

Universitatea de Științele Vieții “Regele Mihai I” din Timișoara



Școala Doctorală: Ingineria Resurselor Vegetale și Animale

SFÎRCOCI MONICA

**REZUMAT
TEZĂ DE DOCTORAT**

**STUDIUL MULTIDIMENSIONAL AL PAJIȘTILOR DIN
JUDEȚUL HUNEDOARA PRIN ABORDĂRI ȘI ANALIZE
INTEGRATE**

Conducător Științific

Prof.univ.dr.ing. COJOCARIU LUMINIȚA

T i m i ș o a r a

2 0 2 4

REZUMAT

Scopul tezei de doctorat cu titlul „*Studiul multidimensional al pajiștilor din județul Hunedoara prin abordări și analize integrate*” este de a realiza o analiză detaliată și integrată a pajiștilor din județul Hunedoara, utilizând soluții Open Source și tehnici moderne de teledetecție, pentru a examina transformările spațiale și temporale, distribuția pajiștilor în raport cu factorii topografici și climatici, analiza variației vegetației pe gradientul altitudinal, pe baza valorilor NDVI precum și potențialul lor fizic și socio-economic.

Pentru atingerea scopului propus, s-au stabilit trei obiective principale:

- analiza pajiștilor prin soluții Open Source;
- cercetarea gradientului altitudinal și analiza variației vegetației pajiștilor, pe baza NDVI;
- Investigarea integrată a potențialului pajiștilor din județul Hunedoara din perspectivă fizică și socio-economică.

Teza de doctorat intitulată „*Studiul multidimensional al pajiștilor din județul Hunedoara prin abordări și analize integrate*” este organizată în două părți principale, în conformitate cu specificațiile metodologice actuale: Stadiul actual al cunoașterii în domeniu și Cercetări proprii.

Prima parte, denumită **Stadiul actual al cunoașterii în domeniu**, include două capitole care oferă o prezentare succintă a cercetărilor relevante în domeniu pajiștilor, evidențiază direcțiile actuale ale cercetării multidisciplinare asupra pajiștilor și descrie mijloacele și tehnicile de teledetecție utilizate în studiul acestora.

Capitolul 1, denumit „*Ecosisteme de pajiște: o privire integrată asupra rolului lor economic, ecologic și socio-cultural*” include patru subiecte de interes major în domeniul pajiștilor.

„*Pajiștile ca pilon ecologic și antropic*”, ecosisteme dominate de pajiști, acoperă 40% din suprafața Pământului și oferă servicii esențiale precum captarea CO₂, menținerea nutrienților în sol și protecția împotriva eroziunii. Ele sunt vitale pentru biodiversitate și agricultură, susținând comunități umane, în special în regiuni aride. Cu toate acestea, pajiștile sunt amenințate de conversia terenurilor, schimbările climatice și supraîncălzirea cu animale.

„*Dimensiunea economică a pajiștilor*”: pajiștile sunt esențiale pentru economie, susținând agricultura și furnizând furaje pentru animale. Ele contribuie la securitatea alimentară și reduc amprenta de carbon a agriculturii prin furnizarea de furaje naturale și reducerea necesității pentru culturi furajere suplimentare.

„*Contribuția pajiștilor la echilibrul ecologic*”: pajiștile joacă un rol crucial în menținerea echilibrului ecologic, susținând biodiversitatea, stocarea carbonului, ciclul nutrienților și reglarea hidrologică. Ele ajută la prevenirea eroziunii solului și la conservarea apei, fiind esențiale pentru stabilitatea ecologică globală.

„*Valoarea socio-culturală a pajiștilor*”: pajiștile au o valoare socio-culturală semnificativă, susținând tradiții culturale și oferind spații pentru recreere. Ele sunt esențiale pentru identitatea culturală a comunităților și contribuie la coeziunea socială și la conservarea cunoștințelor tradiționale. Totuși, pajiștile se confruntă cu provocări majore care amenință atât funcțiile lor ecologice, cât și valoarea socio-culturală.

Capitolul 2, intitulat „*Utilizarea indicilor de vegetație pentru analiza și monitorizarea pajiștilor*”, explorează metodele prin care indicii de vegetație sunt utilizați pentru a evalua și monitoriza sănătatea și productivitatea pajiștilor.

La secțiunea „*Rolul indicilor de vegetație în analiza pajiștilor*” se subliniază importanța acestor indici, care combină diferite benzi spectrale pentru a analiza caracteristicile vegetației. Introduși în anii 1970, acești indici, precum NDVI și EVI, au evoluat pentru a răspunde nevoilor de monitorizare a vegetației pe scară largă. Indicii de vegetație sunt folosiți pentru a evalua sănătatea plantelor, diversitatea vegetației, stresul hidric și schimbările de utilizare a terenurilor.

Secțiunea „*Mijloace de colectare și achiziție a datelor*” descrie metodele de colectare a datelor prin senzori la sol și senzorii de teledetecție. Senzorii terestri și măsurătorile la sol oferă date precise și sunt esențiali pentru calibrarea datelor de teledetecție. Tehnologiile de teledetecție, pasive (senzori optici) și active (RADAR, LiDAR), permit monitorizarea extinsă și detaliată a pajiștilor.

„*Aplicabilitatea indicilor de vegetație în diferite tipuri de pajiști*” prezintă diverse studii de caz care demonstrează utilizarea indicilor de vegetație pentru monitorizarea pajiștilor în diverse regiuni și condiții climatice. Aceste studii evidențiază importanța teledetecției pentru gestionarea resurselor naturale și conservarea biodiversității.

„Provocări și limite ale utilizării indicilor de vegetație în studierea pajiștilor” discută dificultățile întâmpinate în utilizarea indicilor de vegetație, cum ar fi influența factorilor externi, rezoluția datelor și costurile tehnologice. Cu toate acestea, indicii de vegetație rămân esențiali pentru monitorizarea pajiștilor, iar evoluțiile tehnologice viitoare permit să îmbunătățească acuratețea și eficiența acestora.

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

Capitolul 3, este denumit „**Analiza pajiștilor prin soluții Open Source**”.

Scopul cercetărilor a fost acela de a analiza distribuția, structura și dinamica pajiștilor din județul Hunedoara, utilizând soluții Open Source, pentru a înțelege transformările spațiale și temporale ale acestor ecosisteme. Prin utilizarea datelor geospațiale libere și a instrumentelor de analiză disponibile, studiul își propune să ofere o abordare holistică asupra relațiilor dintre pajiști și alte categorii de terenuri, precum și să investigheze caracteristicile topografice, geologice și pedologice care influențează structura și funcționarea acestor pajiști.

