

Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului
“Regele Mihai I al României” din Timișoara



Facultatea de Agricultură

SIMON MIHAI

REZUMAT
TEZĂ DE DOCTORAT

**METODE GEOMATICE MODERNE PENTRU ANALIZA
COMPLEXĂ A PAJIȘTILOR, PRIN TEHNICI DE
FOTOGRAMMETRIE AERIANĂ ȘI
TELEDETECȚIE ACTIVĂ**

Conducător Științific
Prof. univ. dr. ing. Cojocariu Luminița

Timișoara
2021

REZUMAT

Scopul tezei de doctorat cu titlul „**Metode geomatice moderne pentru analiza complexă a pajiștilor, prin tehnici de fotogrammetrie aeriană și teledetecție activă**” a fost acela de a demonstra aplicabilitatea și oportunitatea mijloacelor și metodelor de teledetecție activă (MMS) și fotogrammetrie (UAV) în redarea cu fidelitate, cu acuratețe și precizie foarte ridicată, a componentelor spațiului pastoral, „de la distanță”, fără un contact direct cu obiectivul investigat.

Pentru realizarea scopului propus obiectivele cercetării au vizat mai multe direcții: 1. - adaptarea și dezvoltarea unor scheme de lucru specifice fotogrammetriei aeriene (UAV) pentru extragerea și interpretarea informațiilor pratologice; 2 - analiza schimbărilor produse în suprafața de pajiști în timp și spațiu; 3 - implementarea unei scheme de lucru cu date LiDAR care să genereze rezultate și produse aplicabile în cercetarea pratologică (ortofotoplanuri, nori de puncte, modele ale suprafeței, etc.); 4 - exploatarea tehnicilor avansate de vizualizare (turul virtual) și de prezentare a produselor geomatice prin intermediul browsere-lor web; 5 - determinarea de la distanță a cantității de fân stocat în pajiști în căpițe și baloți prin echipamente specifice fotogrammetriei aeriene combinate cu sisteme LiDAR; 6 - prelucrarea datelor LiDAR în vederea stabilirii stării de vegetație și înălțimii covorului vegetal al pajiștilor; 7 - utilizarea dronelor în urmărirea și monitorizarea animalelor din ferme/pajiști dar și a altor “obiective” prezente pe suprafața analizată (baloți, pomi fructiferi).

Teza de doctorat intitulată „**Metode geomatice moderne pentru analiza complexă a pajiștilor, prin tehnici de fotogrammetrie aeriană și teledetecție activă**” este structurată în două părți principale, conform specificațiilor metodologice în vigoare, respectiv **Stadiul actual al cunoașterii în domeniu și Cercetări proprii**.

Prima parte a tezei de doctorat, face referire la **Stadiul actual al cunoașterii în domeniu**. Este structurată în două capitole, în care sunt prezentate aspecte științifice referitoare la cercetările din domeniul de studiu și orientările actuale în cercetare.

În **primul capitol** al lucrării, intitulat „**PAJIȘTILE CA ECOSISTEME TERESTRE**” sunt abordate următoarele teme: „*Distribuția pajiștilor la nivel global*”, „*Hărți de acoperire a terenului*”, „*Distribuția pajiștilor la nivel național*” și se finalizează cu „*Distribuția pajiștilor în Regiunea de Dezvoltare Vest*”

Capitolul 2 al lucrării, intitulat „**ABORDAREA GEOMATICĂ ÎN PRATOLOGIE**” este structurat în patru secțiuni care prezintă pentru început istoricul dezvoltării tehnologiilor UAV și MMS, apoi descrierea echipamentelor de fotogrammetrie aeriană și teledetecție activă utilizate în cadrul cercetărilor. De asemenea, sunt prezentate unele dintre aplicațiile specifice domeniului de cercetare și implicit cele utilizate în cadrul cercetărilor proprii.

Capitolul 2 se finalizează cu *Utilitatea echipamentelor și produselor „geointeligente” în cercetările pratologice*. Prin progresul tehnologic din ultimii ani, dronele echipate cu camere pentru domeniul vizibil și infraroșu pot fi folosite pentru clasificarea speciilor în pajiști, cu caracteristici biologice și fenologice diferite. Dacă inițial clasificările se făceau la nivel de grup sau comunitate (de exemplu, clasificarea plantelor și arbuștilor), în prezent se poate trece la nivel de specie, de exemplu, clasificarea diferitelor specii de plante care prezintă diferențieri evidente pentru rezoluția de lucru.

Partea a doua a tezei de doctorat prezintă **Cercetările proprii**, expuse în trei capitole.

