

Raport stiintific

Proiectul “Planificarea strategica forestiera la nivel de arbore folosind tehnici de teledetectie”

Perioada: 5 decembrie 2013 – 5 decembrie 2014

Rezumatul etapei

In etapa a treia a proiectului au fost prevazute trei tipuri de activitati: colectarea datelor, formalizarea procesului de amenajare si procesarea datelor pe LONI. Din lipsa de personal specializat, numai colectarea datelor si formalizarea procesului de amenajare au fost finalizate, scrierea codurilor, rulara si interpretarea rezultatelor furnizate de LONI nefiind terminate. Activitatile legate de amenajarea padurilor s-au derulat conform programului proiectului, partea de formalizare precum si identificarea produselor care pot fi obtinute din trunchiului unui arbore fiind incheiate. Partea de programare pe PC a fost partial completata, intrucat numai software-ul dedicate identificarii de arbori din datele de teledetectie este disponibil utilizatorilor de date LIDAR. Acest software poate fi descarcat gratis de pe website-ul proiectului. In aceasta faza s-a terminat si elaborarea si implementarea unei noi metode de masurare a curbei de contur a arborelui folosind fotografierea hemisferica. Metoda este de asemenea disponibila celor interesati sub forma de software, ce poate fi descarcat gratis de pe website-ul proiectului. Aceasta faza a fost marcata de lipsa de personal specializat, esential in reusita proiectului, ceea ce a dus la intarzieri de aproape un an in activitatile principale ale proiectului. Pentru a compensa aceste intarzieri s-a efectuat o alocare de efort pe activitati care pot asigura reusita proiectului, cum ar fi masuratori rapide ale fusului arborelui. Se spera ca situatia sa fie reglementata la inceputul anului 2015, astfel incat proiectul sa isi indeplineasca obiectivele.

Obiectivul proiectului

Proiectul “Planificarea strategica forestiera la nivel de arbore folosind tehnici de teledetectie” are ca obiectiv principal dezvoltarea unei proceduri integrative de amenajari silvice ce foloseste ca unitate elementara entitati masurate cu tehnici de teledetectie, in particular LIDAR si stereo-analiza a imaginilor satelitare sau aeriene. O particularitate a proiectului este utilizarea unitatilor masurate nealterate, fie negrupate, situatia unitatii amenajistice in care se efectueaza sumare la nivel de arboret, fie transformate, situatia in care se executa normalizarea valorilor de interes.

Un al doilea obiectiv al proiectului este dezvoltarea unui software care sa permita managementul integral de mediu plecand de la informatia de teledetectie si incorporand constrangerile impuse de gospodaria durabila a padurii, in mod specific limitari de mediu/ecologice, sociale si economice.

In etapa a III a proiectului au fost prevazute urmatoarele activitati:

1. Finalizare achizitionare date
2. Identificarea produselor care pot fi obtinute din fiecare trunchi
3. Preparare input pentru amenajari forestiere
4. Finalizare scriere cod paralel-computing LONI
5. Obtinerea rezultatelor de planificare
6. Continuare dezvoltare cod pentru paralel-computing PC
7. Interpretarea solutiilor LONI
8. Articole si rapoarte tehnice

In a treia etapa a proiectului a fost prevazut ca produsul principal sa fie realizat, iar testarile pe supercomputer sa fie finalizate. Lipsa de personal specializat, atat a unui programator cat si a unui specialist in teledetectie, a dus la intarzierea proiectului practic cu un an. Pentru a compensa aceasta departare de la planificarea originala, echipa de coordonare a proiectului a decis implementarea unei serii de activitati, cum ar fi pregatire de personal care va putea efectua activitatile necesare in etapa a IV a proiectului, care sa asigure succesul proiectului. Etapele cele mai afectate de lipsa de personal calificat au fost: Preparare input pentru amenajari forestiere, Finalizare scriere cod paralel-computing LONI, Obtinerea rezultatelor de planificare, Continuare dezvoltare cod pentru paralel-computing PC si Interpretarea solutiilor LONI. Detaliile fiecărei etape sunt prezentate in paragrafele urmatoare.

Activitati

1. Finalizare achizitionare date (III.0-2.1, III.0-2.4)

1.1. Date de teledetectie

In etapa a III a proiectului a fost finalizata achizitionarea de date de teledetectie inceputa in faza a II, si anume colectarea de imagini multispectrale. O serie de zboruri au fost efectuate deasupra acelorasi zone pentru care datele LIDAR au fost colectate anterior (Figura 1).

Imaginile multi-spectrale au fost realizate cu rezolutie de 15 cm si au inregistrat raspunsul in spectrul rosu , galben, verde si infrarosu-apropiat.

