forest Service: Fort Collins, CO, USA, 2005.
- Khan, M.J.; Khan, H.S.; Yousaf, A.; Khurshid, K.; Abbas, A. Modern trends in hyperspectral image analysis: A review. *IEEE Access* 2018, 6, 14118–14129.
- Khan, S.I., Hong, Y., Wang, J., Yilmaz, K.K., Gourley, J.J., Adler, R.F., Brakenridge, G.R., Policelli, F., Habib, S., Irwin, D., Satellite remote sensing and hydrologic modeling for flood inundation mapping in lake victoria basin implications for hydrologic prediction in ungauged basins. *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens.*, 49 (1) (2011), pp. 85-95.
- Klein, T., 2014. The variability of stomatal sensitivity to leaf water potential across tree species indicates a continuum between isohydric and an isohydric behaviours. *Funct. Ecol.* 28 (6), 1313–1320.
- Klemas, V.V. Coastal and Environmental Remote Sensing from Unmanned Aerial Vehicles: An Overview. *J. Coast. Res.* 2015, 31, 1260–1267.
- Klimowski, B. A., Hjelmfelt, M. R., Bunkers, M. J., Sedlacek, D., Johnson, L. R. (1998), Hailstorm damage observed from the GOES-8 satellite: The 5–6 July 1996 Butte–Meade storm, *Mon. Wea. Rev.*, 126, pp 831–834, DOI: 10.1175/1520-0493(1998)126<0831:HDOFTG>2.0.CO;2.
- Klosterman, S.; Richardson, A.D. Observing Spring and Fall Phenology in a Deciduous Forest with Aerial Drone Imagery. *Sensors* 2017, 17, 2852.
- Knoth, C.; Klein, B.; Prinz, T.; Kleinebecker, T. Unmanned aerial vehicles as innovative remote sensing platforms for high-resolution infrared imagery to support restoration monitoring in cut-over bogs. *Appl. Veg. Sci.* 2013, 16, 509–517.
- Koh, L.P.; Wich, S.A. Dawn of drone ecology: Low-cost autonomous aerial vehicles for conservation. *Trop. Conserv. Sci.* 2012, 5, 121–132. [CrossRef] 111. Michez, A.; Piégay, H.; Jonathan, L.; Claessens, H.; Lejeune, P. Mapping of riparian invasive species with supervised classification of Unmanned Aerial System (UAS) imagery. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinform.* 2016, 44, 88–94.
- Koutalakis, P., Tzoraki, O., Zaimis, G., Uavs for hydrologic scopes: application of a low-cost uav to estimate surface water velocity by using three different image-based methods, *Drones*, 3 (1) (2019), p. 14.
- Kull, O., Broadmeadow, M., Kruijt, B., Meir, P., 1999. Light distribution and foliage structure in an oak canopy. *Trees* 14 (2), 55–64.
- Kyrkou, C., Theocharides, T., Deep-learning-based aerial image classification for emergency response applications using unmanned aerial vehicles, *CVPR Workshops* (2019), pp. 517-525.
- Laliberte, A.S.; Goforth, M.A.; Steele, C.M.; Rango, A. Multispectral Remote Sensing from Unmanned Aircraft: Image Processing Workflows and Applications for Rangeland Environments. *Remote Sens.* 2011, 3, 2529–2551.
- Lantz, T.C., Moffat, N.D., Jones, B.M., Chen, Q., Tweedie, C.E. (2020) Mapping exposure to flooding in three coastal communities on the North Slope of Alaska using airborne LiDAR, *Coastal Management*, Volume 48, 2020, 96-117
- Leberl, F., and M. Gruber, 2003. Economical large format aerial digital camera, *GIM International*, 17 (6):1–5
- Leberl, F., and M. Gruber, 2003. Economical large format aerial digital camera, *GIM International*, 17 (6):1–5

- Lehmann, J.R.; Prinz, T.; Ziller, S.R.; Thiele, J.; Heringer, G.; Meira-Neto, J.A.; Buttschardt, T.K. Open-source processing and analysis of aerial imagery acquired with a low-cost unmanned aerial system to support invasive plant management. *Front. Environm. Sci.* 2017, 5, 44.
- Lehmann, J.R.K.; Nieberding, F.; Prinz, T.; Knoth, C. Analysis of unmanned aerial system-based CIR images in forestry—A new perspective to monitor pest infestation levels. *Forests* 2015, 6, 594–612.
- Lemmens, M., *Geo-Information: Technologies, Applications and the Environment*; Springer: London, UK, 2011; ISBN 9789400716667.
- Lenschow, D. H., Zhou, M., Zeng, X., Chen, L., & Xu, X. (2000), „Measurements of fine-scale structure at the top of marine stratocumulus” *Boundary-layer meteorology*, 97(2), 331-357.
- Lentile, L.B.; Holden, Z.; Smith, A.M.S.; Falkowski, M.; Hudak, A.; Morgan, P.; Lewis, S.; Gessler, P.; Benson, N. Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. *Int. J. Wildland Fire* 2006, 15, 319–345.
- Lewis, Q.W., Rhoads, B.L., Lspiv measurements of two-dimensional flow structure in streams using small unmanned aerial systems: 1. accuracy assessment based on comparison with stationary camera platforms and in-stream velocity measurements, *Water Resour. Res.*, 54 (10) (2018), pp. 8000-8018.
- Lhermitte, S.; Verbesselt, J.; Verstraeten, W.W.; Veraverbeke, S.; Coppin, P. Assessing intra-annual vegetation regrowth after fire using the pixel based regeneration index. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 2011, 66, 17–27.
- Li, Z., Chen, J., Baltsavias, E., *Advances in Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: 2008 ISPRS Congress Book*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2008; Volume 7, ISBN 0203888448.
- Lin, J., Li, S., Zuo, H., & Zhang, B. (2012). Experimental observation and assessment of ice conditions with a fixed-wing unmanned aerial vehicle over Yellow River, China. *Journal of Applied Remote Sensing*, 6(1), 063586.
- Liu, L., et al., 2017a. The Microwave Temperature Vegetation Drought Index (MTVDI) based on AMSR-E brightness temperatures for long-term drought assessment across China (2003–2010). *Remote Sens. Environ.* 199, 302–320.
- Liu, S., et al., 2017b. Estimating wheat green area index from ground-based LiDAR measurement using a 3D canopy structure model. *Agric. For. Meteorol.* 247, 12–20.
- Liu, X., Sahli, H., Meng, Y., Huang, Q., Lin, L., Flood inundation mapping from optical satellite images using spatiotemporal context learning and modest adaboost, *Rem. Sens.*, 9 (6) (2017), p. 617.
- Lu, B.; He, Y. Species classification using Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-acquired high spatial resolution imagery in a heterogeneous grassland. *ISPRS J. Photogramm.* 2017, 128, 73–85.
- Lucieer, A.; Malenovský, Z.; Veness, T.; Wallace, L. HyperUAS—Imaging spectroscopy from a multirotor unmanned aircraft system. *J. Field Robot.* 2014, 31, 571–590.
- Lygouras, E., Santavas, N., Taitzoglou, A., Tarchanidis, K., Mitropoulos, A., Gasteratos, A., Unsupervised human detection with an embedded vision system on a fully autonomous uav for search and rescue operations, *Sensors*, 19 (16) (2019), p. 3542.
- Malenovský, Z.; Lucieer, A.; King, D.H.; Turnbull, J.D.; Robinson, S.A. Unmanned aircraft system advances health mapping of fragile polar vegetation. *Methods Ecol. Evol.* 2017, 8, 1842–1857.
- Marinică, I. (2006), *Fenomene climatice de risc în Oltenia*, Editura Autograf mgm, 385 p., ISBN 973-87422-0-X.
- McCabe, M., Aragon, B., Houborg, R., Mascaro, J., 2017a. CubeSats in hydrology: ultrahigh-resolution insights into vegetation dynamics and terrestrial evaporation. *Water Resour. Res.* 53 (12), 10017–10024