Capitolul 3, denumit „**TEHNICI DE FOTOGAMMETRIE AERIANĂ (UAV) ÎN ANALIZA SPAȚIO-TEMPORALĂ A SUPRAFEȚELOR DE PAJIȘTI**” urmărește utilizarea mijloacelor și metodelor specifice fotogrammetriei aeriene, respectiv sisteme UAV, pentru analiza pajiștilor sub aspect spațial (identificarea și delimitarea suprafețelor de pajiști), „fizic” (aspecte legate de relief, caracteristici morfologice, suprafață utilă) și temporal (modificări produse în timp sub acțiunea factorilor de mediu).

Obiectivele cercetărilor au fost grupate astfel:

- adaptarea și aplicarea fluxurilor tehnologice specifice fotogrammetriei aeriene (UAV) pentru a obține produse care să furnizeze informații utile în cercetările pratologice;

- dezvoltarea unor scheme de lucru aplicabile pe imagini și produse UAV pentru extragerea și interpretarea informațiilor pratologice;

- delimitarea „de la distanță” și analiza „fizică” a suprafețelor de pajiști cuprinse în dispozitivul experimental, pajiști considerate studii de caz;

- analiza schimbărilor produse în suprafața de pajiști în timp și spațiu;

- crearea unei baze de date pentru 14 pajiști dispuse pe trepte altitudinale diferite, reprezentative pentru spațiul geografic al județului Arad.

Materiale și metode

Cele paisprezece pajiști analizate în cadrul acestui capitol sunt localizate în Regiunea Vest a României, pe teritoriul județului Arad, în următoarele localități: Avram Iancu, Bata, Buteni, Hălmașiu, Ineu, Leasa, Odvoș, Pincota, Șeitin, Socodor, Turnu, Variașu Mare și Vîrfurile zone survolate cu echipament UAV DJI Phantom 4 Pro și pajiștea din localitatea Labașinț survolată cu echipament UAS WingtraOne.

Metodologia de studiu, prezentată succint în figura nr. 1, este organizată în trei secțiuni principale:

- achiziția și procesarea datelor cu echipament DJI Phantom 4 Pro;
- achiziția și procesarea datelor cu echipament WingtraOne;
- vizualizarea, extragerea și analiza datelor relevante în cercetările pratologice.

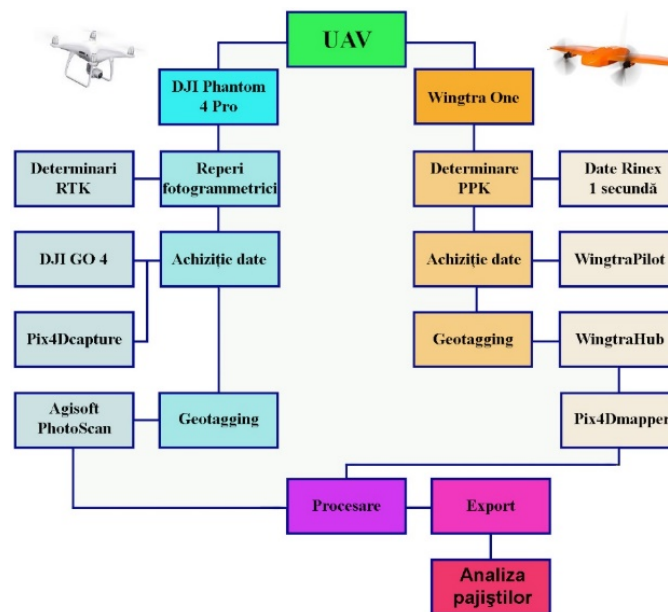


Fig. nr. 1. Metodologia de lucru

În acest capitol au fost create modele de utilizare a dronelor DJI Pantom Pro și WingtraOne, în funcție de obiectivele urmărite în lucrare.

În cazul a 13 suprafețe de pajiști, din județul Arad, achiziția datelor UAV s-a făcut cu echipament DJI Pantom Pro (în intervalul de timp 2018 – 2020) pentru care a fost creată schema de lucru, conform metodologiei stabilite. S-a urmat procedura: amplasarea și citirea GNSS a unor reperi fotogrammetrici, achiziția datelor (DJI GO4 și Pix4Dcapture), procesarea datelor (Agisoft PhotoScan), exportul și analiza datelor pentru suprafețele de pajiști luate în studiu. S-au obținut imagini aeriene, nori de puncte și ortofotoplanuri, necesare în vizualizarea, identificarea, delimitarea și caracterizarea factorilor de mediu.