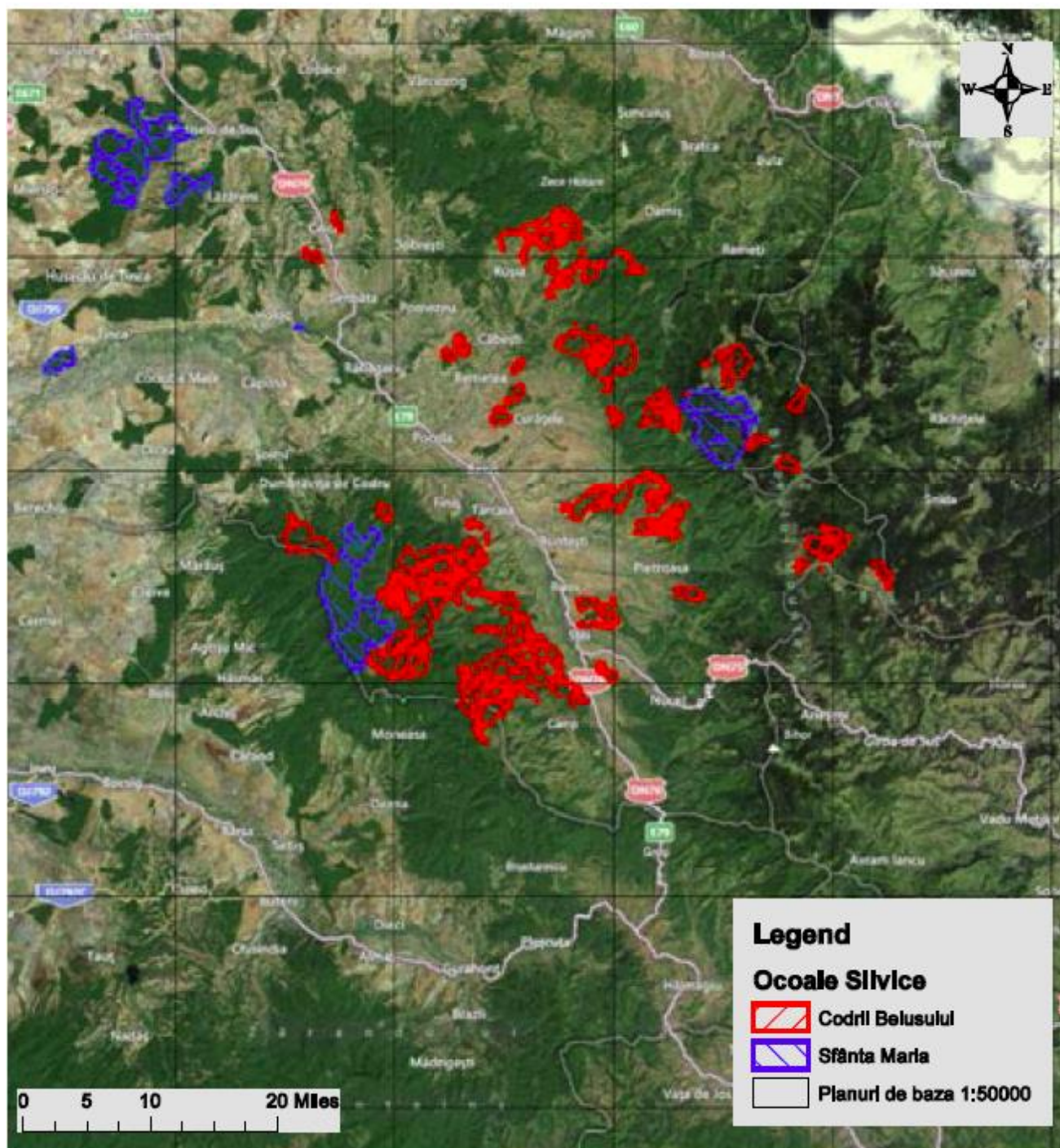


Figura 1. Zona pentru care s-au colectat imagini multispectrale

1.2. Masuratori de teren

Pentru a determina produsele ce pot fi obtinute din fiecare trunchi s-a elaborat o metoda de estimare a diamterului pe trunchi bazata pe fotografia hemisferica (Figura 2). Masuratorile de teren implica fotografierea trunchiului arborelui prin pozitionarea simetrica a camerei de o parte si de alta a arborelui cu lentila orientate spre zenit (Figura 3).



Figura 2. Fotografierea trunchiului arborelui folosind lentila hemisferica

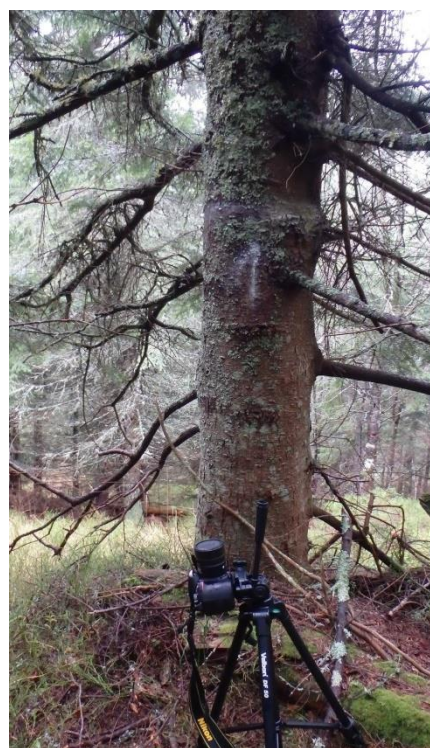


Figura 3. Pozitionarea camerei in jurul arborelui

2. Identificarea produselor care pot fi obtinute din fiecare trunchi (III.0-2.2)

Pentru a identifica produsele care pot fi obtinute din fiecare trunchi de arbore a fost necesara determinarea functiei de contur a fusului arborelui ca o functie de specie, inaltimea totala si atribute deduse din datele de teledetectie. Aceasta abordare este in prezent cea mai populara in planificarile silvice operationale si uneori tactice. Functia de contur a fusului a fost determinata folosind regresia neliniara multipla. Peste 20 de ecuatii au fost testate, dar combinatia parabola - functia Chapman-Richard a furnizat cea mai performanta descriere a fusului.

$$d_h = H \left(b_0 + b_1 \frac{h}{H} + b_2 \left(\frac{h}{H} \right)^2 \right) (1 - e^{b_3 + b_4 TPH})^{b_5 hlc / H} \quad (1)$$

unde simbolurile sunt urmatoarele:

d_h - diametrul la inaltimea h

H - inaltimea totala a arborelui

TPH - numarul de arbori la hectar

hlc - inaltimea la baza coroanei

Variabilele prezente in ecuatie (1) sunt similare cu alte studii (Popescu et al. 2002a, Popescu et al. 2002b, Popescu 2007, Lin et al. 2011) dar sunt combinate diferit.

Pentru a dezvolta ecuatiile necesare, s-a realizat o tehnica complet noua de masurarea a diametrului de-a lungul fusului arborelui folosind fotografia hemisferica. Ecuatiile de calcul a diametrului d la inaltimea pe fus h au fost determinate folosind relatii geometrice (Figure 4 **Error! Reference source not found.**). Pentru a compensa inclinarea trunchiului arborelui sau departarea de orizontala a camerei este necesara fotografierea trunchiului din doua pozitii diametral opuse fata de abore (Figure 5/Figura 6).