Principalele obiective ale cercetărilor au fost:

1. Analiza transformărilor spațiale și temporale ale pajiștilor, a presupus identificarea și evaluarea distribuției pajiștilor în timp și spațiu, precum și a relațiilor spațio-temporale cu alte categorii de terenuri;
2. Studiu de caz asupra pajiștilor din Masivul Retezat, a implicat examinarea distribuției și evoluției pajiștilor din Masivul Retezat, oferind un exemplu concret al relației dintre pajiști și alte terenuri montane;
3. Analiza structurii și distribuției pajiștilor în raport cu altitudinea și panta, a presupus investigarea modului în care altitudinea și panta influențează structura și distribuția pajiștilor, cu un accent special pe județul Hunedoara;
4. Studiu de caz asupra pajiștilor din Masivul Retezat și Munții Poiana Ruscă, a presupus compararea caracteristicilor pajiștilor din cele două unități montane și realizarea unui bilanț altitudinal pentru a înțelege diferențele și similitudinile dintre ele;
5. Investigarea detaliată a suprafețelor de pajiști din zona montană, a implicat analiza detaliilor topografice, de relief, geologice și pedologice pentru analiza pajiștilor.

Metodologia de lucru a fost etapizată conform fig. 1.

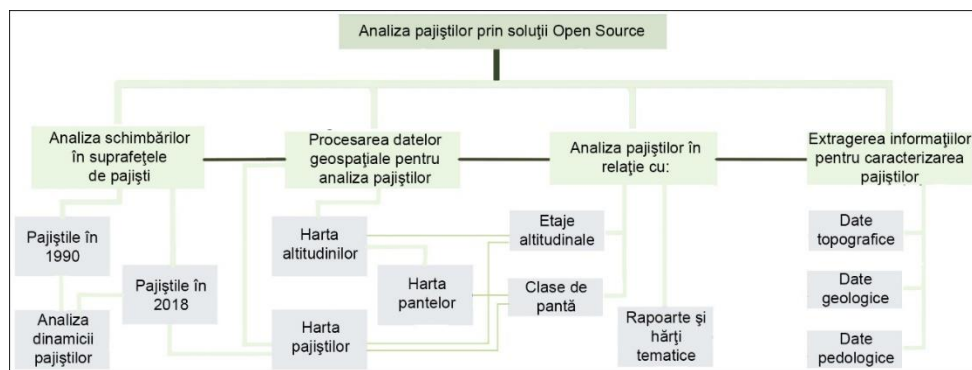


Fig. 1. Metodologia de studiu

Capitolul 3 se concentrează pe utilizarea soluțiilor Open Source pentru analiza pajiștilor, abordând diverse aspecte legate de distribuția și transformările acestora în timp și spațiu. Datele geospațiale accesibile publicului, cum ar fi cele oferite de platforme și organizații din România, sunt esențiale pentru gestionarea și monitorizarea pajiștilor.

Subcapitolul „*Transformări spațiale și temporale ale pajiștilor: o abordare holistică*” subliniază rolul ecologic și economic al pajiștilor. În județul Hunedoara, între 1990 și 2018, utilizarea terenurilor a suferit modificări semnificative, cum ar fi creșterea suprafețelor forestiere și a terenurilor arabile, în timp ce zonele urbane și industriale s-au redus.

Pajiștile și-au modificat distribuția din cauza tranziției post-socialiste și a schimbărilor în gestionarea resurselor naturale. În județul Hunedoara, suprafețele urbane au scăzut cu 15.998 ha, iar terenurile arabile au crescut cu 13.574 ha. Pajiștile au crescut cu 4.774 ha, ajungând să ocupe 18,31% din suprafața totală în 2018.

Pajiștile au pierdut 16.557 ha către pădurile de foioase, dar au câștigat 14.124 ha din terenurile cu culturi complexe. Aceste schimbări indică o dinamică complexă a utilizării terenurilor, influențată de factori economici și politici.

Masivul Retezat, selectat ca studiu de caz, evidențiază importanța pajiștilor în regiunile montane pentru conservarea biodiversității și ca resursă economică. Datele arată o reducere a suprafețelor de pajiști cu 20,95% între 1990 și 2018, în special în zonele joase, în favoarea suprafețelor forestiere.

Subcapitolul „*Pajiștile din județul Hunedoara: structură și distribuție în raport cu altitudinea și panta*” explorează distribuția pajiștilor în județul Hunedoara în funcție de altitudine și pantă, demonstrând influența geomorfologiei asupra utilizării terenului.

Pajiștile sunt cel mai frecvent întâlnite la altitudini medii (401 - 800 m), dar la altitudini mari (1601-2494 m), acestea reprezintă 26% din suprafața totală a etajului. Distribuția pajiștilor variază semnificativ în funcție de panta terenului, cu o prezență redusă la pante foarte abrupte.

Studiile de caz din Masivul Retezat și Munții Poiana Ruscă arată diferențele în distribuția altitudinală a pajiștilor, cu Poiana Ruscă predominând la altitudini mai joase și Masivul Retezat la altitudini înalte.

În subcapitolul „*Investigarea suprafețelor de pajiști din zona montană. Studiu de caz*” a fost analizată o pajiște din Munții Tulișa, prin soluții Open Source. Platformele digitale, cum ar fi Google Earth Pro și QGIS, permit analiza detaliată a reliefului, geologiei și solurilor, evidențiind avantajele utilizării datelor open source pentru gestionarea resurselor naturale.

Pajiștea analizată se află la altitudini între 1296 m și 1541 m, cu pante variind de la 14,1% la 44,3%. Aceste informații sunt esențiale pentru a înțelege condițiile de pășunat și riscul de eroziune.

Pajiștile din zona analizată sunt influențate de geologia locală, dominată de roci metamorfice și sedimentare. Tipurile de sol predominante sunt districambosolurile și rendzinele, ceea ce indică o fertilitate variată, influențată de altitudine și substratul geologic.

În concluzie, capitolul 3 evidențiază complexitatea și dinamica distribuției pajiștilor în județul Hunedoara, influențată de factori ecologici, economici și politici, subliniind totodată importanța utilizării soluțiilor Open Source pentru o analiză detaliată și o gestionare eficientă a acestor resurse naturale. Studiile de caz analizate, precum cel din Masivul Retezat, Munții Poiana Ruscă și Munții Tulișa, demonstrează diversitatea condițiilor geomorfologice și geologice care influențează pajiștile, evidențiind nevoia unei abordări integrate pentru conservarea și utilizarea durabilă a acestor ecosisteme valoroase.

Capitolul 4 al lucrării este intitulat „*Gradientul altitudinal și variația vegetației pajiștilor: o analiză NDVI*”. Scopul cercetărilor din acest capitol este acela de a evalua modul în care gradientul altitudinal, prin factorii topografici și climatici, influențează distribuția și dinamica sezonieră a vegetației pajiștilor din Munții Poiana Ruscă și Masivul Retezat, utilizând analiza NDVI pentru a identifica tiparele de variație și adaptabilitate a vegetației în raport cu condițiile specifice de mediu.