Suprafața de pajiște din localitatea Labașinț a fost survolată cu echipament WingtraOne. În acest caz, a fost aplicat următorul algoritm de lucru: determinarea PPK (pentru mărirea acurateții și preciziei datelor), achiziția datelor (WingtraPilot), procesarea (WingtraHub și Pix4Dmapper), exportul și analiza în vederea extragerii informațiilor relevante în cazul pajiștii respective. S-au obținut imagini aeriene de detaliu privind pajiștea analizată, nori de puncte și ortofotoplanul. Prin caracteristicile tehnice avansate ale acestui echipament și software-urile necesare în procesare, calitatea datelor și imaginilor este net superioară. Sunt achiziționate date într-un interval spectral mai mare (inclusiv zona de infraroșu) ceea ce face ca datele să fie folosite pentru analize de vegetație complexe (NDVI și diferiți indici agricoli). De asemenea poate fi acoperită o suprafață de pajiște mult mai mare (340 ha/zbor), avantaj major în cazul suprafețelor mari de pajiști dispuse pe forme diversificate de relief, uneori cu pante mari și zone inaccesibile.

Deși drona de tip WingtraOne prezintă o serie de „plusuri” comparativ cu drona de tip DJI Pantom Pro, rămâne la latitudinea beneficiarului alegerea echipamentului în funcție de obiectivele urmărite în studiu, iar în

practică, de dimensiunile suprafeței de pajiște analizate, de potențialul financiar sau de cunoștințele tehnice ale utilizatorului.

Cu ajutorul imaginilor (fotografiilor) aeriene, achiziționate prin survolarea pajiștilor cu echipament UAV, pot fi extrase informații referitoare la covorul vegetal, la starea „fizică” a pajiștilor, la modul de exploatare (pășunat/cosit), împrejurimi (garduri fixe și/sau garduri vii, bariere naturale, locuri de târlire), construcții (stâne, adăposturi, magazii, șoproane), locuri de depozitare a gunoiului de grajd, etc. Deoarece imaginile sunt achiziționate la rezoluție foarte mare, implicit nivelul de detaliere este foarte ridicat.

Pe baza norilor de puncte obținuți prin tehnologia UAV pentru cele 14 pajiști studiate au fost extrase informații, referitoare la: altitudine, pantă, expoziția versanților. Pajiștile analizate se încadrează între 87 – 293 m altitudine, panta terenului variază între 0 – 42.9%, cu diferite expoziții ale versanților.

Pe baza ortofotoplanurilor, pe lângă analiza vizuală a suprafețelor de pajiști, au fost făcute măsurători de precizie în ceea ce privește suprafața și perimetrul. Suprafața siturilor experimentale variază între 6.14 – 71.7 ha.

Pe ortofotoplanuri s-a efectuat analiza schimbărilor, în cazul pajiștii de la Leasa, considerată studiu de caz. Pentru a surprinde modificările produse în intervalul 2014 - 2019 în suprafața pășunii analizate, au fost comparate trei imagini aeriene prin extragerea informației în format vectorial (delimitarea suprafeței de pajiște) și compararea în mediul GIS.

S-a constatat reducerea suprafeței utile, în perioada 2014 – 2018, cu 21.1%, de la 5.83 ha, la 4.60 ha. Reducerea suprafeței de pajiște în acest interval se explică prin două fenomene naturale: în primul rând revărsării Crișului Alb (fenomen ireversibil, în această situație), iar în cel de al doilea rând prin extinderea formațiunilor arbustive, în special în partea estică, ca urmare a lipsei lucrărilor de întreținere și exploatare.

Pentru analiza schimbărilor survenite în intervalul 2018 – 2019, au fost comparate cele două ortofotoplanuri și s-a constatat o diminuare a suprafeței de pajiște cu 500 m², comparativ cu situația din 2018, în special în partea de est, datorită procesului de împădurire naturală, respectiv abandonului pajiștii analizate. Astfel dacă în 2014 aveam o suprafață de 5.83 ha, în 2018 s-a redus la 4.60 ha, iar în 2019, suprafața utilă s-a redus la 4.55 ha.

Cauzele reducerii suprafeței utile ale pajiștii de la Leasa, județul Arad, se datorează unor factori necontrolabili de natură naturală, respectiv ieșirea Crișului Alb din matcă în situația unor precipitații abundente și factorilor antropogeni cum ar fi abandonul în această situație.

În **capitolul 4** denumit „**TEHNOLOGIA UAV ȘI MMS ÎN INVESTIGAREA PAJIȘTILOR**”, scopul cercetărilor a fost acela de a evidenția utilitatea datelor LiDAR achiziționate cu echipament Leica Pegasus: Backpack în investigarea suprafețelor de pajiști și integrarea acestor date cu cele obținute prin tehnologia UAV.

- implementarea unei scheme de lucru cu date LiDAR care să genereze rezultate și produse aplicabile în cercetarea patologică (ortofotoplanuri, nori de puncte, modele ale suprafeței, etc.);
- combinarea datelor UAV și MMS pentru analiza complexă a pajiștilor;
- întocmirea bazelor de date pentru suprafețele de pajiști investigate;
- exploatarea tehnicilor avansate de vizualizare a suprafețelor de pajiști;
- prezentarea unor modalități de transmitere a informațiilor și produselor de dimensiuni mari prin intermediul browsere-lor web.