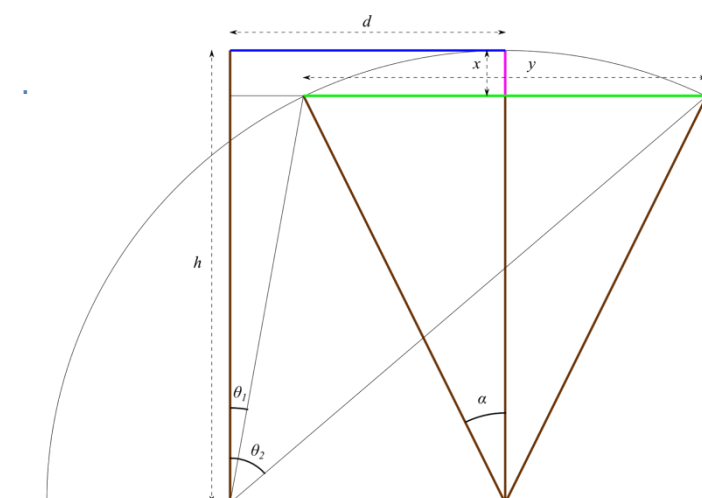


Figure 4. Geometria folosita la calcularea inaltimei arborelui

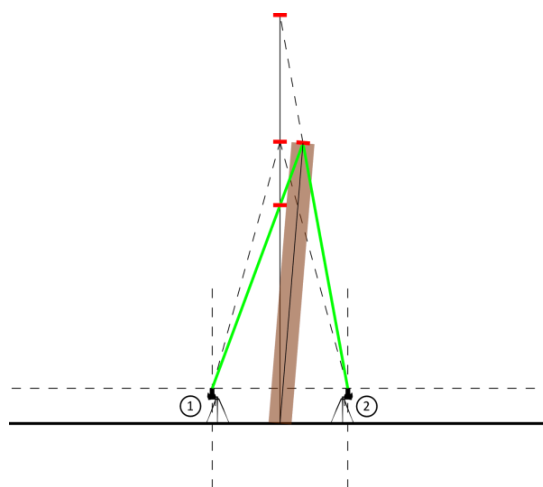


Figure 5. Pozitionarea camerei fata de arbore pentru a corecta inclinarea arborelui sau lipsa de orizontalitate a camerei

Pentru masurarea arborilor in teren s-a folosit un aparat foto Nikon D5200 dotat cu o lentila hemisferica Nikon f10. In Figura 6 sunt prezentate valorile si ecuatiile folosite la determinarea diametrului si a inaltimii unui arbore test.

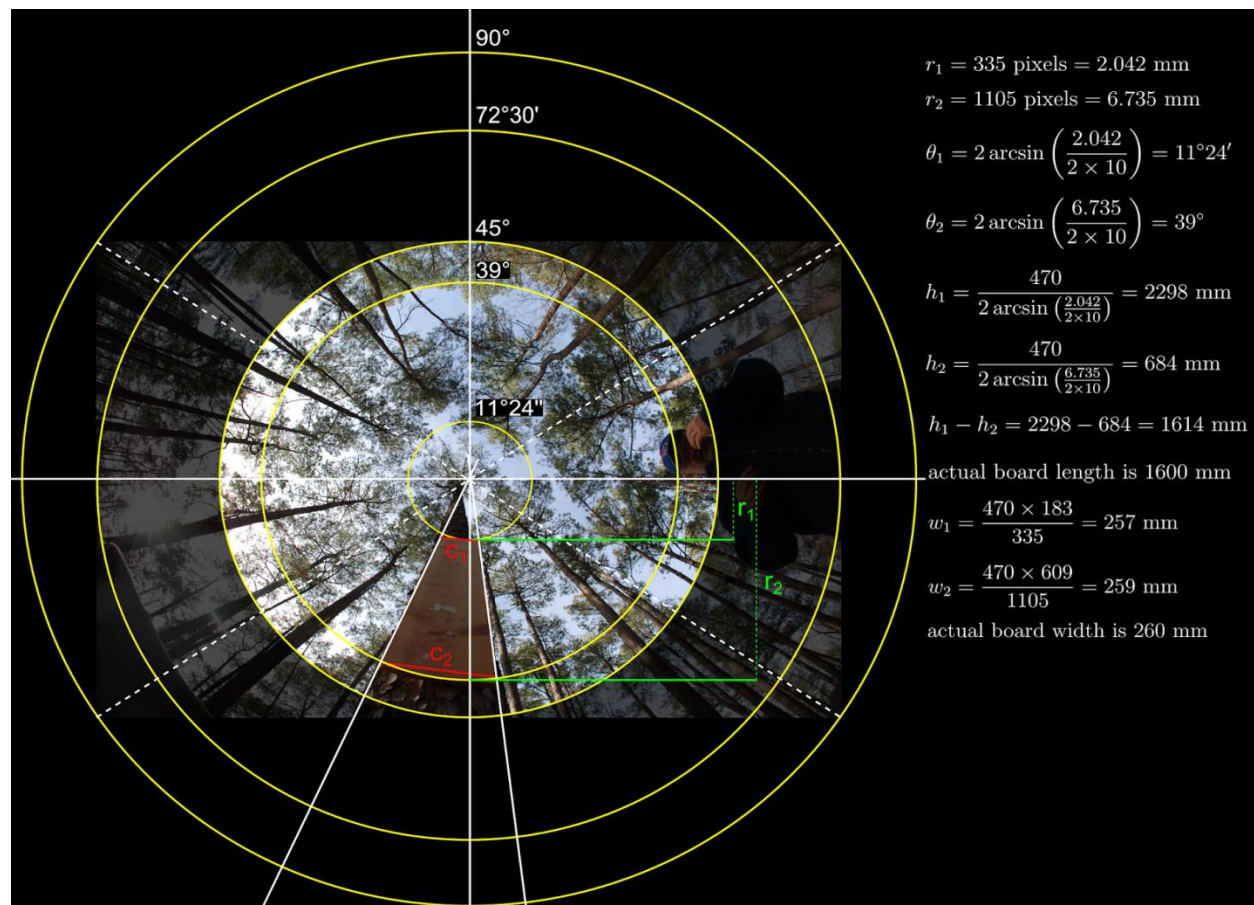


Figura 6. Masuratorile si formulele folosite pentru determinarea diametrului la diferite inaltimi pe arbore.

3. Preparare input pentru amenajari forestiere (III.0-2.6, III.4))

3.1. Îmbunătățirea soluțiilor amenajistice prin prelucrarea adecvată a datelor oferite de descrierea parcelară și mediul economic

3.1.1. Modelul stohastic (structura normală ca proces Markov)

Încadrarea adecvată a arboretelor exploatabile în urgențe de regenerare (UR) este necesară, conform metodelor de amenajare folosite în prezent (Metoda creșterii indicatoare și metoda claselor de vârstă) pentru echilibrarea volumelor arboretelor ce urmează a fi exploatate pe diferite orizonturi de timp: în următorii 10 ani, 20 ani 40 ani, respectiv 60 ani.