Obiectivele specifice ale cercetărilor sunt următoarele:

1. Analiza influenței factorilor topografici asupra distribuției vegetației pajiștilor: investigarea modului în care altitudinea și panta influențează distribuția vegetației pajiștilor;
2. Evaluarea impactului factorilor climatici asupra vegetației pajiștilor: studierea influenței temperaturii și precipitațiilor asupra vegetației pajiștilor, cu accent pe relația dintre altitudine și variațiile climatice;
3. Monitorizarea variației sezoniere a vegetației folosind NDVI: analizarea schimbărilor sezoniere ale valorilor indicelui NDVI pentru a urmări dinamica vegetației în diferite perioade ale anului, respectiv o secvență a sezonului de vegetație (martie – octombrie);
4. Determinarea influenței altitudinii asupra acoperirii cu vegetației a pajiștilor: examinarea modului în care altitudinea afectează densitatea și dezvoltarea vegetației pe parcursul sezonului de vegetație;
5. Compararea variațiilor vegetației în funcție de altitudine între două unități montane: analizarea diferențelor în distribuția și densitatea vegetației pajiștilor între Munții Poiana Ruscă și Masivul Retezat, având în vedere diferențele de condiții de mediu și altitudine.

Metodologia de lucru a fost etapizată conform fig. 2.

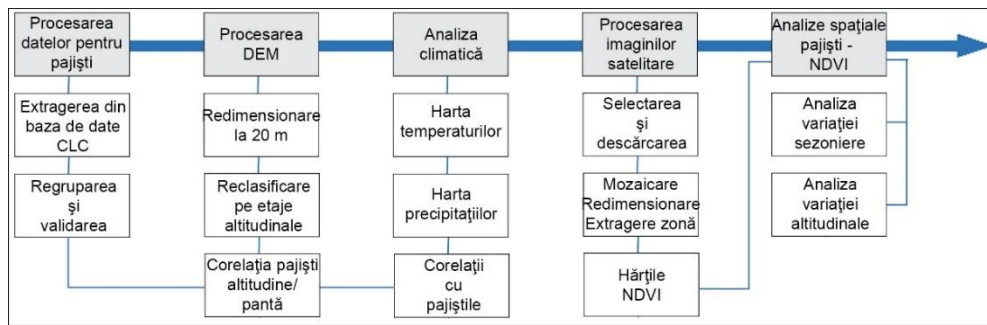


Fig. 2 Metodologia de lucru

Capitolul 4 explorează influența altitudinii și a altor factori de mediu asupra vegetației pajiștilor utilizând Indicele Normalizat de Diferențiere a Vegetației (NDVI). Acesta oferă o analiză detaliată a distribuției vegetației pe gradient altitudinal și pe diverse categorii de pantă în Munții Poiana Ruscă și Masivul Retezat, precum și impactul factorilor climatici asupra vegetației.

„Analiza factorilor topografici cu influență directă în distribuția vegetației pajiștilor” arată că factorii topografici precum altitudinea și panta influențează semnificativ distribuția vegetației pajiștilor. În Munții Poiana Ruscă, 78% din pajiști sunt situate între 400 - 800 m altitudine, cu o altitudine medie de 718 m. Pajiștile din această zonă se găsesc predominant pe terenuri cu pantă între 5 - 15°, ceea ce sugerează o variabilitate a acoperirii vegetației pe gradient altitudinal. În contrast, în Masivul Retezat, pajiștile sunt localizate la altitudini mai mari, între 565 - 2364 m, cu o altitudine medie de 1485 m. Distribuția pe altitudini arată că suprafețele de pajiști cresc considerabil la altitudini mari, atingând un maxim între 2001 - 2200 m.

În subcapitolul „Analiza factorilor climatici cu influență directă în distribuția vegetației pajiștilor” s-a demonstrat că temperatura și precipitațiile au un impact semnificativ asupra vegetației pajiștilor. În Munții Poiana Ruscă, temperatura medie anuală variază între 6.3 și 12.4°C, cu o medie de 9.7°C, iar precipitațiile anuale variază între 908 și 1510 mm, cu o medie de 1172 mm. În Masivul Retezat, temperatura medie este mai scăzută, variind între 0.5 și 10.9°C, cu o medie de 5.8°C, iar precipitațiile sunt mai abundente, variind între 1056 și 2076 mm, cu o medie de 1553 mm. Analiza statistică arată o corelație inversă puternică între altitudine și temperatură ($r = -0.97$), indicând că altitudinea este un predictor excelent pentru variația temperaturii.

Un alt subcapitol al lucrării analizează „Variația sezonieră a acoperirii cu vegetație, pe baza valorilor NDVI”. Acest indice este folosit pentru a monitoriza variațiile sezoniere ale vegetației pajiștilor. Valorile NDVI cresc din perioada de primăvară, atingând un maxim în luna iulie și scad în perioada de toamnă. În Munții Poiana Ruscă și Masivul Retezat, primăvara devreme, NDVI este scăzut, indicând începutul creșterii vegetației. Valorile NDVI cresc semnificativ până în luna iulie, reflectând o vegetație densă și sănătoasă. În luna octombrie, valorile NDVI scad din nou, indicând începutul senescentei vegetale.

Ultimul subcapitol este „Analiza variației acoperirii cu vegetație a pajiștilor în perioada martie – octombrie, pe etaje altitudinale”.

Analiza NDVI pe etaje altitudinale arată că vegetația este influențată semnificativ de altitudine pe parcursul sezonului de vegetație. În Munții Poiana Ruscă, la începutul sezonului (martie), NDVI scade cu altitudinea ($r = -0.84$), dar această relație se schimbă în timpul verii, devenind aproape nulă ($r = -0.0665$), ceea ce sugerează o uniformizare a vegetației la toate altitudinile. În Masivul Retezat, NDVI rămâne relativ constant în mijlocul verii și scade ușor spre toamnă, indicând o acoperire vegetală mai stabilă la altitudini mai mari. Relațiile dintre NDVI și altitudine sunt mai puternice în Masivul Retezat decât în Munții Poiana Ruscă, indicând un impact mai pronunțat al altitudinii asupra variabilității vegetației.

În concluzie, capitolul 4 evidențiază influența complexă a altitudinii și a factorilor de mediu asupra vegetației pajiștilor, demonstrând prin analiza NDVI variabilitatea acesteia pe diferite etaje altitudinale și pe parcursul sezonului de vegetație, cu diferențe semnificative între Munții Poiana Ruscă și Masivul Retezat. Aceste constatări subliniază importanța considerării atât a factorilor topografici, cât și a celor climatici în studiul și gestionarea pajiștilor montane.

