

**Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați**  
**Școala doctorală de Inginerie industrială**



# **TEZĂ DE DOCTORAT**

## **Metode moderne de monitorizare a ecosistemelor forestiere, pentru evaluarea nivelului de sănătate**

**Rezumat**

**Ing. Valentin HAHUIE**

**Conducător științific,  
Prof. Dr. Ing. Lucian GEORGESCU**

**Seria I4: Inginerie industrială Nr. 46**

**GALAȚI  
2017**

**Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați**  
**Școala doctorală de Inginerie industrială**



# **TEZĂ DE DOCTORAT**

## **Metode moderne de monitorizare a ecosistemelor forestiere, pentru evaluarea nivelului de sănătate**

**Rezumat**

**Ing. Valentin HAHUIE**

**Conducător științific,  
Președinte** Prof. dr. ing. **Lucian Puiu GEORGESCU**  
Prof. univ. dr. ing. **Eugen RUSU**

**Referenți științifici** CSI dr. ing. **Nicolae Ovidiu BADEA** - Institutul Național de  
Cercetare Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea”  
CSI dr. ing. **Ionel POPA** - Institutul Național de Cercetare  
Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea”  
Conf. dr. ing. **Florin CLINOVACHI** - Facultatea de Silvicultură  
- Universitatea „Stefan cel Mare” Suceava

**Seria I4: Inginerie industrială Nr. 46**

**GALAȚI**

**2017**

Seriile tezelor de doctorat sustinute public în UDJG începând cu 1 octombrie 2013 sunt:

Domeniul **ȘTIINȚE INGINEREȘTI**

Seria I 1: **Biotehnologii**

Seria I 2: **Calculatoare și tehnologia informației**

Seria I 3: **Inginerie electrică**

Seria I 4: **Inginerie industrială**

Seria I 5: **Ingineria materialelor**

Seria I 6: **Inginerie mecanică**

Seria I 7: **Ingineria produselor alimentare**

Seria I 8: **Ingineria sistemelor**

Domeniul **ȘTIINȚE ECONOMICE**

Seria E 1: **Economie**

Seria E 2: **Management**

Domeniul **ȘTIINȚE UMANISTE**

Seria U 1: **Filologie-Engleză**

Seria U 2: **Filologie-Română**

Seria U 3: **Istorie**

## Cuvânt înainte

Suntem mândri și bucuroși să mulțumim personal responsabililor instituțiilor și organismelor reprezentative, care ne-au ajutat să ne documentăm, să pornim, să gestionăm și să finalizăm această interesantă teză.

Această lucrare se dorește a fi rodul unui efort susținut de ani buni de studiu și experimentări, precum și de încercări succesive și reluări de problematice specifice.

Mulțumiri domnului Profesor doctor inginer Lucian Puiu Georgescu, profesor coordonator și îndrumător, pentru timpul acordat și consacrat pentru această teză. Știm că în această teză nu am reușit în totalitate să integrăm toate studiile pe care am fi dorit să le expunem, dar prezenta lucrare poate fi o piatră de temelie în aplicațiile viitoare.

Nu în ultimul rând, dorim să mulțumim domnului Conferențiar doctor habil. Gabriel Murariu pentru colaborarea substanțială în prelucrarea și publicarea de date și rezultate, din prezenta lucrare de cercetare, în publicații renumite de specialitate.

Cercetările sunt la început și rezultatele obținute sunt prezentate și publicate într-un număr de 7 articole în reviste BDI precum The Annals of "Dunărea de Jos" University of Galați - Fascicle II. Alte 2 articole sunt în curs de publicare ISI- în The International Journal of Conservation Science (IJCS) precum și 1 articol ISI Proceedings deja publicat (<http://doi.org/10.1063/1.4972387>).

De asemenea au fost înregistrate un număr de 12 participări la conferințe internaționale pe probleme de mediu și interdisciplinare (TIM 15-16 Physics Conference), respectiv la conferințe internaționale de prestigiu (The International Conference on Environmental Engineering and Management (ICEEM) 6 – 9 September 2017 - Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Italy) și ale organizațiilor continentale (International U.A.B. – B.EN.A. Conference Environmental Engineering And Sustainable Development- Alba Iulia, Romania, May 25-27th, 2017).

Toate aceste rezultate demonstrează un efort susținut desfășurat pentru a încheia cu succes stagiul doctoral.

## Listă lucrări personale

### A. Articole ISI si ISI proceedings

1. Gabriel Murariu, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Maxim Arseni, Catalina Iticescu, Adrian Gabriel Murariu, *Study on the influence of atmospheric parameters on the accuracy of the geodetic measurements*, **AIP Conference Proceedings 1796, 040009 (2017)**;  
<http://doi.org/10.1063/1.4972387>  
(<http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.4972387> )
2. Gabriel Murariu, **Valentin Hahuie**, Adrian Gabriel Murariu, Lucian Georgescu, and Catalina Iticescu, *Forest Monitoring Method Using Combinations ff Satellite And UAV Aerial Images. Case Study - Bălăbănești Forest*, International Journal of Conservation Science (IJCS), Volume 8, Issue 2, 2017, pp. 303-316, ( <http://www.ijcs.uaic.ro/current.html> )
3. Gabriel Murariu, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Adrian Gabriel Murariu, Catalina Iticescu, Mihaela Calin, *Assessment of The Efficiency Exploitation for White Poplar Species Using an Optimized Management System. Case Study - Independenta Forest, in second review* to Annals of Forest Research

### B. Articole trimise spre revizie:

1. Gabriel Murariu, Adrian Murariu, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Alina Mihaela Calin, Ionica Soare, *Forest Composition Monitoring Method Using Satellite And UAV Aerial Images. Case Study - Bălăbănești Forest*, The International Conference on Environmental Engineering and Management (ICEEM), 6 – 9 September 2017 at the Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Italy.
2. Gabriel Murariu, Adrian Murariu, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Alina Mihaela Calin, Ionica Soare, *Growth Rate Assessment and the Evaluation of the Logging Efficiency. Case Study - Independenta - Hanu Conachi Forest*, The International Conference on Environmental Engineering and Management (ICEEM), 6 – 9 September 2017 at the Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Italy
3. Gabriel Murariu, **Valentin Hahuie**, Adrian Murariu, Lucian Georgescu, Catalina Iticescu, Mihaela Alina Calin, Ionica Soare, Oniga Mihaela, *Assessment of Forests Composition Using Combined Techniques with Satellite Images and Specific High Definition Aerial UAV Pictures. Case Study - Buciumeni Forest*, International U.A.B. – B.EN.A. Conference Environmental Engineering And Sustainable Development, Alba Iulia, Romania, May 25-27th, 2017
4. Gabriel Murariu, **Valentin Hahuie**, Adrian Murariu, Lucian Georgescu, Catalina Iticescu, Mihaela Alina Calin, Ionica Soare, Oniga Mihaela, *Assessment of the Efficiency Exploitation for White Poplar Species Using an Optimized Management System. Case Study - Independenta Forest*, International U.A.B. –

B.EN.A. Conference Environmental Engineering And Sustainable Development, Alba Iulia, Romania, May 25-27th, 2017

**C. Articole in reviste indexate BDI**

1. **Hahuie Valentin**, Emilian Dănilă, Adriana Dănilă, Lucian Georgescu, *Using multifractal geometry to change the structure of forest in Galati area*, Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics Fascicle II, Year VI (XXXVII) 2014, Special Issue, 26-32
2. **Valentin Hahuie**, Emilian Danila, Adriana Danila, Lucian Puiu Georgescu, *Using Multifractal Geometry to Change the Structure ff The Forest In The Galati Area*, Proceedings of the Third Scientific Conference of the Doctoral Schools from “Dunarea de Jos” University of Galati (CCSD-UDJG 2015), Galati 4-5 June 2015, Annals of “Dunarea De Jos” University ff Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, FASCICLE II, YEAR VII (XXXVIII) 2015, No. 1, pag. 26-33 ([http://www.phys.ugal.ro/Annals\\_Fascicle\\_2/Year2015/Vol1.htm](http://www.phys.ugal.ro/Annals_Fascicle_2/Year2015/Vol1.htm))
3. Gabriel Murariu, **Valentin Hahuie**, Adrian Murariu, Catalina Iticescu, Lucian Georgescu, Ciprian Vlad, Proceedings of the Fourth Scientific Conference of Doctoral Schools from “Dunărea de Jos” University of Galati (CCSD-UDJG 2016), Galati, June 2-3, 2016, Annals of “Dunarea De Jos” University ff Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, FASCICLE II, YEAR VIII (XXXVIX) 2016, No. 1, pag. 118-127 ([http://www.phys.ugal.ro/Annals\\_Fascicle\\_2/Year2016/SummaryII.htm](http://www.phys.ugal.ro/Annals_Fascicle_2/Year2016/SummaryII.htm))
4. Gabriel Murariu, **Valentin Hahuie**, Adrian Murariu, Catalina Iticescu, Lucian Georgescu, Ciprian Vlad, Investigation on satellitar and UAV cadastral results. Case study - Balabanesti forest areas, Proceedings of the Fourth Scientific Conference of Doctoral Schools from “Dunărea de Jos” University of Galati (CCSD-UDJG 2016), Galati, June 2-3, 2016, Annals of “Dunarea De Jos” University ff Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, FASCICLE II, YEAR VIII (XXXVIX) 2016,, No. 1, pag. 128-138 ([http://www.phys.ugal.ro/Annals\\_Fascicle\\_2/Year2016/SummaryII.htm](http://www.phys.ugal.ro/Annals_Fascicle_2/Year2016/SummaryII.htm))
5. Bogdan Burlacu, Lucian Georgescu, Catalina Iticescu, Gabriel Murariu, Adrian Gabriel Murariu, Radu Manolache, **Valentin Hahuie**, Proceedings of the Fourth Scientific Conference of Doctoral Schools from “Dunărea de Jos” University of Galati (CCSD-UDJG 2016), Galati, June 2-3, 2016, Annals of “Dunarea De Jos” University ff Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, FASCICLE II, YEAR VIII (XXXVIX) 2016, No. 1, pag. 71-80 ([http://www.phys.ugal.ro/Annals\\_Fascicle\\_2/Year2016/SummaryII.htm](http://www.phys.ugal.ro/Annals_Fascicle_2/Year2016/SummaryII.htm))
6. Gabriel Murariu, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Catalina Iticescu, The fractal analysis results for forest area evolution monitoring – Study case Balabanesti Forest, Annals of “Dunarea De Jos” University ff Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, FASCICLE II, YEAR VIII (XXXVIX) 2016, No. 2, pag. 256-259 ([http://www.phys.ugal.ro/Annals\\_Fascicle\\_2/Year2016/SummaryVolume2.htm](http://www.phys.ugal.ro/Annals_Fascicle_2/Year2016/SummaryVolume2.htm))
7. Gabriel Murariu, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Catalina Iticescu, The fractal analysis results for forest area evolution monitoring – Study case Valeni Forest, Annals of “Dunarea De Jos” University ff Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, FASCICLE II, YEAR VIII (XXXVIX) 2016, No. 2, pag. 253-255 ([http://www.phys.ugal.ro/Annals\\_Fascicle\\_2/Year2016/SummaryVolume2.htm](http://www.phys.ugal.ro/Annals_Fascicle_2/Year2016/SummaryVolume2.htm))
8. Mihaela Cudalbeanu, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Catalina Iticescu, Gabriel Murariu, The annual dynamics that characterizes the physico-chemical parameters for water quality in the Grindu Area, Annals of “Dunarea De Jos” University ff Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, FASCICLE II, YEAR VIII (XXXVIX) 2016, No. 2, pag. 200-203 ([http://www.phys.ugal.ro/Annals\\_Fascicle\\_2/Year2016/SummaryVolume2.htm](http://www.phys.ugal.ro/Annals_Fascicle_2/Year2016/SummaryVolume2.htm))
9. **Valentin Hahuie**, Emilian Dănilă, Adriana Dănilă, Lucian Georgescu, *Changing the structure of forest land in the region of Galati by means of multifractal geometry*, Annals of

“Dunarea De Jos” University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Fascicle II, YEAR VI (XXXVII) 2014, 74-79

10. **Valentin Hahuie**, Emilian Dănilă, Adriana Dănilă, Lucian Georgescu, Dănuț Lefter, *Desertification - causes, solutions to reduce the phenomenon and the benefits of afforestation*, Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Fascicle II, Year VI (XXXVII) 2014, Special Issue, 1-16, ([http://www.phys.ugal.ro/Annals\\_Fascicle\\_2/Year2014/Summary.htm](http://www.phys.ugal.ro/Annals_Fascicle_2/Year2014/Summary.htm))

11. Dănuț LEFTER, Lucian P. GEORGESCU, Daniela L. BURUIANĂ, Ina I. HUMENIUC, **Valentin Hahuie**, Catalina M. TOPA, *Monitoring and Prediction of Soil Pollution in Galati Area*, Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Fascicle II, Year VI (XXXVII) 2014, Special Issue, 1-16

**D. Articole in proceedings ale conferintelor**

1. G. Murariu, **V. Hahuie**, L. P. Georgescu, A.G. Murariu, *Evaluation of the Evolution And Composition of Forested Areas. Preliminary Results. Study Case- Balabanesti Forest*, IBWAP Conference (<http://www.ibwap.ro/2016/articles/program> )

**E. Lucrari prezentate la conferinte internationale**

1. Gabriel Murariu, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Maxim Arseni and Adrian Gabriel Murariu, *Improving Orthophotoplans And Patterns Construct of Land by Using Aerial Photographs Captured Using. Case Study - Forest Garboavele*, Conferinta internationala - TIM 15 - 16 - INTERNATIONAL PHYSICS CONFERENCE West University of Timisoara, 26th – 28th of May 2016 ([http://www.timconference.uvt.ro/upload/TIM15-16\\_Conference%20Schedule.pdf](http://www.timconference.uvt.ro/upload/TIM15-16_Conference%20Schedule.pdf) )

2. Gabriel Murariu, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Maxim Arseni and Adrian Gabriel Murariu, *Investigation On Satellitar And UAV Cadastral Results. Case Study - Galati County Forest Areas* , Conferinta internationala - TIM 15 - 16 - INTERNATIONAL PHYSICS CONFERENCE, West University of Timisoara, 26th – 28th of May 2016 ( [http://www.timconference.uvt.ro/upload/TIM15-16\\_Conference%20Schedule.pdf](http://www.timconference.uvt.ro/upload/TIM15-16_Conference%20Schedule.pdf) )

3. Gabriel Murariu, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Maxim Arseni and Adrian Gabriel Murariu, *Study on the Influence of Atmosheric Parameters on the Accuracy Of The Geodetic Measurements* Conferinta internationala - TIM 15 - 16 - INTERNATIONAL PHYSICS CONFERENCE, West University of Timișoara, 26th – 28th of May 2016 ( [http://www.timconference.uvt.ro/upload/TIM15-16\\_Conference%20Schedule.pdf](http://www.timconference.uvt.ro/upload/TIM15-16_Conference%20Schedule.pdf) )

**F. Cărți / Îndrumare cu caracter didactic / profesional**

1. Lucian P. Georgescu, Cătălina Iticescu, **Valentin Hahuie**, *Reconstrucție si revitalizare ecologică*, Editura Europlus, Galați, 2015, ISBN 978-606-628-129-4, 210 pagini.

## CUPRINSUL TEZEI

<b>Introducere</b>	<b>7</b>
• <b>Capitolul 1 Stadiul actual al dezvoltării sistemelor de monitorizare si evaluare a arealelor forestiere</b>	<b>11</b>
1.1 Istoric al sistemelor de monitorizare .....	11
1.2 Aplicații si utilizări contemporane. ....	11
1.3 Avantaje ale utilizării sistemelor satelitare si aeriene .....	14
1.4 Dezavantaje si limitări ale utilizării sistemelor satelitare si aeriene .....	14
1.5 Utilizări pe plan național sistemelor satelitare si aeriene .....	15
• <b>Capitolul 2 Materiale si metode</b>	<b>16</b>
2.1 Introducere. ....	16
2.2 Zonele forestiere studiate.....	25
2.3 Metode de preluare a datelor.....	28
2.4 Modele matematice.....	33
2.5 Concluzii .....	42
• <b>Capitolul 3. Rezultate si discuții</b>	<b>43</b>
3.1 Trup pădure Bălăbănești .....	43
3.2 Trup pădure Buciumeni .....	66
3.3. Trup pădure Văleni Vaslui .....	88
3.4. Trup pădure Independenta .....	110
• <b>Capitolul 4. Modele matematice de optimizare a evaluării evoluției trupurilor de pădure</b>	<b>130</b>
4.1 Sistemul de parcele din trupul de pădure Independenta – Hanu Conachi .....	130
4.1.1 Descrierea trupului de pădure Independenta – Hanu Conachi pe subunități de producție .....	133
4.1.2 Modele de evoluție .....	158
4.1.2.a – Modele de evoluție pentru plop euramerican .....	158
4.1.2.b – Modele de evoluție pentru plop alb (Populus alba) .....	165
• <b>Capitolul 5. Concluzii</b>	<b>171</b>
5.1 Concluzii .....	171
5.2 Direcții de dezvoltare .....	175
<b>Lista de lucrări .....</b>	<b>177</b>
<b>Bibliografie .....</b>	<b>181</b>



## INTRODUCERE

Monitorizarea mediului și mai ales prevenirea degradării lui este la ora actuală un deziderat major. Degradarea solului, diminuarea zonelor împădurite, fenomenul de încălzire globală, etc. generează efecte greu de evaluat în viitor. În acest sens, orice efort pentru monitorizarea mediului și identificarea modificărilor de natură ecologică este impetuos necesar.

Apariția și dezvoltarea ființei umane a fost „evenimentul” care a introdus puternice influențe asupra mediului natural. Dacă plantele și animalele se adaptează la condițiile oferite de mediu, omul își impune voința adaptând mediul la nevoile sale. Prin continuă perfecționare a științei și tehnicii, factorul antropic a produs importante schimbări în structura funcțională a mediului înconjurător, începând cu defrișările, care afectează la momentul actual întregul mapamond și până la poluarea radioactivă datorată unei utilizări excesive și defectuoase a energiei atomice. Deteriorarea mediului înseamnă distrugerea echilibrului ecologic și apariția unei reacții inverse din partea naturii asupra omului, noile condiții ale mediului modificat fiind mai puțin favorabile pentru viața tuturor vietăților.

Județul Galați se înscrie în aria județelor pericarpatice dunărene, fiind situat relativ aproape de Marea Neagră, la confluența a trei mari ape curgătoare - Dunăre, Siret, Prut. Condițiile naturale de climă, relief, regim de precipitații, vegetație și substrat litologic, coroborate cu o agrotehnică necorespunzătoare de gospodărire a terenurilor, fac ca județul Galați să se numere printre județele cu cele mai mari suprafețe de teren degradat din țară. Necesitatea acțiunilor ecologice imediate este dictată de apariția de forme accentuate de degradare, și anume : eroziune de suprafață accentuată și eroziune de adâncime, numeroase ravene, ogașe, rigole și șiroiri, forme de degradare ce conduc la: scăderea fertilității solului, activarea secetei, micșorarea producției agricole, reducerea suprafeței arabile, înrăutățirea regimului apelor, colmatarea lacurilor de acumulare, poluarea solului, îngreunarea exploatarea terenurilor agricole și nu în cele din urmă la degradarea drumurilor și așezărilor omenești. Terenurile din zona județului Galați sunt caracterizate și prin factori ecologici extrem limitativi: deficit puternic de apă în sol în perioada de vegetație, versanți lungi neuniformi ondulați cu grad ridicat de frământare, insolație, evapo-transpirație excesivă, expoziție însoțită, pantă ridicată, sol lipsit în cea mai mare parte de humus. Formele de relief caracteristice acestor terenuri, combinate cu elemente de climă (precipitații atmosferice de tip torențial în perioada de vară, vânt, temperatură și de substratul petrografic format ca loess și nisipuri), favorizează în mod continuu procesul de eroziune de suprafață și de adâncime.

Pe de alta parte, un mare accent s-a pus pe dezvoltarea, implementarea si utilizarea de mijloace si metode noi si moderne de monitorizare si evaluare a ecosistemelor forestiere din județ.

Din acest punct de vedere, mijloacele si procedeele dezvoltate si aplicate au pus accent pe utilizarea metodelor contemporane de monitorizare aeriana, cu ajutorul orto-fotogramelor și imaginilor satelitare. O astfel de abordare corespunde pe deplin cerințelor moderne privind cercetarea în domeniu. Sunt expuse procedee de utilizare eficienta a fotogramelor satelitare si a celor preluate din UAV-urile proprii, dar, pe de alta parte sunt propuse si explicitate metode noi de studiu.

În acest spirit, lucrarea de fata analizează într-o perspectiva critica metodele moderne utilizate în monitorizarea vegetației pe arii largi si putem spune ca aceste metode nu sunt nici pe departe eficiente si nu oferă răspuns imediat la problemele concrete ridicate de societate. Cu mândrie putem spune ca la deficiențele observate am venit cu o soluție alternativa care a fost testata în cadrul acestei lucrări pe 4 trupuri de pădure.

Succesul si eficienta metodelor gândite, proiectate si implementate în cadrul acestui studiu nu este asigurat în totalitate, pentru ca sunt necesare verificarea si implementarea si în alte zone ale tarii, în alte forme de relief cu alte structuri si compoziții ale arealelor împădurite. Cu toate acestea, metodele si procedeele dezvoltate în cadrul acestei lucrări corespund celor utilizate la nivel național si mondial, singurul impediment fiind rezoluția fotogramelor preluate.

Din acest punct de vedere, lucrarea de fata se poate considera ca un început de drum în dezvoltarea unor cercetări noi pe aceasta direcție, fapt demonstrat si de numărul mare de lucrări prezentate si publicate pe aceasta tema.

Alegerea celor 4 trupuri de pădure din cadrul județului Galați si anume pădurea Bălăbănești, Buciumeni, Vălenii Vaslui, Independenta si respectiv Băleni a fost făcută în baza unui motiv obiectiv: s-a dorit ca modele dezvoltate de noi sa poată fi verificate în teren prin măsurători efective si atunci motivul de se selecta corpuri apropiate a fost esențial.

Aceasta selecție a adus si câteva avantaje procedurale si metodologice prin faptul ca din selectarea unor suprafețe de pădure în zona județului Galați, formele de relief întâlnite a fost aproximativ asemănătoare. Acest aspect coroborat cu faptul ca aceste formele de relief au fost lipsite de zone accidentate a constituit în mod cert un avantaj în ceea ce privește aplicabilitatea metodelor noastre. În cercetările care vor continua vom testa eficacitatea metodelor de analiza în cadrul unor areale împădurite localizate în văi sau pe versantul munților.

Un alt avantaj major pe care l-am exploatat a fost faptul ca fotografiile satelitare utilizate au fost nepreferențiate, prelevate si prelucrate după același standard. Acest aspect a fost esențial în cadrul analizelor desfășurate de către noi, mai ales în timpul procesării elementelor de imagine. Astfel, rezoluția a fost riguros respectata, perioada de prelevare a fost aceeași si mai ales faptul ca

fotografiile au fost referențiate cu o precizie de maxim 4 metri, a constituit în mod evident un avantaj care a permis dezvoltarea unei metode eficiente de evidențiere a dinamicii și dezvoltării unui ecosistem forestier.

În ceea ce privește setul de metode prezentate în lucrarea de față, putem afirma faptul că aceste metode utilizate, studiate, testate și validate cu o bună precizie, se înscriu în domeniul metodelor moderne utilizate la nivel mondial în cazuri asemănătoare..