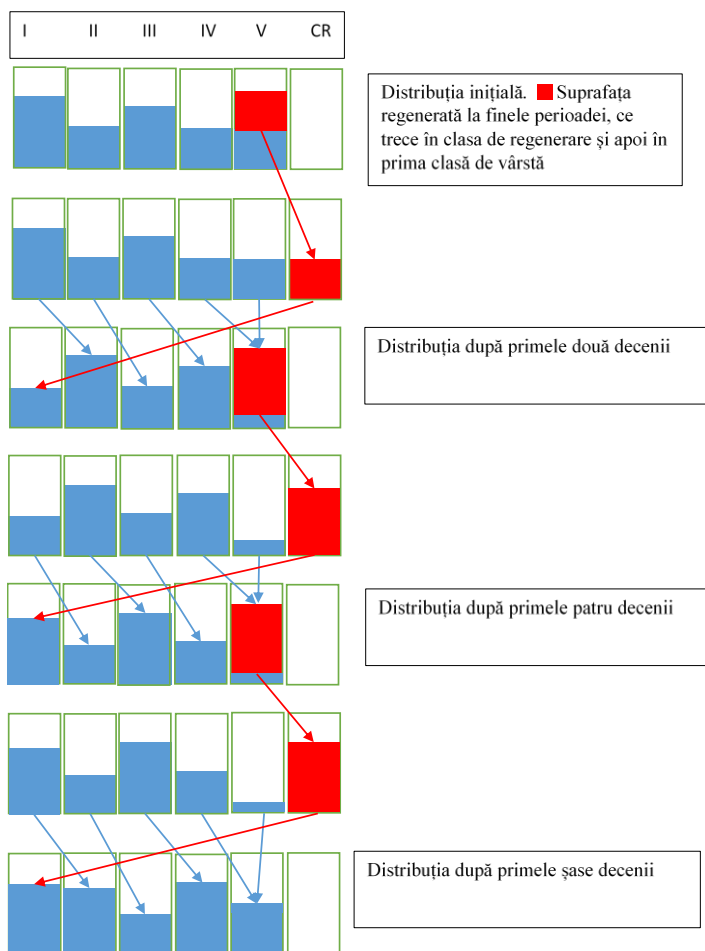


Figura 7. Normalizarea prin îmbătrânire a structurii pe clase de vârstă

precomptează din posibilitate, planul decenal de recoltare nu mai este respectat și unele arborete continuă să rămână exploatabile (rămân în ultima clasă de vârstă) pentru următoarea perioadă de două decenii. Prin roșu a fost evidențiată suprafața exploatată în 20 ani, suprafață ce trece apoi în clasa I de vârstă, prin intermediul clasei de regenerare, notată cu CR. Conform metodelor actuale, clasa de regenerare este alimentată doar de ultima clasă de vârstă, dar în realitate această CR este alimentată de aproape toate clasele de vârstă: în unele situații din considerente ce țin de starea arboretelor (componenta previzibilă), în alte situații datorită unor fenomene în esență probabilistice, cu o probabilitate ce poate fi totuși estimată și transformată într-un mijloc operațional de planificare.

Actualul sistem de încadrare pe UR este complet descriptiv și nu are nici o componentă obiectivă de analiză prin care să se atribuie direct probabilități de „supraviețuire” unui anume arboret, într-unul din intervalele temporale precizate, pentru a estima cât mai obiectiv volumele ce urmează a fi recoltate pe cele trei orizonturi de timp precizate (admitem că pentru volumele recoltabile în următorii 10 ani estimarea poate fi cât de cât precisă).

În Figura 7 se arată modul în care se normalizează structura pe clase de vârstă, intervenind doar în ultima clasă de vârstă, care este transformată integral (dacă s-a ajuns la structura normală) sau parțial (dacă procesul de normalizare nu s-a încheiat) în clasă de regenerare (CR). Se observă că eventualele arborete ne-exploatabile, ce ar trebui recoltate datorită iminenței unor vătămări sau doborâturi de vânt, și care chiar perturbă procesul de normalizare a structurii pe clase de vârstă, nu sunt luate absolut deloc în considerație. Consecința? Respectivul arborete sunt recoltate, volumul lor se

3.1.2. Modelul stohastic al pădurii normale

Dacă se consideră că prima clasă de vârstă este alimentată „înainte de termen” cu arborete regenerate din celelalte clase de vârstă, nu doar din ultima clasă, atunci modelul pădurii normale, cu clase egal distribuite pe vârste, este inadecvat. Un astfel de proces este de tip Markov cu stare absorbantă, starea absorbantă fiind o structură relativ stabilă pe clase de vârstă.

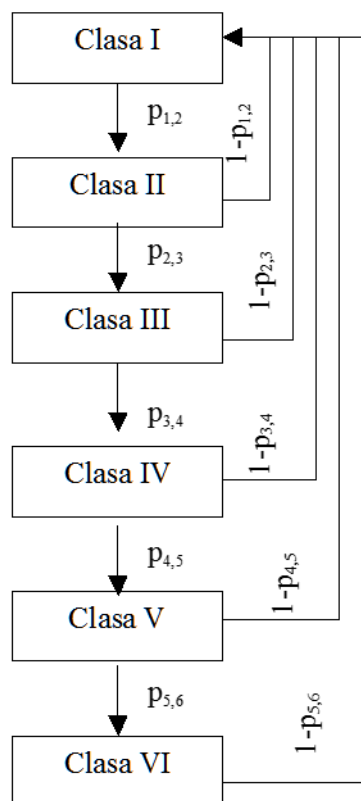


Figure 8. Modelul stohastic al pădurii normale

Această structură este dată de probabilitățile de revenire în prima clasă de vârstă, egale cu $1-p_{j,j+1}$ în care $p_{j,j+1}$ este probabilitatea de supraviețuire încă o clasă de vârstă.

Pentru fiecare clasă de vârstă i interesează probabilitatea de trecere în clasa de vârstă următoare, adică $p_{j,j+1}$.

Ponderea clasei de vârstă a_i în structura fondului de producție va fi dată, potrivit relației propuse Ian Kouba, de relația

$$a_i = \frac{\prod_{j=i}^{i+1} p_{j,j+1}}{\sum_{k=1}^n \prod_{j=1}^{k-1} p_{j,j+1}} \quad (2)$$

în care $p_{j,j+1}$ reprezintă probabilitatea trecerii din clasa de vârstă j în clasa următoare, $j+1$. Pentru prima clasă de vârstă probabilitatea de intrare este unitară, pentru că se presupune că toate arboretele parcurse cu tăieri sau afectate de factori perturbatori vor fi fost regenerate în 20 ani.

Dacă probabilitățile de trecere sunt unitare, toate ponderile a_i vor fi egale cu $1/n$, ceea ce înseamnă că modelul clasic, determinist, este un caz particular al modelului stohastic. Pe de altă parte, dacă $a_{j,j+1} <$

1 pentru $j = 1, n-1$ atunci suma ponderilor a_i va fi subunitară, ceea ce înseamnă că așa-numita clasă de regenerare începe să conteze în balanța suprafețelor, adică nu mai are suprafața zero, așa cum se întâmplă în cazul modelului clasic.