Capitolul 5 al tezei, este denumit „Investigarea integrată a potențialului pajiștilor din județul Hunedoara din perspectivă fizică și socio-economică”. Scopul cercetărilor cuprinse în această secțiune a lucrării a fost investigarea integrată a potențialului pajiștilor din județul Hunedoara, având în vedere

perspectivele fizice și socio-economice. S-a urmărit evaluarea și clasificarea pajiștilor pe baza unei analize complexe care integrează factori fizici (topografie, climă, conservarea biodiversității, accesibilitate, riscul de inundații) și factori socio-economici (potențial turistic, potențial antropoc, utilizarea cu animalele, subvenții).

Obiectivele cercetărilor au fost:

1. Analiza caracteristicilor fizice ale pajiștilor:

2. Analiza factorilor socio-economici:

3. Integrarea tuturor acestor factori într-un model de evaluare care clasifică pajiștile județului Hunedoara în funcție de potențialul lor fizic și socio-economic.

Metodologia de cercetare este prezentată în fig. 3.

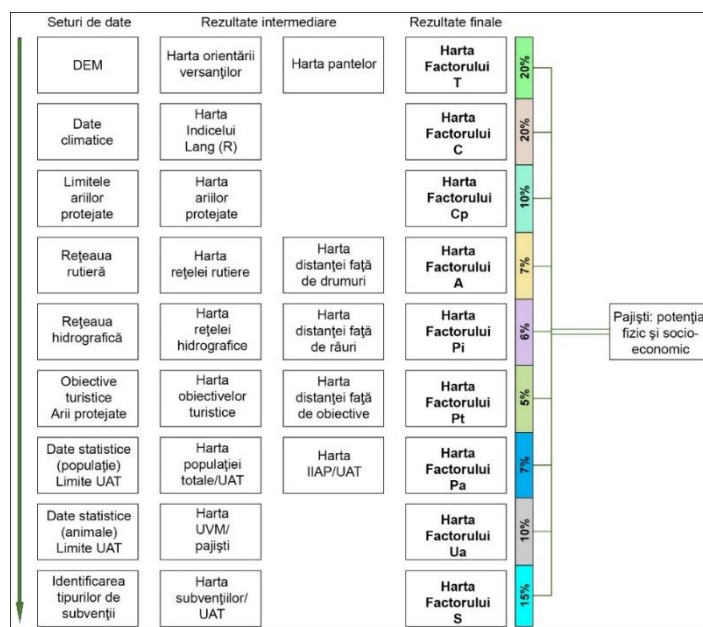


Fig. 3 Metodologia de lucru

Prima secțiune a Capitolului 5, cu titlul „Pajiștile: o analiză sinergică a caracteristicilor fizice și socio-economice” prezintă o analiză cuprinzătoare a pajiștilor din județul Hunedoara, evaluând interacțiunile complexe dintre factorii fizici și cei socio-economici. Analiza sinergică oferă o perspectivă integrată asupra modului în care acești factori influențează pajiștile, contribuind la dezvoltarea unor strategii de gestionare sustenabilă care să mențină echilibrul ecologic și să sprijine prosperitatea comunităților rurale.

În această secțiune au fost evaluați următorii factori:

1. Factorul topografic. Acesta include panta terenului și orientarea versanților și este crucial în determinarea caracteristicilor vegetației pajiștilor. Pajiștile din județul Hunedoara sunt predominant afectate într-o măsură redusă sau moderată de factorii de mediu, cum ar fi eroziunea sau drenajul rapid al apei.

Majoritatea pajiștilor se regăsesc în clasele 2 și 3 ale Factorului T, cu un impact fizic scăzut sau moderat. Suprafața cumulată a pajiștilor din clasele 4 și 5, care indică un impact major sau foarte mare, este semnificativ mai mică. Zonele cu impact mare și foarte mare necesită atenție specială pentru conservare și management adecvat.

2. Factorul climatic. Analiza factorului climatic prin prisma indicelui Lang arată că majoritatea pajiștilor sunt situate în zone cu un impact climatic redus (climat umed și temperaturi moderate), ceea ce favorizează o diversitate și stabilitate crescută a vegetației.

Zonele cu impact climatic moderat și mare sunt mai restrânse și concentrate în anumite regiuni, cum ar fi zonele montane. Pajiștile din zonele cu impact climatic mare necesită strategii de management specializate pentru a preveni degradarea lor.

3. Factorul de conservare a biodiversității pajiștilor. În județul Hunedoara, 42.041 ha de pajiști se suprapun peste arii naturale protejate, beneficiind astfel de o protecție sporită. Aceasta contribuie la conservarea diversității speciilor și la menținerea ecosistemelor naturale. În schimb, pajiștile neprotejate sunt mai vulnerabile

la activități antropice, care pot duce la degradarea habitatelor. Este importantă gestionarea adecvată a acestor zone pentru a sprijini biodiversitatea și producția de furaje.

4. Factorul de accesibilitate. Accesibilitatea, măsurată prin distanța față de drumuri, influențează utilizarea pajiștilor. Suprafața cea mai mare de pajiști (65.426 ha) se află la o distanță de 0-5 km față de drumuri, unde impactul accesibilității este nul sau foarte scăzut. Pajiștile mai îndepărtate (15.1-22 km față de drumuri) au o suprafață mult mai mică (7.343 ha) și sunt mai vulnerabile la degradare. Strategiile de management ar trebui să ia în considerare această distribuție pentru a asigura utilizarea sustenabilă a pajiștilor.

5. Factorul pericolului de inundabilitate. Proximitatea față de râuri este un factor important care determină riscul de inundații și afectează utilizarea și productivitatea pajiștilor. Pajiștile situate foarte aproape de râuri (0-0.1 km) sunt cele mai expuse riscului de inundații, având o suprafață totală de 6.611 ha. Zonele cu risc mare de inundații totalizează 33.350 ha, iar cele cu risc moderat 42.744 ha. Pajiștile situate la distanțe mai mari de râuri au un risc redus de inundații și sunt mai stabile pentru utilizare agricolă.

6. Factorul de potențial turistic. Pajiștile din proximitatea obiectivelor turistice pot beneficia economic de pe urma turismului. Zonele situate la 0-5 km de atracțiile turistice sunt cele mai favorizate, beneficiind de activități turistice care sprijină conservarea acestor ecosisteme și aduc venituri suplimentare comunităților locale. Zonele mai îndepărtate sunt mai puțin influențate de turism, dar pot avea potențial pentru dezvoltarea de activități recreative și ecoturism.

