Universitatea
Transilvania
din Brașov

ȘCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ

Facultatea: Silvicultură şi Exploatări Forestiere

Ing. Adrian-Cosmin GHIMBĂȘAN

POSIBILITĂŢI DE OBŢINERE A PLANURILOR CADASTRALE PE SUPRAFEŢE RESTRÂNSE FOLOSIND TEHNICILE FOTOGRAMMETRIEI DIGITALE DE LA ÎNĂLŢIME DE ZBOR MICĂ

POSSIBILITIES TO OBTAIN CADASTRAL PLANS FOR LIMITED SURFACES USING DIGITAL PHOTOGRAMMETRIC TECHNIQUES FROM LOW HEIGHT FLY

REZUMAT/ABSTRACT

Conducător ştiințific

Prof.dr.ing. Iosif VOROVENCII

BRAȘOV, 2019

D-lui (D-nei) .....

COMPONENȚA

Comisiei de doctorat

Numită prin ordinul Rectorului Universității Transilvania din Braşov
Nr. ..... din .....

PREŞEDINTE:	**Prof. univ. dr. ing. Stelian Alexandru BORZ** Prodecan Facultatea de Silvicultură și Exploatări Forestiere Universitatea *Transilvania* Brașov
CONDUCĂTOR ŞTIINȚIFIC:	**Prof. univ. dr. ing. Iosif VOROVENCII** Universitatea *Transilvania* din Braşov
REFERENȚI:	**Conf. univ. dr. ing. Adrian SAVU** Universitatea Tehnică de Construcții București **Cercet. șt. gr. I dr. ing. Dănuț CHIRA** Institutul Național de Cercetare Dezvoltare în Silvicultură „Marin Drăcea”. **Conf. univ. dr. ing. Cristian Cornel TEREȘNEU** Universitatea *Transilvania* din Brașov

Data, ora şi locul susținerii publice a tezei de doctorat:
Data ....., ora ....., sala .....

Eventualele aprecieri sau observații asupra conținutului lucrării vă rugăm să le transmiteți în timp util, pe adresa *ghimbasan.adrian.cosmin@unitbv.ro*

Totodată vă invităm să luați parte la ședința publică de susținere a tezei de doctorat.

Vă mulțumim.

Prefaţă

Problema realizării cadastrului în România, ca obligație comunitară și problemă de interes național, este de actualitate datorită lipsei unei evidenţe digitale complete a tuturor imobilelor de pe cuprinsul ţării. Rezolvarea acesteia presupune demararea unor lucrări complexe, consumatoare de resurse economice şi de timp, scopul fiind obţinerea planului cadastral digital.

Dezvoltările din ultimele decenii ale tehnicii, tehnologiei şi programelor de prelucrare au influenţat pozitiv progresul din multe domenii de activitate, printre care se încadrează și tehnologia UAV, care a făcut un salt deosebit. Rezultatele folosirii UAV-urilor echipate cu camere digitale performante sunt spectaculoase, materializându-se în prima etapă în ortofotoplanuri care pot fi exploatate în vederea obţinerii de planuri cadastrale cu o precizie ridicată. Astfel, utilizarea cele două tehnologii, *UAV* şi *fotogrammetria digitală*, poate veni în sprijinul programelor derulate de ANCPI în vederea înregistării în sistemul integrat de cadastru şi carte funciară a unui număr cât mai mare de imobile.

Realizarea cercetărilor şi elaborarea tezei de doctorat care au subiectul legat de obţinerea planurilor cadastrale pe suprafeţe restrânse folosind tehnicile fotogrammetriei digitale de la înălţime de zbor mică au avut loc sub riguroasa îndrumare a coordonatorului ştiinţific prof. univ. dr. ing. Iosif VOROVENCII, căruia îi adresez întreaga mea recunoştinţă şi sincere mulţumiri pentru îndrumare, ajutor, bunăvoinţă şi disponibilitate acordate pe parcursul şcolii doctorale, cât şi la finalizarea şi redactarea tezei de doctorat. Având în vedere că sunt primul doctorand îndrumat de distinsul profesor, sunt conştient de eforturile deosebite pe care dânsul le-a făcut pentru ca datele şi informaţiile cuprinse în teza de doctorat să se situeze la cel mai înalt nivel, iar pentru aceasta doresc să îl asigur de toată consideraţia şi preţuirea mea.