3.2. Estimarea probabilităților de trecere forțată în prima clasă de vârstă

Până la faza în care modelul propus de profesorul Ian Kouba poate fi operațional și implementat în programul de amenajare a pădurilor, sau cel puțin într-un sistem de asistare a deciziilor amenajistice, este nevoie de o metodă, un procedeu, de estimare a probabilităților de trecere astfel încât să fie înlăturate influențele și factorii conjuncturali ce pot duce la revenirea forțată în prima clasă de vârstă (PRF). Așa cum rezultă din Figura 7, ceea ce interesează este estimarea probabilităților de revenire forțată în primă clasă de vârstă doar pentru arboretele nexploatabile și pre-exploatabile, cele exploatabile având din oficiu probabilitatea unu, dacă nu sunt încadrate într-o urgență de regenerare care să justifice păstrarea lor în ultima clasă de

vârstă, pentru a echilibra situația suprafețelor. Deci nu toate arboretele din ultima clasă de vârstă vor avea probabilitate de revenire unitară, așa că probabilitatea medie, pentru ultima clasă de vârstă, teoretic cel puțin, s-ar putea să fie și ea subunitară.

Prima tentație ar fi aceea de a porni de la un istoric al doborâturilor și atacurilor de insecte din trecut, asimilând probabilitățile RF cu proporția doborâturilor sau atacurilor de insecte într-o anumită clasă de vârstă. De exemplu, dacă arboretele din clasa a II-a de vârstă, în suprafață totală de 350 ha, ar fi fost afectată în ultimele două decenii de doborâturi pe 20 ha, probabilitatea RF ar putea fi estimată ca fiind $20/350=5,7\%$. Dar dacă într-o altă perioadă, în urmă cu 60 ani de exemplu, ponderea respectivelor arborete ar fi putut fi alta, mai mare, de exemplu 20% (o doborâtură masivă, în adevăratul sens) nu se mai poate preciza care din cele evenimente poate fi luat ca reper. O soluție ar fi o valoare medie, dar care anume? Fiind vorba de o serie de valori relative, în succesiune cronologică, corect ar fi să fie luată ca reper media geometrică. Dar cum o clasă de vârstă nu este o entitate distinctă, o suprafață de pădure cu anumite caracteristici stabile în timp, ci doar o însumare aritmetică de suprafețe (atribute) ale mai multor arborete distincte, mai mult sau mai puțin dispersate în spațiu, problema nu poate fi rezolvată optim decât estimând probabilitățile RF la nivel de arboret, urmând ca pentru o clasă de vârstă probabilitatea medie să fie dată de media ponderată a probabilităților estimate la nivel de arboret.

Factorii din a căror combinație rezultă o anumită PRF sunt pentru început următorii: coeficientul de zveltețe, vecinătatea în raport cu o suprafață goală, ce ar putea atrage alte doborâturi datorită golului în coronamentul pădurii, respectiv poziționarea în treimea inferioară a versantului. Aceste ipoteze pot fi schimbate, pot fi reformulate sau lor li se pot adăuga și alte ipoteze, tocmai pentru a permite o diversificare cât mai amplă a situațiilor în care un arboret poate fi sau nu influențat, într-un sens sau altul, de factorii staționali și condițiile de arboret.

Exemplu numeric: fie distribuția pe suprafețe – teoretică, nu are importanță – prezentată în Tabelul 1, în funcție de care va trebui să evaluăm probabilitatea de a fi afectat de o doborâtură în următoarele două decenii. Vârsta nu este luată în considerație, deoarece cartarea pe baza căreia s-au obținut datele din Tabelul 1 a avut drept cheie de filtrare clasa de vârstă. Pe baza acestui tabel de contingență se determină probabilitățile din Figura 9. Reprezentarea grafică a distribuțiilor sub forma unui arbore de decizie, în care probabilitățile condiționate au fost prezentate sub forma unui arbore decizional.

Tabelul 1 Datele primare necesare estimării probabilităților condiționate

Factori de influență		Suprafață nedoborâtă (ha)	Suprafață doborâtă (ha)
Coeficientul de zveltețe	Subunitar	70	140
	Supraunitar	130	340
Învecinat cu	O suprafață doborâtă anterior	90	230
	Pădure cu consistență plină	350	110
Poziția pe versant	în treimea inferioară	120	300
	Oriunde, dar nu în treimea inferioară	20	340

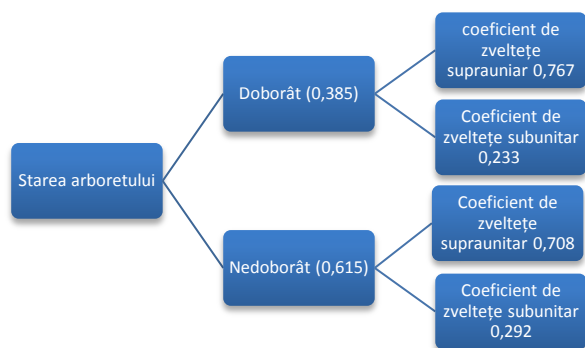


Figura 9. Reprezentarea grafică a distribuțiilor sub forma unui arbore de decizie

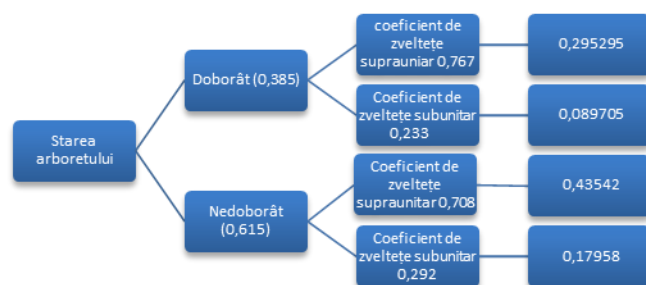


Figura 10. Reprezentarea grafică a distribuțiilor sub forma unui arbore de decizie

inversează ramificațiile: mai întâi coeficientul de zveltețe, și apoi „starea de a urma să fie” doborât, având în vedere că probabilitățile compuse ale celor patru situații posibile vor avea aceleași valori ca și în Figura 10, doar că pozițiile relative ale casetelor 2 și 3 din ultimul rând de casete al Figura 10 vor fi inversate între ele. Rezultatul este prezentat în Figura 11.

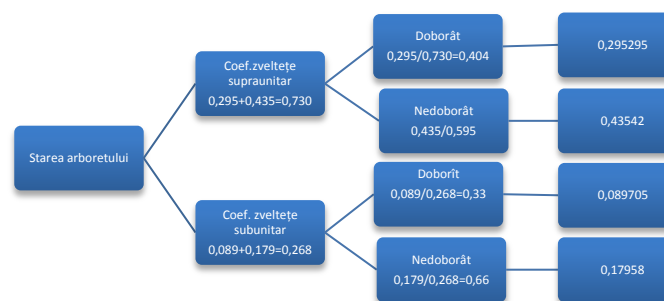


Figura 11. Reprezentarea grafică a distribuțiilor sub forma unui arbore de decizie

Acest gen de reprezentare va fi util în secțiunea următoare, în care se va arăta modul de calcul al probabilităților aposteriori, adică a probabilităților estimate. Pe fiecare ramificație, suma probabilităților fiice trebuie să fie egală cu unitatea. Apoi se calculează probabilitățile combinate, date de probabilitățile dintre probabilitatea din celula mamă și probabilitățile din fiecare din cele două celule fiice. Acestea sunt prezentate în Figura 10.