7. Factorul de potențial antropic. Impactul antropic, măsurat prin Indicele de Impact Antropic asupra Pajiștilor (IIAP), arată o distribuție variabilă a suprafețelor de pajiști în funcție de presiunea exercitată de populație. Zonele cu impact antropic ridicat (IIAP mare și foarte mare) cumulează 50.718 ha și sunt supuse unei presiuni antropice semnificative. Aceste zone necesită o gestionare atentă pentru a preveni degradarea pajiștilor și a asigura sustenabilitatea acestora.

8. Factorul potențialului de utilizare cu animalele. Impactul utilizării cu animale este variabil, de la zone cu impact minim (37.540 ha) care permit menținerea biodiversității, la zone cu impact foarte mare (2.335 ha) unde pășunatul excesiv poate duce la degradare severă. Gestionarea durabilă a pășunatului este esențială pentru menținerea echilibrului ecologic și prevenirea degradării solului și a biodiversității.

9. Factorul subvenției pentru pajiști. Măsurile de finanțare M10 și M13 sprijină fermierii în menținerea practicilor agricole durabile și conservarea biodiversității. În județul Hunedoara, subvențiile sunt distribuite variabil în funcție de tipul și localizarea pajiștilor. Zonele care beneficiază de subvenții sunt mai bine conservate și au un potențial economic și ecologic mai mare.

Cea de-a doua secțiune a lucrării este „*Analiza integrată a pajiștilor pe baza factorilor fizici și socio-economici*”.

Analiza integrată a pajiștilor din județul Hunedoara utilizând metoda Weighted Overlay (WOA) a considerat nouă factori principali pentru a clasifica potențialul fizic și socio-economic al pajiștilor. Rezultatele arată că:

- Zona 1 (pășuni cu potențial foarte ridicat) acoperă 731 ha și se caracterizează prin accesibilitate bună, teren favorabil și resurse disponibile. Aceste pajiști sunt ideale pentru utilizare intensivă datorită condițiilor excelente de acces și management.
- Zona 2 (pășuni cu potențial ridicat) se întinde pe 62.956 ha și prezintă accesibilitate moderată și teren variat. Aceste pajiști sunt potrivite pentru utilizare agricolă, dar necesită gestionare atentă pentru a preveni eroziunea și a conserva biodiversitatea.
- Zona 3 (pășuni cu potențial moderat) cuprinde 53.461 ha și este caracterizată de accesibilitate scăzută și teren dificil. Utilizarea acestor pajiști este limitată, iar riscul de supraexploatare și degradare este mai mare.
- Zona 4 (pășuni cu potențial redus) cuprinde 142 ha și prezintă cele mai mari restricții de utilizare din cauza accesibilității reduse, terenului accidentat și impactului antropic ridicat. Aceste zone necesită măsuri speciale de conservare și gestionare pentru a preveni degradarea.

În concluzie, analiza detaliată a pajiștilor din județul Hunedoara, realizată în cadrul acestui capitol, evidențiază interdependența complexă dintre factorii fizici și socio-economici, subliniind necesitatea unor strategii integrate și sustenabile de management care să răspundă specificităților fiecărei zone. Prin identificarea și evaluarea acestor factori, se creează premisele pentru o utilizare eficientă și responsabilă a pajiștilor, care să asigure atât conservarea mediului natural, cât și sprijinul pentru dezvoltarea comunităților locale.

University of Life Sciences “King Mihai I” from Timișoara



Doctoral School of Plant and Animal Resources Engineering

SFÎRCOCI MONICA

**ABSTRACT
PH.D. THESIS**

**THE MULTIDIMENSIONAL STUDY OF GRASSLANDS IN
HUNEDOARA COUNTY THROUGH INTEGRATED
APPROACHES AND ANALYSES**

Scientific Coordinator

Prof. COJOCARIU LUMINIȚA, PhD

Timișoara

2024

VIII

ABSTRACT

The goal of the doctoral thesis titled "**The Multidimensional Study of Grasslands in Hunedoara County through Integrated Approaches and Analyses**" is to perform a detailed and integrated analysis of the grasslands in Hunedoara County. This analysis utilizes Open Source solutions and modern remote sensing techniques to examine spatial and temporal transformations, the distribution of grasslands in relation to topographic and climatic factors, the variation of vegetation along the altitudinal gradient based on NDVI values, as well as their physical and socio-economic potential.

To achieve this goal, three main objectives were set:

- Analysis of grasslands using Open Source solutions;
- Investigation of the altitudinal gradient and analysis of grassland vegetation variation based on NDVI;
- Integrated investigation of the potential of grasslands in Hunedoara County from a physical and socio-economic perspective.

The doctoral thesis titled "**The Multidimensional Study of Grasslands in Hunedoara County through Integrated Approaches and Analyses**" is organized into two main parts, in accordance with current methodological specifications: the Current State of Knowledge in the Field and Original Research.

The first part, titled the **Current State of Knowledge in the Field**, includes two chapters that provide a brief overview of relevant research in the field of grasslands, highlight the current directions of multidisciplinary research on grasslands, and describe the remote sensing methods and techniques used in their study.

Chapter 1, titled "*Grassland Ecosystems: An Integrated View of Their Economic, Ecological, and Socio-Cultural Role*," includes four major topics of interest in the field of grasslands.

"*Grasslands as Ecological and Human Pillars*" discusses that grassland-dominated ecosystems cover 40% of the Earth's surface and provide essential services such as CO₂ sequestration, nutrient retention in the soil, and protection against erosion. They are vital for biodiversity and agriculture, supporting human communities, especially in arid regions. However, grasslands are threatened by land conversion, climate change, and overgrazing.

"*Economic Dimension of Grasslands*" explains that grasslands are essential for the economy, supporting agriculture and providing fodder for animals. They contribute to food security and reduce the carbon footprint of agriculture by providing natural fodder and reducing the need for additional fodder crops.

"*Grasslands' Contribution to Ecological Balance*" states that grasslands play a crucial role in maintaining ecological balance, supporting biodiversity, carbon storage, nutrient cycling, and hydrological regulation. They help prevent soil erosion and conserve water, being essential for global ecological stability.

"*Socio-Cultural Value of Grasslands*" describes that grasslands have significant socio-cultural value, supporting cultural traditions and providing spaces for recreation. They are essential for the cultural identity of communities and contribute to social cohesion and the preservation of traditional knowledge. However, grasslands face major challenges that threaten both their ecological functions and socio-cultural value.

Chapter 2, titled "*The Use of Vegetation Indices for Grassland Analysis and Monitoring*," explores the methods through which vegetation indices are used to assess and monitor the health and productivity of grasslands.

The section "*The Role of Vegetation Indices in Grassland Analysis*" highlights the importance of these indices, which combine different spectral bands to analyze vegetation characteristics. Introduced in the 1970s, these indices, such as NDVI and EVI, have evolved to meet the needs of large-scale vegetation monitoring. Vegetation indices are used to assess plant health, vegetation diversity, water stress, and land-use changes.