Pe de altă parte, la ora actuală se pune din ce în ce mai mult accentul pe utilizarea de mijloace software care să ajute la procesarea informațiilor preluate de diferite mijloace de supraveghere: sateliți, avioane, dispozitive UAV (*unmanned aerial vehicle*). Acest aspect important a constituit de asemenea un punct de plecare în redactarea acestei teze. În acest sens, se poate afirma faptul că la nivel mondial se pune un accent foarte mare pe utilizarea metodelor de monitorizare și evaluare folosind mijloace de teledetecție, ceea ce a constituit un punct de plecare în redactarea acestei teze.

Scopul fundamental al lucrării de față este de a testa și dovedi posibilitatea combinării unor tehnici de supraveghere și monitorizare relativ complementare – prima tehnică bazată pe preluarea de fotografii satelitare în spectrul vizibil cu rezoluție acceptabilă care să ofere baza unei prime analize și a doua metodă bazată pe preluarea de fotografii aeriene de mare precizie folosind dispozitive de tip UAV. În acest mod, lucrarea de față se înscrie în contextul general actual de combinare a diferitelor tehnici de monitorizare în scopul obținerii unor performanțe superioare. Acest obiectiv este ușor de desprins din lucrările publicate în literatura de specialitate. Un alt obiectiv urmărit în cadrul acestei lucrări a fost de a testa și demonstra posibilitatea obținerii unui sistem de monitorizare fiabil cu un cost minimal. În acest sens, s-a urmărit proiectarea, testarea și verificarea unei metodologii care să combine fotografiile de tip LANDSAT - care să cuprindă doar trei benzi spectrale (banda culorii roșii, culorii verzi și respectiv albastre) – fotografiile care se pot obține la un preț minimal și utilizarea fotografiilor aeriene de mare rezoluție, preluate de către dispozitive UAV din puncte atent selectate pentru confirmarea și corectarea modelului construit pe baza imaginilor satelitare.

## CAPITOLUL 1.

### Stadiul actual al dezvoltării sistemelor de monitorizare si evaluare pentru areale forestiere

#### 1.1 Istoric al sistemelor de monitorizare

In dezvoltarea civilizației umane, din cele mai vechi timpuri, se pot identifica o serie momente si perioade esențiale care au fost marcate de legătura dintre om si pădure (Balenović I. et al. 2011, Balenović I. et al. 2012, Balenović I. et al. 2013, Murariu et a. 2015). Începând cu cele mai vechi timpuri, când pădurile constituiau adăpost pentru oameni și terminând cu zilele noastre, când pădurile contribuie la atenuarea efectelor variabilității climatice, purifică, filtrează și oxigenează aerul, oferind totodată și materii prime, omul fiind astfel mereu in legătura strânsă cu acestea (Balenović I. et al. 2011-2013, Murariu et a. 2015).



**Fig. 1.1.** - UAV utilizat in monitorizarea zonelor protejate – Universitatea Dunărea de Jos - Galați

#### 1.1.a Istoric al sistemelor clasice de monitorizare

Din cele susmenționate, omul mereu a fost interesat de supravegherea si îngrijirea pădurilor (Anttila P., 1998, Anttila P., 2005). Multe efecte benefice au fost înregistrate de-a lungul timpului, începând cu stabilizările de sol împotriva alunecărilor de teren si terminând cu mijloacele utilizate de oameni pentru lupta împotriva deșertificării (Anttila P., 1998, Anttila P., 2005). Aceste cerințe si

metode au fost întâlnite atât în timpul Evului Mediu când pădurile erau sursa de hrană și adăpost, dar și în perioada istorică modernă, când arealele împădurite erau considerate surse de venituri pentru ordine religioase, latifundiarilor și comunități (Balenović I. et al. 2011-2013, Murariu et al. 2015).

### 1.1.b Istoric al sistemelor moderne de monitorizare

În epoca contemporană, mai ales în ultimii 50 de ani, tehnicile de supraveghere s-au înmulțit (Alberti G., et al. 2013). Dacă la început oamenii străbăteau prin păduri trasee dificile pentru a inspecta toate zonele de interes, după anii 1945 au fost puse la punct metode de supraveghere aeriană folosind mijloace auto-propulsoare, precum avioanele și dirijabilele (Michailoff I., 1943, Meyer P., et al. 1996, Korpela I., 2004, Magnusson M., et al. 2005, Mingireanu et al. 2011, Benko M., 1993, Balenović I., 2011).

Începând cu anii 1960, metodele de supraveghere s-au diversificat prin introducerea observațiilor satelitare și combinate (avio-satelitare) (Morgan J.L., et al. 2010, Lemmens M., 2011, L. Barrett, et al. 2015, Murariu et al. 2016a). Acest moment practic marchează nașterea unor organizații și servicii specializate în observarea globală a parametrilor de vegetație și nivelului de dezvoltare a pădurilor într-un mod automatizat (<http://www.nnvl.noaa.gov/>).

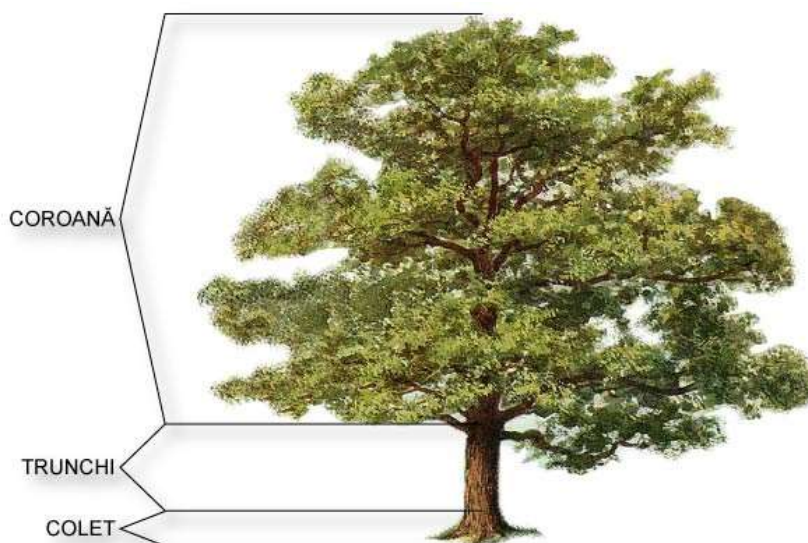


Fig. 1.2 - Structura unui arbore (Iancu et al, 1992)

### 1.2 Aplicații și utilizări contemporane ale sistemelor de monitorizare

În același timp, o serie de parametri fundamentali pentru caracterizarea arealului împădurit au fost standardizați și introduși în sistemul internațional de mărimi elementare pentru arbori : înălțimea și diametrul arborilor, volumul de lemn, etc. și pentru arborete : consistența, densitatea, compoziția, etc. Aceste au fost criterii au fost monitorizate în mod sistematic, pentru găsirea celor mai eficiente soluții de protejare și perpetuare a „aurului verde” al omenirii.

Prin definiție, arborele este o plantă cu trunchi înalt și puternic, având multe ramuri cu frunze ce formează o coroană; arborii sunt plante care aparțin încregăturii Spermatophyta. Arboretul este o suprafață de pădure reprezentată de un grup omogen de arbori, indiferent de specie, vârstă sau structură, ce conviețuiesc în comun. Acest termen este folosit în special în silvo-tehnică pentru îngrijirea și conducerea acestor arbori spre maturitate (Iancu et al, 1992, Hahuie V. et al, 2015).

În urmă cu 30 de ani țara noastră s-a „afiliat” unui sistem european de monitorizarea pădurilor cu date de la sol. *Monitoringul forestier* este o rețea sistematică transnațională și națională prin care, începând cu anul 1987, se fac evaluări anuale ale stării de sănătate a pădurilor. (Badea O., et. al. 2010, Mihai D., et. al. 2000). Rolul principal este cunoașterea dinamicii și distribuției spațiale a pădurilor vătămate din Europa, realizarea unei baze de date privind starea coroanelor arborilor, a solurilor și conținutul lor în substanțe nutritive. Obiectivele generale ale monitoring ului sunt urmărirea efectelor poluării aerului și a altor factori biotici și abiotici nocivi, la nivelul întregului fond forestier și asigurarea unui suport informațional unitar și operațional la scară națională și europeană privind variația spațială și temporară a condițiilor de mediu forestier. Scopul final este inventarierea fondului forestier și evaluarea stării de sănătate a pădurilor.

***Astfel, lucrarea de față vine în sprijinul metodei susmenționate creând un model de supraveghere și monitorizare în timp, folosind inițial măsurători și date de la sol și ulterior în anii următori identificând expeditiv o parte importantă a criteriilor urmărite, utilizând date digitale, aerofotograme și imagini satelitare.***

## **1.5 Aplicații naționale și utilizări locale ale sistemelor satelitare și aeriene**

Pe plan național, exista o serie de specialiști care au desfășurat activități de cercetare în domeniul monitorizării și evaluării potențialului economic și turistic pentru arealele împădurite din România (Badea O., et. al. 2010, Borz S. et al. 2013, Popa I. et al. 2007, Drăgoi M. et al. 2011, Mihai D., et. al. 2000).

Cercetările desfășurate au constituit puncte de referință pentru aceasta lucrare. Pe de altă parte folosind metodele prezentate mai departe în cadrul acestei teze, rezultatele obținute sunt comparabile cu cele pe plan național și mondial.

## CAPITOLUL 2.

### MATERIALE SI METODE

#### 2.1. Introducere

Investigațiile descrise în această lucrare au fost realizate pe teritoriul județului Galați (Murariu et. al. 2015, Hahuie et al. 2015a, Hahuie et al. 2016).

Județul Galați reprezintă principalul centru economic și industrial din partea central-estică a României (Murariu et. al. 2015, Hahuie et al. 2015a, Hahuie et al. 2016).



**Fig. 2.1** Reprezentarea hărții României cu precizarea poziției județului Galați ([www.google.ro](http://www.google.ro)).

#### 2.2. Zonele forestiere studiate

În județul Galați există un număr de 23 de zone protejate, așa cum rezultă din tabelul 2.1. În cadrul studiului s-au abordat, în mod sistematic un număr de 5 areale forestiere, din 3 unități de producție (UP) de pe teritoriul județului Galați (Fig. 2.2).

În cadrul Ocolului silvic Grivița, am ales Pădurea Bălăbănești (Fig. 2.3) datorită compoziției acestui trup de pădure. În cazul pădurii Bălăbănești (poziția 1 - Fig. 2.3) am putut concepe, verifica și apoi generaliza și în celelalte cazuri, modelele neliniare și metoda propusă în această lucrare.

*Tabel 2.1 Județul Galați - zone protejate în județ*

Nr.	Numele zonei protejate	Locație	Aria (ha)	Tipul zonei protejate
1	Dunele de nisip de la Hanu Conachi	Comuna Fundeni, satul Hanu Conachi	199,30	Rezervație naturală
2	Pădurea Gârboavele	Municipalitatea Galați	230,00	Rezervație naturală
3	Pădurea - Roșcani Breana	Comuna Băneasa	78,30	Rezervație naturală
4	Pădurea Fundeanu	Comuna Drăgușeni	53,20	Rezervație naturală



5	Pădurea Tălășmani	Berești Oraș	20,00	Rezervație naturală
6	Pădurea Buciumeni	Comuna Buciumeni și Brăhășești	71,20	Rezervație naturală
7	Pădurea Pogănești	Comuna Băneasa	33,50	Rezervație naturală
8	Zona Fosiliferă Tirighina Bărboși	Municipalitatea Galați	1,00	Rezervație naturală
9	Zona Fosiliferă Rateș	Tecuci Municipalitatea	1,50	Rezervație naturală
10	Zona Fosiliferă Berești	Berești Oraș	49,00	Rezervație naturală
11	Mlaștina Potcoava	Comuna Braniștea	49,00	Rezervație naturală
12	Mlaștina Tălăbasca	Comuna Tudor Vladimirescu	139,00	Rezervație naturală
13	Lacul Pochina (Parc National - lunca de jos Prut)	Comuna Suceveni	74,80	Rezervație naturală
14	Lacul Vlășcuța (Parc National - lunca de jos Prut)	Comuna Măstăcani	41,80	Rezervație naturală
15	Ostrovul Prut (Parc National - Lunca de jos Prut)	Municipalitatea Galați	62,00	Rezervație naturală
16	(Parc National - Lunca de jos Prut) (Mața-Rădeanu)	Comuna Cavadinești	81,00	Rezervație naturală
17	(Parc National - Lunca de jos Prut)	Județul Galați EST	8.247	Parc Natural
18	Grădina Botanică	Municipalitatea Galați	22,2	Patrimoniu județean protejat
19	Grădina Publică	Municipalitatea Galați	16	Patrimoniu județean protejat
20	Faleză Dunării	Municipalitatea Galați	30	Patrimoniu județean protejat
21	Parcul CFR	Municipalitatea Galați	2,92	Patrimoniu județean protejat
22	Parcul Eminescu	Municipalitatea Galați	0,8	Patrimoniu județean protejat
23	Turnul TV	Municipalitatea Galați	0,6	Patrimoniu județean pro

În partea de nord vest , la granița cu județul Vrancea, am ales pădurea Buciumeni (poziția 2 - Fig. 2.2) datorită faptului că în acest caz am putut verifica modelele lineare de studiu (modele ce vor fi prezentate mai departe).



**Fig. 2.2** Harta zonelor forestiere din județul Galați [31].



În partea de vest a județului Galați am ales pădurea din dreptul comunei Independenta (poziția 3 - Fig. 2.3). În cadrul acestui trup de pădure am realizat un studiu statistic de anvergură, în scopul validării modelelor neliniare și a celui aferent distribuției de culoare – modele ce vor fi prezentate mai departe.

În partea centrală, am ales două trupuri de păduri – corpul de pădure din dreptul localității Băleni (poziția 5 - Fig. 2.3) și respectiv cel din dreptul localității Târgu Bujor (poziția 4 - Fig. 2.3). În cadrul trupului de pădure Băleni am realizat cel de al doilea studiu statistic de anvergură, în scopul validării și confirmării modelelor neliniare și a celui aferent distribuției de culoare – modele ce vor fi prezentate mai departe.

Ultimul trup de pădure ales este cel din dreptul localității Târgu Bujor. În cadrul acestui trup de pădure am realizat un studiu statistic de anvergură, în scopul validării modelelor neliniare și a celui aferent distribuției de culoare – modele ce vor fi prezentate mai departe.

Tabel 2.2 Județul Galați - trupuri de pădure studiate

Nr. crt.	Zona de interes	Compoziția	Consistență (gradul de acoperire a coronamentului pe sol)	Densitate (nr. arbori/ha)
0	1	2	3	4
1	Bălăbănești (GL,VS)	50Sc 20Go 13Te 5St 3Fr 3Ca 6DT DM	0.83	650-1300
2	Buciumeni (GL,VN)	33Te 18Sc 13St 12Ca 8Fa 16DT DM	0.8	500-1100
3	Piscu-Independenta (GL)	29Sa 26Pl.a 17Plea 9Sc 6Pi 11DTDM	0.76	700-900 Sa și 350 Pl.ea
4	Văleni (VS)	45Go 25St 15Te 5Sc 5Fa 5DT DM	0.85	700

**Legenda:**

GL= județul Galați

VN= județul Vrancea

VS= județul Vaslui

Compoziție - proporția speciilor procentual

Consistența = gradul de acoperire a coroanelor pe sol

Clasa de producție = calitatea materialului lemnos  
exploatabil

Desime = numărul de arbori (tulpini) la ha

*Specii arbori :*

Sc = salcâm

St = stejar (toate speciile)

St.b.= stejar brumariu

St.p.= stejar pedunculat

Go= gorun

Fa = fag

Sa = salcie

Pl= plop (toate speciile)

Pl.ea.=plop euramerican (clone hibride)

Pl.n.= plop negru

Pl.a. = plop alb

Te= tei

Fr = frasin

Ca= carpen

Pi= pin

DT= alte foioase cu lemn tare

DM= alte foioase cu lemn moale

Tabel 2.3 Județul Galați - trupuri de pădure studiate

Nr. crt.	Zona de interes	Vârsta medie (ani)	Volum mediu m.c./ha	Creștere medie m.c./an/ha	Clasa de producție	Altitudine (m)		
						limite	medie	in zona
0	1	5	6	7	8	9	10	11
1	Bălăbănești (GL,VS)	37	121	5.2	III.6	60-310	230	230
2	Buciumeni (GL,VN)	46	188	6.3	III.1	125-250	130	245
3	Piscu-independenta (GL)	14	83	7	III.4	4-40	7	7
4	Văleni (GL)	53	145	7.8	II.3.	170-300	220	290

Tabel 2.4 Județul Galați - trupuri de pădure studiate

Nr. crt.	Zona de interes	Temp. medie Grade C	Precip. medii mm/an	Indice de Martonne (ariditate)	Soluri principale
0	1	12	13	14	15
1	Bălăbănești (GL,VS)	9.8	437.3	22	erodisol (46%)
2	Buciumeni (GL,VN)	10.8	467	27	brun luvic(59%),cernoz.c.(40%)
3	Piscu-Independenta (GL)	10.5	419.6	26.3	aluvial tipic (43%)
4	Văleni (GL)	9.8	437.3	22	erodisol(46%)

Condițiile naturale de climă, relief, regim de precipitații, vegetație și substrat litologic, coroborate cu o agrotehnică necorespunzătoare de gospodărire a fondului funciar, fac ca județul Galați să se numere printre județele cu cele mai mari suprafețe de teren degradat din țară. Aceasta zonă este și foarte deficitară în păduri, iar accentuarea fenomenului de secetă și de ariditate manifestate în ultimele două decenii conduc la o degradare ecologică puternică a zonei.

Pornind de la fenomenele negative menționate mai sus și ținând seama de rolul și de importanța pădurilor în menținerea și ameliorarea condițiilor climatice, edafice, sociale și economice, obiectivul prioritar este reconstrucția ecologică prin împădurirea acestor terenuri degradate, respectând legislația subsecventă. Astfel în ultimii 20 ani în județul Galați s-au efectuat lucrări de reconstrucție ecologică pe o suprafață totală de 2048 ha (773 ha - terenuri

Romsilva preluate de la ADS și 1275 ha - în cadrul localităților : Galați, Tecuci, Smârdan, Vânători, Pechea, Nicorești, Drăgănești, Frumușița, Vlădești, Oancea, Băneasa, Vârlezi, Vlădești, Măstăcani, Frumușița și Foltești) .



Fig. 2.3 Harta zonelor forestiere studiate din județului Galați

### 2.3 Metode de preluare a datelor

Principalele metode utilizate de preluare a datelor au fost în principal cele bazate pe studiu în teren, prin observații directe din zonele studiate (Fig. 2.4) dar și prin utilizarea fotogramelor și mijloacelor de observare aeriană (Fig. 2.5a și Fig. 2.5b).



Fig.2.4 – fotografie campanie monitorizare teren – pădurea Independenta (fotografie originală)

#### 2.3.1 Metode de monitorizare și observare directă

Metodele de monitorizare și observare directă au fost utilizate de-a lungul celor 3 ani de studiu. S-au efectuat observații și măsurători trimestrial, notându-se elemente privind compoziția, volumul recoltărilor, gradul de acoperire, etc.

De asemenea, s-au monitorizat vârsta medie, densitatea la hectar, volumul și s-a ținut evidența recoltărilor din corpurile de pădure studiate.

Teritorial, cercetările și analiza s-au desfășurat atât în suprafețele de fond forestier din județul Galați, aflate în raza de administrare a ocoalelor silvice Galați, Grivița, Hanu Conachi și Tecuci cât și în suprafețe din afara fondului forestier aflate în proprietatea publică a unităților administrativ teritoriale pe care se manifestă fenomene de eroziune și degradare a terenurilor și pe care sunt necesare lucrări de refacere și reconstrucție ecologică (Hahuie et al, 2014).



**Fig. 2.5.a** – Dispozitive UAV de tip aripa fixă din dotarea Facultății de Științe și Mediu din cadrul Universității Dunărea de Jos din Galați

### **2.3.2 Metode de monitorizare și observare aeriană**

Metodele de monitorizare și observare aeriană reprezintă un set de proceduri moderne, utilizate pe scară largă la nivel mondial în cadrul cercetărilor asupra faunei și florei.

În acest context, lucrarea de față se înscrie în cadrul internațional prin modernitatea metodelor și procedeele utilizate. Astfel, pentru observațiile efectuate pe zone mai întinse, au fost utilizate fotograme aeriene preluate de către dispozitivele UAV de tip aripă zburătoare din dotarea Facultății de Științe și Mediu din cadrul Universității Dunărea de Jos din Galați (Fig. 2.5.a) dar și cu ajutorul dispozitivului UAV multi rotor din dotarea Facultății de Științe și Mediu (Fig. 2.5.b)

Aripile zburătoare utilizate au anverguri de 2,8 m (Fig. 2.5.a) și respectiv 4,2m. Aripa zburătoare de 2,8 m are tracțiune electrică, fiind dotată cu motoare alimentate de baterii de 10 celule. Capacitatea sarcinii utile este de aproximativ 1kg și a fost utilizată în mai multe campanii de monitorizare, fiind dotată cu echipamente fotografice digitale și respectiv cu echipamente de înregistrare a poziției.

Plafonul de zbor a fost cuprins între 200 m și maxim 2000 de metri (conform reglementărilor în vigoare) iar în cazul studiilor efectuate asupra

pădurilor, plafonul de zbor a fost programat la 150 m, fiind în regim auto pilotat (autopilot de tip PicasHawk 3.2 compatibil cu programarea de tip Mission Planner).

Durata de zbor a fost de maxim 15 minute, fiind influențată de mărimea sarcinii utile încărcată la bord. Programarea zborului se poate face la fata locului cu ajutorul software-ului utilizat și lansarea se face cu ajutorul unei catapulte special construite.



**Fig. 2.5.b** – Dispozitive UAV de multi rotor din dotarea Facultății de Științe și Mediu din cadrul Universității Dunărea de Jos din Galați

Cel de al doilea tip de echipament utilizat în preluarea de imagini de mare rezoluție, pentru zone restrânse, a fost UAV-ul de tip DJI Phantom 3 (Fig.2.5.b).

## 2.4. Modele matematice

În general o fotogramă reprezintă o colecție de celule colorate. În mod normal fiecare pixel – celula conține un număr cuprins între 0 - aferent culorii negre și respectiv 255 - aferent culorii albe dacă face parte dintr-o fotografie alb-negru. În acest caz o fotografie alb-negru poate fi considerată drept o matrice  $A[m \times n]$  de numere întregi și pozitive cuprinse între 0 și 255. Numărul  $m$  reprezintă numărul de linii iar numărul  $n$  – numărul de coloane.

În cazul unei fotografii color fiecare pixel reprezintă o colecție de 3 numere întregi, cuprinse între 0 și 255: primul număr reprezintă tonul (intensitatea) culorii roșii (**Red colour – R**), al doilea tonul (intensitatea) culorii verzi (**Green colour – G**) și cel de al treilea reprezintă tonul (intensitatea) culorii albastre (**Blue colour – B**). În acest caz, o fotografie de tip raster poate fi considerată ca o matrice tridimensională  $A[m \times n \times k]$  unde  $k$  poate lua valorile 1, 2 sau 3 iar  $m$  și  $n$  reprezintă ordinul liniei respectiv a coloanei.

### 2.4.1 Modele matematice utilizate

În cadrul lucrării noastre propunem o îmbinare a celor două moduri dedicate de preluare a fotogramelor aeriene, în scopul obținerii unor rezultate îmbunătățite cu resurse minime.

În principiu, imaginile aeriene preluate din avion sau din satelit oferă câteva avantaje - viteza de preluare și grad de acoperire de suprafețe mari. În același

timp există și o serie de dezavantaje precum costuri ridicate și timpi de prelucrare destul de mari. Pe de altă parte, în cazul fotogramelor preluate din UAV, drept avantaje se pot enumera: timpi de prelucrare mici, costuri reduse, etc. Un mare dezavantaj constă în suprafață relativ mică acoperită la un zbor (aproximativ 10 hectare într-un zbor de 12 minute) [13 -15].