Următoarea etapă este determinarea probabilităților aposteriori, respectiv a probabilităților condiționate. Adică a probabilității ca un arboret cu coeficient de zveltețe supraunitar să fie distrus sau nu de o doborâtură produsă de vânt, pornind de la aceasta de la distribuția arboretelor în raport cu coeficientul de zveltețe, nu în raport cu existența sau nu a doborârilor. În acest scop se copiază arborele din Figura 10 doar că se

Conform datelor din acest nou arbore de decizie, dacă avem un arboret cu coeficient de zveltețe supraunitar, probabilitatea ca acesta să fie doborât va fi de 40%, iar probabilitatea de a nu fi doborât de 60%. Dacă același parametru este subunitar, probabilitatea de a fi doborât este de 33%, iar cea de a nu fi doborât de 67%. Așa cum s-a precizat de la început, nu doar gradul de zveltețe este relevant, ci și ceilalți doi factori, poziția pe versant, respectiv vecinătatea unei alte doborâturi sau a unui gol.

3.3. Ordinea analizării factorilor

Spre deosebire de analiza regresiei logistice, al cărei rezultat este o probabilitate de a se produce ceva, în funcție de factorii care au declanșat în trecut același „ceva”, în analiza Bayesiană factorii de influență sunt analizați pe rând, iar ordinea în care aceștia sunt analizați este importantă, deoarece probabilitatea aposteriori din primul nivel de analiză devine prioritate apriori în al doilea nivel de analiză.

Primul factor, ce este complet incontrollabil, este poziția pe versant, ultimul fiind, prin logica lucrurilor, probabilitatea ca un arboret anume să se învecineze cu un altul deja doborât. Firește, al doilea factor, ca poziție, este coeficientul de zveltețe, singurul factor controlabil prin operațiunile culturale, schema de cultură, etc. Probabilitatea învecinării cu un arboret deja doborât poate fi interpretată și ca o probabilitate apriori de două ori: odată pentru arborele deja învecinate cu arborete doborâte în trecut, și a doua oară pentru arborete ce nu au fost afectate în perioada anterioară de doborâturi, dar devin vulnerabile datorită doborâturilor preconizate deja, ca urmare a celorlalți doi factori.

Din punct de vedere tehnic, niciuna din cele trei probabilități nu este independentă de o a doua, oricare ar fi aceasta: de exemplu, probabilitatea ca un arboret să fi fost rărit la timp, adică să aibă un coeficient de zveltețe supraunitar nu este total independentă de poziția pe versant, pentru că arborele situate în apropierea văilor sunt mai probabil rărite, decât cele situate în treimea mijlocie sau superioară.

3.4. Rezultatele simulări pe date numerice

Folosind datele din Tabelul 1, se calculează în continuare probabilitatea ca un arboret să fie doborât sau nu, în funcție de poziția pe versant; rezultate prezentate în Tabelul 2.

Pe versant inferior	Doborât	0,328003
	Nedoborât	0,671997
Oriunde pe versant	Doborât	0,015572
	Nedoborât	0,984428

Tabelul 2 Probabilitățile aposteriori ca un arboret să fie sau nu doborât în funcție de poziția pe versant

Potrivit acestor rezultate, unui arboret situat pe versant inferior i se poate atribui o probabilitate de a fi doborât de 33%, respectiv 67% de a fi nedoborât. Dacă este situat oriunde altundeva, probabilitatea de a fi doborât este de 1,5%, iar cea de nu fi doborât de 98,5%. Dacă considerăm un arboret cu

indicele de zveltețe subunitar, ce nu este situat în zona inferioară a versantului, probabilitatea ca acesta să fie doborât în următoarele două decenii va fi $0,23 \times 0,01$ adică 0,23%

Vecin cu o altă doborâtură	Doborât	0,445
	Nedoborât	0,555
Vecin cu pădure cu consistență plină	Doborât	0,113
	Nedoborât	0,887

Tabelul 3 Probabilitățile aposteriori ca un arboret să fie doborât dacă este vecin cu un altul doborât deja

Ultimul nivel de analiză se referă la vecinătatea cu un gol creat deja în pădure; fie că este vorba de doborâtură, fie că este vorba de atac de insecte, mecanismul este același: golul odată produs va fi lărgit, fie datorită turbioanelor ce apar în aceste goluri, în timpul furtunilor, fie pur și simplu punerii în valoare a masei lemnoase atacate de

insecte. Pe baza aceluiași date, au rezultat probabilitățile din Tabelul 3. Coroborând datele din ultimele două tabele și ultimul arbore decizional, rezultă următoarele PRF (Tabelul 4).

Tabelul 4 Probabilitățile de revenire forțată în prima clasă de vârstă, în funcție de factorii ce măresc vulnerabilitatea la doborâturi

Criteriul de diferențiere	Coeficient de zveltețe supraunitar	Versant inferior	Localizat lângă o doborâtură
Coeficient de zveltețe supraunitar	44%	14%	20%
Versant inferior		33%	16%
Localizat lângă o doborâtură	6%		45%

Probabilitățile din tabelul de mai sus nu trebuie să alarmeze pe nimeni, pentru că toate probabilitățile au fost preluate din foile de calcul pentru răspunsurile favorabile: adică arborete cu coeficienți de zveltețe supraunitari, situați pe versanți inferiori și localizate lângă goluri. Or, nu aceasta reprezintă situația tipică pentru o pădure bine condusă.

Probabilitățile corecte sunt date de combinațiile de criterii în care fiecare arboret se încadrează, în funcție de gradul de vulnerabilitate. Pentru o imagine mai completă a ecartului de variație al probabilităților, avem datele din Tabelul 5; un arboret ce nu este localizat lângă un gol, cu un coeficient de zveltețe subunitar, care nu este localizat pe versantul inferior, va avea probabilitate de revenire egală cu zero (vezi ultima linie a tabelului). Deci ecartul variază între 44% și 0%, ceea ce are sens din punct de vedere silvicultural.