- McCabe, M.F.; Aragon, B.; Houborg, R.; Mascaro, J. CubeSats in hydrology: Ultrahigh-resolution insights into vegetation dynamics and terrestrial evaporation. *Water Resour. Res.* 2017, 53, 10017–10024.
- McCabe, M.F.; Rodell, M.; Alsdorf, D.E.; Miralles, D.G.; Uijlenhoet, R.; Wagner, W.; Lucieer, A.; Houborg, R.; Verhoest, N.E.C.; Franz, T.E.; et al. The future of Earth observation in hydrology. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2017, 21, 3879–3914
- McKenna, P.; Erskine, P.D.; Lechner, A.M.; Phinn, S. Measuring fire severity using UAV imagery in semi-arid central Queensland, Australia. *Int. J. Remote Sens.* 2017, 38, 4244–4264.
- Meir, P., Metcalfe, D.B., Costa, A., Fisher, R.A., 2008. The fate of assimilated carbon during drought: impacts on respiration in Amazon rainforests. *Philos. Trans. Roy. Soc. B: Biol. Sci.* 363 (1498), 1849–1855.
- Meir, P., Woodward, F.I., 2010. Amazonian rain forests and drought: response and vulnerability. *New Phytol.* 187 (3), 553–557.
- Memisoglu, G.; Gulbahar, B.; Zubia, J.; Villatoro, J. Theoretical modelling of viscosity monitoring with vibrating resonance energy transfer for point-of-care and environmental monitoring. *Micromachines* 2018, 10, 3.
- Mesas-Carrascosa, F.J.; Rumbao, I.C.; Berrocal, J.A.B.; Porras, A.G.F. Positional quality assessment of orthophotos obtained from sensors on board multi-rotor UAV platforms. *Sensors* 2014, 14, 22394–22407.
- Metternicht, G., 1999. Change detection assessment using fuzzy sets and remotely sensed data: An application of topographic map revision, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54 (4):221–233.
- Metternicht, G., 1999. Change detection assessment using fuzzy sets and remotely sensed data: An application of topographic map revision, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54 (4):221–233.
- Minařík, R.; Langhammer, J. Use of a multispectral UAV photogrammetry for detection and tracking of forest disturbance dynamics. In *Proceedings of the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, Prague, Czech Republic, 12–19 July 2016; p. 41. 117.
- Ministerul Transporturilor (2019), Anexa nr. 8 la OMT nr. 1428 din 15.10.2019: Instrucțiuni pentru managementul riscului asociat “Poluării marine în zona costieră”.
- Ministerul Transporturilor (2019), Anexa nr. 9 la OMT nr. 1428 din 15.10.2019: Instrucțiuni pentru managementul riscului asociat “Poluare de ape cu impact major transfrontalier”.
- Mishra, B., Garg, D., Narang, P., Mishra, V., Drone-surveillance for search and rescue in natural disaster, *Comput. Commun.*, 156 (2020), pp. 1-10.
- Molthan, A. L., Bell, J. R., Cole, T. A., Burks, J. E. (2014), Satellite-based identification of tornado damage tracks from the 27 April 2011 severe weather outbreak. *J. Operational Meteor.*, 2 (16), 191208, doi: <http://dx.doi.org/10.15191/nwajom.2014.0216>.
- Molthan, A. L., Burks, J. E., McGrath, K. M, LaFontaine, F. J (2013), Multi-sensor examination of hail damage swaths for near real-time applications and assessment, *J. Operational Meteor.*, 1 (13), pp. 144-156, DOI: /10.15191/ nwajom.2013.0113.
- Müllerová, J.; Bartaloš, T.; Brušna, J.; Dvořák, P.; Vítková, M. Unmanned aircraft in nature conservation— An example from plant invasions. *Int. J. Remote Sens.* 2017, 38, 2177–2198
- Müllerová, J.; Brušna, J.; Bartaloš, T.; Dvořák, P.; Vítková, M.; Pyšek, P. Timing is important: Unmanned aircraft versus satellite imagery in plant invasion monitoring. *Front. Plant Sci.* 2017, 8, 887
- Multi-hazard disaster studies: Monitoring, detection, recovery, and management, based on emerging technologies and optimal techniques 2020 Elsevier
- Munteanu, A.; Nedelea, A.; Milian, N. (2012), *Avalanșele. Condiții, tipuri, riscuri*, Ed. Universitară, 195 p, DOI: 10.5682/9786065914759