În literatura de specialitate [13 -21] există o serie destul de extinsă de mijloace și modele utilizate pentru studierea arealelor împădurite: modele de tip expert [25], modele bazate pe pat recunoaștere [23], etc.

În acest sens, procedeele și algoritmi construiți și testați în cadrul Departamentului de Chimie, Fizică și Mediu constă în abordarea pe 3 direcții de studiu a fotogramelor asociate arealelor în păduri:

- **o abordare bazată pe studierea spectrului de reflexie** folosind modele liniare și non-liniare
- **o abordare pur geometrică**, studiind proprietățile fotogramelor satelitare și aeriene considerând ipoteza că o pădure se poate asimila unui fractal
- **o abordare cromatică, utilizând procedee de analiza a culorilor și de stabilire a distribuțiilor**

#### **2.4.1.1 Modele matematice liniare utilizate în studierea spectrului de reflexie**

În literatură [13 -21] se face referire la analiza și utilizarea spectrului de reflexie. Lumina, ca vector de transport al energiei, la interacțiunea cu diferite suprafețe suferă un fenomen de reflexie. Culoarea și intensitatea luminii reflectate pot oferi informații prețioase.

Se cunoaște că pentru vegetație, spectrul utilizat este cel infra-roșu – vizibil. Cu ajutorul lui, se poate face evaluarea stării de dezvoltare a vegetației pe o anumită suprafață.

Din literatura [13 -21] se cunoaște că o plantă este cu atât mai sănătoasă cu cât absoarbe mai multă energie luminoasă din domeniul **IR (Infra Red)** – Roșu (**Red**), reflectă cât mai multă lumină în domeniul culorii verzi (Green) și absoarbe cât mai multă energie din domeniul culorii albastre (Blue) – fig. 2.10.

Din acest motiv, multe servicii de monitorizare a vegetației, aleg să facă fotograme aeriene și satelitare folosind 4 benzi spectrale: IR, R, G, și B.

Cel mai des utilizat indice în studierea spectrului de reflexie este indicele NDVI (Fig. 2.6).

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

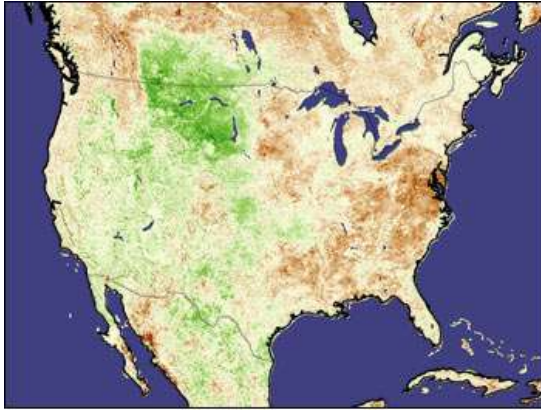
unde NIR – intensitatea luminii infra-roșie, R – intensitatea luminii roșii,

Indicele NDVI se traduce prin raportul dintre diferența energiei emise în Near Infra Red și Red și respectiv suma lor.



In acest moment, putem observa ca acest indice in nici un caz nu răspunde in mod eficient cerințelor noastre privind evaluarea stării de sănătate si de vegetației a unei păduri.

Analiza pe baza spectrului de culoare se bazează pe studierea in regim dinamic al spectrelor de reflexie RGB pentru fotogramele satelitare sau aeriene ale aceleași zone.



**Fig. 2.6.a** - indice NDVI calculat pentru SUA



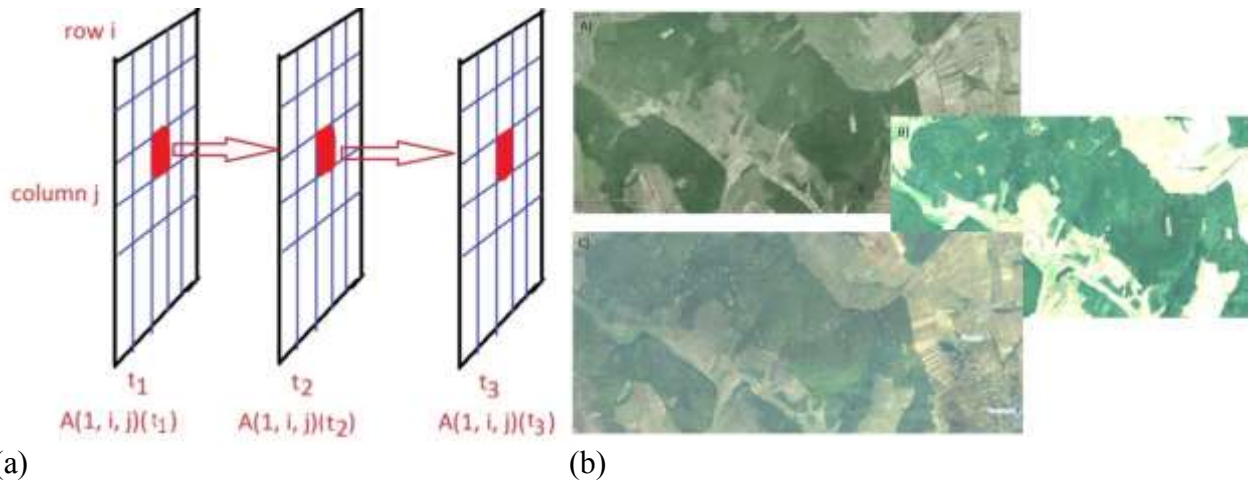
**Fig. 2.6.b** - indice NDVI calculat pentru pădurea Bălăbănești



**Fig. 2.6.c** - Imagine satelitară pentru pădurea Bălăbănești

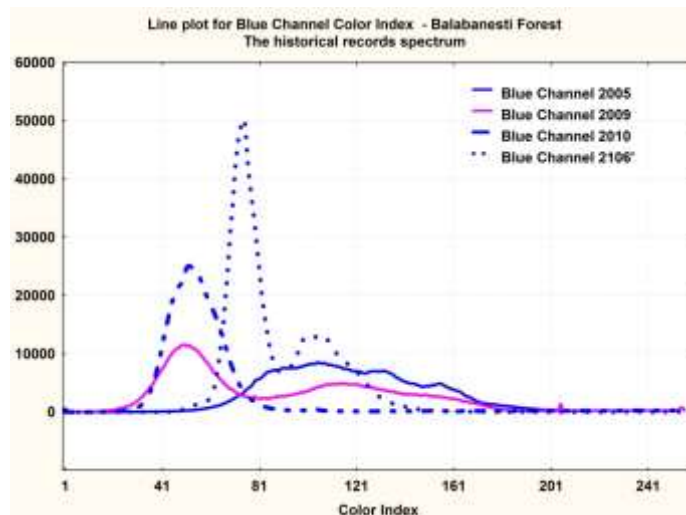
Pentru început am studiat posibilitatea definirii unui model liniar care sa prelucreze in mod eficient, aceste spectre de culoare si rezultatele au fost încurajatoare.

Descriem algoritmul in felul următor: se considera pentru un model liniar de ordinul întâi, un set de minim 3 fotograme aeriene complete aferente aceleași zone. In acest caz, cele trei fotograme trebuie sa conțină cel puțin un punct de reper - de exemplu o borna geodezica, comuna in cele 3 fotografii pentru a fi ușor de sincronizat.



**Fig. 2.7** - Reprezentarea schematica a modului de calcul pentru evaluarea fiecărei celule pe baza datelor istorice.

În acest mod, sistemul nostru construit de noi, va face comparația spectrelor din primele două fotograme, așezate cronologic, și, pe baza unui program MATLAB și descris în Anexa 1, va face apoi o predicție asupra spectrului pentru fotograma cea mai recentă.



**Fig. 2.8** - Serii spectrale succesive pentru aceeași pădure, pentru un interval de 10 ani

Pentru fiecare culoare în parte, vom nota cu  $A_1[k, i, j] = A_1[k, i, j](t_1)$  valoarea fiecărui pixel pentru canalul de culoare  $k$  ( $k$  poate fi R, G sau B) aferent momentului de timp  $t_1$ .

În mod analog vom nota cu  $A_2[k, i, j] = A_2[k, i, j](t_2)$  valoarea fiecărui pixel pentru canalul de culoare  $k$  aferent momentului  $t_2$ . În acest caz, pentru un moment ulterior  $t_3$ , în cazul unei variații liniare, vom putea scrie relații de forma:

$$A[k, i, j](t_3) = at_3 + b \tag{2}$$

Unde, pe baza primelor date, vom putea determina faptul că

$$a = \frac{A[k, i, j](t_2) - A[k, i, j](t_1)}{t_2 - t_1} \tag{3}$$



respectiv

$$b = \frac{-t_1 A[k, i, j](t_2) + t_2 A[k, i, j](t_1)}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

Prin acest procedeu am putut obține rezultate suficient de bune în comparație cu fotografiile oferite de serviciile specializate. În cazul studiului de față între primele fotografii aveam o diferență de 3-4 ani iar pentru ultima fotografie considerată martor, intervalul de timp era de maxim jumătate față de intervalul dintre primele două imagini.

Astfel, acest procedeu funcționează relativ bine pentru fotografii ale corpurilor de pădure luate în anii 2005 și respectiv 2009 pe baza cărora putem predicții cu suficientă precizie, spectrul pentru anul 2010 și anul 2011.

#### 2.4.1.2 Modele matematice neliniare utilizate în studierea spectrului de reflexie

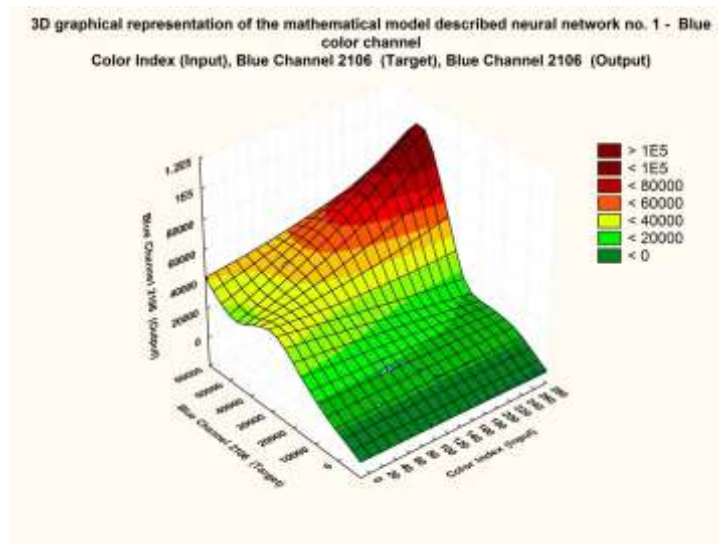
Metoda de interpolare utilizând rețele neuronale nu este nouă, fiind o metoda de interpolare clasică. Acest procedeu se bazează pe construirea unor modele matematice de tip matriceal, cu un număr de intrări (pentru fiecare parametru de intrare fiind considerat un astfel de input) și un număr convenabil de ieșiri (pentru fiecare parametru urmărit fiind definit un astfel de output). Structura considerată de acest model matematic este destul de simplă: între primul strat de mărimi de intrare (numit strat de neuroni de intrare) și ultimul strat - cel al ieșirilor (numit stratul de neuroni de output) se mai pot introduce straturi (*layer*) intermediare.

În mod necesar pentru aceste modele se folosesc structuri de tip RBF (Radial Basis Function) și respectiv MLP (Multi Layer Perceptron) fiind structurile consacrate (din literatura de specialitate).

În acest caz, folosind spectrele din fotografii satelitare din 2 sau 3 ani precedenți, reușim, pe baza unor rețele neuronale de tip RBF cu structura flexibilă, având un singur strat de neuroni, un model care reușește să prezinte erori în predicție sub 1%. În acest caz, gradul de corelație obținut între model și seriile de date reale.

Tabel 2.5 Valorile coeficienților de corelație cu seriile de date pentru modelul de rețea neuronală utilizate în studiul spectrelor de reflexie pentru pădurea Bălăbănești

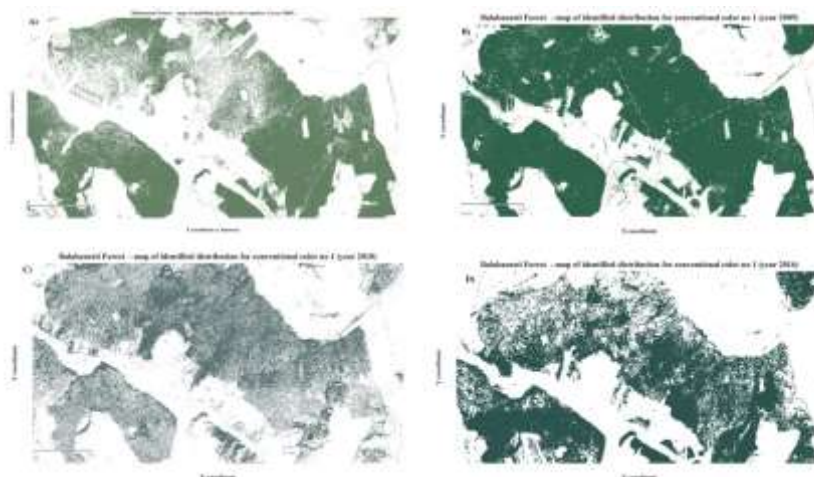
Rețeaua neuronală	Blue Channel 2106 Train	Red Channel 2016' Train	Green Channel 2016' Train
1.MLP 10-11-3	0.995474	0.997963	0.991399
2.MLP 10-9-3	0.997298	0.998506	0.992571
3.MLP 10-5-3	0.995869	0.997787	0.986805
4.MLP 10-11-3	0.997279	0.998302	0.995006
5.MLP 10-12-3	0.997367	0.998160	0.992989



**Fig. 2.9** - Rezultatul modelului baza pe utilizarea rețelelor neuronale, in care pe cele doua axe sunt intensitățile (indecșii de culoare) pentru canalul de culoare albastra respectiv intensitatea pentru fiecare index in part iar pe verticala este reprezentat rezultatul obținut – indexul de culoare rezultat din model

### 2.4.1.3 Metode utilizate in studierea distribuțiilor de culoare

In acest sens, am construit un algoritm si apoi un program care, construiesc inițial o distributie in saptiul reprezentativ RGB cu nuanțele de culori diferite din fotografia studiata si apoi, folosind metoda k-mens cluster, se poate realiza separarea pe grupuri, identifica distribuția de culori si calculează aria aferenta fiecărei culori in parte. In mod necesar, grupul de culori pe care îl ia in considerare este o variabilă pe care utilizatorul o stabilește. Având in vedere numărul finit si mic de compoziții întâlnite in fiecare din cele 4 areale împădurite, am rulat pentru toate corpurile de pădure considerate programul in același condiții, considerând un număr de 6 grupuri de culoare (Fig. 2.10).



**Fig. 2.10** – Distribuția de culoare in timp – culoarea aferenta grupului 1 – pădurea Bălăbănești (2005 - 2016)

Metoda a fost aplicata in toate cele 4 cazuri, si am putut constata buna corelare a modului de evoluție cu modul de variație a compoziție pădurilor studiate.

Densitățile calculate si cele reale diferă cum aproximativ 10 % iar in ceea ce privește variația compoziție in timp, avem si aici rezultate îmbucurătoare.

#### 2.4.1.4 Metode geometrice utilizate in studierea conturului arealelor împădurite

Dimensiune fractalic reprezintă un număr real cuprins intre dimensiunea topologica a obiectului si dimensiunea spațiului in care este definit [23].

In mod natural, s a considerat ca o pădure sub forma unei fotograme, poate fi asimilata cu un fractal. Calculând numărul de obiecte de dimensiune  $\ell$  care pot acoperi conturul pădurii a cărei suprafață  $L$ , numim dimensiunea fractalului aferent numărul dat de relația

$$d = \lim \frac{\log(N)}{\log(1/\ell)} \quad (6)$$

In acest sens, am putut utiliza atât programele dezvoltate in MATLAB cat si Fiji – Image J care are inclus o unitate de calcul fractalic.



Fig. 2.12 – Fractalul aferent imaginii pădurii Bălăbănești (2005)

Aceasta metoda a fost aplicată si studiata sistematic si eficienta ei s –a dovedit a fi limitata.

## 2.5 Concluzii

In aceste capitole am trecut in revista principalele corpuri de pădure studiate (ele fiind in mod real mai mult de 8 elemente împădurite) și de asemenea am trecut in revista principalele 4 metode de analiza aplicate in cadrul acestui studiu.

In același mod am trecut in revista principalele 4 metode de studiu utilizate in monitorizarea si evaluarea stării de sănătate a arealelor împădurite.

## CAPITOLUL 3.

### REZULTATE SI DISCUTII

In cadrul acestui capitol vom descrie pe larg daor un corp de pădure din cele studiate si se vom prezenta pe larg rezultatele analizelor si investigațiilor efectuate pentru acest corp.

#### 3.1 Trup pădure Bălăbănești

Trupul de pădure Bălăbănești este situat in partea de nord a județului Galați, spre granița cu județul Vaslui.

##### 3.1.1 – Analiza spectrului de reflexie prin metode liniare

In continuare vom prezenta un studiu de caz, efectuat pe o pădure din cadrul județului Galați. Prezentul studiu face parte dintr-un program mai vast, in colaborare cu reprezentanți ROMSILVA.

In cadrul acestui studiu, am ales un corp de pădure care prezintă o dinamică destul de rapida. Acest lucru este relativ des întâlnit in zonele din Sud si Est datorita marilor operațiuni de defrișare care au fost efectuate aici.

In acest sens au fost preluate de la agenția APIA ([www.apia.ro](http://www.apia.ro)) fotografiile aferente acestui corp de pădure si pe baza aplicației dezvoltate in Departamentul nostru am putut efectua analiza de imagine pentru fiecare canal in parte.



Fig. 3.1.1.1 Reprezentarea hărții corpului de pădure Bălăbănești.

Așa cum am arătat in lucrările anterioare, pentru studiul evoluției vegetației pe baza utilizării indicatorului NDVI (normalized difference vegetation index), nu se pot obține informații interesante, si nici suficient de precise [5, 6]. Prezenta secțiunea descrie utilizarea aplicațiilor dezvoltate in cadrul laboratorului nostru, in vederea utilizării drept indicator un indice de culoare care se bazează pe utilizarea informațiilor istorice. Este discutat cazul

pădurii Bălăbănești, iar în figurile 3.1.1.2a-d sunt reprezentate imaginile obținute în anul 2005 prin separarea pe canale de culoare.

Așa cum am descris în capitolul al doilea, fiecare fotografie din setul de figuri 3.1.1.2b-d trebuie să fie analizată, folosind scriptul MATLAB dezvoltat în cadrul Laboratorului LASAC (<http://erris.gov.ro/European-Centre-of-Excellence-1>), analizând-se apoi spectrele pentru fiecare imagine în parte.



**Fig. 3.1.1.2.a** Harta satelitară a zonei de pădure Bălăbănești - anul 2005



**Fig. 3.1.1.2.b** Harta satelitară a zonei de pădure Bălăbănești - anul 2005 – spectrul verde



**Fig. 3.1.1.2.c** Harta satelitară a zonei de pădure Bălăbănești - anul 2005 – canal culoare roșie



**Fig. 3.1.1.2.d** Harta satelitară a zonei de pădure Bălăbănești - anul 2005 – canal culoare albastră

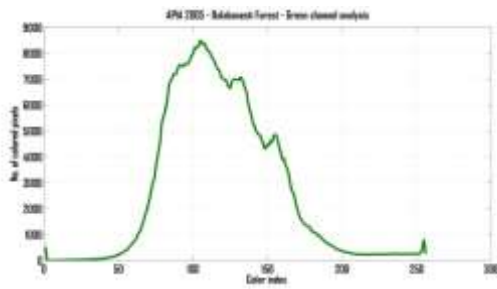
Așa cum am descris în capitolul al doilea, fiecare fotografie din setul de figuri 3.1.1.2b-d trebuie să fie analizată, folosind scriptul MATLAB dezvoltat în cadrul Laboratorului LASAC (<http://erris.gov.ro/European-Centre-of-Excellence-1>), analizând-se apoi spectrele pentru fiecare imagine în parte.

În figura 3.1.1.3.a este reprezentat spectrul canalului verde aferent imaginii Fig. 3.1.1.2.b. În figura 3.1.1.3.b este reprezentat spectrul canalului roșu aferent imaginii Fig. 3.1.1.2.c.

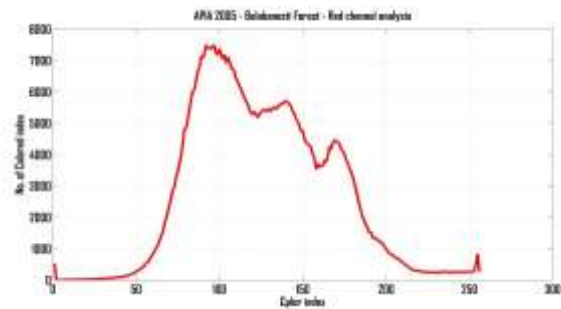
Cu ajutorul acestor spectre obținute pentru fiecare culoare elementară se obține o histogramă specifică – numită index de culoare (Fig. 3.1.1.3.a, Fig. 3.1.1.3.b și Fig. 3.1.1.3.c).

Se observă o distribuție de tip gaussian cu valori maxime aproximativ egale. De asemenea se observă tendința, mai ales în cazul domeniului spectrului roșu și verde a existenței a două maxime locale, posibil datorită faptului că există trei specii diferite cu indici de absorbție individualizați pentru fiecare spectru în parte.

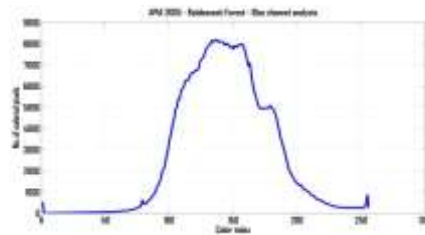




**Fig. 3.1.1.3.a** Reprezentarea spectrului de tip histograma obținut pentru pădurea Bălăbănești - anul 2005 – canalul verde



**Fig. 3.1.1.3.b** Reprezentarea spectrului de tip histograma obținut pentru pădurea Bălăbănești - anul 2005 – canalul roșu



**Fig. 3.1.1.3.c** Reprezentarea spectrului de tip histograma obținut pentru pădurea Bălăbănești - anul 2005 – canalul albastru

In figurile 3.1.1.4 si 3.1.1.5 sunt reprezentate imaginile obținute in anul 2009 si 2010



**Fig. 3.1.1.4.** Harta satelitară a zonei de pădure Bălăbănești - anul 2009



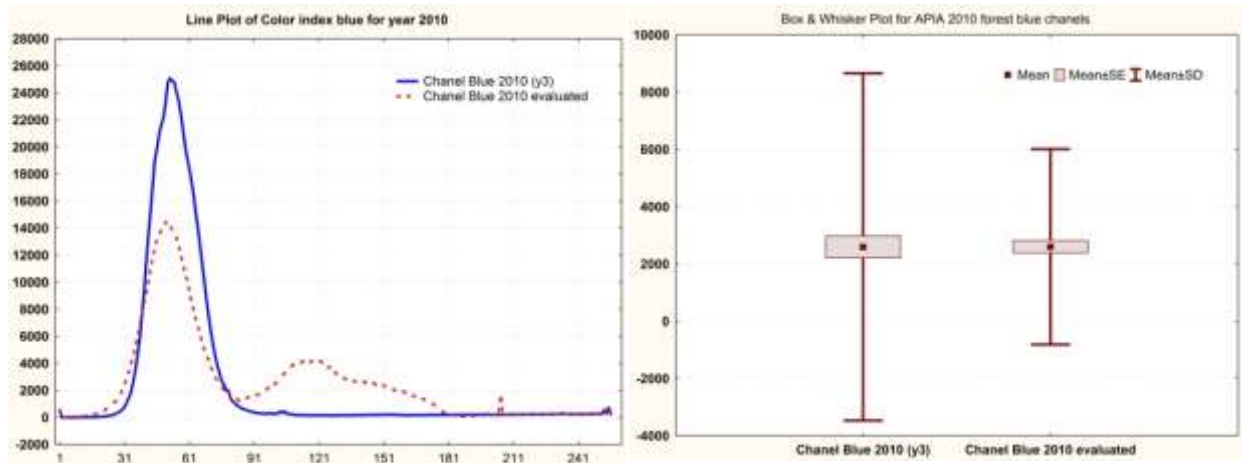
**Fig. 3.1.5** Harta satelitară a zonei de pădure Bălăbănești - anul 2010

Prin comparație cu figurile 3.1.1.3 a-c se observa o modificare destul de evidentă a formelor histogramelor. Ceea ce trebuie notat este faptul ca zona aferent valorilor mici a crescut, fapt care indica un fenomen de reflexie mult redus atât pentru canalul roșu cat mai ales pentru cel albastru. Deplasările maximelor histogramelor spre valori minime nu înseamnă decât faptul ca numărul de pixeli colorați in negru a crescut i.e. vegetația este mai redusa sau coeficientul de reflexie este mult micșorat.