Metodologia de lucru care a stat la baza prezentului capitol a fost divizată în mai multe etape și este sintetizată în figura nr. 2.

Cercetările debutează cu achiziția datelor cu două tipuri de echipamente: sistemul de cartografiere mobilă (Mobile Mapping System – MMS) și echipament UAV DJI Phantom 4 Pro. Procesarea datelor s-a făcut conform schemei tehnice prezentate în figura nr. 2.

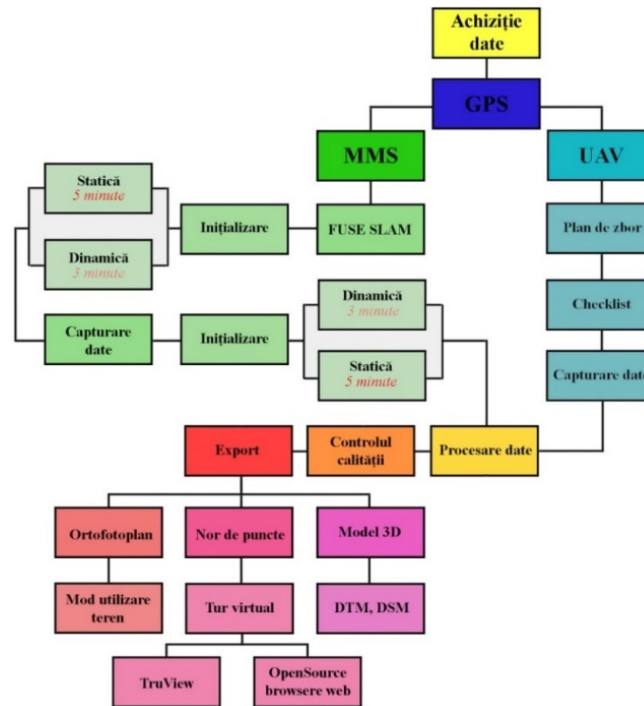


Fig. nr. 2. Metodologia de lucru

În Capitolul 4 au fost studiate următoarele aspecte: *Tehnologia MMS în investigarea pajiștilor, Tehnologiile combinate (UAV și MMS) în investigarea pajiștilor, Vizualizarea pajiștilor prin „turul virtual”, Vizualizarea seturilor de date obținute în browserele web*, fiecare subcapitol fiind împărțit în mai multe teme de discuție.

Prin progresul tehnologic și în domeniul măsurătorilor, metodele clasice au fost înlocuite treptat cu metodele moderne care ne oferă mult mai multe informații într-un timp mai scurt.

În cadrul acestui capitol, metodologia de lucru a fost aplicată pe două suprafețe de pajiști situate în localitățile Odvoș (județul Arad) și Pișchia (județul Timiș).

Investigarea suprafețelor de pajiști, studii de caz în acest capitol, s-a făcut prin două mijloace tehnice performante, respectiv DJI Phantom 4 Pro, din sfera fotogrammetriei aeriene și sistemul de cartografiere mobilă (Mobile Mapping System – MMS), prin Leica Pegasus: Backpack, din domeniul teledetecției active. Aceste două echipamente au fost utilizate separat, dar și combinat (în cazul pajiștii de la Odvoș) ceea ce demonstrează complementaritatea lor în analiza spațiului pastoral.

Pentru situl experimental de la Odvoș, în prima etapă s-a efectuat un zbor fotogrammetric (la o înălțime de 120 metri) pe o suprafață totală de peste 20 de hectare din care suprafața de pajiște reprezintă 9.93 ha, după care a fost efectuată și o scanare LiDAR pe o porțiune de aproximativ 2 hectare din pajiștea analizată.

Pentru cele 9.93 ha de pajiște de la Odvoș, survolate cu drona DJI Phantom 4 Pro, a fost întocmit planul de zbor, etapele de procesare a datelor și control al calității și s-au exportat fotografiile aeriene, norii de puncte și ortofotoplanurile, în scopul unei analize detaliate.

În cazul datelor MMS (2 ha pajiște - Odvoș), procedura s-a desfășurat astfel: inițializarea statică și dinamică, capturarea datelor, urmată de un nou proces de inițializare. După procesarea datelor și controlul calității, în etapa de birou, s-au exportat norii de puncte LiDAR, fotografiile din cele cinci camere și imagini panoramice (sferice).

În cazul suprafeței de pajiște de la Odvoș, norii de puncte LiDAR au fost combinați cu datele fotogrammetrice, operațiune care are ca avantaj major, pe lângă creșterea calității datelor, faptul că se aduc completări esențiale acolo unde datele sunt parțiale sau lipsesc. Spre exemplu, în cazul zborului cu drona, nu se achiziționează suficiente date la sol, sub coroanele arborilor sau în cazul altor „obstacole” care se interpun între echipament și suprafața topografică. Aceste date pot fi completate prin trecerea cu echipament MMS care achiziționează date la nivelul solului.