The section "*Data Collection and Acquisition Methods*" describes methods of data collection using ground sensors and remote sensing sensors. Ground sensors and measurements provide precise data and are essential for calibrating remote sensing data. Remote sensing technologies, both passive (optical sensors) and active (RADAR, LiDAR), allow extensive and detailed monitoring of grasslands.

"*Applicability of Vegetation Indices in Different Types of Grasslands*" presents various case studies demonstrating the use of vegetation indices to monitor grasslands in different regions and climatic conditions. These studies highlight the importance of remote sensing for natural resource management and biodiversity conservation.

"Challenges and Limitations of Using Vegetation Indices in Grassland Study" discusses the difficulties encountered in using vegetation indices, such as the influence of external factors, data resolution, and technological costs. Nevertheless, vegetation indices remain essential for grassland monitoring, and future technological advancements promise to improve their accuracy and efficiency.

The second part of the doctoral thesis presents **Original Research**, detailed in three chapters.

Chapter 3 is titled "*Analysis of Grasslands Using Open Source Solutions.*" The research aimed to analyze the distribution, structure, and dynamics of grasslands in Hunedoara County using Open Source solutions to understand the spatial and temporal transformations of these ecosystems. By using free geospatial data and available analysis tools, the study aims to provide a holistic approach to the relationships between grasslands and other land categories, as well as to investigate the topographic, geological, and pedological characteristics that influence the structure and functioning of these grasslands.

The main research objectives were:

- Analysis of the spatial and temporal transformations of grasslands, which involved identifying and assessing the distribution of grasslands over time and space, as well as their spatial-temporal relationships with other land categories;
- Case study on the grasslands of the Retezat Massif, which involved examining the distribution and evolution of grasslands in the Retezat Massif, providing a concrete example of the relationship between grasslands and other mountain terrains;
- Analysis of the structure and distribution of grasslands in relation to altitude and slope, which involved investigating how altitude and slope influence the structure and distribution of grasslands, with a special focus on Hunedoara County;
- Case study on the grasslands of the Retezat Massif and Poiana Ruscă Mountains, which involved comparing the characteristics of grasslands in the two mountain units and creating an altitudinal balance to understand the differences and similarities between them;
- Detailed investigation of grassland areas in the mountainous region, which involved analyzing the topographical, relief, geological, and pedological details for grassland analysis.

The working methodology was staged according to fig. 1.

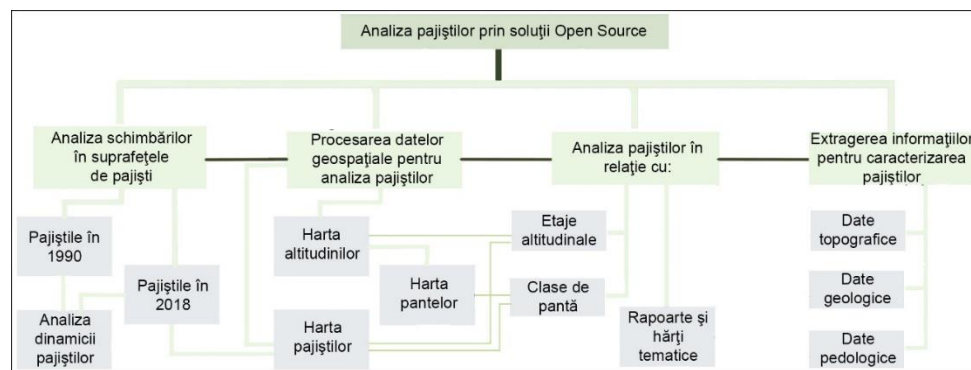


Fig. 1. Study methodology

Chapter 3 focuses on the use of Open Source solutions for grassland analysis, addressing various aspects related to their distribution and transformations over time and space. Publicly accessible geospatial data, such as those provided by platforms and organizations in Romania, are essential for managing and monitoring grasslands.

The subchapter "*Spatial and Temporal Transformations of Grasslands: A Holistic Approach*" emphasizes the ecological and economic role of grasslands. In Hunedoara County, between 1990 and 2018, land use underwent significant changes, such as an increase in forest and arable land areas, while urban and industrial areas decreased.

Grasslands changed their distribution due to the post-socialist transition and changes in natural resource management. In Hunedoara County, urban areas decreased by 15,998 ha, while arable land increased by 13,574 ha. Grasslands increased by 4,774 ha, reaching 18.31% of the total area in 2018.

Grasslands lost 16,557 ha to deciduous forests but gained 14,124 ha from areas with complex crops. These changes indicate a complex dynamic of land use, influenced by economic and political factors.

The Retezat Massif, selected as a case study, highlights the importance of grasslands in mountain regions for biodiversity conservation and as an economic resource. Data show a reduction in grassland areas by 20.95% between 1990 and 2018, especially in low-lying areas, in favor of forest areas.

The subchapter "*Grasslands in Hunedoara County: Structure and Distribution in Relation to Altitude and Slope*" explores the distribution of grasslands in Hunedoara County by altitude and slope, demonstrating the influence of geomorphology on land use.

Grasslands are most commonly found at medium altitudes (401 - 800 m), but at high altitudes (1601 - 2494 m), they represent 26% of the total area. The distribution of grasslands varies significantly depending on the slope of the terrain, with reduced presence on very steep slopes.

Case studies from the Retezat Massif and the Poiana Ruscă Mountains show differences in the altitudinal distribution of grasslands, with Poiana Ruscă predominating at lower altitudes and the Retezat Massif at higher altitudes.

In the subchapter "*Investigating Grassland Areas in the Mountain Zone. Case Study*," a grassland in the Tulișa Mountains was analyzed using Open Source solutions. Digital platforms, such as Google Earth Pro and QGIS, allow detailed analysis of relief, geology, and soils, highlighting the advantages of using open source data for natural resource management.

The analyzed grassland is located at altitudes between 1296 m and 1541 m, with slopes ranging from 14.1% to 44.3%. This information is essential for understanding grazing conditions and erosion risk.

The grasslands in the analyzed area are influenced by local geology, dominated by metamorphic and sedimentary rocks. The predominant soil types are distric cambisols and rendzinas, indicating varied fertility influenced by altitude and geological substrate.

In conclusion, chapter 3 highlights the complexity and dynamics of grassland distribution in Hunedoara County, influenced by ecological, economic, and political factors, while also emphasizing the importance of using Open Source solutions for detailed analysis and efficient management of these natural resources. The case studies analyzed, such as those from the Retezat Massif, Poiana Ruscă Mountains, and Tulișa Mountains, demonstrate the diversity of geomorphological and geological conditions that influence grasslands, underscoring the need for an integrated approach for the conservation and sustainable use of these valuable ecosystems.