Analizând-se pe parcursul celor 5 ani modul de transformare a histogramelor pentru fiecare canal de culoare in parte, se poate observa faptul ca are loc o transformare continua a spectrelor, maximul având o tendința de deplasare spre zona valorilor mici pentru fiecare index de culoare.

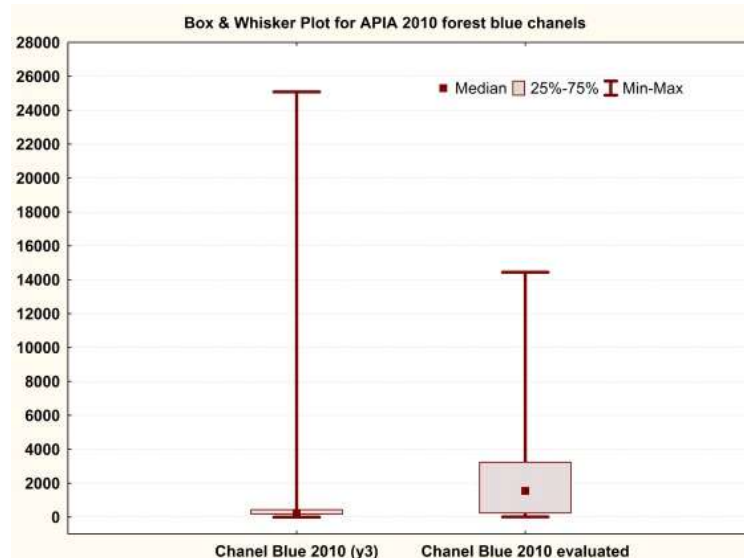
În acest moment, s-a pus întrebarea dacă vom putea construi un model și o aplicație care să poată surprinde această continuitate a transformării histogramelor, i.e. dacă vom putea obține un model linear care, folosind datele aferente anilor 2005 și respectiv 2009 să ne poată prezenta o evaluare pentru comparație aferentă anului 2010.

Aplicația bazată pe un model de ordinul 1 presupune rezolvare în mod iterativ a unui număr de 256 de sisteme de ecuații pentru a se putea obține o valoare corespunzătoare evaluării pentru fiecare index în parte.



**Fig. 3.1.1.6.a** Reprezentarea spectrului de tip histograma obținut și cel evaluat pentru pădurea Bălăbănești - anul 2010 – canalul albastru

**Fig. 3.1.1.6.b** Analiza statistică a spectrului de tip histograma obținut și cel evaluat pentru pădurea Bălăbănești - anul 2010 – canalul albastru



**Fig. 3.1.1.6.c** Analiza valorilor caracteristice a spectrului de tip histograma obținut și cel evaluat pădurea Bălăbănești - anul 2010 – canalul albastru

În figurile 3.1.1.6 a-c sunt reprezentate valorile spectrului obținut pe baza modelului descris mai sus și cel obținut din fotografiile satelitare. De asemenea, se prezintă, în mod comparativ, valorile medii obținute de model și sunt prezentate și elementele de statistică primară – valoare medie, eroare standard, eroare pătratică medie, mediana, etc.

Faptul ca valoarea medie este absolut comparabila, iar pentru intervalele determinate de către eroarea standard, eroarea pătratică medie se obțin valori mai restrânse, nu se explica decât pe baza faptului ca in mod real, zona de pădure Bălăbănești conține specii diferite, cu viteze de evoluție și modificare diferite, ceea ce modelul de ordin 1 construit de noi nu a reușit sa surprindă.

In figurile 3.1.1.7a-d sunt reprezentare imaginile obținute in anul 2016 prin separarea pe canale de culoare, folosind același procedeu, iar in figurile 3.1.1.8.a-c sunt prezentate spectrele obținute pentru fotografiile aferente anului 2016.



**Fig. 3.1.7.a** Harta satelitară a zonei de pădure Bălăbănești - anul 2016



**Fig. 3.1.7.b** Harta satelitară a zonei de pădure Bălăbănești - anul 2016 – spectrul verde

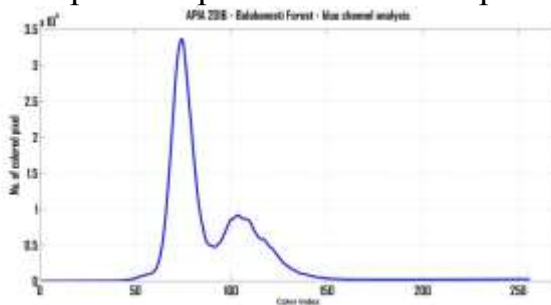


**Fig. 3.1.7.c** Harta satelitară a zonei de pădure Bălăbănești - anul 2016 – canal culoare roșie

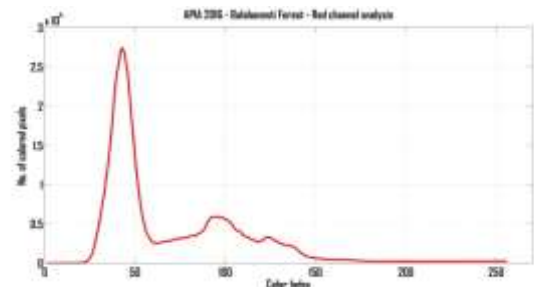


**Fig. 3.1.7.d** Harta satelitară a zonei de pădure Bălăbănești - anul 2016 – canal culoare albastra

Ca și in cazurile anterioare, am aplicat aceeași procedura pentru a se obține spectrele pe fiecare canal in parte.

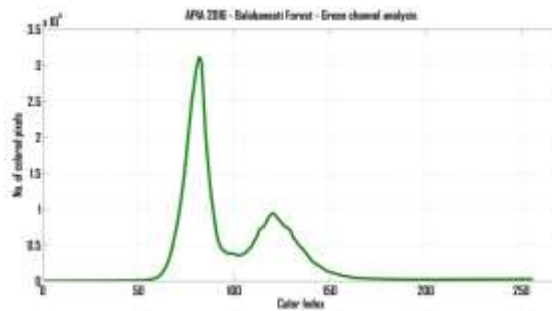


**Fig. 3.1.1.8.a** Reprezentarea spectrului de tip histograma obținut pentru pădurea Bălăbănești - anul 2016 – canalul albastru

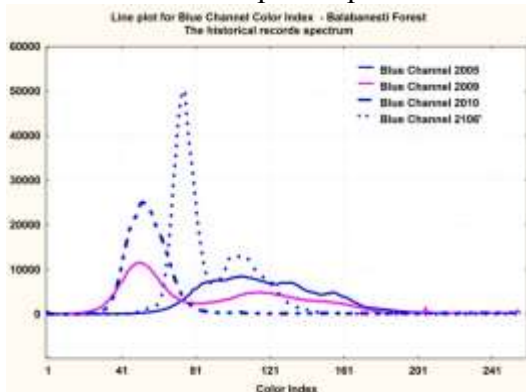


**Fig. 3.1.1.8.b** Reprezentarea spectrului de tip histograma obținut pentru pădurea Bălăbănești - anul 2016 – canalul roșu

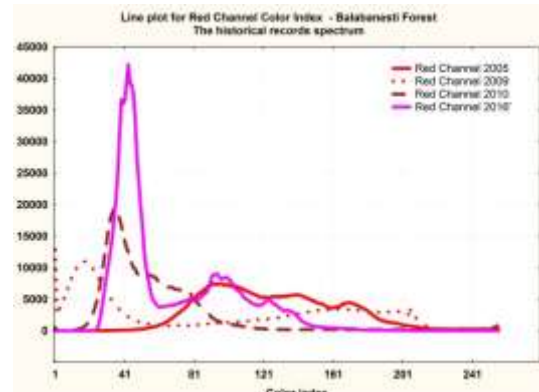




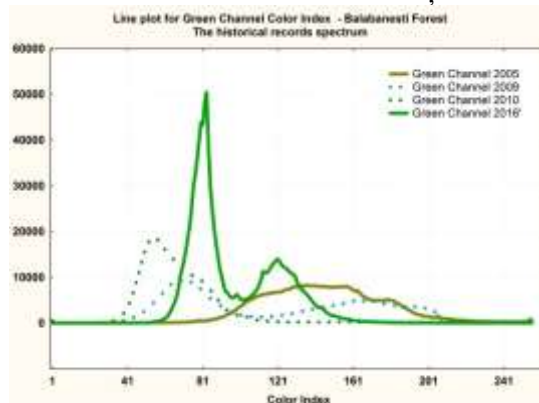
**Fig. 3.1.1.8.c** Reprezentarea spectrului de tip histograma obținut pentru pădurea Bălăbănești - anul 2016 – canalul verde



**Fig. 3.1.1.9.a** Reprezentarea spectrului de tip histograma obținut pentru pădurea Bălăbănești - canalul albastru



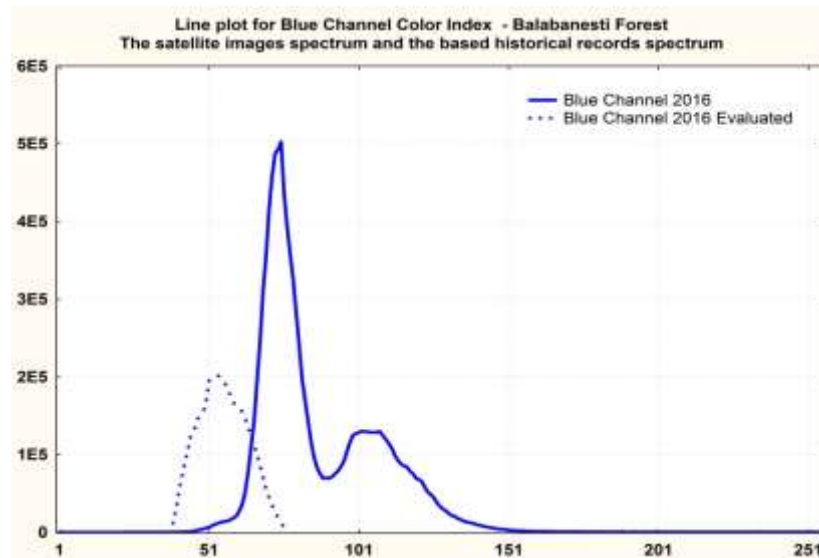
**Fig. 3.1.1.9.b** Reprezentarea spectrului de tip histograma obținut pentru pădurea Bălăbănești - anul 2016 – canalul roșu



**Fig. 3.1.1.9.c** Reprezentarea spectrului de tip histograma obținut pentru pădurea Bălăbănești - anul 2016 – canalul verde

Pentru a realiza o comparație, am putut reprezenta datele experimentale obținute până acum și am putut constata că modelul de ordinul 1 și nici măcar un model de ordinul 2 nu sunt suficiente pentru a se putea obține o predicție suficient de bună.

În acest caz, modele construite în mod algebric și-au dovedit ineficiența (Fig. 3.1.1.10). În mod necesar, pentru a se putea obține un model global, care să poată realiza predicții asupra spectrului și asupra distribuției de culoare, s-au aplicat procedee din literatura [10, 11] care și-au dovedit eficiența.



**Fig. 3.1.1.10** Reprezentarea spectrului de tip histograma obținut pentru pădurea Bălăbănești - anul 2016 – canalul albastru, pe baza unui model de ordinul 2

De altfel, valorile coeficienților de corelației între diferitele serii de date, arata în mod clar o decorelare destul de pronunțată între datele anului 2016 și seriile datelor anterioare.

*Tabel 3.1 – valorile coeficienților de corelație între seriile de date aferente canalului albastru*

	Means	Blue Channel 2005	Blue Channel 2009	Blue Channel 2010	Blue Channel 2106 - s	Blue Channel 2016 Evaluated
Blue Channel 2005	<b>2578.152</b>	<b>1.000000</b>	<b>0.237125</b>	<b>-0.249949</b>	<b>0.388259</b>	<b>-0.498926</b>
Blue Channel 2009	<b>2594.746</b>	<b>0.237125</b>	<b>1.000000</b>	<b>0.842996</b>	<b>0.156627</b>	<b>0.599268</b>
Blue Channel 2010	<b>2594.746</b>	<b>-0.249949</b>	<b>0.842996</b>	<b>1.000000</b>	<b>0.054679</b>	<b>0.934816</b>
Blue Channel 2106 - s	<b>4288.213</b>	<b>0.388259</b>	<b>0.156627</b>	<b>0.054679</b>	<b>1.000000</b>	<b>0.004407</b>
Blue Channel 2016 Evaluated	<b>2559.899</b>	<b>-0.498926</b>	<b>0.599268</b>	<b>0.934816</b>	<b>0.004407</b>	<b>1.000000</b>

*Tabel 3.2 – valorile coeficienților de corelație între seriile de date aferente canalului roșu*

	Means	Red Channel 2005	Red Channel 2009	Red Channel 2010	Red Channel 2016'	Red Channel 2016 Evaluated
Red Channel 2005	<b>2578.152</b>	<b>1.000000</b>	<b>-0.234213</b>	<b>-0.288609</b>	<b>-0.052433</b>	<b>-0.057563</b>
Red Channel 2009	<b>2594.746</b>	<b>-0.234213</b>	<b>1.000000</b>	<b>0.039112</b>	<b>-0.092700</b>	<b>-0.518077</b>
Red Channel 2010	<b>2594.746</b>	<b>-0.288609</b>	<b>0.039112</b>	<b>1.000000</b>	<b>0.743648</b>	<b>0.832017</b>
Red Channel 2016'	<b>4288.213</b>	<b>-0.052433</b>	<b>-0.092700</b>	<b>0.743648</b>	<b>1.000000</b>	<b>0.695174</b>
Red Channel 2016 Evaluated	<b>2559.899</b>	<b>-0.057563</b>	<b>-0.518077</b>	<b>0.832017</b>	<b>0.695174</b>	<b>1.000000</b>

Tabel 3.3 – valorile coeficienților de corelație între seriile de date aferente canalului verde

	Means	Green Channel 2005	Green Channel 2009	Green Channel 2010	Green Channel 2016'
Green Channel 2005	2578.152	<b>1.000000</b>	<b>0.154052</b>	<b>-0.367407</b>	<b>0.050715</b>
Green Channel 2009	2594.746	<b>0.154052</b>	<b>1.000000</b>	<b>0.618560</b>	<b>0.485016</b>
Green Channel 2010	2594.746	<b>-0.367407</b>	<b>0.618560</b>	<b>1.000000</b>	<b>0.302148</b>
Green Channel 2016'	4288.213	<b>0.050715</b>	<b>0.485016</b>	<b>0.302148</b>	<b>1.000000</b>

### 3.1.2 – Analiza spectrului de reflexie prin metode ne-liniare

In acest mod, s-au construit modele de tip Rețele Neuronale de tip MLP și RBF. Pentru acest scop, s-au construit un număr de 10 rețele neuronale de tip ANN și s-au antrenat, intra-un proces în care 10% din înregistrări au fost folosite pentru validare. În continuare prezentăm rezultatele obținute și modul de selecție pentru primele 5 cele mai bune modele matematice. În tabelul 3.4 sunt prezentate caracteristicile rețelelor neuronale construite, cu cele mai bune rezultate. Criteriul de optimizare a fost Sum of errors (SOS) pentru toate.

Tabel 3.4 – valorile coeficienților de corelație între seriile de date aferente canalului verde

Inde x	Net. name	Training perf.	Test perf.	Validation perf.	Training error	Test error	Validation error
<b>1</b>	<b>MLP 9-12-3</b>	0.996281	0.995058	0.993973	0.000408	0.000560	0.000245
<b>2</b>	<b>MLP 9-9-3</b>	0.998359	0.998389	0.995732	0.000169	0.000200	0.000254
<b>3</b>	<b>MLP 9-13-3</b>	0.997225	0.997152	0.996439	0.000276	0.000287	0.000122
<b>4</b>	<b>MLP 9-10-3</b>	0.996362	0.994023	0.992233	0.000374	0.000593	0.000364
<b>5</b>	<b>MLP 9-11-3</b>	0.997652	0.997609	0.992730	0.000266	0.000246	0.000312

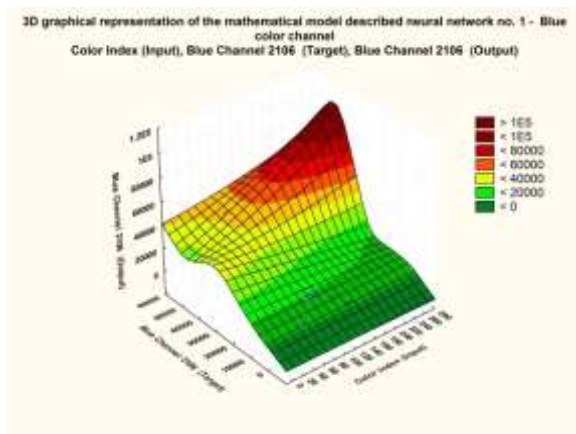


Fig. 3.1.11.a Reprezentarea rezultatului rețelei neuronale nr. 1– canalul albastru în funcție de valorile indexului de culoare și a valorilor utilizate la antrenare

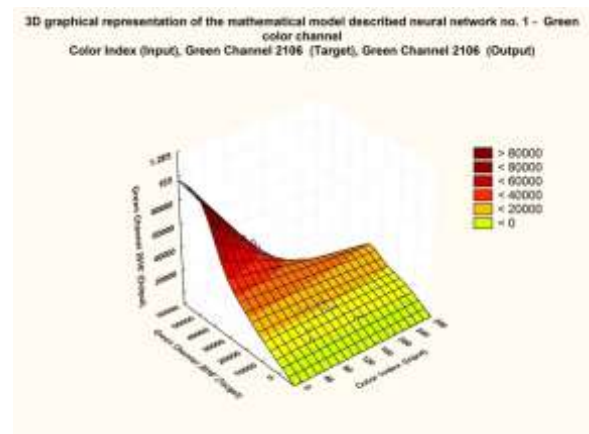
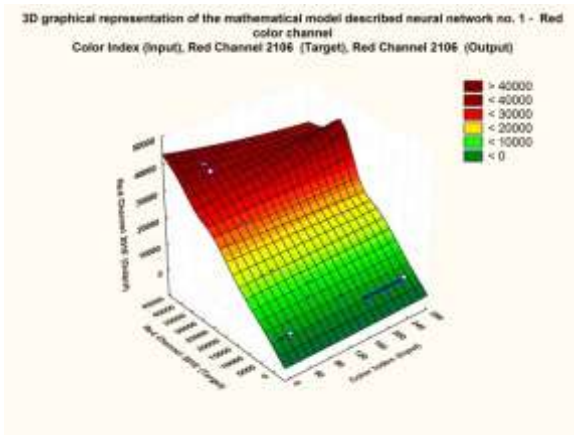
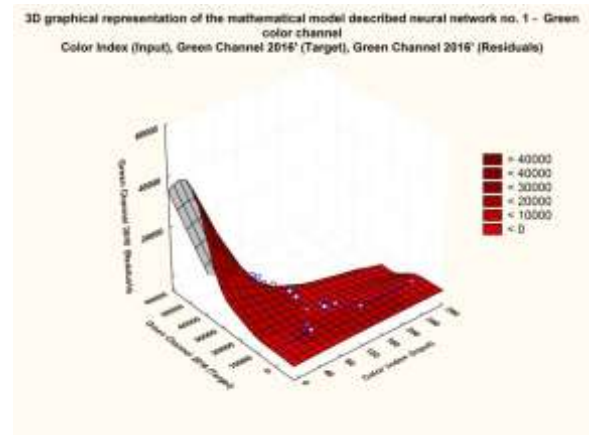


Fig. 3.1.11.b Reprezentarea rezultatului rețelei neuronale nr. 1– canalul verde în funcție de valorile indexului de culoare și a valorilor utilizate la antrenare

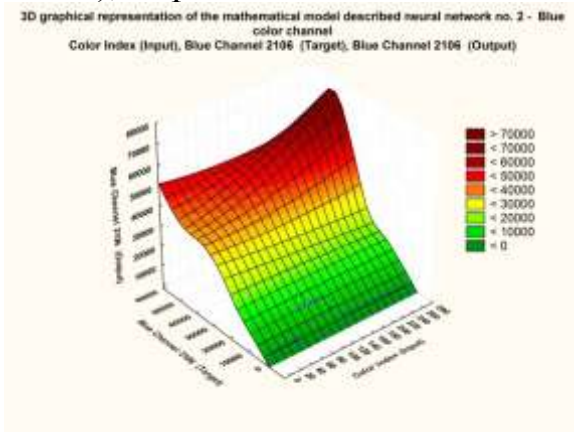


**Fig. 3.1.11.c** Reprezentarea rezultatului rețelei neuronale nr. 1– canalul roșu în funcție de valorile indexului de culoare și a valorilor utilizate la antrenare

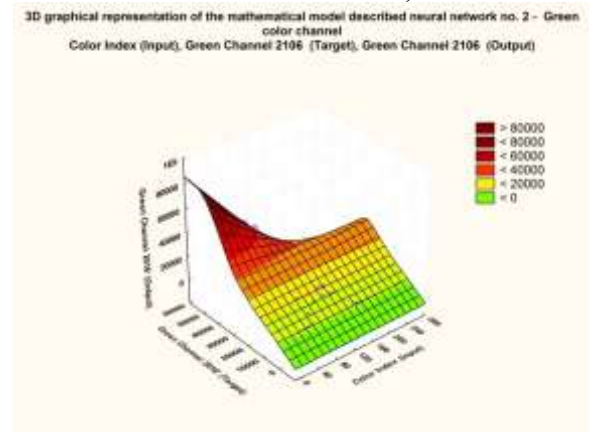


**Fig. 3.1.11.d** Reprezentarea valorilor reziduale ale rețelei neuronale nr. 1– canalul verde în funcție de valorile indexului de culoare și a valorilor utilizate la antrenare

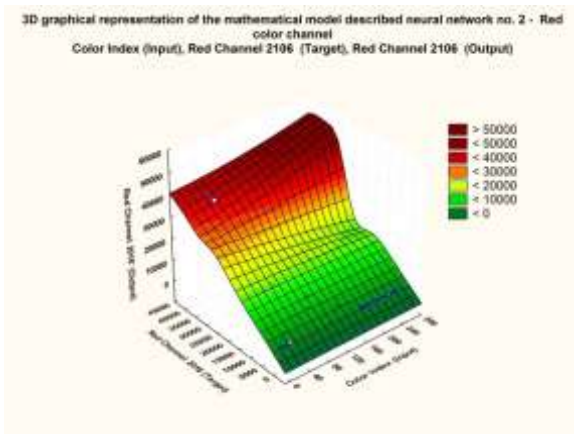
În figurile 3.1.11.a-c sunt reprezentate valorile obținute după procesul de antrenare și respectiv validare pentru rețeaua neuronală nr. 1. Se observă o bună performanță la antrenare (peste 99%) și erori mici la antrenare (sub 1 la mie eroare), respectiv la testare și validare (ambele cu erori sub 1 la mie) – Tabel 4.