Pe baza modelului digital al terenului obținut prin prelucrarea norilor de puncte, am realizat conformația reliefului pajiștii, în cazul de față altitudinea minimă este de 129.551 m, iar altitudinea maximă este de 134.005 m, având o diferență de nivel de doar 4.454 m pe toată zona.

Pe baza imaginilor sferice generate în timpul scanării LiDAR, a fost realizat „turul virtual” al pajiștilor de la Odvoș și Pișchia, care ne permite explorarea integrală și integrată a spațiului, inclusiv prin Internet Explorer. Aceste imagini au fost obținute prin combinarea imaginilor din cele 5 camere ale echipamentului Pegasus: Backpack. „Turul virtual” ne permite navigarea în cadrul scanării, în cele 6 puncte definite, fiind posibilă deplasarea dintr-un punct în altul și efectuarea unor operații, inclusiv măsurători de distanțe, inserare de text, imprimare instantanee, inserare de coordonate direct din fotografii și puncte măsurate.

Pentru pajiștea de la Odvoș au fost descrise și două alternative de vizualizare și/sau partajare open-source a seturilor de date de dimensiuni mari, achiziționate prin tehnologia UAV și MMS, în mediul online folosind un browser web standard. Acestea pot fi accesate de utilizatorii din orice domeniu de activitate.

Au fost utilizate platformele Potree și Sketchfab în care utilizatorii pot să vizualizeze pajiștea cartografiată în 3D dar pot și să extragă date importante cum ar fi: inventarierea arborilor precum și a înălțimii lor, măsurarea elementelor fixe precum drumuri și canale, calculul suprafețelor, profile transversale sau longitudinale. Diferența importantă între cele două platforme constă în faptul că platforma Potree permite încărcarea fișierelor de dimensiuni foarte mari pe când platforma Sketchfab permite încărcarea fișierelor de maxim 50 MB, situație în care seturile de date trebuie scindate în două fișiere gratuit.

Platforma Potree, oferă posibilitatea de a încărca întregul model al suprafeței pajiștii analizate, în mărime de 1.43 GB. Această platformă permite efectuarea mai multor operații decât platforma Sketchfab dar crearea serverului pentru această platformă este mult mai dificilă și necesită cunoștințe în IT.

În cazul pajiștii analizate, vizualizarea norului de puncte și implicit a imaginilor rezultate prin prelucrarea acestuia, prin cele două platforme prezentate, permite atât analiza exploratorie (vizualizarea și deci obținerea unor informații legate de formă, vecinătăți, aspect geomorfologic, acoperirea cu vegetație nespecifică), cât și efectuarea unor măsurători de precizie (suprafață, perimetru, delimitări, „izolarea” și calculul suprafeței utile, etc).

Capitolul 5, denumit, „**DRONE ȘI SISTEME LIDAR ÎN DETERMINAREA MASEI VEGETATIVE A PAJIȘTILOR ȘI MONITORIZAREA ACESTORA**” are scopul de a crea modele geomatice prin care pot fi generate date prafologice concrete referitoare la unele aspecte privind vegetația pajiștilor (cantitatea de fân/unitatea de suprafață, înălțimea covorului vegetal într-o anumită fenofază) și pot fi surprinse anumite aspecte privind monitorizarea pajiștilor, respectiv supravegherea animalelor, cuantificarea recoltei (căpițe, baloți de fân), evidențierea situației pomilor fructiferi în livezile tradiționale din pajiști și furnizarea suportului necesar pentru intervenție (ex. - pomi necesari pentru completare în livezile tradiționale).

Obiectivele urmărite au fost:

- determinarea de la distanță a cantității de fân stocat în pajiști în căpițe și baloți prin echipamente specifice fotogrammetriei aeriene combinate cu sisteme LiDAR;
- prelucrarea datelor LiDAR în vederea stabilirii stării de vegetație și înălțimii covorului vegetal al pajiștii analizate prin măsurători directe (pe nori de puncte) și indirecte (prin intermediul coordonatelor stereografice);
- utilizarea dronelor (Phantom 4 și WingtraOne) în urmărirea și monitorizarea animalelor din ferme/pajiști dar și a altor “obiective” prezente pe suprafața analizată (baloți);
- explorarea metodelor geomatice în scopul evaluării stării livezilor tradiționale, distanța dintre pomi, “absența” sau starea de deterioare a acestora;
- generarea materialelor grafice și cartografice utile ca suport în studii ulterioare.

În funcție de obiectivele propuse, în acest capitol, am evaluat un număr de 9 situri experimentale (pajiști), din județele Arad, Caraș-Severin, Timiș și Hunedoara din Regiunea de Vest a României.