Tabelul 5 Probabilitățile de revenire în prima clasă de vârstă, în funcție de factorii ce conferă rezistență la doborâturi

Criteriul de diferențiere	Coeficient de zveltete subunitar	Orice localizare, dar nu versant inferior	Localizat lângă pădure închisă
coeficient de zveltete subunitar	33%	1%	3%
orice localizare, dar nu versant inferior		1%	0%
localizare lângă pădure închisă		0%	11%

În final, pentru fiecare clasă de vârstă în parte, probabilitatea de revenire în prima clasă de vârstă va fi dată de o medie ponderată a probabilităților, conform relației (2)

$$p^i = \frac{\sum_{j=1}^n s_j p_j^{(i)}}{\sum_{j=1}^n s_j} \quad (3)$$

În care s_j este suprafața arboretului j , încadrat în clasa de vârstă i .

3.5. Îmbunătățirea regulilor de precomptare a volumelor recoltate ca produse accidentale I din posibilitatea de produse principale

Pe parcursul deceniului, în cazul apariției produselor accidentale I, volumul ce nu trebuie precomptat (Vnp_i) este dat de relația 4, astfel:

$$Vnp_i = \frac{Frm_i - \sum_{j=1}^i Va_j}{11 - i}$$

în care Frm_i este fondul de rezervă mobil constituit până în anul i , iar Va_i este volumul produselor accidentale I ce au apărut în anii scurși de la intrarea în vigoare a amenajamentului. Fondul de rezervă mobil constituit *până în anul "i"* este dat de relația (5):

$$Frm_i = \sum_{i=3}^m s_i \cdot cr_i \left(\frac{1}{m} - a_i \right) \quad (5)$$

în care s_i reprezintă suprafața clasei de vârstă " i ", cr_i este creșterea curentă la hectar a clasei de vârstă " i ", iar a_i se calculează potrivit relației (2). Factorul de corecție a creșterii este mai mare dacă diferența dintre $1/m$ și a_i este și ea mare (NB, sunt valori subunitare), iar fondul de rezervă mobil va fi zero dacă modelul este pur determinist, cu PRF egal cu zero, pentru toate clasele de vârstă, în afara ultimei clase, din care se recoltează produsele principale.

3.6. Concluzii preliminare privind îmbunătățirea modului de gestionare a pădurii în condiții de risc și incertitudine

Avantajul probabilităților Bayes în estimarea probabilităților de revenire forțată în prima clasă de vârstă constă în simplitatea implementării acestora într-o foaie de calcul, în care se stochează un simplu tabel de contingență a suprafețelor ce se încadrează în anumite criterii legate de vulnerabilitatea arboretelor la diverși factori perturbatori. În exemplul numeric prezentat, bazat pe un tabel de contingență în care suprafețele afectate de doborâturi au fost diferențiate în funcție de trei criterii, s-a arătat cum poate fi utilizată informația stocată în evidența aplicării amenajamentului la îmbunătățirea modului în care se corectează posibilitatea de produse principale, în funcție de frecvența cu care arboretele revin în prima clasă de vârstă, datorită unor doborâturi, atacuri de insecte sau altor factori perturbatori.

3.7. Identificarea arborilor din norul de puncte LIDAR

Pentru a identifica arborii din norul de puncte LIDAR a fost elaborat un algoritm de segmentare folosind structuri ierahice ce se separa dintr-un graf orientat cu ponderi (Figura 12). Algoritmul a fost testat pe trei zone, fiecare zona avand o complexitate diferita: plantatie tanara (a), plantatie matura (b) si arboret plurien virgin (c).

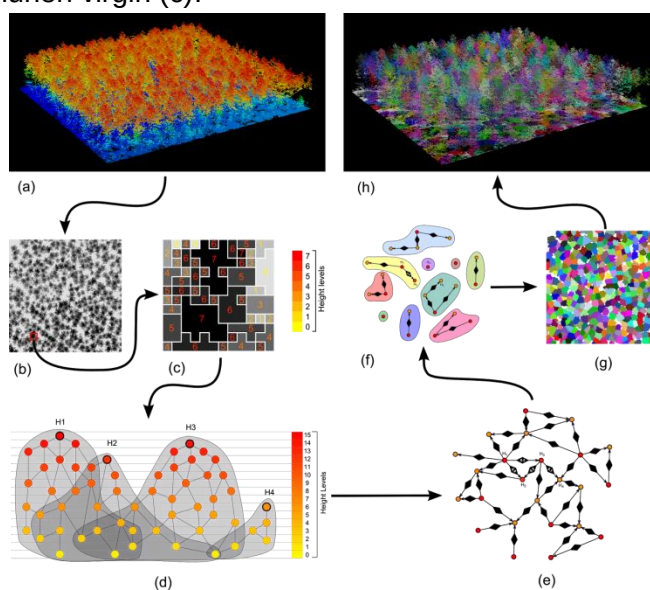


Figura 12. Algoritmul de segmentare din norul de puncte LIDAR

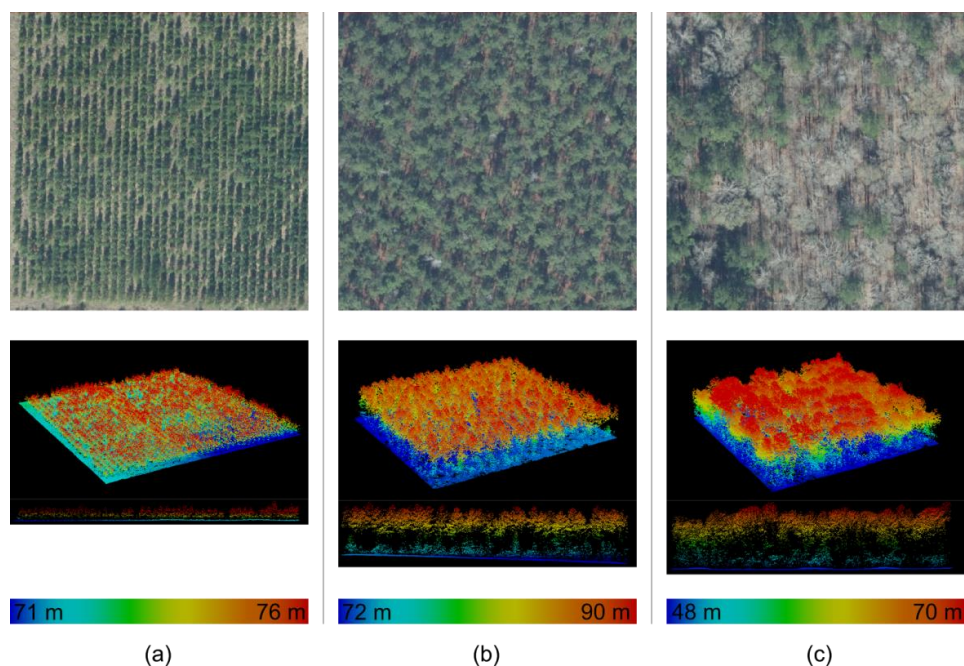


Figura 13. Zonele de testare a algoritmului, in care a si b sunt arboreta echiene, a – tinar si b matur, iar c este un arboret amestecat plurien virgin.