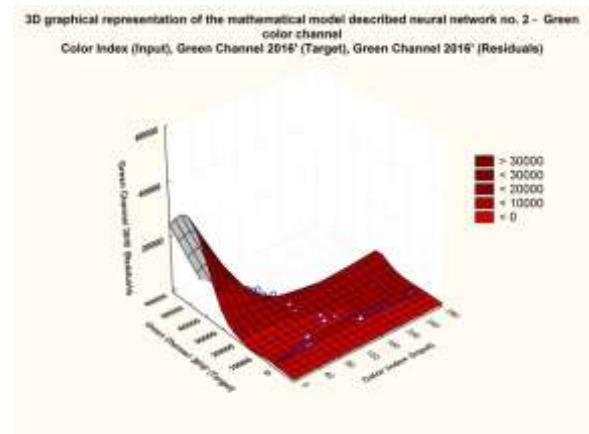
**Fig. 3.1.12.a** Reprezentarea rezultatului rețelei neuronale nr. 2– canalul albastru în funcție de valorile indexului de culoare și a valorilor utilizate la antrenare



**Fig. 3.1.12.b** Reprezentarea rezultatului rețelei neuronale nr. 2– canalul verde în funcție de valorile indexului de culoare și a valorilor utilizate la antrenare



**Fig. 3.1.12.c** Reprezentarea rezultatului rețelei neuronale nr. 2– canalul roșu în funcție de valorile indexului de culoare și a valorilor utilizate la antrenare



**Fig. 3.1.12.d** Reprezentarea valorilor reziduale ale rețelei neuronale nr. 2– canalul verde în funcție de valorile indexului de culoare și a valorilor utilizate la antrenare

În figurile **3.1.1.12.a-c** sunt reprezentate valorile obținute după procesul de antrenare și respectiv validare pentru rețeaua neuronală nr. 2. Se observă și pentru această rețea neuronală o bună performanță la antrenare (peste 99%) chiar mai bună decât rețeaua nr. 1. Erorile mici la antrenare (sub 1 la mie eroare), respectiv la testare și validare (ambele cu erori sub 1 la mie) – vezi tabel 4, cu performanțe chiar mai bune față de rețeaua anterioară.

În ceea ce privește valoarea coeficientului de corelație al modelului obținut cu celelalte serii de date utilizate la construire și antrenare, valorile coeficienților de corelație sunt date în tabelul 5.

*Tabel 3.5 – valorile coeficienților de corelație între modelele construite și seriile de date pentru anul 2016 utilizate la antrenare*

Net. name	Blue Channel 2106 Train	Red Channel 2016 Train	Green Channel 2016 Train
<b>1.MLP 10-11-3</b>	<b>0.995474</b>	<b>0.997963</b>	<b>0.991399</b>
<b>2.MLP 10-9-3</b>	<b>0.997298</b>	<b>0.998506</b>	<b>0.992571</b>
<b>3.MLP 10-5-3</b>	<b>0.995869</b>	<b>0.997787</b>	<b>0.986805</b>
<b>4.MLP 10-11-3</b>	<b>0.997279</b>	<b>0.998302</b>	<b>0.995006</b>
<b>5.MLP 10-12-3</b>	<b>0.997367</b>	<b>0.998160</b>	<b>0.992989</b>

Toate aceste rezultate, arată că se pot obține modele matematice neliniare care să identifice și să construiască cu destulă precizie histogrammele pentru fiecare canal de culoare pentru această pădure în intervalul de timp studiat.

Acest aspect în mod cert, este un aspect de noutate – utilizarea modelelor neliniare în construirea comportamentului unui spectru de reflexie pe cele 3 canale fundamentale.

### 3.1.3 Analiza cromatică și metoda distribuției de culoare

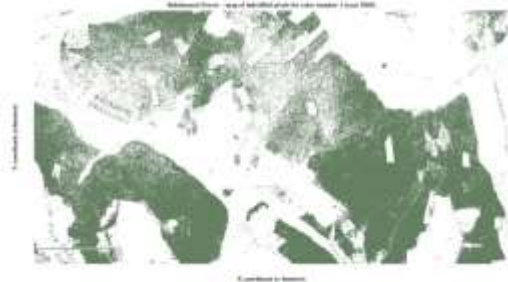
Folosindu-se metoda descrisă în capitolul al doilea, sub-paragraful 2, s-au rulat programe dezvoltate în cadrul Laboratorului LASAC pentru determinarea numărului de nuanțe de culoare și identificarea dinamicii acestor seturi de culori. Acest lucru ar putea constitui un mod de evaluare a stării de sănătate a unei păduri.



**Fig. 3.1.2.1.** Reprezentarea pozițiilor din teren definite inițial care permit definirea listei de culori de bază ce vor fi apoi căutate în toate fotografiile din set.



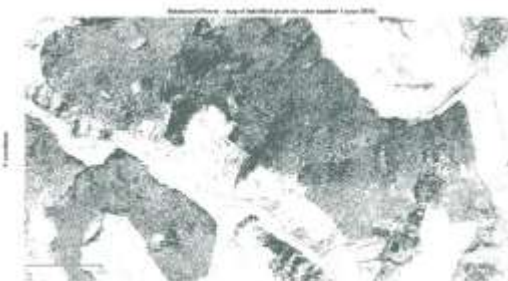
În acest caz, algoritmul, așa cum este descris și în anexa 2 din această teză, aliniaza fotografiile aferente aceleși zone, și, pe baza unei liste de poziții predefinite, se construiește o listă de culori de bază ce vor fi apoi căutate în toate fotografiile din setul studiat.



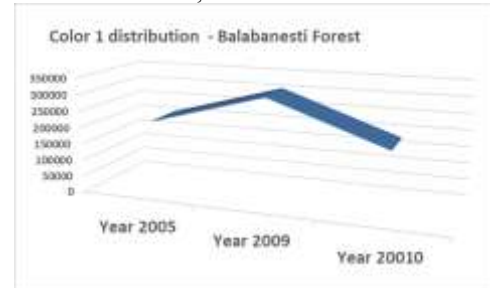
**Fig. 3.1.2.2.a** Reprezentarea rezultatului obținut prin selectarea din fotograma anului 2005 a distribuției culorii din zona 1



**Fig. 3.1.2.2.b** Reprezentarea rezultatului obținut prin selectarea din fotograma anului 2009 a distribuției culorii din zona 1



**Fig. 3.1.2.2.c** Reprezentarea rezultatului obținut prin selectarea din fotograma anului 2010 a distribuției culorii din zona 1



**Fig. 3.1.2.2.d** Reprezentarea rezultatului obținut pentru distribuției culorii din zona de referința 1



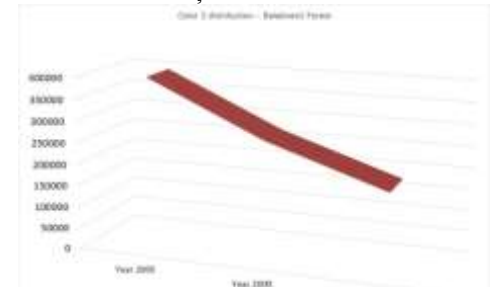
**Fig. 3.1.2.3.a** Reprezentarea rezultatului obținut prin selectarea din fotograma anului 2005 a distribuției culorii din zona 2



**Fig. 3.1.2.3.b** Reprezentarea rezultatului obținut prin selectarea din fotograma anului 2009 a distribuției culorii din zona 2



**Fig. 3.1.2.3.c** Reprezentarea rezultatului obținut prin selectarea din fotograma anului 2010 a distribuției culorii din zona 2



**Fig. 3.1.2.2.d** Reprezentarea rezultatului obținut pentru distribuției culorii din zona de referința 2

În baza faptului ca în cazul acestui corp de pădure, compoziția este bazată pe un set restrâns specii de arbori, am rulat aplicația în mod iterativ, considerând fotografiile satelitare din anul 2005, 2009 și respectiv 2010.

În continuare prezentăm rezultatele obținute în cazul în care numărul de culori de bază este construit pe baza unui număr de 6 zone de reper.

Rularea a fost realizată pe o stație grafică și, datorită numărului mare de iterații, timpul necesar rulării este destul de îndelungat.

Pentru prima zonă de reper selectată rezultatele sunt prezentate în figurile 3.1.2.2a-d. Se observă o relativă creștere a numărului de pixeli ceea ce se transpune prin creșterea suprafeței acoperirii în perioada 2005-2009 după care urmează, pentru această distribuție, o scădere. Ceea ce este important de subliniat este faptul că în imaginea aferentă anului 2010 (figura 3.1.2.2c) se pot identifica zone de eliminare în întreaga suprafață, nu numai la margini, ceea ce înseamnă că au avut loc procese tehnologice de recoltare.

Tabel 3.6 – Structura ecosistem Bălăbănești

Nr. crt.	Zona de interes	rata recoltate (mc/an/ha)	Consistența	Desime (nr.arbori/ha)	Varsta medie (ani)	Volum mediu m.c./ha	Crestere medie m.c./an/ha
0	1	2'	3	4	5	6	7
3	Balabanesti (GL,VS) -2005	2	0.830	975.00	37	121.000	5.200
4	Balabanesti (GL,VS) -2006	2.5	0.781	916.98	37	113.800	4.891
5	Balabanesti (GL,VS) -2007	2	0.730	857.43	37	106.409	4.573
6	Balabanesti (GL,VS) -2008	2.5	0.685	804.47	37	99.836	4.290
7	Balabanesti (GL,VS) -2009	2	0.638	749.75	37	93.046	3.999
8	Balabanesti (GL,VS) -2010	1	0.597	701.41	37	87.047	3.741

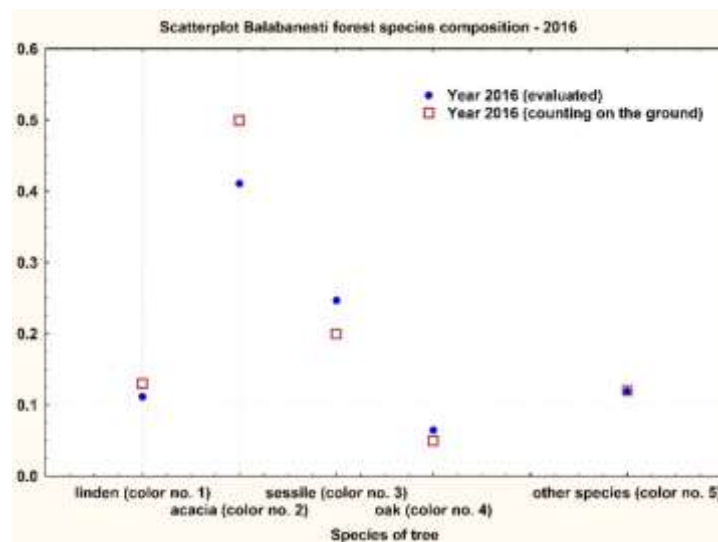


Fig. 3.1.2.10. Reprezentarea rezultatului obținut pentru distribuțiile de culorii convenționale în urma identificării făcute în teren

Pentru cea de a doua zonă de reper selectată rezultatele sunt prezentate în figurile 3.1.2.3a-d. Se observă o scădere constantă a numărului de pixeli aferenți ceea ce se transpune prin scăderea constantă a suprafeței acoperirii în perioada 2005-2010. Ceea ce este important de subliniat este faptul că în toate imaginile

se pot identifica zone vide, ceea ce înseamnă o recoltare/taiere în întreaga masă forestieră.

În continuare vom prezenta succint rezultatele obținute prin această metodă pentru întreaga perioadă de studiu cuprinsă între anii 2005-2016.

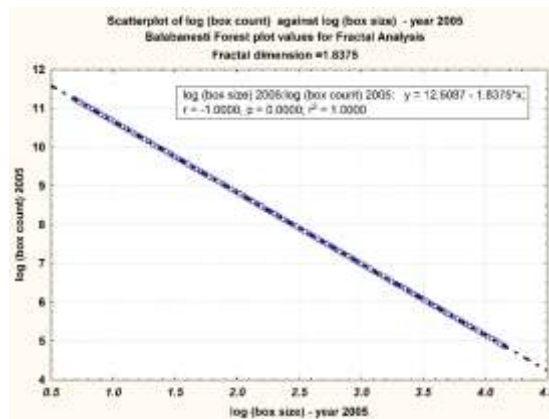
În tabelul 3.6 sunt prezentate evaluările din teren pe ani, pentru acest trup de pădure.

Rezultatele încurajatoare ne-au permis să continuăm această analiză și pentru celelalte opuri de pădure.

### 3.1.4 Analiza geometrică a dimensiunii fractale

Pentru pădurea Bălăbănești s-a realizat o analiză fractalică. Metoda a fost metoda de tip Box-Count (metoda fiind întâlnită în literatură și descrisă pe larg în capitolul 2).

În figurile 3.1.3.1a, 3.1.3.1b și respectiv 3.1.3.1c sunt reprezentate rezultatele analizei geometrice de tip fractal pentru determinarea dimensiunii fractale a zonei împădurite din zona Bălăbănești. Programul utilizat a fost programul Fiji – Imago J și protocolul utilizat a fost pe larg descris în capitolul 2. Prin metoda clasică, utilizată în literatură – metoda Box-Count s-au obținut histogramele numărului de domenii de dimensiune dată care să acopere conturul imaginii arealului studiat. În figurile 3.1.3.1a, 3.1.3.1b și respectiv 3.1.3.1c sunt reprezentate valorile logaritmice ale acestor numere identificate în funcție de logaritmul dimensiunii domeniului considerat. Din panta graficelor se obține, conform definiției, valoarea dimensiunii fractale. Se observă o creștere a acestei valori cu aproximativ 2.66%.

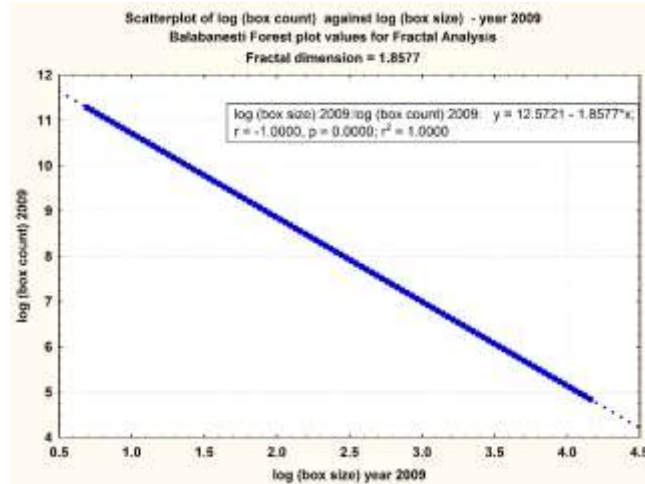


**Fig. 3.1.3.1a** – Pădurea Bălăbănești - reprezentarea logaritmului numărului de blocuri numărăte în funcție de dimensiunea blocului selectat – pentru determinarea din panta graficului a dimensiunii fractale (2005)

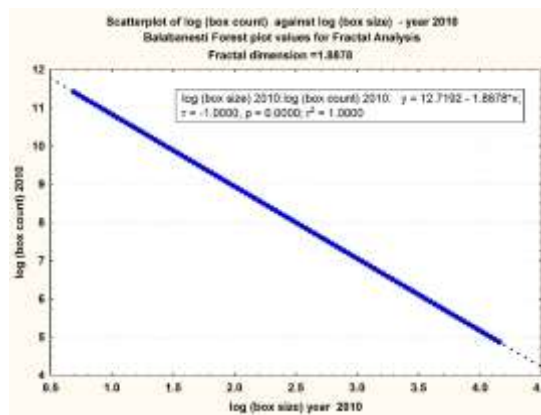
Ceea ce ar trebui remarcat, în corelație cu celelalte tipuri de analiză, este faptul că arealul împădurit de la Bălăbănești a suferit o reducere slabă a numărului de arbori cu dimensiuni mari ale coroanei în interiorul arealului (spectrul de reflexie sugerează acest lucru) iar numărul de elemente cu dimensiuni mici a crescut, fapt sugerat de analiza geometrică descrisă mai sus.



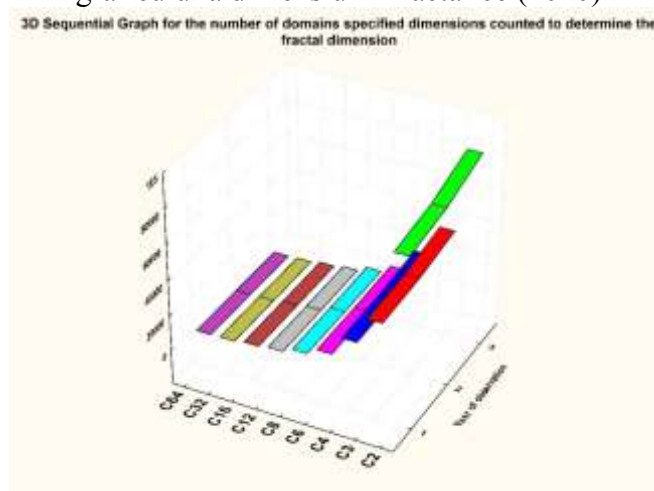
Rezultatele acestei analize au un grad de corelație relativ scăzut în raport cu datele din tabelul 3.6.



**Fig. 3.1.3.1b** – Pădurea Bălăbănești - reprezentarea logaritmului numărului de blocuri numărate în funcție de dimensiunea blocului selectat – pentru determinarea din panta graficului a dimensiunii fractalice (2009)



**Fig. 3.1.3.1c** – Pădurea Bălăbănești - reprezentarea logaritmului numărului de blocuri numărate în funcție de dimensiunea blocului selectat – pentru determinarea din panta graficului a dimensiunii fractalice (2010)



**Fig. 3.1.3.2** – Pădurea Bălăbănești - reprezentarea histogramelor numărului de blocuri numărate în funcție de dimensiunea blocului considerat – pentru determinarea dimensiunii fractalice

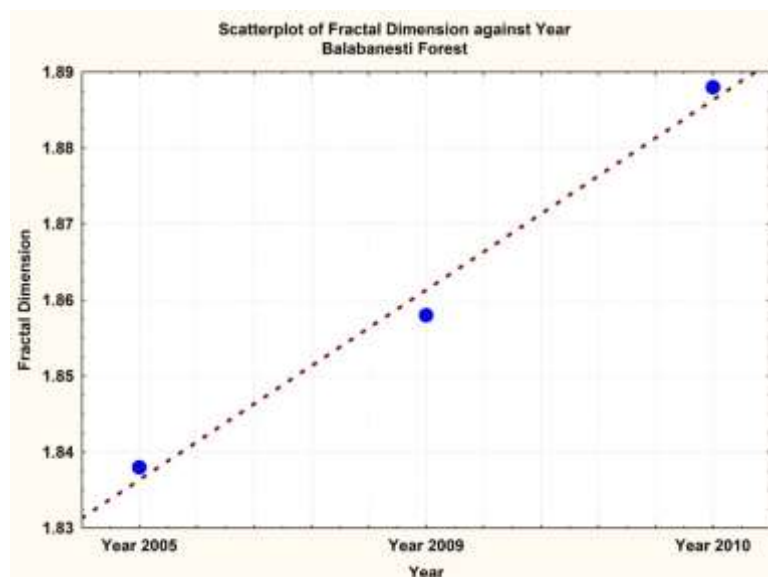


Fig. 3.1.3.3 – Pădurea Bălăbănești - reprezentarea variației dimensiunii fractalice în funcție de anul studiat

## **CAPITOLUL 4. MODELE MATEMATICE DE OPTIMIZAREA EVOLUȚIEI TRUPURILOR DE PADURE**

În cadrul acestui capitol se va descrie pe larg corpurile de pădure studiate și se vor prezenta pe larg rezultatele analizelor și investigațiilor efectuate pentru trupul de pădure Independenta – Hanu Conachi pentru a ne expune metoda de studiu..

### **4.1 Sistemul de parcele din trupul de pădure Independenta – Hanu Conachi**

Trupul de pădure Independenta - Hanu Conachi este situat în partea de vest a județului Galați, spre granița cu județul Vrancea. Acest trup de pădure are o structură destul de diversă datorată în primul rând vecinătății râului Siret care străbate această zonă ( Fig. 4.1.1.1)



**Fig. 4.1.1.1** Reprezentarea hărții trupului de pădure Independenta - Hanu Conachi

Pădurea Independenta –Hanu Conachi care se întinde pe o suprafață totală de 940,28 hectare, fiind împărțit în 2 unități de producție (U.P.) III și IV cu 358 parcele / unități amenajistice (u.a.) . Împărțirea pe parcele a fost realizată în primul rând în funcție de cerințele privind procesele tehnologice ce trebuie aplicate în mod periodic și în baza compoziției înregistrate pe fiecare parcelă în parte.

#### **4.1.2 – Modele de evoluție**

În continuare vom prezenta succint analiza atei de creștere pentru principalele 6 specii de arbori înregistrate pe terenul pădurii independenta. Aceasta secțiune se bazează pe faptul că baza de date care cuprinde peste 120 de parcele studiate pe o perioadă de 6 ani, cuprinde și terenuri pe care se afla în proporție majoră o anumită specie de arbore, în diferite stadii de dezvoltare și

afereente unor valori diferite de consistenta. S-a observa ca o consistenta mai ridicata – o acoperire a suprafeței de teren mai mare - nu conduce mereu la viteze de creste mai mari.

In continuare vom prezenta succint rezultatele analizei statistice obținute pentru plopul alb (*Populus alba*) și plopul euramerican (*Populus euramericana*). In prezentul rezumat vom expune metoda doar pentru cel de al doilea caz. Rezultatele fac subiectul unor articole trimise spre publicare, aflându-se in revizie.

#### 4.1.2.a – Modele de evoluție pentru plop euramerican (*Populus euramericana*)

Plopul euramerican (*Populus euramericana*) atinge înălțimi de pana la 40 m, are tulpina cu o rectitudine dreaptă, cu scoarța verzuie neteda, formând ritidom doar la vârste înaintate. (Hahuie et al. 2014). Înflorște relativ devreme (pe la 20 de ani) , aproape anual si prezintă o mare capacitate de regenerare pe cale vegetativa, fiind o specie hibridă longevitatea nedepășind vârsta de 30 ani. (Hahuie et al. 2014). Acest arbore este întâlnit pe o serie de 42 parcele , acoperind o suprafața de 187 ha. Parcele respective au fost monitorizate in perioada 2010-2015 si rezultatele măsurătorilor de pe teren au permis obținerea unor modele de dependență a ratei de creștere in funcție de consistenta, de vârsta si de densitate.

In tabelul 4.1 sunt prezentate valorile corelațiilor identificate in cadrul valorilor măsurate pe parcele din cadrul acestei păduri.