Metodologia de lucru a fost etapizată conform figurii nr. 3.

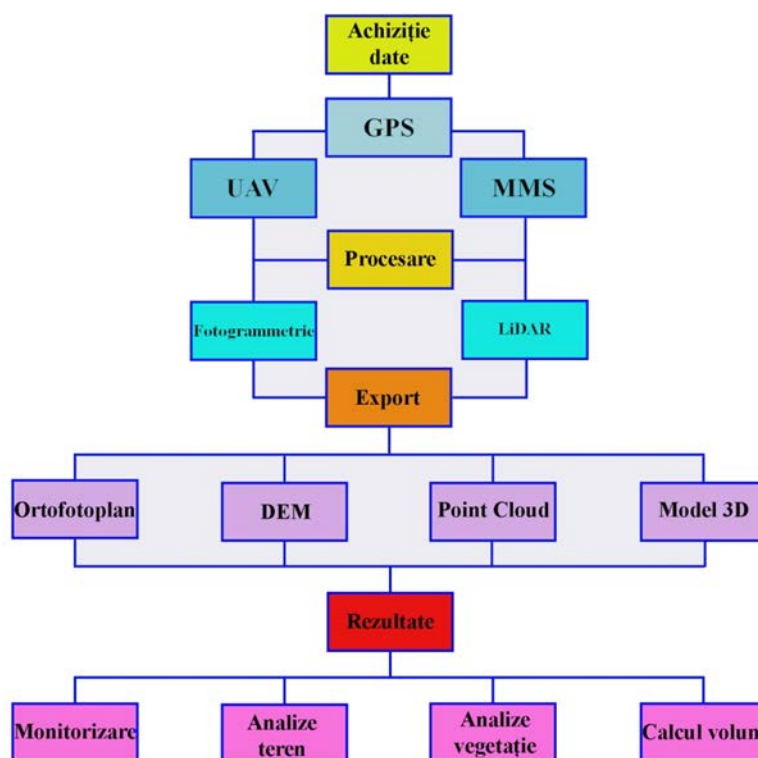


Fig. nr. 3. Metodologia de lucru

Capitolul 5 este divizat în șapte subcapitole. Pe lângă scop și obiective, metodologia de cercetare și concluzii, conține patru subcapitole în care sunt prezentate rezultatele cercetărilor privind: „*Tehnici geomatice aplicate pentru determinarea de la distanță a cantității de fân stocat în pașiți în căpițe tradiționale*”, „*Tehnici geomatice aplicate pentru determinarea cantității de fân stocat în baloți mari cilindrici*”, „*Date LiDAR pentru alte informații privind vegetația pașiștilor*” și „*Monitorizarea pașiștilor*”.

Calculul cantității de fân, stocat în căpițe, din fâneața selectată în localitatea Vața de Jos, județul Hunedoara, inclusă într-un sistem silvo-pastoral specific zonei analizate, are la bază un model geomatic realizat în urma prelucrării datelor obținute prin survolarea cu drona DJI Phantom 4 Pro. Rezultatele obținute pot fi sintetizate astfel:

- s-a identificat și delimitat suprafața utilizată ca fâneață (0.30 ha), pe care sunt dispuse 14 căpițe de fân cu dimensiuni diferite din care s-au selectat zece căpițe - test, distribuite aleatoriu;
- pe norii de puncte, obținuți cu echipament UAV, pentru fiecare căpiță de fân „de calitate medie”, în software-ul Leica Cyclone, s-a aplicat următorul algoritm: stabilirea planului de referință, în funcție de suprafața topografică; alegerea și selectarea punctelor în funcție de planul de referință; crearea structurii TIN (*Triangular Irregular Network*); generarea modelului 3D.
- pe baza modelului 3D al căpițelor de fân de calitate medie, obținut în etapa anterioară, a fost posibil calculul volumului de fân stocat în fiecare dintre cele zece căpițe-test, urmărind etapele următoarei scheme de lucru: selectarea punctului minim și punctului maxim, de la baza și din vârful căpițelor de fân; generarea „conținutului” (*sampling interval*), respectiv rețeaua de linii care umplu obiectul investigat. Volumul căpițelor de fân, în fâneața analizată, variază între 1.02 – 2.63 m³, iar volumul mediu a fost de 1.94 m³.
- în urma calculelor rezultă că o căpiță de fân, în fâneața analizată, are în medie greutatea de 126 kg; cele 14 căpițe de fân înmagazinând o cantitate de 1.76 t de fân (suprafața fâneaței fiind de 0.30 ha). Raportând la hectar, în zona analizată producția de fân la coasa I, după așezare, a fost de 5.88 t.