Adresez domnilor prof. univ. dr. ing. Stelian Alexandru BORZ, conf. univ. dr. ing. Cornel Cristian TEREŞNEU şi conf. univ. dr. ing. Irinel GREŞIŢĂ, în calitate de membri ai comisiei de îndrumare, respectuoase mulţumiri şi alese sentimente de înaltă preţuire pentru profesionalism, ajutor şi disponibilitate acordate pe parcursul studiilor doctorale şi finalizării tezei.

Pentru efortul şi răbdarea de a-mi analiza teza de doctorat, precum şi pentru sugestiile şi valoroasele recomandări, aduc mulţumiri referenţilor oficiali domnului conf. dr. ing. Cristian Cornel TEREŞNEU, domnului conf. dr. ing. Adrian SAVU şi domnului cercet. şt. gr. I dr. ing. Dănuţ CHIRA.

Calde mulţumiri aduc domnului prof. univ. dr. ing. Alexandru Ioan CURTU, decanul Facultăţii de silvicultură şi exploatări forestiere din cadrul Universităţii Transilvania din Braşov, pentru condiţiile asigurate pe tot parcursul pregătirii, începând cu anii studenţiei şi până la finalizarea tezei de doctorat. De asemenea, mulţumesc tuturor cadrelor didactice din Departamentul de exploatări forestiere, amenajarea pădurilor şi măsurători terestre ale acestei facultăţi de prestigiu din ţara noastră care au contribuit la dezvoltarea mea profesională şi nu numai.

În final, dar nu în ultimul rând, îi îmbrățișez pe părinţi şi le mulţumesc pentru răbdarea şi înțelegerea de care au dat dovadă, încurajările şi susținerea permanentă în decursul acestor ani de muncă şi sacrificii.

Aşa cum orice lucrare nu poate fi înfăptuită fără ajutorul şi îngăduința lui Dumnezeu, închei mulțumindu-I pentru sănătatea, puterea şi ascultarea rugilor în momentele de cumpănă.