Tabelul 4.1.18 - valorile coeficienților de corelație

	Current age (years)	Consistence	Volume (cubic m/ha)	Total Volume (c m)	Growth (c. m./year/ha)	Local growth (c. m./ha)	Extracted volume (c. m./production unit)	Total net volume (c. m.)	Density (no. specimens / ha)
Current age (years)	1.0000	.2775	.9110	.6535	.2108	.2017	.3754	.5960	-.0923
	p= ---	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=.000	p=.000	p=0.00	p=.057
Consistence	.2775	1.0000	.2608	.1663	.3839	.2862	.0837	.1586	.8187
	p=.000	p= ---	p=.000	p=.001	p=.000	p=.000	p=.085	p=.001	p=0.00
Volume (cubic m/ha)	.9110	.2608	1.0000	.7332	.1378	.2548	.3367	.6883	-.1271
	p=0.00	p=.000	p= ---	p=0.00	p=.004	p=.000	p=.000	p=0.00	p=.009
Total Volume (c m)	.6535	.1663	.7332	1.0000	.0042	.3319	.2475	.9787	-.1254
	p=0.00	p=.001	p=0.00	p= ---	p=.931	p=.000	p=.000	p=0.00	p=.010
Growth (c. m./year/ha)	.2108	.3839	.1378	.0042	1.0000	.4950	.0475	.0058	.3125
	p=.000	p=.000	p=.004	p=.931	p= ---	p=0.00	p=.328	p=.906	p=.000
Local	.2017	.2862	.2548	.3319	.4950	1.0000	.0593	.3529	.1578

growth (c. m./ha)									
	<b>p=.000</b>	<b>p=.000</b>	<b>p=.000</b>	<b>p=.000</b>	<b>p=0.00</b>	<b>p=---</b>	<b>p=.222</b>	<b>p=.000</b>	<b>p=.001</b>
Extracted volume (c. m./production unit)	<b>.3754</b>	<b>.0837</b>	<b>.3367</b>	<b>.2475</b>	<b>.0475</b>	<b>.0593</b>	<b>1.0000</b>	<b>.0737</b>	<b>-.1709</b>
	<b>p=.000</b>	<b>p=.085</b>	<b>p=.000</b>	<b>p=.000</b>	<b>p=.328</b>	<b>p=.222</b>	<b>p=---</b>	<b>p=.129</b>	<b>p=.000</b>
Total net volume (c. m.)	<b>.5960</b>	<b>.1586</b>	<b>.6883</b>	<b>.9787</b>	<b>.0058</b>	<b>.3529</b>	<b>.0737</b>	<b>1.0000</b>	<b>-.0857</b>
	<b>p=0.00</b>	<b>p=.001</b>	<b>p=0.00</b>	<b>p=0.00</b>	<b>p=.906</b>	<b>p=.000</b>	<b>p=.129</b>	<b>p=---</b>	<b>p=.078</b>
Density (no. specimens / ha)	<b>-.0923</b>	<b>.8187</b>	<b>-.1271</b>	<b>-.1254</b>	<b>.3125</b>	<b>.1578</b>	<b>-.1709</b>	<b>-.0857</b>	<b>1.0000</b>
	<b>p=.057</b>	<b>p=0.00</b>	<b>p=.009</b>	<b>p=.010</b>	<b>p=.000</b>	<b>p=.001</b>	<b>p=.000</b>	<b>p=.078</b>	<b>p=---</b>

Din tabelul de mai sus sunt observate câteva grupuri de parametri care se corelează în mod semnificativ ( $p < 0.005$ ).

În acest sens, s-a aplicat analiza de tip PCA pentru a determina modul de grupare a mărimilor care se corelează în mod semnificativ. În figura 4.1.2.1 sunt prezentate ponderile principalilor factori care descriu baza de date cu aproximativ 425 de înregistrări privitoare la evoluția plopului euramerican (*plop ea*). Se observă o grupare care aparține mai mult condițiilor de producție (volum total, volum înregistrat pe unitatea de producție, etc.), dar și un grup de parametri importanți privind condițiile ecologice (consistența, densitatea, etc.).

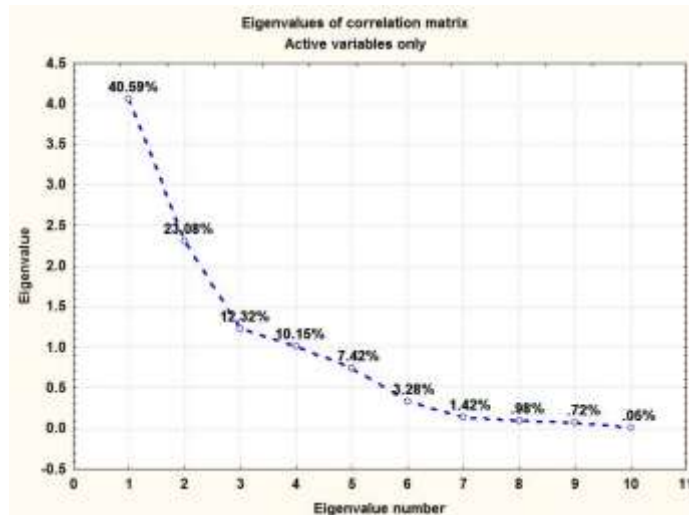


Fig. 4.1.2.1 – Determinarea valorilor principale pentru evoluția ratei de creștere a plopului euramerican din cadrul trupului de pădure Independența - Hanu Conachi

În figura 4.1.2.3 sunt prezentate ponderile factorilor de ordinul 1 și 3 care descriu parametrii privitori la evoluția plopului tremurător. În ceea ce privește condițiile de creștere și de producție, s-a afectat o analiză ANOVA multifactorial, în care parametrii grupați pe baza metodei PCA au fost considerați parametrii analizei ANOVA. Rezultatele sunt prezentate în tabelul de

mai jos si se observa faptul ca cei doi parametrii considerați a fi esențiali – vârsta curenta si consistenta reprezintă parametrii semnificativi (parametrii marcați cu roșu).

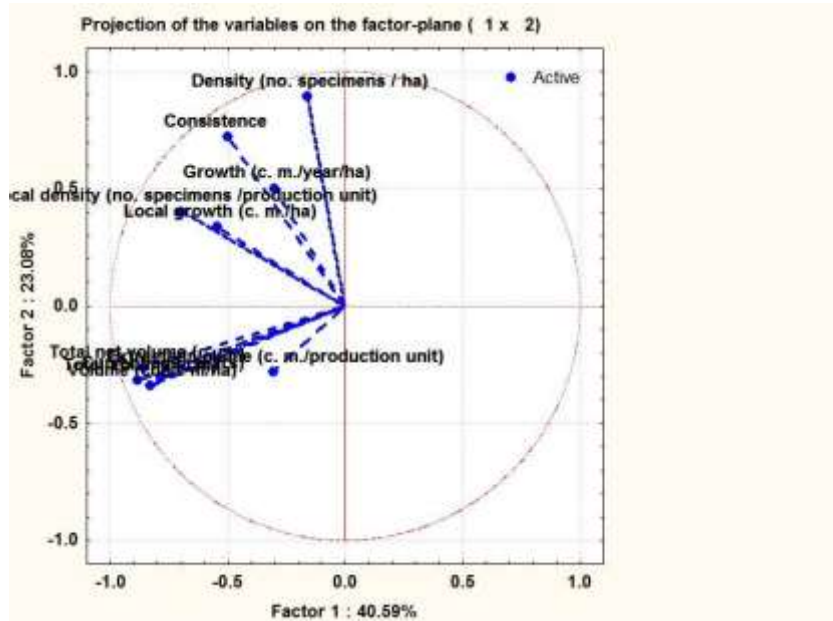


Fig. 4.1.2.2 – Prezentarea primelor doua grupuri de factori pentru evoluția ratei de creșterea a plopului euramerican din cadrul trupului de pădure Independenta - Hanu Conachi

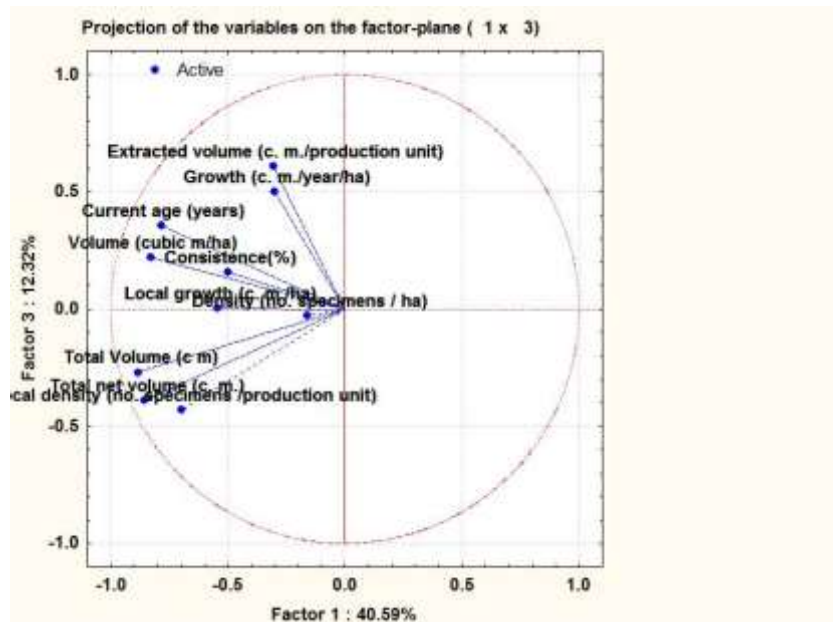


Fig. 4.1.2.3 – Prezentarea grupurilor de factori 1 si 3 pentru evoluția ratei de creșterea a plopului ea. din cadrul trupului de pădure Independenta - Hanu Conachi

Tabelul 4.1.18 – analiza ANOVA - Plopul euramerican (*Populus euramericana*)

	Growth (c. m./year/ha) - Param.	Growth (c. m./year/ha) - Std.Err	Growth (c. m./year/ha) - t	Growth (c. m./year/ha) - p	Growth (c. m./year/ha) - Beta (β)	Growth (c. m./year/ha) - St.Err.β
Intercept	-0.181439	0.369364	-0.49122	0.623528		
Current age (years)	<b>0.170483</b>	<b>0.043412</b>	<b>3.92711</b>	<b>0.000100</b>	<b>0.423901</b>	<b>0.107942</b>



<b>Consistence(%)</b>	<b>3.038857</b>	<b>1.132314</b>	<b>2.68376</b>	<b>0.007567</b>	<b>0.269335</b>	<b>0.100358</b>
<b>Volume (cubic m/ha)</b>	<b>-0.013367</b>	<b>0.004814</b>	<b>-2.77696</b>	<b>0.005732</b>	<b>-0.308198</b>	<b>0.110984</b>
<b>Density (no. specimens / ha)</b>	0.001478	0.001537	0.96128	0.336963	0.093579	0.097348

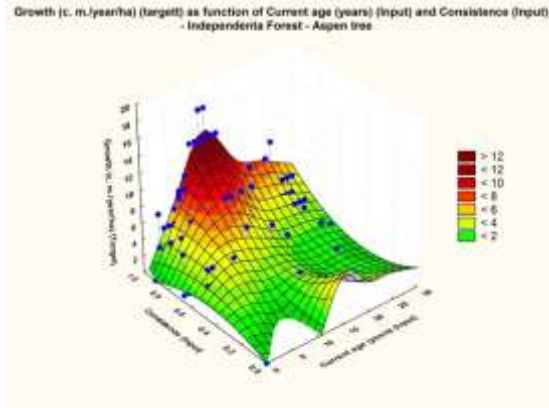


Fig. 4.1.2.4 – Prezentarea modelului analitic pentru evaluarea ratei de creșterea a plopului ea. in funcție de vârsta curenta si consistenta, pe baza datelor măsurate din cadrul trupului de pădure Independenta - Hanu Conachi

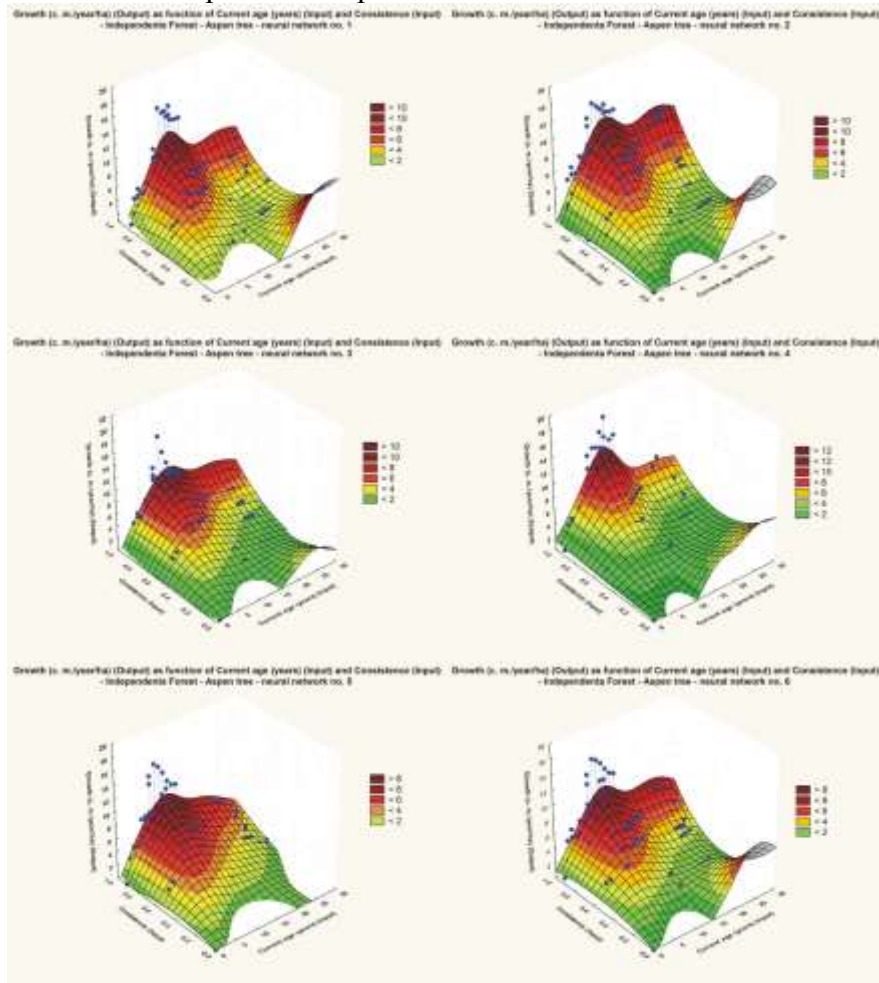
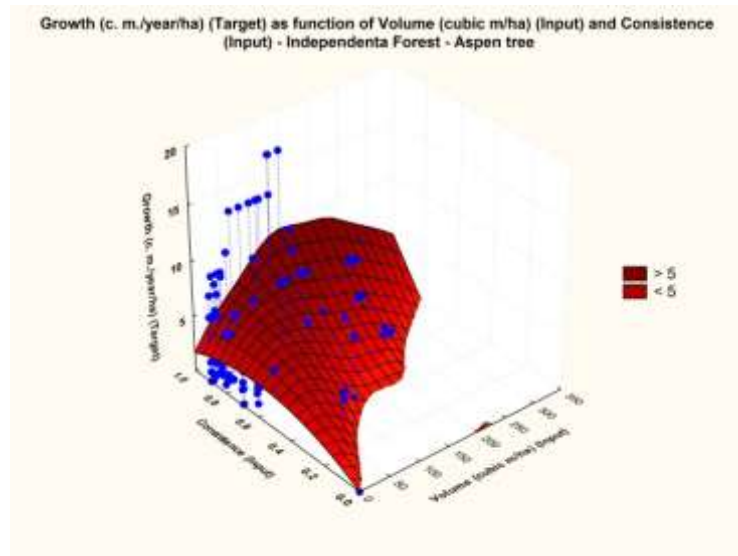


Fig. 4.1.2.5 – Prezentarea modelelor nelinare pentru evaluarea ratei de creșterea a plopului ea. in funcție de vârsta curenta si consistenta, pe baza datelor măsurate din cadrul trupului de pădure Independenta - Hanu Conachi

Acest rezultat extrem de important ne-a condus la ideea de a construi un model care să evidențieze modul în care influențează cei trei parametri esențiali rata creșterii și implicit valoarea producției pe unitate de producție.



**Fig. 4.1.2.6** – Prezentarea modelului analitic pentru evaluarea ratei de creștere a plopului ea. în funcție de volum pe unitatea de producție și consistență, pe baza datelor măsurate din cadrul trupului de pădure Independenta - Hanu Conachi

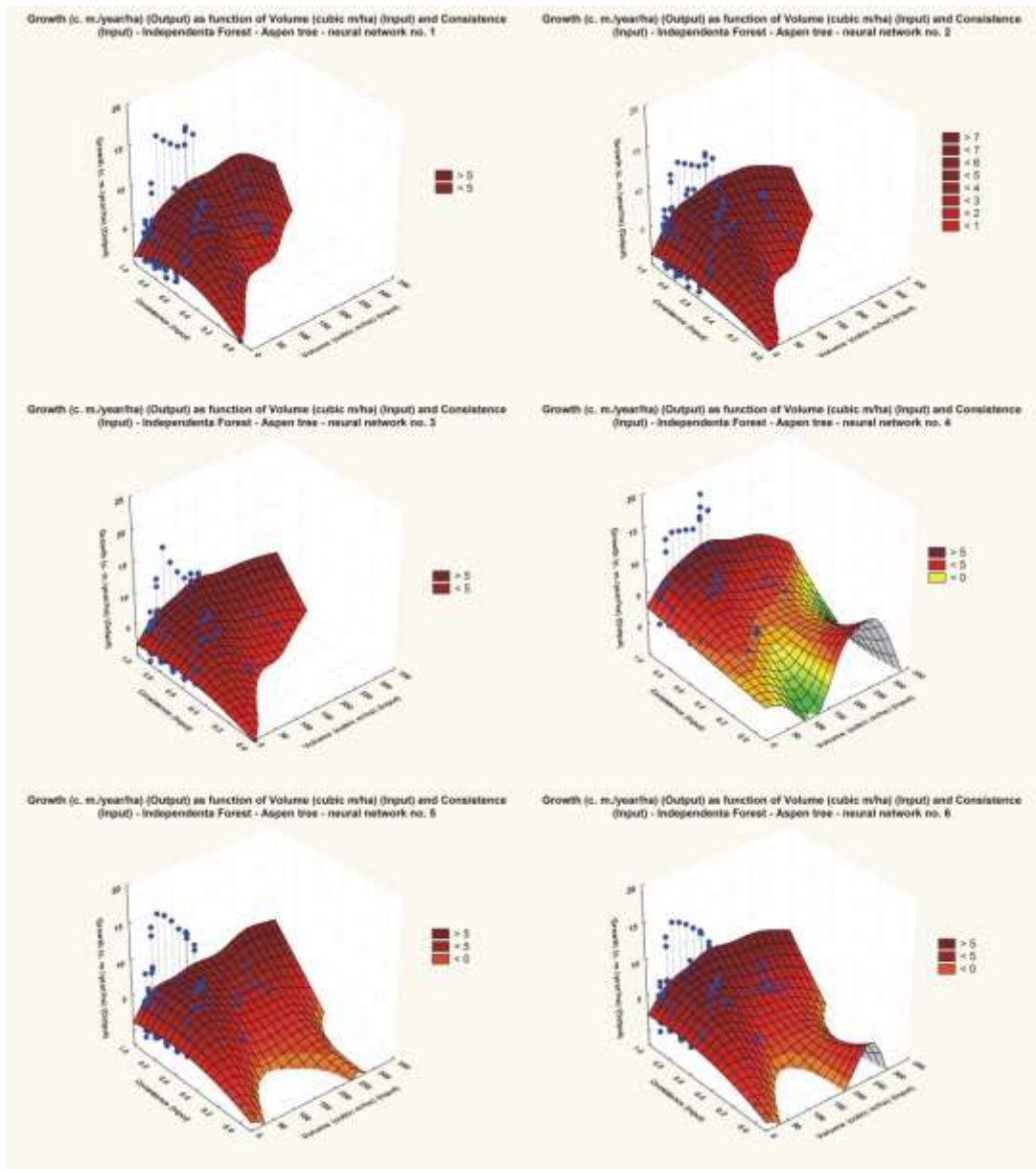
În figurile 4.1.2.4 și 4.1.2.5 sunt modelele analitice și cele obținute pe baza analizei non-lineare cu ajutorul rețelelor neuronale de tip ANN în dorința de a obține o reprezentare a modului în care parametrii esențiali identificați influențează rata creșterii și evoluția plopului tremurător.

Dacă în figura 4.1.2.4 este reprezentat modelul analitic construit pe baza observațiilor din teren (model care s-a dovedit a fi destul de fidel din punct de vedere calitativ) în figura 4.1.2.5 sunt prezentate cele mai bune 6 modele non-lineare construite pe baza măsurătorilor experimentale.

Toate aceste modele evidențiază concentrația punctelor experimentale pe maximul absolut a graficului ratei de creștere pe unitatea de suprafață, fapt care indică o exploatare eficientă a acestei specii de copac.

În ceea ce privește setul de parametri care determină producția, reprezentarea modelului analitic și a celui non-linear sunt prezentate în figurile 4.1.2.6 și 4.1.2.7.

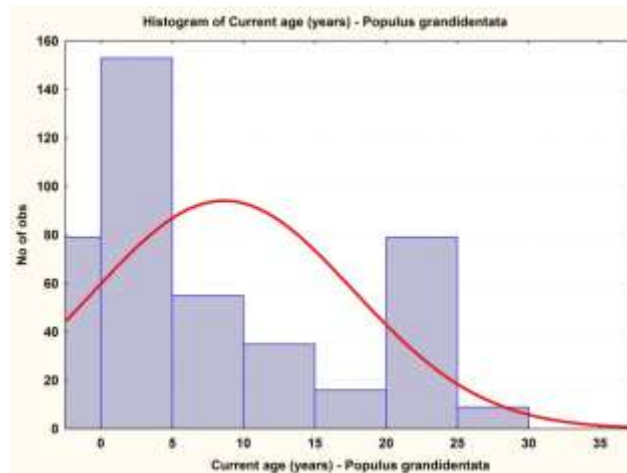
În ceea ce privește condițiile de creștere și de producție, s-a afectat o analiză ANOVA multifactorial, în care parametrii grupați pe baza metodei PCA au fost considerați parametrii analizei ANOVA.



**Fig. 4.1.2.7** – Prezentarea modelelor nelineare pentru evaluarea ratei de creșterea a plopului ea. in funcție de volum pe unitatea de producție și consistența, pe baza datelor măsurate din cadrul trupului de pădure Independenta - Hanu Conachi

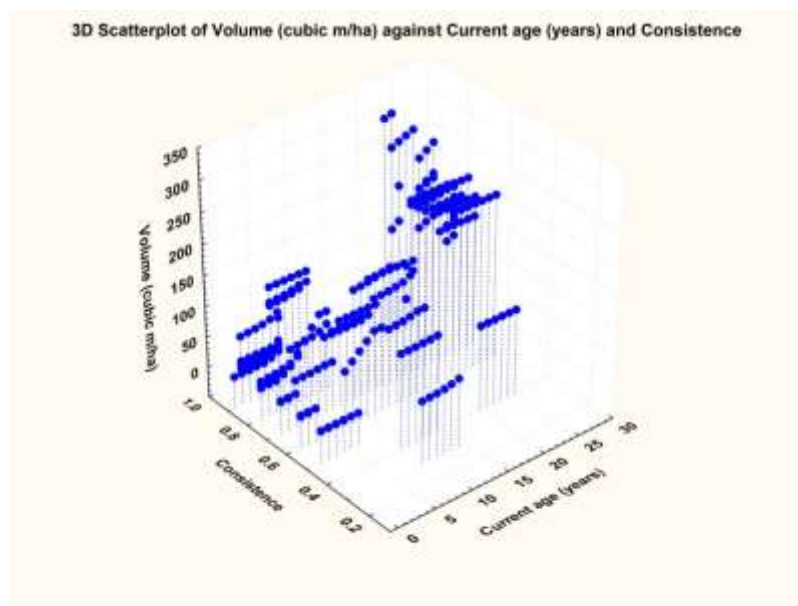
### Evaluarea eficienței exploatării speciei de plop euramerican

Din fig. 4.1.2.4 in care este prezentat modelul analitic pentru evaluarea ratei de creșterea a plopului ea. in funcție de vârsta curentă și consistența, observându-se existența unor zone de maxim, in dreptul unor vârste de aproximativ 10 de ani (Fig. 4.1.2.8).