Aplicarea tehnicilor geomatice în cercetările agronomice, materializate printr-un algoritm geospațial care presupune studiul de la distanță al cantității de fân stocat în căpițe, poate fi extrapolată spre alte componente sau elemente structurale din pașiștea analizată, avantajul major fiind studiul complex, de la distanță, fără a intra în contact direct cu mediul investigat.

Determinarea cantității de fân stocat în baloți cilindrici (10 baloți) în pajiștea de la Pișchia, județul Timiș, de 0.50 ha, s-a făcut cu echipamentul Leica Pegasus: Backpack, folosit metoda FUSED SLAM care se bazează pe algoritmul SLAM care combină navigația GPS/INS.

În urma măsurătorilor realizate am constatat că, toți baloții au aceeași lungime aproximativ de 120 cm și același diametru aproximativ de 120 cm; presele de balotat având reglate dimensiunea baloților conform schiței tehnice.

Balotul “test” selectat a avut un diametru de 1.18 m și o înălțime de 1.19 m, calculul făcându-se utilizând comenzile: *Measure* → *Distance* → *Point to Point* din meniul Tools.

Balotul analizat are un volum de 1.53 m³, calculat în programul Leica Cyclone care a transformat norul de puncte într-un model 3D, respectiv modelul TIN (*Triangulated Irregular Networks*), după parcurgerea mai multor etape de lucru. Astfel, știind că 1 m³ de fân natural de calitate mijlocie echivalează cu 195 kg, rezultă că un balot circular are în medie greutatea de 298 kg.

Pe suprafața de 0.50 ha au fost scanați 10 baloți cilindrici de fân, rezultând astfel o cantitate de fân de 2.98 tone. În urma calculelor, a rezultat o cantitate de fân de 5.96 tone pe hectar, date verificate și validate de cercetările în domeniu.

Baloții de fân neînfoliați trebuie feriți de umezeală dar și de razele puternice ale soarelui.

Datele LiDAR, obținute prin scanare (în 28.05.2020), au fost folosite pentru determinarea etajelor de vegetație în pajiștea de la Odvoș, județul Arad.

Sistemul Leica Pegasus: Backpack are capacitatea de a scana 600000 de puncte/secundă prin cei doi senzori Velodyne VLP-16, fiecare dintre senzori achiziționând 300000 de puncte/secundă pe o distanță de maxim 70 de metri stânga-dreapta față de locul pe care îl scanăm. Datorită acestei densități foarte mari de puncte ne rezultă un nor de puncte foarte detaliat pe care putem să măsurăm înălțimea covorului vegetal. Aceste măsurători au fost realizate cu ajutorul software-ului Pegasus Manager.

Pentru început am ales 8 zone de control (test) aleatorii din cadrul pajiștii de 2 hectare de la Odvoș pe care am scanat-o. În aceste amplasamente, am analizat profilul transversal prin acel loc pe o lungime de 10 metri.

Colorizarea norului de puncte, este foarte importantă pentru acest studiu, întrucât poate defini modurile de vizualizare a setului de date de pe ecran, în conformitate cu diferitele filtre și clasificări.

Tipul de colorizare pe care l-am folosit a fost *Height* – norul de puncte a fost colorat pe baza coordonatelor Z ale punctelor. Am folosit meniul *Define Color Ramp* pentru a specifica clasele și gamele relative de culori folosite pentru a afișa punctele norului conform valorilor de înălțime ale plantelor din pajiștea analizată. Astfel am folosit valoarea 0 pentru înălțimea inițială a plantelor cu o schimbare în înălțime din 10 în 10 cm. Folosind acești parametri am obținut următoarele clase de înălțimi:

- clasa 0 – cu înălțimi cuprinse între 0 și 10 cm (culoare verde);
- clasa 1 – cu înălțimi cuprinse între 10 și 20 cm (culoare albastru);
- clasa 2 – cu înălțimi cuprinse între 20 și 30 cm (culoare roșu);
- clasa 3 – cu înălțimi mai mari de 30 cm (culoare galben);

Pentru exemplificarea măsurătorilor, în lucrare, am detaliat una din cele 8 zone test din pajiștea analizată și am constatat că, înălțimea plantelor pe lungimea de 10 metri (lungimea profilului), are un minim de 34 cm și un maxim de 64 cm. Celelalte valori măsurate fiind de 46 cm, 52 cm și 57 cm înălțime.

În urma măsurătorilor efectuate în toate cele 8 zone test am obținut o medie de aproximativ 30 cm înălțime al covorului vegetal, la sfârșitul lunii mai, în pajiștea de la Odvoș, județul Arad. Rezultatele pot fi întregite prin relevee floristice pentru a determina și tipul de vegetație al pajiștii.

Rezultatele sunt în concordanță cu cercetările în domeniu care raportează faptul că, în pajiști plantele sunt dispuse pe etaje de vegetație în funcție de talie, pretențiile față de lumină, etc.