Performantele algoritmului sunt foarte bune, cu eroare de omisie de sub 1% la arboretele tinere echiene, in timp ce eroarea totala (i.e., omisie + comisie) este de sub 10%, indiferent de structura arboretului. Identificarea arborilor se face automatizat, intrucat a fost elaborat software de segmentare. Pentru cele trei zone test rezultatele segmentarii sunt prezentate in Figura14.

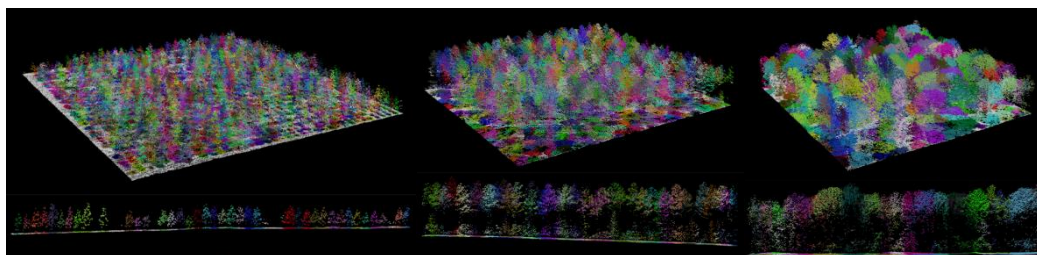


Figura 14. Identificarea arborilor folosind algorithmul nou dezvoltat

4. Finalizare scriere cod paralel-computing LONI (III.1)

Lipsa unui programator care sa finalizeze programul pentru LONI a condus la nexecutarea rularilor necesare pe LONI. De aceea in aceasta faza nu s-a putut implementa programul dedicat unui supercomputer. Se spera ca aceasta faza sa fie executata in prima jumatate a anului viitor. Partenerul INCDSB a fost implicat in aceasta directie in activitatea III.1 Finalizare scriere cod-paralel computing LONI (Scriere cod) si activitatea III.2 Obtinerea rezultatelor de planificare (initializare si coordonare LONI runs). De precizat ca s-a dezvoltat o versiune preliminara pe supercalculatorul INCDSB IBM 3970 cu 32 de procesoare. S-a scris cod paralel folosind tehnologia MPI (compilatorul GNU gcc folosind batch-ul mpicc). In momentul in care vom trece pe LONI vom folosi compilatoarele disponibile in acel system de calcul. S-a folosit de asemenea Platform LSF pentru pornirea de job-uri pe supercalculator pentru a simula toate

caracteristicile din LONI si pentru a duce la bun sfarsit activitatea legata de coordonarea “LONI runs”.

5. Obținerea rezultatelor de planificare (III.2)

Intrucat nu s-a rulat pe LONI nici un plan de amenajare nu s-au obtinut rezultatele scontate in aceasta faza. Angajarea programatorului in 2015 poate redresa situatia prezenta, si se spera ca in prima jumatate a anului 2015 sa obtinem o parte din rezultatele pe care sa se fundamenteze scrierea de cod pentru unitati de procesare mai reduse, adica pentru PC.

6. Continuare dezvoltare cod pentru parallel-computing PC (III.3)

In aceasta faza a fost finalizata scrierea programului care extrage arborii din datele de teledectie. Programul este disponibil pentru publicul larg si poate fi downloadat de pe site-ul IFN.

7. Interpretarea solutiilor LONI (III.6)

Intrucat programul de amenajare pentru LONI nu a fost terminat, nu a fost efectuata nici o rulare pe LONI. Ca urmare, solutiile pentru interpretare nu au fost obtinute. Intrucat este de asteptat ca la inceputul fazei a IV-a va fi angajat un nou programator, se spera ca rularile pe LONI vor fi efectuate in 2015, si rezultatele interpretate imediat, pentru a asigura continuitatea si structura prognozata a proiectului. De asemenea, prezenta programatorului va conduce la continuarea dezvoltarii de software pentru PC.

8. Articole si rapoarte tehnice (III.9)

Strimbu BM 2014 Comparing the efficiency of intensity-based forest inventories with sampling-error-based forest inventories. Forestry 87(2): 249-255 (IF=1.865)

Andrei Paun, Petr Sosík: Three Universal Homogeneous Spiking Neural P Systems Using Max Spike. Fundam. Inform. 134(1-2): 167-182 (2014) (IF=0.479)

Andrei Paun, Manuela Sidoroff, Small Universal Homogenous Spiking Neural P Systems Using Max Spike, Annals of University of Bucharest, section Computer Science, DACS 2014 at 11th International Colloquium on Theoretical Aspects of Computing, pp. 79-96 (conferinta ERA de categorie B)

Grad de realizarea a obiectivelor

Faza	Obiectivul fazei	Grad de realizare faza/2014 [%]	Grad de realizare faza/proiect [%]
3	Achizitionarea si formatarea datelor	100	100
3	Reprezentarea problemei de amenajare silvica	100	100
3	Produse LONI	10 (produse pe serverul INCDSB 80%)	10
3	Procesarea si interpretarea datelor	100	100
3	Dezvoltarea de software	20	30
3	Rapoarte tehnice si articole stiintifice	200	100

Numarul de articole publicate sau acceptate spre publicare în fluxul stiintific principal international

- Factorul de impact relativ cumulat al articolelor publicate: 2.344
- Ponderea contributiei financiare private la proiect: 12%
- Valoarea contributiei financiare private la proiect: 75000 RON

Bibliografie

- Lin, C., C. Lo, and G. Thomson. 2011. Estimating individual tree characteristics using the MMAC algorithm and a lidar-derived canopy height model. *Journal of Earth Science and Engineering* **1**:36-42.
- Popescu, S. 2007. Estimating biomass of individual pine trees using airborne lidar. *Biomass & Bioenergy* **31**:646-655.
- Popescu, S., R. H. Wynne, and R. H. Nelson. 2002a. Estimating plot-level tree heights with lidar: local filtering with a canopy-height based variable window. *Computers and Electronics in Agriculture* **37**:71-95.
- Popescu, S. C., R. H. Wynne, and R. F. Nelson. 2002b. Estimating plot-level tree heights with lidar: local filtering with a canopy-height based variable window size. *Computers and Electronics in Agriculture* **37**:71-95.