Chapter 4 of the thesis is titled "*Altitudinal Gradient and Variation of Grassland Vegetation: An NDVI Analysis*." The aim of the research in this chapter is to evaluate how the altitudinal gradient, through topographic and climatic factors, influences the distribution and seasonal dynamics of grassland vegetation in the Poiana Ruscă Mountains and the Retezat Massif, using NDVI analysis to identify patterns of variation and adaptability of vegetation in relation to specific environmental conditions.

The specific research objectives are:

- Analyzing the influence of topographic factors on grassland vegetation distribution: investigating how altitude and slope influence the distribution of grassland vegetation;
- Evaluating the impact of climatic factors on grassland vegetation: studying the influence of temperature and precipitation on grassland vegetation, focusing on the relationship between altitude and climatic variations;
- Monitoring the seasonal variation of vegetation using NDVI: analyzing seasonal changes in NDVI values to track vegetation dynamics during different periods of the year, specifically a vegetation season sequence (March - October);
- Determining the influence of altitude on vegetation cover of grasslands: examining how altitude affects the density and development of vegetation during the growing season;
- Comparing vegetation variations by altitude between two mountain units: analyzing differences in the distribution and density of grassland vegetation between the Poiana Ruscă Mountains and the Retezat Massif, considering differences in environmental conditions and altitude.

The working methodology was staged according to fig. 2.

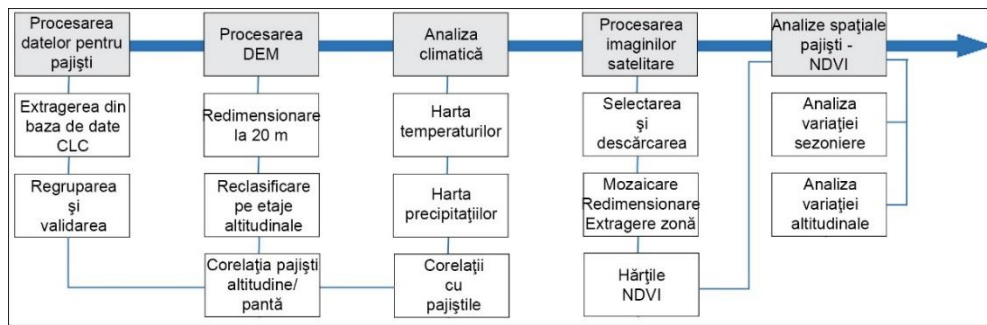


Fig. 2 Working methodology

Chapter 4 explores the influence of altitude and other environmental factors on grassland vegetation using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). It provides a detailed analysis of vegetation distribution along the altitudinal gradient and various slope categories in the Poiana Ruscă Mountains and the Retezat Massif, as well as the impact of climatic factors on vegetation.

"*Analysis of Topographic Factors with Direct Influence on Grassland Vegetation Distribution*" shows that topographic factors such as altitude and slope significantly influence grassland vegetation distribution. In the Poiana Ruscă Mountains, 78% of grasslands are located between 400 - 800 m altitude, with an average altitude of 718 m. Grasslands in this area are predominantly found on terrain with slopes between 5 - 15°, suggesting variability in vegetation cover along the altitudinal gradient. In contrast, in the Retezat Massif, grasslands are located at higher altitudes, between 565 - 2364 m, with an average altitude of 1485 m. The distribution by altitude shows that grassland areas increase significantly at high altitudes, reaching a maximum between 2001 - 2200 m.

In the subchapter "*Analysis of Climatic Factors with Direct Influence on Grassland Vegetation Distribution*," it was demonstrated that temperature and precipitation have a significant impact on grassland vegetation. In the Poiana Ruscă Mountains, the average annual temperature varies between 6.3 and 12.4°C, with an average of 9.7°C, and annual precipitation varies between 908 and 1510 mm, with an average of 1172 mm. In the Retezat Massif, the average temperature is lower, ranging between 0.5 and 10.9°C, with an average of 5.8°C, and precipitation is more abundant, ranging between 1056 and 2076 mm, with an average of 1553 mm. Statistical analysis shows a strong inverse correlation between altitude and temperature ($r = -0.97$), indicating that altitude is an excellent predictor for temperature variation.

Another subchapter of the paper analyzes "*Seasonal Variation of Vegetation Cover Based on NDVI Values*." This index is used to monitor the seasonal variations of grassland vegetation. NDVI values increase from the spring period, reaching a maximum in July, and decrease in the fall period. In the Poiana Ruscă Mountains and the Retezat Massif, early spring NDVI is low, indicating the beginning of vegetation growth. NDVI values increase significantly until July, reflecting dense and healthy vegetation. In October, NDVI values decrease again, indicating the beginning of vegetation senescence.

The last subchapter is "*Analysis of Vegetation Cover Variation of Grasslands from March to October, by Altitudinal Levels*." NDVI analysis by altitudinal levels shows that vegetation is significantly influenced by altitude throughout the growing season. In the Poiana Ruscă Mountains, at the beginning of the season (March), NDVI decreases with altitude ($r = -0.84$), but this relationship changes during summer, becoming almost null ($r = -0.0665$), suggesting uniform vegetation at all altitudes. In the Retezat Massif, NDVI remains relatively constant in mid-summer and decreases slightly towards autumn, indicating more stable vegetation cover at higher altitudes. The relationships between NDVI and altitude are stronger in the Retezat Massif than in the Poiana Ruscă Mountains, indicating a more pronounced impact of altitude on vegetation variability.

In conclusion, Chapter 4 highlights the complex influence of altitude and environmental factors on grassland vegetation, demonstrating through NDVI analysis its variability across different altitudinal levels and throughout the growing season, with significant differences between the Poiana Ruscă Mountains and the Retezat Massif. These findings underscore the importance of considering both topographic and climatic factors in the study and management of mountain grasslands.

Chapter 5 of the thesis is titled "*Integrated Investigation of the Potential of Grasslands in Hunedoara County from a Physical and Socio-Economic Perspective*." The aim of the research included in

this section was to conduct an integrated investigation of the potential of grasslands in Hunedoara County, considering both physical and socio-economic perspectives. The study aimed to evaluate and classify the grasslands based on a complex analysis that integrates physical factors (topography, climate, biodiversity conservation, accessibility, flood risk) and socio-economic factors (touristic potential, anthropic potential, animal use, subsidies).

The research objectives were:

- Analysis of the physical characteristics of grasslands;
- Analysis of socio-economic factors;
- Integration of all these factors into an evaluation model that classifies the grasslands of Hunedoara County according to their physical and socio-economic potential.

The research methodology is presented in fig. 3.