- Muschinski, A., Frehlich, R.G., Jensen, M.L., Hugo, R., Hoff, A.M., Eaton, F., Balsley, B.B. (2001), "Fine-scale measurements of turbulence in the lower troposphere: an intercomparison between a kite- and balloon-borne and a helicopter-borne measurement system", *Bound.-Lay. Meteorol.*, 98, 219–250.
- Nalbantis, I., Tsakiris, G., 2009. Assessment of Hydrological Drought Revisited. *Water Resources Management*, 23(5), 881-897.
- Neukum, G., and HRSC-Team, 2001. The airborne HRSC-AX cameras: Evaluation of the technical concept and presentation of application results after one year of operation, *Proceedings of Photogrammetric Week 2001*, (Fritsch D. and R. Spiller, editors), Wichmann, Heidelberg, pp. 117–130.
- Neukum, G., and HRSC-Team, 2001. The airborne HRSC-AX cameras: Evaluation of the technical concept and presentation of application results after one year of operation, *Proceedings of Photogrammetric Week 2001*, (Fritsch D. and R. Spiller, editors), Wichmann, Heidelberg, pp. 117–130.
- Ng, C.L.; Kai, F.M.; Tee, M.H.; Tan, N.; Hemond, H.F. A prototype sensor for in situ sensing of fine particulate matter and volatile organic compounds. *Sensors* 2018, 18, 265.
- Nicolai-Shaw, N., Zscheischler, J., Hirschi, M., Gudmundsson, L., Seneviratne, S.I., 2017. A drought event composite analysis using satellite remote-sensing based soil moisture. *Remote Sens. Environ.* 203, 216–225.
- Niemeyer, S. 2008. New drought indices. *Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens*, 80: 267–274.
- Nogueira, K., Fadel, S.G., Dourado, Í.C., Werneck, R.d.O., Muñoz, J.A., Penatti, O.A., Calumby, R.T., Li, L.T., dos Santos, J.A., Torres, R.d.S., Exploiting convnet diversity for flooding identification, *Geosci. Rem. Sens. Lett. IEEE*, 15 (9) (2018), pp. 1446-1450.
- Olmanson, L.G.; Brezonik, P.L.; Bauer, M.E. Airborne hyperspectral remote sensing to assess spatial distribution of water quality characteristics in large rivers: The Mississippi River and its tributaries in Minnesota. *Remote Sens. Environ.* 2013, 130, 254–265.
- OMM (1992), *International Meteorological Vocabulary*, Nr. 182, Geneva, Elvetia, 784 p., ISBN: 92-63-02182-1
- OMM (2018), *Guidelines on the definition and monitoring of extreme weather and climate events*, 43p., (disponibil online http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/documents/guidelinesonthedefinitionandmonitoringofextreme-weatherandclimateevents_09032018.pdf)
- Otero, V.; Van De Kerchove, R.; Satyanarayana, B.; Martínez-Espinosa, C.; Fisol, M.A.B.; Ibrahim, M.R.B.; Sulong, I.; Mohd-Lokman, H.; Lucas, R.; Dahdouh-Guebas, F. Managing mangrove forests from the sky: Forest inventory using field data and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery in the Matang Mangrove Forest Reserve, peninsular Malaysia. *For. Ecol. Manag.* 2018, 411, 35–45
- Ozunu, A., F. Senzaconi, C. Botezan, L. Ștefănescu, E. Nour & C. Balcu (2011): Investigations on natural hazards which trigger technological disasters in Romania. In: *Natural Hazards and Earth System Science* 11: 1319–1325.
- Ozunu, A., F. Senzaconi, C. Botezan, L. Ștefănescu, E. Nour & C. Balcu (2011): Investigations on natural hazards which trigger technological disasters in Romania. In: *Natural Hazards and Earth System Science* 11: 1319–1325.
- Pabón, R.E.C.; de Souza Filho, C.R. Spectroscopic characterization of red latosols contaminated by petroleum-hydrocarbon and empirical model to estimate pollutant content and type. *Remote Sens. Environ.* 2016, 175, 323–336.



**Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență
cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea
impactului acestora în vederea reducerii
consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare**