**Fig. 4.1.2.8** – Histograma privind numărul de parcele aferente plopului ea. in funcție de vârsta curenta, pe baza datelor măsurate din cadrul trupului de pădure Independenta - Hanu Conachi

Pe de alta parte, din histograma asupra vârstelor arborilor pe diferite parcele, se observa existenta unui maxim pentru intervalul de vârsta in jurul valorii de 20 de ani. Acest aspect este un argument in favoarea caracterizării ca fiind eficienta privind exploatarea acestei specii de arbore, având in vedere graficul din figura 4.1.2.9. In figura 4.1.2.9 se observa faptul ca producția cea mai mare este aferenta vârstei cuprinse intre 10 si 20 de ani.



**Fig. 4.1.2.9** – Histograma privind volumul producției aferente plopului ea. in funcție de vârsta curenta si consistenta, pe baza datelor măsurate din cadrul trupului de pădure Independenta - Hanu Conachi

Din figura 4.1.2.9 se observa faptul volumul producției este maximal aferenta unei valori a consistentei cuprinse intre 0.6 si 0.8. Se poate conchide faptul ca in aceasta zona specia de plop euramerican este eficient exploatata din punct ecologic și tehnic-economic.

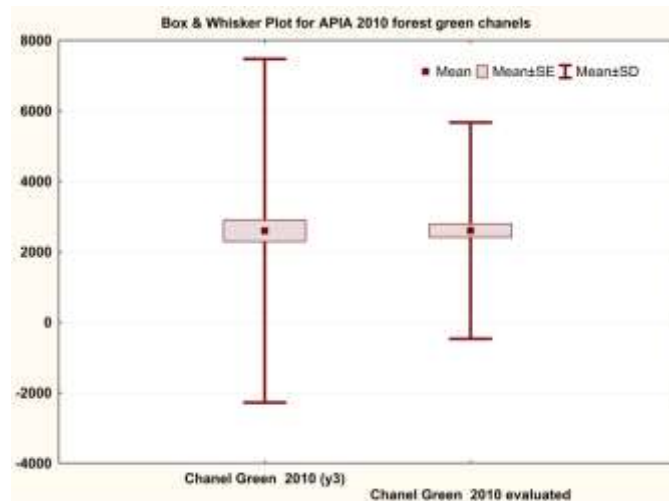
## Capitolul 5

### 5.1 Concluzii

În lucrarea de față s-a făcut o prezentare a efortului de cercetare sistematică și coerentă asupra modului și posibilităților de evaluare a dinamicii și compoziției unui areal împădurit. Au fost utilizate un număr de 4 metode diferite care s-au dovedit a fi complementare. Rezultatele obținute au fost publicate treptat, pe parcursul stagiului doctoral, pe măsura ce au fost obținute. S-au aplicat ca studii de caz pe un set de 4 trupuri de pădure de pe raza județului Galați) pădurea : Bălăbănești, Buciumeni, Văleni Vaslui și Independenta – Hanu Conachi).

Alegerea celor acestor areale împădurite a fost făcută în baza unui motiv obiectiv –s-a dorit ca modele dezvoltate din această lucrare să poată fi verificate în teren prin măsurători efective.

Metodele de analiza prin transformări lineare (abordare care s-a dovedit a fi un succes pentru perioade scurte de timp și pentru zonele împădurite și protejate). Analizele statistice ale rezultatelor obținute și comparate cu cele experimentale au arătat posibilitatea obținerii unor concordante destul de bune (Fig. 5.1). Se observa că sunt obținute valorile medii și intervale aferente erorii standard mai mici datorită faptului că arealele studiate au viteze diferite de evoluție, fapt care determină în mod real, intervale mai extinse decât cele obținute pe baza modelelor lineare.

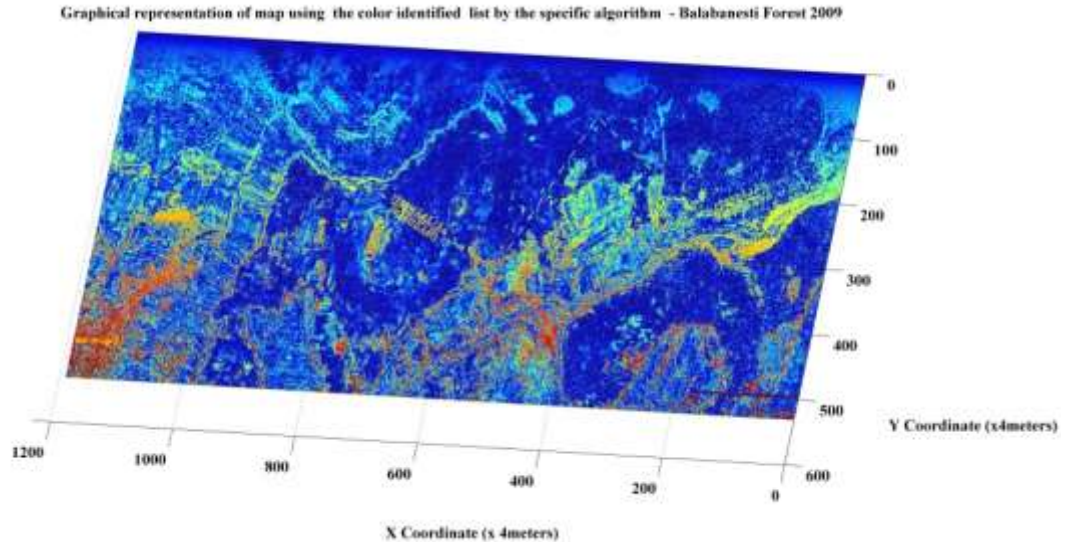


**Fig. 5.1** - Comparație statistică între valorile obținute pe baza modelelor lineare și cele experimentale (pădurea Bălăbănești)

Programul utilizat conceput și structurat în întregime în cadrul stagiului doctoral desfășurat în Universitatea gălățeană a putut fi utilizat și pentru evaluarea prin comparație între rezultatul obținut pe baza modelării și situația din fotografiile satelitare. Programul rezolva pentru fiecare pixel din fotografiile



satelitare un sistem de 3 ecuații cu 3 necunoscute și apoi construiește rezultatul. Metoda de analiză liniară s-a dovedit a fi sensibilă și cu posibilități de evidențiere a modificărilor în starea de vegetație și distribuție în zonele studiate (Fig. 5.2). În figura 5.2 se observă cu ușurință zonele în care s-a intervenit din exterior, modificând starea de vegetație în zona studiată.



**Fig. 5.2** - Comparație între valorile obținute pe baza modelelor liniare și cele experimentale (pădurea Bălăbănești) – anul 2010

Generalizând apoi această metodă prin utilizarea de modele de tip rețele neuronale (fapt care s-a dovedit din nou funcțional pentru perioade de până la 5 ani). Rezultatele obținute au fost comunicate în cadrul unor conferințe naționale și internaționale, și analizele statistice efectuate.

Performanța de interpolare și evaluare a rezultatelor pentru perioade de timp mai mari de 5 ani a fost de asemenea evaluată pentru fiecare din cele 4 trupuri de pădure studiate. În tabelul de mai jos sunt prezentate valorile coeficienților de corelație obținuți pentru cele 5 modele construite în cazul pădurii Buciumeni. Se observă că modelele construite reușesc să obțină coeficienți de corelație cu datele experimentale destul de ridicate, pentru toate cele 3 domenii de culoare.

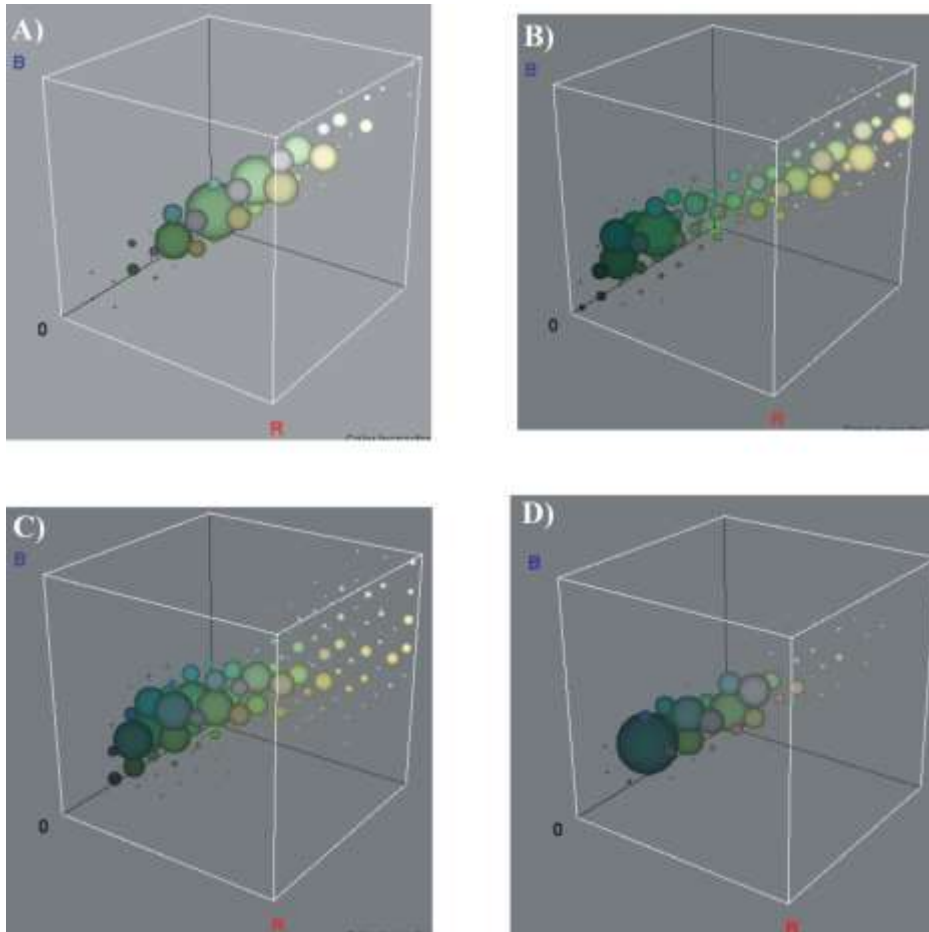
Tabel coeficienți de corelație pentru baza\_date\_Buciumeni

	<b>Blue Channel 2016' - Train</b>	<b>Red Channel 2016' - Train</b>	<b>Green Channel 2016' - Train</b>
<b>1.MLP 11-11-3</b>	0.952910	0.994680	0.984451
<b>2.MLP 11-6-3</b>	0.995762	0.999613	0.999351
<b>3.MLP 11-8-3</b>	0.997789	0.999019	0.999449
<b>4.MLP 11-14-3</b>	0.999459	0.999979	0.999976
<b>5.MLP 11-5-3</b>	0.998174	0.999185	0.999630



Referitor la metodele utilizate, in mod cert se poate afirma ca au un caracter inovativ pe plan național. O discutare a acestor modele a fost de foarte puține ori abordata in literatura, astfel încât putem afirma ca reprezintă un aspect original. Modelele neliniare bazate pe utilizarea rețelelor neuronale a constituit si s-a dovedit a fi o soluție de succes. Utilizarea acestor elemente matematice a mai fost făcută in literatura, dar in domeniul evaluării si analizei spectrelor de reflexie, a fost întâlnita mai puțin. Din acest motiv, ținem sa credem ca si acest lucru reprezintă un aspect inovativ si original.

Am studiat si am testa aceste modele pentru trupuri de pădure cu structuri si compoziții diferite – de la păduri care au in compoziție specii ca salcâmul in proporție foarte mare si deci o dinamica de evoluție foarte rapida, dar si in cazul corpurilor de pădure cu specii care sa prezinte viteze de dezvoltare mai mici. In toate aceste cazuri, modele lineare au fost utilizabile cu succes pentru perioade mici de timp. Aceste aspecte au fost publicate in reviste indexate BDI si au fost prezentate in manifestări internaționale. Din acest punct de vedere si aceasta metoda s-a dovedit a fi funcțională dar insuficienta.



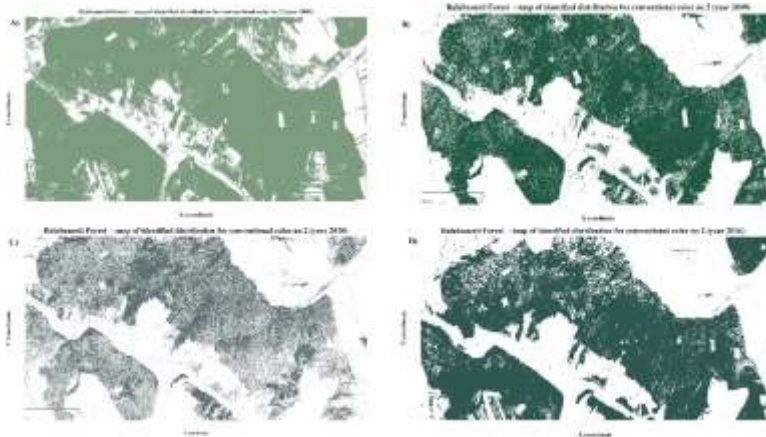
**Fig. 5.3** - Metoda k-means cluster aplicata in cadrul analizei cromatice (pădurea Bălăbănești)

Metoda care a permis clarificarea principalelor aspecte privind modul de variație a spectrelor este metoda de analiză cromatica. Metoda de analiză cromatica a fost utilizată in literatura dar in mod evident, s-a utilizat un set extins de benzi de

culoare. Având în vedere faptul că imaginile obținute în mod gratuit erau în spectrul RGB s-a dorit construirea, testarea și validarea unei metode de analiză folosind spectrul vizibil și care să ne permită obținerea unei distribuții dinamice a speciilor de arbori din fiecare pădure în parte. Din acest punct de vedere, lucrarea de față prezintă doar rezultatele preliminare ale unei metode de evaluare a compoziției pădurilor și a dinamicii acestuia.

Doar în momentul care am putut standardiza această metodă de analiză cromatică, am putut construi și am putut identifica o soluție la problema utilizării de modele matematice pentru a putea evalua evoluția unui areal împădurit în punct de vedere al spectrului de reflexie.

Scopul investigației noastre a fost de a construi o soluție completă, de obține și de a testa o soluție de cost minim prin combinarea a două metode clasice. Imaginile prin satelit bazate pe metode implică costuri operaționale. Aceasta este o anumită noutate în etapa națională și soluția propusă este inovatoare. Toate celelalte soluții utilizate sunt realizate cu ajutorul instrumentelor importate și software scump.



**Fig. 5.5** - Metoda clusterelor aplicate în identificarea evoluției speciei de arbori (pădurea Bălăbănești)

În acest sens, am imaginat soluția utilizării pentru identificare a UAV-urilor din dotare. Această soluție prezentată în articole aflate în revizie și care tratează câte un corp de pădure ca studiu de caz este în curs de brevetare. În acest fel, am putut combina două avantaje evidente: metodele bazate pe utilizarea de vehicule aeriene fără pilot sunt proceduri ieftine, dar au nevoie de timp relativ lung pentru a obține o imagine globală. În acest sens, am propus o combinație eficientă, cu rezultate încurajatoare preliminare. Noutatea constă în utilizarea imaginilor prin satelit de domeniu vizibile care ar putea fi obținute pentru prețuri mai mici. Soluția propusă presupune UAV zborurile specifice de recunoaștere, în scopul de a reuși în dobândirea și validarea legăturii dintre model și speciile de arbori care alcătuiesc compoziția pădurilor.

Un alt aspect inovativ aferent metodei de analiză cromatică vine de faptul că el a fost folosit ca mijloc metoda de clusterizare în locul metodei PCA. Metoda de analiză bazată pe această analiză statistică s-a dovedit a fi mai eficientă, deoarece mulți autori au arătat că componentele principale sunt doar o

etapă intermediară la discrete indicatori de membru de cluster pentru k-Means procedura de grupare. Metoda aceasta a fost mai puțin utilizate din literatura de specialitate ceea ce determină un aspect de originalitate.

Pe măsură ce aceste rezultate s-au dovedit a fi promițătoare și metoda de cercetare este inovatoare, va exista cercetări suplimentare cu privire la acest subiect. Având în vedere obiectivul prețului minim de operare, noi credem că a fost atins.

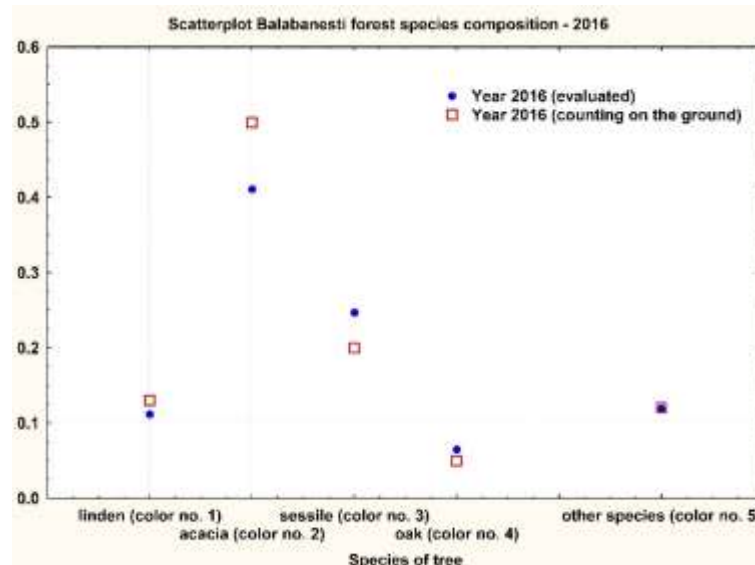


Fig. 5.6 - Metoda analizei cromatice aplicate in identificarea evoluției speciei de arbori (pădurea Bălăbănești)

Nu în ultimul rând, trebuie este precizat faptul ca analiza utilizării unei metode de studiu geometrice, prin considerarea de fractali pentru un areal împădurit, a reprezentat de asemenea un aspect important. Faptul ca pentru fiecare areal împădurit am utilizat aceasta metoda, și am putut demonstra ca funcționalitatea ei trebuie privita cu rezerve a constituit de asemenea un aspect original.

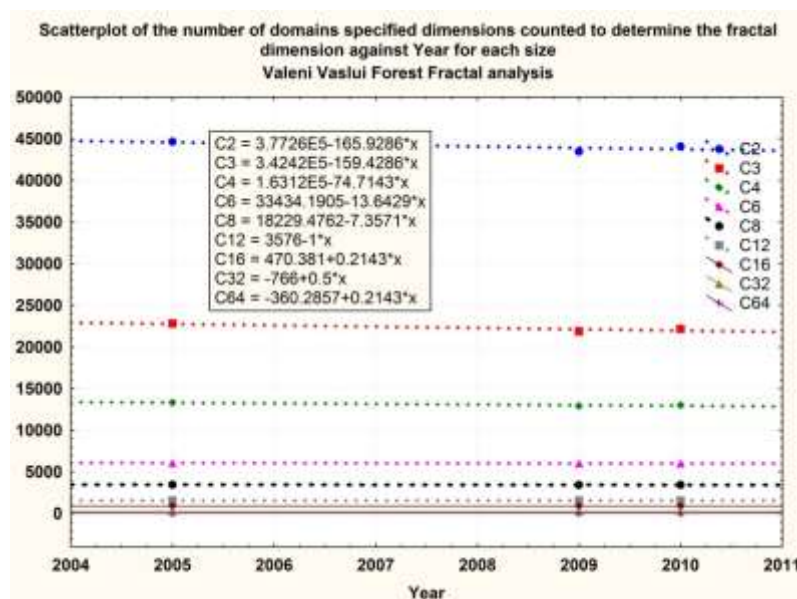


Fig. 5.7 - Metoda analizei geometrice aplicate in identificarea evoluției pădurii (pădurea Văleni)

## 5.2 Direcții de dezvoltare

Selecția celor 4 corpuri de pădure a oferit în mod cert anumite avantaje. Aceasta selecție a adus și câteva avantaje procedurale și metodologice prin faptul că prin selectarea unor corpuri de pădure în zona județului Galați formele de relief întâlnite au fost aproximativ asemănătoare. Acest aspect coroborat cu faptul că formele de relief întâlnite au fost lipsite de zone accidentate a constituit în mod cert un avantaj în ceea ce privește aplicabilitatea metodelor noastre. În cercetările care vor continua vom testa eficacitatea metodelor de analiză în cadrul unor areale împădurite localizate în vai sau pe versantul munților.

Un alt avantaj major pe care l-am exploatat a fost faptul că fotografiile satelitare utilizate au fost nepreferențiate și prelevate și prelucrate după același standard. Acest aspect a fost esențial în cadrul analizelor desfășurate de către noi, mai ales în timpul procesării elementelor de imagine. Faptul că rezoluția a fost riguros respectată, perioada de prelevare a fost aceeași și mai ales faptul că fotografiile au fost referențiale cu o precizie de maxim 4 metri, a constituit în mod evident un avantaj care a permis dezvoltarea unei metode simple și eficiente de evidențiere a dinamicii și compoziției unui areal împădurit.

În ceea ce privește setul de metode prezentate în lucrarea de față putem afirma faptul că aceste metode utilizate, studiate, testate și validate cu o oarecare precizie se înscriu în domeniul metodelor moderne utilizate la nivel mondial.

În acest sens, se poate afirma faptul că la nivel mondial se pune un accent foarte mare pe utilizarea metodelor de monitorizare și evaluare folosind mijloace de teledetecție, ceea ce a constituit un punct de plecare în redactarea acestei teze.

Scopul investigației noastre a fost de a testa o soluție de cost minim prin combinarea a două metode clasice. Imaginile prin satelit bazate pe metode implică costuri operaționale. Aceasta este o anumită noutate în etapa națională și soluția propusă este inovatoare. Toate celelalte soluții utilizate sunt realizate cu ajutorul instrumentelor importate și software scump.

Pe de altă parte, metodele bazate pe utilizarea de vehicule aeriene fără pilot sunt proceduri ieftine, dar au nevoie de timp relativ lung pentru a obține o imagine globală. În acest sens, se propune o combinație eficientă, cu rezultate încurajatoare preliminare. Noutatea constă în utilizarea imaginilor prin satelit de domeniu vizibil care ar putea fi obținute pentru prețuri mai mici. Soluția propusă presupune UAV zborurile specifice de recunoaștere, în scopul de a reuși în dobândirea și validarea legăturii dintre model și speciile de arbori care alcătuiesc compoziția pădurilor.

Un alt aspect inovativ vine de faptul că el a fost folosit ca mijloc de metodă de clusterizare în locul metodei PCA.

În cele din urmă, metodele prezentate în această lucrare sunt cu siguranță perfectibile și următoarele versiuni vor oferi o mai mare acuratețe.

Pe de altă parte, la ora actuală se pune din ce în ce mai mult accentul pe utilizarea de mijloace software care să ajute la procesarea informațiilor preluate de diferite mijloace de supraveghere: sateliți, avioane, dispozitive UAV. Acest

aspect important a constituit de asemenea un punct de plecare in redactarea acestei teze

Nu in ultimul rând, pe plan mondial se pune accentul pe dezvoltarea unor sisteme expert sau de ti inteligenta artificiala pentru etapa de analiza si procesare a datelor. Acest fapt a fost atins sin in cadrul acestei teze prin dezvoltarea unor metode ce se bazează pe utilizarea de elemente de inteligenta artificiala de tip rețele neuronale, având in vedere faptul ca am putut demonstra ca metodele si modelele analitice de analiza nu au dat rezultate.

Nu in ultimul rând, trebuie precizat faptul ca am dorit ca toate evaluările noastre sa fie susținute de confirmări si verificări in teren. Mulțumim experților din cadrul D.S. Galați pentru sprijinul acordat si pentru măsurătorile efectuate sistematic, măsurători care au constituit un bun reper in cadrul dezvoltărilor matematice prezentate in cadrul acestei teze.