Utilizate în pajiști dronele oferă o serie de informații utile fermierilor legate și de monitorizarea animalelor, a pomilor și arbuștilor dar și a recoltei (baloți, căpițe).

Pentru preluarea imaginilor aeriene am avut posibilitatea folosirii a două tipuri de drone. În locațiile din Turnu, Vîrfurile (jud. Arad) și Vața de Jos (jud. Hunedoara) am folosit drona DJI Phantom 4 Pro, care este o dronă de tipul quadcopter, iar în locațiile din Șuștra, Ictar-Budiniș (jud. Timiș), Zărand (jud. Arad) și Zăvoi (jud. Caraș-Severin) am folosit drona WingtraOne care este de tipul aripă fixă.

După ce au fost finalizate procesele de monitorizare aeriană a zonelor studiate prin intermediul dronelor, imaginile obținute au fost procesate cu ajutorul software-ului *CountThings* pentru a determina numărul

de ovine în locațiile din Zărand, Șuștra și Ictar-Budiuț, bovine în Turnu, Vîrfurile și Zăvoi, dar și numărul de baloți de pe o pajiște din Vața de Jos sau numărul de pomi fructiferi dintr-o livadă tradițională din Caraș-Severin.

După parcurgerea etapelor de lucru și corectarea erorilor pe pășunea din localitatea Șuștra, județul Timiș, au fost identificate 917 ovine. Pentru celelalte pajiști investigate, urmărind aceleași flux de lucru am identificat un număr de 394 de ovine pe pășunea de la Ictar-Budiuț, 682 ovine pe pășunea de la Zărand.

Urmărind același procedeu, dar schimbând template-ul de această dată pentru vaci, am obținut un număr de 40 de bovine în pășunea de la Turnu, 11 bovine în pășunea de la Vîrfurile și 78 de vaci Black Angus în pășunea de la Zăvoi, județul Caraș-Severin.

Pe lângă animalele din fermă, am monitorizat și numărul de pomi fructiferi dintr-o livadă tradițională. Fluxul de lucru este similar cu cel al animalelor singurul lucru pe care trebuie să-l modificăm fiind template-ul pe care îl vom alege în funcție de ce dorim să analizăm în pășune.

Spre exemplu, am regăsit un număr de 149 de pomi fructiferi, în livada tradițională selectată din localitatea Zăvoi, Caraș-Severin. Pentru a completa golurile identificate sunt necesari 22 de pomi fructiferi.

Pe o suprafață de fâneată, din localitatea Vața de Jos, Hunedoara, prin aceeași metodologie, am identificat un număr de 60 de baloți dreptunghiulari în zona analizată.

În ultimele decenii, dezvoltarea tehnicii, tehnologiei și programelor de prelucrare a datelor și informațiilor au avut un impact pozitiv prin progresul din multe domenii de activitate, printre care se numără și tehnologiile UAV și MMS

Fotogrammetria UAV este o metodă alternativă la fotogrammetria clasică, ce se ocupă cu înregistrarea aeriană prin intermediul unei drone, a datelor terestre de la înălțimi mici și mijlocii. Cu ajutorul tehnologiei UAV se pot obține date de pe o suprafață mare în timp scurt, inclusiv asupra suprafețelor greu accesibile sau imposibil de accesat terestru, în condiții de siguranță, cum sunt majoritatea pajiștilor din zonele de deal și montane. În același timp, această metodă oferă posibilitatea culegerii în același timp a unui număr mult mai mare de detalii din teren, în comparație cu o măsurătoare obișnuită.

Cu ajutorul datelor LiDAR și a imaginilor obținute prin tehnologia MMS putem merge și mai departe cu analize mai detaliate ale pășunii. Pot fi extrase informații inclusiv despre starea de vegetație și putem stabili înălțimea covorului vegetal al pajiștii analizate, prin interpretarea datelor achiziționate.

Pentru cumulara avantajelor oferite de cele două tipuri de echipamente, pentru investigarea detaliată a spațiului pastoral, acestea pot fi folosite în mod combinat.

Alegerea tipurilor de echipamente depinde de dimensiunile suprafeței analizate, de potențialul financiar al fermei sau al utilizatorului pășunii, precum și de cunoștințele tehnice ale celui care le folosește.

Tehnicile și metodele geomatice se constituie ca un avantaj major pentru practica agricolă, fiind posibile următoarele: reducerea timpului de lucru, evitarea deplasării în teren (uneori pe suprafețe foarte extinse), eliminarea restricțiilor impuse de condițiile meteorologice sau de relief, dar și colectarea unui volum suplimentar de date și informații care pot fi utilizate în analize complexe pentru zona vizată.

Utilizarea dronelor economisește timp și crește gradul de conștientizare a proprietății.