COD: DT_A1-81/21

Ediția: 1

Revizia: 1

Pagina: 156

Exemplar nr. 1

- Pabón, R.E.C.; de Souza Filho, C.R.; de Oliveira, W.J. Reflectance and imaging spectroscopy applied to detection of petroleum hydrocarbons pollution in bare soils. *Sci. Total Environ.* 2019, 649, 1224–1236.
- Pachauri, Rajendra K., et al. Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Ipcc*, 2014.
- Pajares, G. Overview and Current Status of Remote Sensing Applications Based on Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 2015, 81, 281–329
- Pan, M., Wood, E.F., Wójcik, R., McCabe, M.F., 2008. Estimation of regional terrestrial water cycle using multi-sensor remote sensing observations and data assimilation. *Remote Sens. Environ.* 112 (4), 1282–1294
- Pandey, S., Bhandari, H.S., Hardy, B., 2007. Economic Costs of Drought and Rice Farmers' Coping Mechanisms: A Cross-Country Comparative Analysis. *International Rice Research Institute* (203 pp).
- Park, S., Im, J., Park, S., Rhee, J., 2017. Drought monitoring using high resolution soil moisture through multi-sensor satellite data fusion over the Korean peninsula. *Agric. For. Meteorol.* 237, 257–269.
- Parker, M. D., Ratcliffe, I. C., Henebry, G. M. (2005), The July 2003 Dakota hailswaths: Creation, characteristics, and possible impacts. *Mon. Wea. Rev.*, 133, pp. 1241–1260, DOI: /10.1175/MWR2914.1.
- Pedroso de Lima, R.L., Boogdaard, F.C., Graad-van Dinther, R.E.G., Innovative water quality and ecology monitoring using underwater unmanned vehicles: field applications, challenges and feedback from water managers, *Water* 2020, 12, 1196
- Peppas, M.; Mills, J.P.; Moore, P.; Miller, P.E.; Chambers, J.C. Accuracy assessment of a UAV-based landslide monitoring system. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* 2016, 41, 895–902.
- Perks, M.T.; Russell, A.J.; Large, A.R.G. Technical Note: Advances in flash flood monitoring using unmanned aerial vehicles (UAVs). *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2016, 20, 4005–4015.
- Petit, C.C., and E.F. Lambin, 2001. Integration of multi-source remote sensing data for land cover change detection, *International Journal of Geographical Information Science*, 15(8):785–803.
- Petit, C.C., and E.F. Lambin, 2001. Integration of multi-source remote sensing data for land cover change detection, *International Journal of Geographical Information Science*, 15(8):785–803.
- Pi, Y., Nath, N.D., Behzadan, A.H., Convolutional neural networks for object detection in aerial imagery for disaster response and recovery, *Adv. Eng. Inf.*, 43 (2020), p. 101009.
- Piao, S., et al., 2019. The impacts of climate extremes on the terrestrial carbon cycle: a review. *Sci. China Earth Sci.* 1–13.
- Pittore, M., Wieland, M., and Fleming, K. (2016). Perspectives on global dynamic exposure modeling for geo-risk assessment. *Nat. Hazards* 86, 7–30. doi: 10.1007/s11069-016-2437-3
- Planning remote sensing emergency services: Bridging the gap between remote sensing science and emergency practice in China (2021)
- Pohl, C., Van Genderen, J.L., 1998. Review article multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. *Int. J. Remote Sens.* 19 (5), 823–854.
- Pop, O.T.; Gavrilă, I.-G.; Roșian, G.; Meseșan, F.; Decaulne, A.; Holobacă, I. H.; Anghel, T. (2016), A century-long snow avalanche chronology reconstructed from tree-rings in Parâng Mountains (Southern Carpathians, Romania), *Quaternary International*, 415, 230–240, DOI: 10.1016/j.quaint.2015.11.058
- Prabhakar, M., Gopinath., K.A., Reddy, A.G.K., Thirupathi, M., Srinivasa Rao, Ch. (2019), Mapping hailstorm damaged crop area using multispectral satellite data, *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22(1), pp. 73–79, DOI:/10.1016/j.ejrs.2018.09.001.
- Price, J.C., 1994. How unique are spectral signatures? *Remote Sens. Environ.* 49 (3), 181–186.

- Pu, H.; Liu, J.-H.; Qu, D.; Sun, D.-W. Applications of imaging spectrometry in inland water quality monitoring—a review of recent development. *Water Air Soil Pollut.* 2017, 228, 131.
- Puliti, S.; Ørka, H.O.; Gobakken, T.; Næsset, E. Inventory of small forest areas using an unmanned aerial system. *Remote Sens.* 2015, 7, 9632–9654
- Quilter, M.C.; Anderson, V.J. Low altitude/large scale aerial photographs: A tool for range and resource managers. *Rangel. Arch.* 2000, 22, 13–17.
- Rahmat-Samii, Y., Manohar, V., Kovitz, J.M., 2017. For satellites, think small, dream big: a review of recent antenna developments for CubeSats. *IEEE Antenna. Propag. Mag.* 59 (2), 22–30.
- Rahnemoonfar, M., Murphy, R., Miquel, M.V., Dobbs, D., Adams, A., Flooded area detection from uav images based on densely connected recurrent neural networks, *IGARSS 2018-2018 IEEE International Geoscience And Remote Sensing Symposium, IEEE, Valencia, Spain (July 2018)*, pp. 1788-1791.
- Rapp, M., Strelnikova, I., Strelnikov, B., Hoffmann, P., Friedrich, M., Gumbel, J., Megner, L., Hoppe, U.-P., Robertson, S., Knappmiller, S., Wolff, M., Marsh, D.R. (2010), “Rocket–borne in situ measurements of meteor smoke: charging properties and implications for seasonal variation”, *J. Geophys. Res.*, 115, D00I16: 1 – 20.
- Rathore, M.S., 2004. State level analysis of drought policies and impacts in Rajasthan, India, Working paper 93, Drought Series, Paper 6, Int. Water. Manage. Inst.
- Reid, J.P.; Bertram, A.K.; Topping, D.O.; Laskin, A.; Martin, S.T.; Petters, M.D.; Pope, F.D.; Rovelli, G. The viscosity of atmospherically relevant organic particles. *Nat. Commun.* 2018, 9, 956.
- Reif, M.K.; Theel, H.J. Remote sensing for restoration ecology: Application for restoring degraded, damaged, transformed, or destroyed ecosystems. *Integr. Environ. Assess. Manag.* 2017, 13, 614–630.
- Remote sensing of natural hazard-related disasters with small drones: Global trends, biases, and research opportunities 2021 *articol elsevier*
- Richardson, J.J., Moskal, L.M., Kim, S.-H., 2009. Modelling approaches to estimate effective leaf area index from aerial discrete-return LIDAR. *Agric. For. Meteorol.* 149 (6-7), 1152–1160.
- Ridolfi, E., Manciola, P., Water level measurements from drones: a pilot case study at a dam site, *Water*, 10 (3) (2018), p. 297.
- Rippon, D.M.; Pomfret, A.; King, N. High resolution mapping of supra-glacial drainage pathways reveals link between micro-channel drainage density, surface roughness and surface reflectance. *Earth Surf. Process. Landf.* 2015, 40, 1279–1290.
- Robertson, N.M., Chan, T., Aerial image segmentation for flood risk analysis, 2009 16th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), IEEE, Cairo, Egypt (November 2009), pp. 597-600.
- Rocchini, D.; Andreo, V.; Förster, M.; Garzon Lopez, C.X.; Gutierrez, A.P.; Gillespie, T.W.; Hauffe, H.C.; He, K.S.; Kleinschmit, B.; Mairota, P.; et al. Potential of remote sensing to predict species invasions: A modelling perspective. *Prog. Phys. Geogr.* 2015, 39, 283–309
- Roman, D., et al., 2015. The role of isohydric and an isohydric species in determining ecosystem-scale response to severe drought. *Oecologia* 179 (3), 641–654.
- Rujoiu-Mare, Marina-Ramona, Bogdan Olariu & Bogdan-Andrei Mihai (2016): Space planning in Prahova Subcarpathians, Romania. Landslides - land cover relationship analysis. In: *Cinq Continents* 6 (13): 21-41
- Rujoiu-Mare, Marina-Ramona, Bogdan Olariu & Bogdan-Andrei Mihai (2016): Space planning in Prahova Subcarpathians, Romania. Landslides - land cover relationship analysis. In: *Cinq Continents* 6 (13): 21-41.