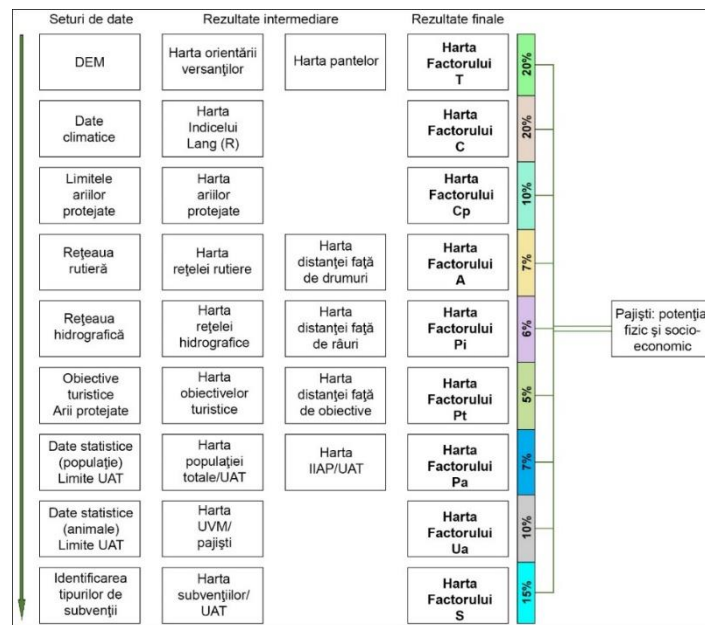


Fig. 3 Working methodology

The first section of Chapter 5, titled "Grasslands: A Synergistic Analysis of Physical and Socio-Economic Characteristics," presents a comprehensive analysis of the grasslands in Hunedoara County, evaluating the complex interactions between physical and socio-economic factors. The synergistic analysis provides an integrated perspective on how these factors influence grasslands, contributing to the development of sustainable management strategies that maintain ecological balance and support the prosperity of rural communities.

In this section, the following factors were evaluated:

Topographic Factor. This includes terrain slope and slope orientation and is crucial in determining the vegetation characteristics of grasslands. Grasslands in Hunedoara County are predominantly affected to a lesser or moderate extent by environmental factors such as erosion or rapid water drainage. Most grasslands fall into classes 2 and 3 of the T Factor, with a low or moderate physical impact. The cumulative area of grasslands in classes 4 and 5, which indicate a major or very large impact, is significantly smaller. Areas with high and very high impact require special attention for conservation and proper management.

Climatic Factor. The analysis of the climatic factor through the Lang index shows that most grasslands are located in areas with low climatic impact (humid climate and moderate temperatures), which favors increased diversity and stability of vegetation. Areas with moderate and high climatic impact are more restricted and concentrated in certain regions, such as mountain areas. Grasslands in areas with high climatic impact require specialized management strategies to prevent degradation.

Grassland Biodiversity Conservation Factor. In Hunedoara County, 42,041 ha of grasslands overlap with protected natural areas, thus benefiting from increased protection. This contributes to species diversity conservation and maintaining natural ecosystems. In contrast, unprotected grasslands are more vulnerable to

anthropogenic activities, which can lead to habitat degradation. Proper management of these areas is important to support biodiversity and forage production.

Accessibility Factor. Accessibility, measured by distance from roads, influences the use of grasslands. The largest area of grasslands (65,426 ha) is located at a distance of 0-5 km from roads, where the impact of accessibility is null or very low. More distant grasslands (15.1-22 km from roads) cover a much smaller area (7,343 ha) and are more vulnerable to degradation. Management strategies should consider this distribution to ensure sustainable use of grasslands.

Flood Hazard Factor. Proximity to rivers is an important factor that determines flood risk and affects the use and productivity of grasslands. Grasslands located very close to rivers (0-0.1 km) are most at risk of flooding, with a total area of 6,611 ha. Areas with high flood risk total 33,350 ha, and those with moderate risk total 42,744 ha. Grasslands located farther from rivers have a lower risk of flooding and are more stable for agricultural use.

Touristic Potential Factor. Grasslands near tourist attractions can economically benefit from tourism. Areas located 0-5 km from tourist attractions are the most favored, benefiting from tourism activities that support the conservation of these ecosystems and provide additional income to local communities. More distant areas are less influenced by tourism but may have potential for recreational activities and ecotourism development.

Anthropic Potential Factor. The anthropic impact, measured by the Grassland Anthropic Impact Index (IIAP), shows a variable distribution of grassland areas depending on the pressure exerted by the population. Areas with high anthropic impact (high and very high IIAP) total 50,718 ha and are under significant anthropogenic pressure. These areas require careful management to prevent grassland degradation and ensure their sustainability.

Animal Use Potential Factor. The impact of animal use is variable, ranging from areas with minimal impact (37,540 ha) that allow biodiversity maintenance to areas with very high impact (2,335 ha) where excessive grazing can lead to severe degradation. Sustainable grazing management is essential to maintaining ecological balance and preventing soil and biodiversity degradation.

Grassland Subsidy Factor. Funding measures M10 and M13 support farmers in maintaining sustainable agricultural practices and biodiversity conservation. In Hunedoara County, subsidies are variably distributed depending on the type and location of grasslands. Areas benefiting from subsidies are better conserved and have greater economic and ecological potential.

The second section of the paper is "*Integrated Analysis of Grasslands Based on Physical and Socio-Economic Factors.*" The integrated analysis of grasslands in Hunedoara County using the Weighted Overlay (WOA) method considered nine main factors to classify the physical and socio-economic potential of grasslands. The results show that:

- Zone 1 (grasslands with very high potential) covers 731 ha and is characterized by good accessibility, favorable terrain, and available resources. These grasslands are ideal for intensive use due to excellent access and management conditions.
- Zone 2 (grasslands with high potential) spans 62,956 ha and has moderate accessibility and varied terrain. These grasslands are suitable for agricultural use but require careful management to prevent erosion and conserve biodiversity.
- Zone 3 (grasslands with moderate potential) covers 53,461 ha and is characterized by low accessibility and difficult terrain. The use of these grasslands is limited, and the risk of overexploitation and degradation is higher.
- Zone 4 (grasslands with low potential) covers 142 ha and presents the greatest usage restrictions due to reduced accessibility, rugged terrain, and high anthropic impact. These areas require special conservation and management measures to prevent degradation.

In conclusion, the detailed analysis of grasslands in Hunedoara County, conducted in this chapter, highlights the complex interdependence between physical and socio-economic factors, emphasizing the need for integrated and sustainable management strategies tailored to the specificities of each area. By identifying and evaluating these factors, the premises are created for efficient and responsible use of grasslands, ensuring both the conservation of the natural environment and support for the development of local communities.