Nu in ultimul rând trebuie spus ca rezultatele obținute de a lungul timpului au constituit subiectul unor lucrări comunicate si publicate in diferite reviste din fluxul principal de publicații indexate BDI, precum si publicații indexate ISI.

Rezultatele preliminare constituie de fapt un bun punct de plecare pentru cercetări ulterioare in domeniul monitorizării si managementul arealelor împădurite.

Cercetările ulterioare vor fi in mod necesar pe direcția rafinării rezultatelor obținute, in primul rând in ceea ce privește identificarea speciilor prin metode cromatice.

O alta direcție de cercetare ulterioara este cea aferenta determinării compoziției corpurilor de pădure, măbind precizia determinărilor. In mod necesar acest lucru se va face daca in modele construite vor fi incluse date privind modelul terenului,

Nu in ultimul rând trebuie continuate cercetările privind corelațiile dintre modele obținute si cele oferite de servicii specializate. Comparația va conduce in mod necesar la perfecționarea metodelor noastre de cercetare.

## Bibliografie

1. *Academia Republicii Populare Române*, Dicționar Enciclopedic Român, Editura Politică, București, 1962-1966
2. *Aerts R., Chapin F.S.*, 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: a reevaluation of processes and patterns. *Advances in Ecological Research* 30: 1–67. DOI: 10.1016/S0065-2504(08)60016-1.
3. *Alberti G., Boscutti F., Pirotti F., Bertacco C., De Simon G., Sigura M., Cazorzi F., Bonfanti P.*, 2013. A LiDAR-based approach for a multi-purpose characterization of Alpine forests: an Italian case study. *iForest - Bio geosciences and Forestry* 6: 156-168. DOI: 10.3832/ ifor0876-006.
4. *Anttila P.*, On the accuracy of treewise attributes obtained by analytical stereoplotter and aerial images. MSc thesis, University of Joensuu, Faculty of Forestry, Joensuu, 36 p. 1998
5. *Anttila P.*, Assessment of manual and automated methods for updating stand-level forest inventories based on aerial photography. PhD thesis, University of Joensuu, Faculty of Forestry, Joensuu, 42 p. Web: <http://www.metla.fi/dissertations/df9.pdf>. 2005. Accessed: 2013.
6. *Arcangeli C., Klopff M., Hale S.E., Jenkins T.A.R., Hasenauer H.*, 2013. The uniform height curve method for height–diameter modelling: an application to Sitka spruce in Britain. *Forestry* 87: 177-186. DOI: 10.1093/ forestry/cpt041.
7. *Balenović I., Alberti G., Marjanović H.*, 2013. Airborne Laser Scanning - the Status and Perspectives for the Application in the South-East European Forestry. *South-east European forestry* 4 (2): 59-79. DOI: 10.15177/see-for.13-07.
8. *Balenović I., Seletković A., Pernar R., Marjanović H., Vuletić D., Paladinić E., Kolić J., Benko M.*, 2011. Digital photogrammetry – State of the art and potential for application in forest management in Croatia. *South-east European forestry* 2 (2): 81-93. DOI: 10.15177/see-for.11-09.
9. *Badea N. O.*, "Forest Condition Monitoring in Romania" 1990-1996
10. *Badea N. O.*, "Manual privind metodologia de supraveghere pe termen lung a stărilor ecosistemelor forestiere aflate sub acțiunea poturii atmosferice și modificării lor climatice". 2008
11. *Badea N. O.*, „Revista Padurilor nr.3,4” 2010
12. *Popa I.*, , Diagrame climatice și indici bioclimatici utilizați în silvicultură., În Cheval, S. (ed.) Indici și metode cantitative utilizate în climatologie. Editura Universității din Oradea, pp. 53-59, 2003.
13. *Popa I., Barbu, I., Iacoban, C.*, Monitoringul intensiv al depunerilor atmosferice în perioada anilor 1997-1998 în 7 ecosisteme forestiere din România, *Revista Pădurilor*, 4:16-20., 2000
14. *Clinovschi F.*, *Dendrologie*, Editura Universității Suceava, ISBN 973-666-157-1
15. *Măciucă A., Clinovschi F., Tomescu C., Palaghianu C.*, *Ecosisteme forestiere*, format electronic Editura Universității Suceava, ISBN 973-87584-5-9, 2006;
16. *Balenović I., Seletković A., Pernar R., Marjanović H., Vuletić D., Benko M.*, 2012. Comparison of classical terrestrial and photogrammetric method in creating management division. In *Pentek T., Poršinsky T., Šporčić M.* (eds) ‘‘Forest Engineering - Concern, Knowledge and Accountability in Today’s Environment’’, 8-12 October
17. *Beldie Al.*, *Flora României, Determinator ilustrat al plantelor vasculare*, Editura Academiei Republicii Socialiste România, 1977
18. *Benavides R., Douglas G.B., Osoro K.*, Silvopastoralism in New Zealand: review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. *Agroforestry Systems* 76: 327-350. DOI: 10.1007/s10457-008-9186-2009.
19. *Benko M.*, Procjena taksacijskih elemenata sastojina na infracrvenim kolornim aerosnimkama [Assessment of stands elements on colour infrared aerial photographs]. *Glasnik za šumske pokuse* 29: 199-274, 1993.
20. *Benko M., Balenović I.*, 2011. Prošlost, sadašnjost i budućnost primjene metoda daljinskih istraživanja pri inventuri šuma u Hrvatskoj [Past, present and future of application of remote sensing methods in Croatian forest inventory]. *Šumarski list* 135(13): 272-281.



21. *Bohlin J.*, Wallerman J., Fransson J.E.S., Forest variable estimation using photogrammetric matching of digital aerial images in combination with a high-resolution DEM. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27(7): 2012.
22. *Borz S.A.*, Dinulica F., Barda M., Ignea Gh., Ciobanu V.D., Popa B. Time consumption and productivity of skidding Silver fir (*Abies alba* Mill.) round wood in reduced accessibility conditions: a case study in windthrow salvage logging from Romanian Carpathians. *Annals of Forest Research* 56 (2) pag 363-375. (2013)
23. *Coops N.C.*, Hilker T., Wulder M.A., St-Onge B., Newnham G., Siggins A., Trofymow J.T., 2007. Estimating canopy structure of Douglas-fir forest stands from discrete-return LiDAR. *Trees* 21(3): 295-310. DOI: 10.1007/s00468-006-0119-6.
24. *Davis C.S.*, 2002. *Statistical Methods for the Analysis of Repeated Measurements*. Springer, New York, 415 p.
25. *Dobre, A.*, Raport de Cercetare : Estimarea unor elemente de interes (Briophyta, Caryophyllaceae, Araneae, Coleoptera, Herpetofauna) din arii protejate din sudul Dobrogei, *Revista de politică a științei și scientometrie*, Număr special, 2005.
26. *Dragoi M.*, Popa B., Blujdea V., Improving communication among stakeholders through ex-post transactional analysis – case study on Romanian forestry, *Forest Policy and Economics* 13 (2010), pag. 16-23. (2010)
27. Dubrovnik. Forestry Faculty of University Zagreb, 13 p. 692-699. DOI: 10.1080/02827581.2012.686625. 2012,
28. Eid T., Gobakken T., Næsset E., 2004. Comparing stand inventories for large areas based on photo-interpretation and laser scanning by means of cost-plus-loss analyses. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19(6): 512- 523. DOI: 10.1080/02827580410019463.
29. *Falkowski M.J.*, Smith A.M.S., Hudak A.T., Gessler P.E., Vierling L.A., Crookston N.L., Automated estimation of individual conifer tree height and crown diameter via two-dimensional spatial wavelet analysis of lidar data. *Canadian Journal of Remote Sensing* 32(2): 153-161. DOI: 10.5589/m06-005. 2006.
30. *Ferdinand J.J.*, Padmanaban R.C., Development of a methodology to estimate biomass from tree height using airborne digital image. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS* 2(1): 49-58. 2013.
31. *Florin Mingireanu*, Gabriel Murariu, Lucian Georgescu, Ionut Mocanu, Daniel Constantin Improved observation monitoring system using UAV Optoelectronic Techniques and Environmental Monitoring, ISSN 20066-8651, pag.168-175, 2011,
32. *Gagnon P.A.*, Agnard J.P., Nolette C., Evaluation of a soft-copy photogrammetry system for tree-plot measurements. *Canadian Journal of Remote Sensing* 23(9): 1781-1785. DOI: 10.1139/x93-225. 1993.
33. *Gruber M.*, Ponticellia M., Bernögger S., Leberl L., Ultracamx, the Large Format Digital Aerial Camera System by Vexcel Imaging/Microsoft. In: Chen J., Jiang J., Baudoin A. (eds.). *Proceedings of ISPRS XXIst Congress “Silk Road for Information from Imagery”*, 3-11, 2008.
34. *Iancu, I.*, Iancu V, Mehedinti V, Nițu C., Pătrășcoiu N. Mică enciclopedie a pădurii, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1982
35. **Hahuie V.**, E. Dănilă, A. Dănilă, L. Georgescu, *Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Fascicle II Year VII, No. 1, 26-32, (2015)*
36. **Hahuie Valentin**, Lucian Georgescu, Catalina Iticescu, Gabriel Murariu, Investigation on Satellar and UAV Cadastral Results. Case Study - Independenta Forest Areas, *Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Fascicle II Year VII, No. 1, 26-32, (2015)*
37. Heurich M., 2008. Automatic recognition and measurement of single trees based on data from airborne laser scanning over the richly structured natural forests of the Bavarian Forest National Park. *Forest Ecology and Management* 255(7): 2416-2433. DOI: 10.1016/j.foreco.2008.01.022.
38. Hill T., Lewicki P., 2007. *STATISTICS: Methods and Applications*. StatSoft, Tulsa, OK.
39. Hölle J., Hölle M., 2009. Accuracy assessment of digital elevation models by means of robust statistical methods. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 64(4): 398-406. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2009.02.003.

40. Holmgren J., Persson A., Söderman U., 2008. Species identification of individual trees by combining high resolution LIDAR data with multispectral images. *International Journal of Remote Sensing* 29(5): 1537-1552. DOI: 10.1080/01431160701736471.
41. Honkavaara E., Arbiol R., Markelin L., Martinez L., Cra-mer M., Bovet S., Chandelier L., Ilves R., Klonus S., Marshal P., Shläpfer D., Tabor M., Thom C., Veje N., Digital airborne photogrammetry - a new tool for quantitative remote sensing? A state-of-the-art review on radiometric aspects of digital photogrammetric images. *Remote Sensing* 1(3): 577-605. DOI: 10.3390/rs1030577. 2009.
42. Hoxha B., Two-phased inventory of standing volume in mountain forests with the use of aerial photographs. *Folia Forestalia Polonica* 54(2): 123-133. 2012.
43. Hunter M.O., Keller M., Vitoria D., Morton D.C., Tree height and tropical forest biomass estimation. *Biogeosciences Discussions* 10: 10491-10529. DOI: 10.5194/bgd-10-10491-2013. 2012.
44. Hyypä J., Hyypä H., Leckie D., Gougeon F., Yu X., Mal-tamo M., 2008. Review of methods of small-footprint airborne laser scanning for extracting forest inventory data in boreal forests. *International Journal of Remote Sensing* 29(5): 1339-1366. DOI: 10.1080/01431160701736489.
45. Järndstedt J., Pekkarinen A., Tuominen S., Ginzler C., Ho-lopainen M., Viitala R., 2012. Forest variable estimation using a high-resolution digital surface model. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 74: 78-84. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2012.08.006. July 2008, Beijing. ISPRS, Vol. XXXVII, Part B1, pp. 665-670.
46. Ke Y., Quackenbush L.J., 2011. A review of methods for automatic individual tree-crown detection and delineation from passive remote sensing. *International Journal of Remote Sensing* 32(17): 4725-4747. DOI: 10.1080/01431161.2010.494184.
47. Korpela I., Individual tree measurements by means of digital aerial photogrammetry. *Silva Fennica mon.* 3: 1-93. 2004.
48. Korpela I., Anttila P., 2004. Appraisal of the mean height of trees by means of image matching of digitised aerial photographs. *Photogrammetric Journal of Finland* 19(1): 23-36.
49. Kovats M., A large-scale aerial photographic technique for measuring tree heights on long-term forest in- stallations. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 63(6): 741-747. 1997.
50. L. Barrett, A. Kulkarni, *International Journal on Soft Computing (IJSC)* 6, No. 1, 1-14., (2015)
51. Lemmens M., Digital Photogrammetric Workstations - Status and Features. *GIM International* 25: 12. Web: [http://www.gim-international.com/issues/articles/id1797-Digital\\_Photogrammetric\\_Workstations.html](http://www.gim-international.com/issues/articles/id1797-Digital_Photogrammetric_Workstations.html). 2011. Accessed 2013.
52. Lin Y., Hyypä J., Kukko A., Jaakkola A., Kaartinen H., Tree height growth measurement with singlescan airborne, static terrestrial and mobile laser scanning. *Sensors* 12(9): 12798-12813. DOI: 10.3390/s120912798. 2012.
53. Linder W., *Digital photogrammetry - A practical course*. Springer, Berlin. 220 p. DOI: 10.1007/978-3-540-92725-9. 2009.
54. Magnusson M., Fransson J.E.S., Evaluation of aerial photo-interpretation for estimation of forest stem volume at stand level. In: Olsson H (ed.) "Operational Tools in Forestry Using Remote Sensing Techniques", 31 May-3 June, 2005, Borås. Swedish Forest Agency, Report 8, Vol C, pp. 102-106. 2005.
55. Magnusson M., Fransson J.E.S., Olsson H. Aerial photo-interpretation using Z/I DMC images for estimation of forest variables. *Scandinavian Journal of Forest Research* 22(3): 254-266. DOI: 10.1080/02827580701262964. , 2007.
56. Meyer P., Staenz K., Itten K.I., Semi-automated procedures for tree species identification in high spatial resolution data from digitized colour infrared-aerial photography. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 51(1): 5-16. DOI: 10.1016/0924-2716(96)00003-2. 1996.
57. Michailoff I., Zahlenmässiges Verfahren für die Ausführung der Bestandeshöhenkurven. *Cbl. und Thar. Forstl. Jahrbuch* 6: 273-279. 1943.
58. Mingireanu Florin, Gabriel Murariu, Lucian Georgescu, Ionut Mocanu, Daniel Constantin Improved observation monitoring system using UAV, *Optoelectronic Techniques and Environmental Monitoring*, ISSN 20066-8651, pag.168-175, 2011

59. Mihaela Cudalbeanu, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Catalina Iticescu, Gabriel Murariu, The Annual Dynamics that Characterize the Physico-Chemical Parameters For Water Quality in the Grindu Area
60. *Morgan J.L.*, Gergel S.E., Coops N.C., Aerial photography: A rapidly evolving tool for ecological management. *BioScience* 60(1): 47-59. DOI: 10.1525/bio.2010.60.1.9. 2010.
61. Murariu G., **V. Hahuie**, A. Murariu, C. Iticescu, L. Georgescu, C. Vlad, Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati, Mathematics, Physics, Theoretical Mechanics, Fascicle II, Year VIII, No. 1, 118-127,(2016).
62. *Murariu G.*, **V. Hahuie**, L. Georgescu, M. Arseni, A. G. Murariu, Investigation on satellitar and UAV cadastral results. Case study - Galati county forest areas, TIM 15-16 Physics Conference, Timisoara 27 May 2016
63. *Murariu G.*, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Maxim Arseni, Adrian Gabriel Murariu and Catalina Iticescu, Improving orthophotoplans and patterns construct of land by using aerial photographs captured using. Case study - Forest Garboavele, AMERICAN INSTITUTE of PHYSICS - Conference Proceedings, 2016
64. Murariu G., **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Maxim Arseni, Adrian Gabriel Murariu and Catalina Iticescu, INVESTIGATION ON SATELLITAR AND UAV CADASTRAL RESULTS. CASE STUDY - GALATI COUNTY FOREST AREAS, AMERICAN INSTITUTE of PHYSICS - Conference Proceedings, 2016
65. Murariu Gabriel , **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Maxim Arseni, Adrian Gabriel Murariu and Catalina Iticescu, STUDY ON THE INFLUENCE OF ATMOSHERIC PARAMETERS ON THE ACCURACY OF THE GEODETIC MEASUREMENTS, AMERICAN INSTITUTE of PHYSICS - Conference Proceedings
66. Murariu Gabriel , **Valentin Hahuie**, Adrian Gabriel Murariu, Lucian Georgescu, and Catalina Iticescu, Uses of ANN to improve the color index evaluation, submitted to Romanian Journal of Physics
67. Murariu Gabriel, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Maxim Arseni and Adrian Gabriel Murariu, Improving orthophotoplans and patterns construct of land by using aerial photographs captured using. Case study - forest Garboavele, Conferinta internationala - TIM 15 - 16 - INTERNATIONAL PHYSICS CONFERENCE West University of Timisoara, 26th – 28th of May 2016
68. Murariu Gabriel, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Maxim Arseni and Adrian Gabriel Murariu, Investigation on satellitar and uav cadastral results. Case study - Galati county forest areas, Conferinta internationala - TIM 15 - 16 - INTERNATIONAL PHYSICS CONFERENCE, West University of Timisoara, 26th – 28th of May 2016
69. Murariu Gabriel, **Valentin Hahuie**, Lucian Georgescu, Maxim Arseni and Adrian Gabriel Murariu, Study on the influence of atmosheric parameters on the accuracy of the geodetic measurements, Conferinta internationala - TIM 15 - 16 - INTERNATIONAL PHYSICS CONFERENCE, West University of Timisoara, 26th – 28th of May 2016
70. Næsset E., Predicting forest stand characteristics with airborne scanning laser using a practical two-stage procedure and field data. *Remote Sensing of Environment* 80(1): 88-99. 2002b. DOI: 10.1016/S0034-4257(01)00290-5.
71. Næsset E., 1996. Determination of number of stems in co-niferous forest stands by means of aerial photo-interpretation. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11(1): 76-84. DOI: 10.1080/02827589609382914.
72. Næsset E., Determination of mean tree height of forest stands by means of digital photogrammetry. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17(5): 446-459. 2002a. DOI: 10.1080/028275802320435469.
73. Næsset E., Gjevestad J.G., 2008. Performance of GPS Precise Point Positioning Under Conifer Forest Canopies. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 74: 661-668. DOI: 10.14358/PERS.74.5.661.
74. *Nurminen K.*, Karjalainen M., Yu X., Hyyppä J., Honkavaara E., Performance of dense digital surface models based on image matching in the estimation of plot-level forest variables. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 83: 104-115. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2013.06.005, 2013.
75. Dimitre Oancea, Cazimir Swizewski, - “Județul Galați”, Ed. Academiei RSR, București, 1979

76. Paine D.P, Kiser J.D., 2012. Aerial photography and image interpretation. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. DOI: 10.1002/9781118110997.
77. Pernar R., Ančić M., Seletković A., Primjena ICK aerosnimaka za utvrđivanje oštećenosti šuma na području UŠP Gospić [Application of colour infrared aerial photographs for the assessment of forest damage in the Gospić Forest Administration]. Šumarski list 131(11-12): 507-521 2007b.
78. Pernar R., Način i pouzdanost određivanja oštećenosti hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) na infracrvenim kolornim (ICK) aerosnimkama [Method and reliability of assessing pedunculate oak (*Quercus robur* L.) damage on colour infrared (CIR) aerial photographs]. Glasnik za šumske pokuse 31: 1-34. 1994.
79. Pernar R., Seletković A., Ančić M., Utvrđivanje oštećenosti šuma Spačvanskog bazena primjenom infracrvenih kolornih aerosnimaka [Assessing forest damage in the Spačva basin with colour infrared aerial photographs]. Šumarski list 131(7-8): 315-322. 2007a.
80. Popescu S.C., Wynne R.H., Seeing the Trees in the Forest: Using Lidar and Multispectral Data Fusion with Local Filtering and Variable Window Size for Estimating Tree Height. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 70(5): 589-604. DOI: 10.14358/PERS.70.5.589. 2004.
81. *Târâlă Traian*, Originea Dunelor de nisip de la Hanu Conachi, Arhiva Ocolul silvic Hanu Conachi (2004).
82. Rikimaru A., Landsat TM Data Processing Guide for Forest Canopy Density Mapping and Monitoring Model, Proceedings of ITTO Workshop on Utilization of Remote Sensing in Site Assessment and Planning for Rehabilitation of Logged-Over Forest, Bangkok, Thailand, July 30-August 1, 1996, 18-24 (1996).
83. Rikimaru A., P.S. Roy, S. Miyatake, Tropical Ecology 43, 1, 39-47, (2002).
84. Sandau R., Digital Airborne Camera, Introduction and Technology. Springer, Dordrecht, 343 p. DOI: 10.1007/978-1-4020-8878-0. 2010.
85. Dumitru Sârbu, Ghid pentru identificarea și inventarierea pajistilor seminaturale din Romania, Alo, Bucuresti, 2001, ISBN 9739966683, 9789739966689.
86. Shapiro S.S., Wilk M.B., 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika 52: 591- 611. DOI: 10. 1093/biomet/52.3-4.591.
87. Shapiro S.S., Wilk M.B., Chen H. J., 1968. A comparative study of various tests for normality. Journal of the American Statistical Association 63: 1343-1372. DOI: 10.1080/01621459.1968.10480932.
88. Simionică A., Simionică R. L., 2012 – Potențialul edafic și vegetal din estul Câmpiei Înalte a Covurluiului și Lunca Joasă a Prutului Inferior, județul Galați, arhiva OJSPA Galați)
89. Spencer R.D., Hall R.J., Canadian large-scale aerial photographic systems (LSP). Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54(4): 475-482. 1988
90. Georgescu Lucian, Iticescu Cătălina, **Hahuie Valentin**, Reconstrucție și revitalizare ecologică, ISBN 978-606-628-129-4, Edit.Europolis Galați, 2015.
91. St-Onge B., Jumelet J., Cobello M., Véga C., Measuring individual tree height using a combination of stereophotogrammetry and lidar. Canadian Journal of Forest Research 34: 2122-2130. DOI: 10.1139/x04-093. 2004.
92. St-Onge B., Véga C., Fournier R.A., Hu Y., Mapping canopy height using a combination of digital stereophotogrammetry and lidar. International Journal of Remote Sensing 29(11): 3343-3364. DOI: 10.1080/014 31160701469040. 2008.
93. Tuominen S., Pitkänen J., Balazs A., Korhonen K. T., Hyvönen P., Muinonen E., NFI plots as complementary reference data in forest inventory based on airborne laser scanning and aerial photography in Finland. Silva Fennica 48 (2): article id 983. DOI: 10.14214/ sf.983. 2014.
94. Van Laar A., Akça A., Forest mensuration. Springer, Dordrecht, 376 p. DOI: 10.1007/978-1-4020-5991-9. 2007.
95. Véga C., St-Onge B., Height growth reconstruction of a boreal forest canopy over a period of 58 years using a combination of photogrammetric and lidar models. Remote Sensing of Environment 112(4): 1784-1794. DOI: 10.1016/j.rse.2007.09.002, 2008.
96. I. UJVARI , Geografia Apelor României, 1972

97. *White J.C., Wulder M.A., Vastaranta M., Coops N.C., Pitt D., Woods M., The utility of image-based point clouds for forest inventory: A comparison with airborne laser scanning. Forests 4(3): 518-536. DOI: 10.3390/ f4030518. 2013.*
98. *Worley D.P., Landis G.H., The accuracy of height measurements with parallax instruments on 1:12000 photographs. Photogrammetric Engineering 20(1): 823- 829. 1954.*
99. *Milescu Ioan, Cartea Silvicultorului, ISBN 973-87458-0-2, Edit.Petru Maior,2006.*