- Ryan, J.C.; Hubbard, A.L.; Box, J.E.; Todd, J.; Christoffersen, P.; Carr, J.R.; Holt, T.O.; Snooke, N.A. UAV photogrammetry and structure from motion to assess calving dynamics at Store Glacier, a large outlet draining the Greenland ice sheet. *Cryosphere* 2015, 9, 1–11.
- Sagan, V., Maimaitijiang, M., Sidike, P., Eblimit, K., Peterson, K.T., Hartling, S., Esposito, F., Khanal, K., Newcomb, M., Pauli, D., Ward, R., Fritschi, F., Shakoor, N., Mockler, T., UAV-Based high resolution thermal imaging for vegetation monitoring and plant phenotyping using ICI 8640 P, FLIR Vue Pro R 640 and thermoMap Cameras, *Remote Sens.* 2019, 11, 330
- Samiappan, S., Hathcock, L., Turnage, G., McCraine, C., Pitchford, J., & Moorhead, R. (2019). Remote sensing of wildfire using a small unmanned aerial system: Post-fire mapping, vegetation recovery and damage analysis in Grand Bay, Mississippi/Alabama, USA. *Drones*, 3(2), 43.
- Sanders, B.F., Schubert, J.E., Goodrich, K.A., Houston, D., Feldman, D.L., Basolo, V., Luke, A., Boudreau, D., Karlin, B., Cheung, W., Contreras, S., Reyes, A., Eguiarte, A., Serrano, K., Allaire, M., Moftakhari, H., AghaKouchak, A., Matthew, R.A., Collaborative modeling with fine-resolution data enhances flood awareness, minimizes differences in flood perception, and produces actionable flood maps. *Earth's Future*, 8 (1) (2020).
- Sankey, T.; Donager, J.; McVay, J.; Sankey, J.B. UAV LiDAR and hyperspectral fusion for forest monitoring in the southwestern USA. *Remote Sens. Environ.* 2017, 195, 30–43.
- Sanyal, J.; Lu, X.X. Application of Remote Sensing in Flood Management with Special Reference to Monsoon Asia: A Review. *Na. Hazards* 2004, 33, 283–301
- Sarvia, F., De Petris, S., Borgogno-Mondino, E. (2020), A Methodological Proposal to Support Estimation of Damages from Hailstorms Based on Copernicus Sentinel 2 Data Times Series. *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2020: 20th International Conference Proceedings, Part IV*, vol. 12252 pp. 737–751, DOI:10.1007/978-3-030-58811-3_53.
- Scafutto, R.D.P.M.; de Souza Filho, C.R.; de Oliveira, W.J. Hyperspectral remote sensing detection of petroleum hydrocarbons in mixtures with mineral substrates: Implications for onshore exploration and monitoring. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 2017, 128, 146–157.
- Scafutto, R.D.P.M.; de Souza Filho, C.R.; Rivard, B. Characterization of mineral substrates impregnated with crude oils using proximal infrared hyperspectral imaging. *Remote Sens. Environ.* 2016, 179, 116–130.
- Schepers, L., Haest, B., Veraverbeke, S., Spanhove, T., Vanden Borre, J., & Goossens, R. (2014). Burned area detection and burn severity assessment of a heathland fire in Belgium using airborne imaging spectroscopy (APEX). *Remote Sensing*, 6(3), 1803-1826.
- Schiewe, J., 2003. Integration of multi-sensor data for landscape modeling using region-based approach, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 57(5–6):371–379.
- Schneider, H., 1996. *Encyclopedia of Climate and Weather*, Volumes 1 and 2. Oxford University Press, New York, volume 1, XVI+459; volume 2, 461–851.
- Schneider, J., Weigel, R., Klimach, T., Dragoneas, A., Appel, O., Hünig, A., Molleker, S., Köllner, F., Clemen, H.-C., Eppers, O., Hoppe, P., Hoor, P., Mahnke, C., Krämer, M., Rolf, C., Groß, J.-U., Zahn, A., Obersteiner, F., Ravegnani, F., Ulanovsky, A., Schlager, H., Scheibe, M., Diskin, G. S., DiGangi, J. P., Nowak, J. B., Zöger, M., and Borrmann, S.: Aircraft-based observation of meteoric material in lower-stratospheric aerosol particles between 15 and 68° N, *Atmos. Chem. Phys.*, 21, 989–1013, <https://doi.org/10.5194/acp-21-989-2021>, 2021.
- Schwantes, A.M., Swenson, J.J., Jackson, R.B., 2016. Quantifying drought-induced tree mortality in the open canopy woodlands of central Texas. *Remote Sens. Environ.* 181, 54–64.