Braşov,
Iulie 2019

Autorul,

CUPRINS

pag.rezumat/pag. teză

TITLUL LUCRĂRII I

FOAIE DE GARDĂ II

PREFAŢĂ III

CUPRINS V

LISTA DE ABREVIERI IX

I. INTRODUCERE 1/1

1.1. Evidenţa cadastrală în România 1/1
1.1.1. Aspecte generale 1/1
1.1.2. Cadastrul general ..... -/3
1.1.3. Publicitatea imobiliară ..... -/5
1.2. Cadrul legislativ şi organizatoric. Fondul funciar al României ..... -/6
1.2.1. Cadrul legislativ şi organizatoric ..... -/6
1.2.2. Fondul funciar al României ..... -/7
1.3. Planul cadastral clasic şi planul cadastral digital ..... -/8
1.3.1. Aspecte generale ..... -/8
1.3.2. Conţinutul planului cadastral de bază şi de ansamblu ..... -/9
1.3.3. Planul cadastral digital ..... -/11
1.4. Stadiul actual al cunoştinţelor privind evidenţele cadastrale 2/12
1.4.1. Cadastrul şi Publicitatea Imobiliară la nivel european 2/12
1.4.1.1. Aspecte generale 2/12
1.4.1.2. Sistemul de Cadastru şi Publicitate Imobiliară din fostele ţări URSS ..... -/15
1.4.1.3. Sistemul de Cadastru şi Publicitate Imobiliară din Norvegia ..... -/18
1.4.1.4. Sistemul cadastral din Germania ..... -/20
1.4.2. Cadastrul şi Publicitatea Imobiliară în România 3/22
1.4.2.1. Cadastrul românesc în perioada 1970 - 1989 ..... 3/22
1.4.2.2. Cadastrul şi Publicitatea Imobiliară după anul 1989 ..... 3/24
II. SCOPUL, OBIECTIVELE ŞI METODELE DE CERCETARE 4/29
2.1. Scopul şi obiectivele cercetărilor 4/29
2.1.1. Actualitatea temei 4/29
2.1.2. Scopul şi obiectivele urmărite 5/30
2.2. Localizarea cercetărilor 5/30
2.3. Materile folosite 6/32
2.3.1. Aparatură utilizată 6/32
2.3.1.1. Instrumente folosite pentru determinările terestre 6/32
2.3.1.2. Tehnica UAV folosită la preluarea imaginilor digitale 6/35
2.3.1.3. Componenta hardware 8/36
2.3.2. Componentele software utilizate 8/37
2.4. Metode folosite 8/38
III.SISTEMELE UAV ÎN CULEGEREA DE DATE PENTRU LUCRĂRILE CADASTRALE 9/40
3.1. Aspecte generale 9/40
3.2. Tipuri de UAV 10/42
3.3. Echipamente şi tipuri de senzori ..... -/46
3.3.1. Senzori de cartografiere ..... -/46
3.3.2. Sistemul integrat GNSS/IMU ..... -/51
3.4. Aplicaţiile UAV-urilor în cadastru 13/56
IV.SISTEMELE GNSS ÎN LUCRĂRILE CADASTRALE 14/59
4.1. Generalităţi 14/59
4.2. Tipuri de sisteme satelitare ..... -/60
4.2.1. Sistemul NAVSTAR-GPS ..... -/60
4.2.2. Sistemul GLONASS ..... -/63
4.2.3. Sistemul Galileo ..... -/65
4.2.4. Sistemul Beidou ..... -/67
4.3. Metode de determinare a poziţiei cu ajutorul sistemului GNSS ..... -/68