- Sellar, R.G.; Boreman, G.D. Classification of imaging spectrometers for remote sensing applications. *Opt. Eng.* 2005, 44, 013602.
- Siebert, H., Wendisch, M., Conrath, T., Teichmann, U., & Heintzenberg, J. (2003), „A new tethered balloon-borne payload for fine-scale observations in the cloudy boundary layer”. *Boundary-layer meteorology*, 106(3), 461-482.
- Sieberth, T.; Wackrow, R.; Chandler, J.H. Automatic detection of blurred images in UAV image sets. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 2016, 122, 1–16.
- Smigaj, M.; Gaulton, R.; Suarez, J.C.; Barr, S.L. Use of miniature thermal cameras for detection of physiological stress in conifers. *Remote Sens.* 2017, 9, 20.
- Smith, M.N., et al., 2019a. Seasonal and drought-related changes in leaf area profiles depend on height and light environment in an Amazon forest. *New Phytol.* 222 (3), 1284–1297.
- Smith, W.K., et al., 2016. Large divergence of satellite and Earth system model estimates of global terrestrial CO₂ fertilization. *Nat. Clim. Chang.* 6 (3), 306.
- Soderholm, J.S., Kumjian, M.R., McCarthy, N., Maldonado, P., Wang, M. (2019) Quantifying Hail Size Distributions from the Sky: Application of Drone Aerial Photogrammetry, *Atmos. Meas. Tech.*, <https://doi.org/10.5194/amt-2019-281>
- Stăncălie, G. (2017), Remote sensing, model and in-situ data fusion for snowpack parameters and related hazards in a climate change perspective, Irimescu, A. (ed.), Editura Printech, 163p, ISBN: 978-606-23-0733-2
- Stăncălie, G., V. Crăciunescu, and A. Irimescu, (2016). Development of a downstream emergency response service for flood and related risks in Romania based on satellite data. *Proceedings of the 3rd European Conference on Flood Risk Management: Innovation, Implementation, Integration*, 7, 1489-1496.
- Stavi Ilan, (2019) Wildfires in Grasslands and Shrublands: A Review of Impacts on Vegetation, Soil, Hydrology, and Geomorphology, *Water*, 11, 1042. <https://doi.org/10.3390/w11051042>
- Steinemann, A.C., Hayes, M.J., and Cavalcanti, L. 2005. Drought indicators and triggers. *Drought and water crises: Science, technology, and management issues*. CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 71–92.
- Stohl, A., C. Forster, S. Eckhardt, N. Spichtinger, H. Huntrieser, J. Heland, H. Schlager, S. Wilhelm, F. Arnold, and O. Cooper, A backward modeling study of intercontinental pollution transport using aircraft measurements, *J. Geophys. Res.*, 108, 4370, doi: 10.1029/2002JD002862, 2003.
- Strahler, A.H., 1997. Vegetation canopy reflectance modelling—Recent developments and remote sensing perspectives. *Remote Sens. Rev.* 15 (1-4), 179–194.
- Stuart, M.B., McGonigle, J.S., Willmott, J.R. (2019), Hyperspectral Imaging in Environmental Monitoring: A review of Recent Development and Technological Advances in Compact Field Deployable Systems, *Sensors* 2019, 19, 3017
- Sullivan, J.L., McFaden, S., Engel, T., Using remote data collection to identify bridges and culverts susceptible to blockage during flooding events, University of Vermont. Transportation Research Center, Tech. Rep. (2016).
- Sumalan, A.L., Popescu, D., Ichim, L., Flooded areas detection based on lbp from uav images, *Recent Advances on Systems, Signals, Control, Communications and Computers* (2015), pp. 186-191.
- Syvitski, J.P.M.; Overeem, I.; Brakenridge, G.R.; Hannon, M. Floods, Floodplains, Delta Plains—A Satellite Imaging Approach. *Sediment. Geol.* 2012, 267–268, 1–14.
- Szopos, N.M. and B. Czelcz (2017). High water level observations along the upper course of the Olt River (Romania) from a hydrological modelling aspect. *Landscape & Environment*, 11 (2), 10-19.

- T. Zhao, B. Stark, Y. Chen, A. L. Ray and D. Doll, Challenges in water stress quantification using small unmanned aerial system (suas): Lessons from a growing season of almond, *J. Intell. Robot. Syst.* 88 (2–4) (2017) 721–735.
- T.E. Antofie, B. Doherty, M. Marin-Ferrer Mapping of risk web-platforms and risk data: collection of good practices. Improving the access and share of curated EU-wide risk data for fostering DRM JRC Technical Reports, Ispra, Italy (2018), 10.2760/93157
- T.E. Antofie, B. Doherty, M. Marin-Ferrer Mapping of risk web-platforms and risk data: collection of good practices. Improving the access and share of curated EU-wide risk data for fostering DRM JRC Technical Reports, Ispra, Italy (2018), 10.2760/93157
- Tallaksen, L. M. and van Lanen, H. A. J., 2004. Hydrological drought, Processes and estimation methods for streamflow and groundwater, *Development in water science*, 48, Elsevier, Netherlands, 579 pp.
- Tang, L.; Shao, G. Drone remote sensing for forestry research and practices. *J. For. Res.* 2015, 26, 791–797.
- Tao, L., Li, J., Jiang, J., Chen, X., 2016. Leaf area index inversion of winter wheat using modified water-cloud model. *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.* 13 (6), 816–820.
- Tauro, F., Olivieri, G., Petroselli, A., Porfiri, M., Grimaldi, S., Flow monitoring with a camera: a case study on a flood event in the tiber river, *Environ. Monit. Assess.*, 188 (2) (2016), p. 118.
- Tauro, F., Pagano, C., Phamduy, P., Grimaldi, S., Porfiri, M., Large-scale particle image velocimetry from an unmanned aerial vehicle, *IEEE ASME Trans. Mechatron.*, 20 (6) (2015), pp. 3269–3275.
- Tauro, F.; Pagano, C.; Phamduy, P.; Grimaldi, S.; Porfiri, M. Large-scale particle image velocimetry from an unmanned aerial vehicle. *IEEE/ASME Trans. Mechatron.* 2015, 20, 3269–3275.
- Tauro, F.; Petroselli, A.; Arcangeletti, E. Assessment of drone-based surface flow observations. *Hydrol. Process.* 2016, 30, 1114–1130.
- Tauro, F.; Piscopia, R.; Grimaldi, S. Streamflow observations from cameras: Large Scale Particle Image Velocimetry of Particle Tracking Velocimetry? *Water Resour. Res.* 2018, 53, 10374–10394
- Tauro, F.; Porfiri, M.; Grimaldi, S. Surface flow measurements from drones. *J. Hydrol.* 2016, 540, 240–245
- Tavus, B., Kocaman, S., C. Gokceoglu, and H.A. Nefeslioglu (2018). Consideration on the use of Sentinel-1 data in flood mapping in urban areas: Ankara (Turkey) 2018 floods. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-5, 575–581.
- Thomas, B.F., et al., 2017. GRACE groundwater drought index: evaluation of California Central Valley groundwater drought. *Remote Sens. Environ.* 198, 384–392.
- Torresan, C.; Berton, A.; Carotenuto, F.; Di Gennaro, S.F.; Gioli, B.; Matese, A.; Miglietta, F.; Vagnoli, C.; Zaldei, A.; Wallace, L. Forestry applications of UAVs in Europe: A review. *Int. J. Remote Sens.* 2017, 38, 2427–2447
- Toth, C.; Józków, G. Remote sensing platforms and sensors: A survey. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 2016, 115, 22–36.
- Towery, N. G., Eyton, J. R., Changnon, S. A. Jr., Dailey, C. L. (1975), *Remote Sensing Of Crop Hail Damage, Report of Research Conducted 15 May 1974 - 14 May 1975 for The Country Companies*, July 21, ISWS CR 165 Loan c. 1, 31p.
- Traver, R., *Flood Risk Management: Call for a National Strategy*. American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia (2014).
- Trenberth, K.E., et. Al, 2014, Global warming and changes in drought. *Nat. Clim. Chang.* 4(1), 17
- Uto, K.; Seki, H.; Saito, G.; Kosugi, Y. Development of lightweight hyperspectral imaging system for UAV observation. In *Proceedings of the 2014 6th Workshop on Hyperspectral Image and Signals Processing: Evolution in Remote Sensing (WHISPERS)*, Lausanne, Switzerland, 24–27 June 2014.



**Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență
cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea
impactului acestora în vederea reducerii
consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare**

COD: DT_A1-81/21

Ediția: 1

Revizia: 1

Pagina: 161

Exemplar nr. 1

- Uto, K.; Seki, H.; Saito, G.; Kosugi, Y.; Komatsu, T. Development of a Low-Cost Hyperspectral Whiskbroom Imager Using an Optical Fiber Bundle, a Swing Mirror, and Compact Spectrometers. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 2016, 9, 3909–3925.
- Vaculisteanu, Georgiana, Mihai Niculita & Mihai Margarint (2019): Natural hazards and their impact on rural settlements in NE Romania – A cartographical approach. In: *Open Geosciences* 11(1): 765-782.
- Vaculisteanu, Georgiana, Mihai Niculita & Mihai Margarint (2019): Natural hazards and their impact on rural settlements in NE Romania – A cartographical approach. In: *Open Geosciences* 11(1): 765-782.
- Van der Molen, M.K., et al., 2011. Drought and ecosystem carbon cycling. *Agric. For. Meteorol.* 151 (7), 765–773.
- Van Leeuwen, W.J., Orr, B.J., Marsh, S.E., Herrmann, S.M., 2006. Multi-sensor NDVI data continuity: uncertainties and implications for vegetation monitoring applications. *Remote Sens. Environ.* 100 (1), 67–81.
- Van Loon, Anne F.; Stahl, Kerstin; Di Baldassarre, Giuliano; Clark, Julian; Rangelcroft, Sally; Wanders, Niko; Gleeson, Tom; Van Dijk, Albert I. J. M.; Tallaksen, Lena M.; Hannaford, Jamie; Uijlenhoet, Remko; Teuling, Adriaan J.; Hannah, David M.; Sheffield, Justin; Svoboda, Mark; Verbeiren, Boud; Wagener, Thorsten; Van Lanen, Henny A. J.; 'Drought in a human-modified world: Reframing drought definitions, understanding, and analysis approaches'; *UvicSpace*; <http://dx.doi.org/10.5194/hess-20-3631-2016>; 2016
- Vay, S.A., Anderson, B., Thornhill, H., Hudgins, C. (2003), "An assessment of aircraft-generated contamination on in situ trace gas measurements: determinations from empirical data acquired aloft", *J. Atmos. Ocean. Technol.*, 20, 1478–1487.
- Ventura, D.; Bonifazi, A.; Gravina, M.F.; Ardizzone, G.D. Unmanned Aerial Systems (UASs) for Environmental Monitoring: A Review with Applications in Coastal Habitats. In *Aerial Robots- Aerodynamics, Control and Applications*; InTech: Rijeka, Croatia, 2017
- Veraverbeke, S.; Lhermitte, S.; Verstraeten, W.W.; Goossens, R. Evaluation of pre/post-fire differenced spectral indices for assessing burn severity in a Mediterranean environment with Landsat Thematic Mapper. *Int. J. Remote Sens.* 2011, 32, 3521–3537.
- Vicente-Serrano, S.M., Quiring, S.M., Peñ a-Gallardo, M., Yuan, S., Domínguez-Castro, F., 2019. A review of environmental droughts: increased risk under global warming? *Earth Sci. Rev.* 201, 102953.
- Vicente-Serrano, S.M., Quiring, S.M., Peñ a-Gallardo, M., Yuan, S., Domínguez-Castro, F., 2019. A review of environmental droughts: increased risk under global warming? *Earth Sci. Rev.* 201, 102953.
- Voiculescu M. (2017) Snow Avalanche Activity in Southern Carpathians (Romanian Carpathians). In: Radoane M., Vespremeanu-Stroe A. (eds) *Landform Dynamics and Evolution in Romania*. Springer Geography. Springer, Cham. DO: 10.1007/978-3-319-32589-7_31
- Voiculescu, M. (2014), Patterns of the dynamics of human-triggered snow avalanches at the Făgăraș massif (Southern Carpathians), *Romanian Carpathians. Area*, 46(3), 328–336. <http://www.jstor.org/stable/24030003>
- Voiculescu, M.; Ardelean, F.; Torok-Oance, M.; Milian, N. (2016), Topographical Factors, Meteorological Variables and Human Factors in the Control of the Main Snow Avalanche Events in the FAGARAS Massif (Southern Carpathians—Romanian Carpathians): Case Studies. *Geographia Polonica*, 89, 47-64, DOI: 10.7163/gpol.0045
- Voiculescu, M.; Onaca, A.; Milian, N.; Ardelean, F.; Torok, M.; Stancescu, M. (2010), Analysis of snow avalanche from Mars 07, 2007 within The Călțun - Negoiu area, in the Fagaras Massif (Southern



**Raport privind monitorizarea situațiilor de urgență
cu ajutorul senzorilor aeropurtați și documentarea
impactului acestora în vederea reducerii
consecințelor negative și prevenirii cazurilor similare**

COD: DT_A1-81/21

Ediția: 1

Revizia: 1

Pagina: 162

Exemplar nr. 1

- Carpathians), *Analele Universității din Oradea - Seria Geografie*, XX, 1/2010, 22-33, 201103-475, ISSN 1221-1273
- Wekerle, T.; Bezerra Pessoa Filho, J.; Eduardo Vergueiro Loures da Costa, L.; Gonzaga Trabasso, L. Status and Trends of Smallsats and Their Launch Vehicles—An Up-to-Date Review. *J. Aerosp. Technol. Manag.* 2017, 9, 269–286.
- Wendisch, M., Brenguier, J.-L. (2013), “Airborne measurements for environmental research”, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
- Wendisch, M., Brenguier, J.-L. (2013), „Airborne measurements for environmental research”, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
- Wendisch, M., Keil, A., Korolev, A.V. (1996a), „FSSP characterization with monodispersed water droplets”, *J. Atmos. Oceanic Tech.*, 13, 1152 – 1165.
- Wenzhe Jiaoa, Lixin Wang, Matthew F. McCabe; Multi-sensor remote sensing for drought characterization: current status, opportunities and a roadmap for the future; *Remote Sensing of Environment*, 256 (2021), 112313.
- West, H., Quinn, N., Horswell, M., 2019. Remote sensing for drought monitoring & impact assessment: progress, past challenges and future opportunities. *Remote Sens. Environ.* 232, 111291.
- Wewel, F., and F. Scholten, 1999. High-resolution stereo camera (HRSC): Multispectral data acquisition and photogrammetric data processing, *Proceedings of the 4th International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition, Ottawa, Volume 1*, pp. 263–271.
- Wewel, F., and F. Scholten, 1999. High-resolution stereo camera (HRSC): Multispectral data acquisition and photogrammetric data processing, *Proceedings of the 4th International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition, Ottawa, Volume 1*, pp. 263–271.
- Whitehead, K.; Hugenholz, C.H. Remote sensing of the environment with small unmanned aircraft systems (UASs), part 1: A review of progress and challenges. *J. Unmanned Veh. Syst.* 2014, 2, 69–85.
- WHO (2020) Maps and spatial information technologies (Geographical information systems) in health and environment decision-making <http://www.who.int/heli/tools/maps/en/>
- WHO (2020) Maps and spatial information technologies (Geographical information systems) in health and environment decision-making <http://www.who.int/heli/tools/maps/en/>
- Wilhite, D.A. (Ed.). (2005). *Drought and Water Crises: Science, Technology, and Management Issues* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420028386>
- Willett, R.M.; Duarte, M.F.; Davenport, M.A.; Baraniuk, R.G. Sparsity and structure in hyperspectral imaging: Sensing, reconstruction and target detection. *IEEE Signal Proc. Mag.* 2014, 31, 116–126.
- Woellert, K., Ehrenfreund, P., Ricco, A.J., Hertzfeld, H., 2011. Cubesats: cost-effective science and technology platforms for emerging and developing nations. *Adv. Space Res.* 47 (4), 663–684.
- Xie, Q., et al., 2018. Vegetation indices combining the red and red-edge spectral information for leaf area index retrieval. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 11 (5), 1482–1493.
- Yan, G., et al., 2019. Review of indirect optical measurements of leaf area index: recent advances, challenges, and perspectives. *Agric. For. Meteorol.* 265, 390–411.
- Yang, L., Cervone, G., Analysis of remote sensing imagery for disaster assessment using deep learning: a case study of flooding event, *Soft Computing*, 23 (24) (2019), 13 393–13 408.
- Yilmaz, K.K.; Adlerab, R.F.; Tianbc, Y.; Hongd, Y.; Piercebe, H.F. Evaluation of a Satellite-Based Global Flood Monitoring System. *Int. J. Remote Sens.* 2010, 31, 3763–3782

- Yuan, M., Dickens-Micozzi, M., Magsig, M. A. (2002), Analysis of tornado damage tracks from the 3 May tornado outbreak using multispectral satellite imagery, *Wea. Forecasting*, 17(3), pp. 382–398, DOI:10.1175/1520-0434(2002)017<0382:AOTDTF>2.0.CO;2
- Zanatta Marco, Heiko Bozem, Franziska Köllner, Johannes Schneider, Daniel Kunkel, Peter Hoor, Julia de Faria, Andreas Petzold, Ulrich Bundke, Katherine Hayden, Ralf M. Staebler, Hannes Schulz & Andreas B. Herber (2020) Airborne survey of trace gases and aerosols over the Southern Baltic Sea: from clean marine boundary layer to shipping corridor effect, *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 72:1, 1-24, DOI: 10.1080/16000889.2019.1695349
- Zarco-Tejada, P.J.; Gonzalez-Dugo, V.; Berni, J.A.J. Fluorescence, temperature and narrow-band indices acquired from a UAV platform for water stress detection using a microhyperspectral imager and a thermal camera. *Remote Sens. Environ.* 2012, 117, 322–337.
- Zhang, L., Jiao, W., Zhang, H., Huang, C., Tong, Q., 2017a. Studying drought phenomena in the Continental United States in 2011 and 2012 using various drought indices. *Remote Sens. Environ.* 190, 96–106.
- Zhang, Y., et al., 2013. Monitoring and estimating drought-induced impacts on forest structure, growth, function, and ecosystem services using remote-sensing data: recent progress and future challenges. *Environ. Rev.* 21 (2), 103–115.
- Zhao, F., et al., 2011. Measuring effective leaf area index, foliage profile, and stand height in New England forest stands using a full-waveform ground-based lidar. *Remote Sens. Environ.* 115 (11), 2954–2964.
- Zhao, M., Running, S.W., 2010. Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009. *Science* 329 (5994), 940–943.
- AghaKouchak, A., 2015. A multivariate approach for persistence-based drought prediction: application to the 2010–2011 East Africa drought. *J. Hydrol.* 127–135.
- Zheng, G., Moskal, L.M., 2009. Retrieving leaf area index (LAI) using remote sensing: theories, methods and sensors. *Sensors* 9 (4), 2719–2745.
- Zhu, X., Chen, J., Gao, F., Chen, X., Masek, J.G., 2010. An enhanced spatial and temporal adaptive reflectance fusion model for complex heterogeneous regions. *Remote Sens. Environ.* 114 (11), 2610–2623.
- Zhu, Z.J., Jiang, A.Z., Lai, J., Xiang, Y., Baird, B., McBean, E., Towards efficient use of an unmanned aerial vehicle for urban flood monitoring, *Journal of Water Management Modeling* (2017), pp. 1-7.