4.3.1. Clasificarea metodelor de poziţionare ..... -/68
4.3.2. Principii şi metode de poziţionare ..... -/69
4.3.2.1. Principiul de poziţionare ..... -/69
4.3.2.2. Metode de poziţionare ..... -/72
4.4. Reţeaua naţională de staţii GNSS ..... -/75
4.4.1. Necesitate şi stadiul realizării ..... -/75
4.4.2. Reţeaua naţională de staţii permanente GNSS (RN-SGP) ..... -/77
V. ÎNTOCMIREA PLANULUI CADASTRAL PENTRU INTRAVILANUL DIN ZONA TEST CRIZBAV 15/79
5.1. Aspecte generale 15/79
5.2. Culegerea datelor pe cale terestră 15/80
5.2.1. Realizarea reţelei de îndesire şi de ridicare 15/80
5.2.2. Culegerea datelor folosind sistemul GNSS şi staţia totală ..... -/82
5.2.3. Calculul reţelei de ridicare ..... -/84
5.2.4. Ridicarea detaliilor ..... -/86
5.2.5. Redactarea planului pe baza datelor culese pe cale terestră ..... -/87
5.3. Realizarea reperajului fotogrammetric 16/88
5.3.1. Proiectarea şi marcarea reperilor fotogrammetrici 16/88
5.3.2. Observaţii GNSS pentru determinarea poziţiei spaţiale a reperilor 18/90
5.3.3. Analiza determinărilor GNSS 18/91
5.3.3.1. Analiza valorilor medii 18/91
5.3.3.2. Analiza diferenţelor 21/95
5.4. Planificarea zborului şi achiziţionarea imaginilor cu UAV-ul 26/102
5.4.1. Planificarea zborului 26/102
5.4.2. Achiziţionarea imaginilor aeriene ..... -/105
5.5. Prelucrarea imaginilor aeriene şi întocmirea ortofotoplanurilor 28/106
5.5.1. Fluxul obţinerii ortofotoplanului 28/106
5.5.2. Importul imaginilor aeriene ..... -/109
5.5.3. Orientarea imaginilor şi calibrarea camerei ..... -/109
5.5.4. Identificarea structurilor invariante ..... -/111
5.5.5. Realizarea modelului digital al suprafeţei şi ortorectificarea imaginilor ..... -/112
5.5.6. Mozaicarea imaginilor ortorectificate ..... -/113
5.5.7. Obţinerea ortofotoplanurilor pentru locaţia Crizbav 30/114
5.6. Analiza calităţii ortofotoplanurilor 32/119
5.7. Realizarea planului cadastral având ca suport ortofotoplanul 36/125
5.7.1. Întocmirea planului cadastral prin vectorizare 36/125
5.7.2. Identificarea şi delimitarea categoriilor de folosinţă ..... -/128
5.7.3. Identificarea imobilelor ..... -/131
5.7.4. Posibilităţi în poziţionarea construcţiilor ..... -/133
5.7.5. Compararea planului cadastral cu baza de date eTerra 3 ..... 37/135
5.7.5.1. Deplasări parţiale, totale şi medii 37/135
5.7.5.2. Evaluarea suprafeţelor prin vectorizare şi corelarea cu deplasările totale 40/141
5.8. Concluzii 41/142
VI. ÎNTOCMIREA PLANULUI PARCELAR PENTRU FONDUL FORESTIER DIN ZONA TEST ŞINCA 42/145
6.1. Introducere 42/145
6.2. Culegerea datelor pe cale terestră ..... -/146
6.3. Proiectarea, marcarea şi determinarea reperilor fotogrammetrici 43/148
6.4. Planificarea zborului şi achiziţionarea imaginilor cu UAV-ul 43/150
6.5. Prelucrarea imaginilor aeriene şi întocmirea ortofotoplanurilor 44/152
6.6. Analiza calităţii ortofotoplanurilor 46/154
6.6.1. Analiza vizuală a calităţii ortofotoplanurilor 46/154
6.6.2. Analiza preciziei ortofotoplanurilor 46/157
6.7. Realizarea planului parcelar având ca suport ortofotoplanul 49/160
6.7.1. Întocmirea planului parcelar 49/160
6.7.2. Identificarea categoriilor de terenuri şi delimitarea categoriilor de folosinţă ..... -/163
6.7.3. Compararea planului parcelar cu baza de date GIS din amenajamentul silvic 50/166
6.7.3.1. Deplasări parţiale, totale şi medii 50/166
6.7.3.2. Identificarea şi analiza suprafeţelor 52/171
6.8. Concluzii 53/173
VII. CONCLUZII ŞI CONTRIBUŢII PERSONALE 54/175

7.1. Concluzii privind rezultatele obţinute..... 54/175
7.2. Contribuţii personale..... 55/179
BIBLIOGRAFIE 57/181
ANEXE ..... -/195
Anexa 1 - Raportul Agisoft Photoscan pentru UAT-ul Crizbav cu reperi fotogrammetrici..... -/196
Anexa 2 - Raportul Agisoft Photoscan pentru UAT-ul Crizbav fără reperi fotogrammetrici..... -/203
Anexa 3 - Extras din planul cadastral vectorizat..... -/210
Anexa 4 - Raportul Agisoft Photoscan pentru UAT-ul Şinca fără reperi fotogrammetrici ..... -/211
Anexa 5 - Raportul Agisoft Photoscan pentru UAT-ul Şinca cu reperi fotogrammetrici ..... -/218
Anexa 6 - Extras din planul parcelar vectorizat ..... -/225
Summary 64/226
CURRICULUM VITAE..... 65/227

LISTA DE ABREVIERI

AACR - Autoritatea Aeronautică Civilă Română

AAT - Automatic Aerial Triangulation (Aerotriangulaţie automată)

AdV - Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschlan (Asociația Administrațiilor de Monitorizare a Republicii Federale Germania)

AFIS® - Official geodetic points information system (Sistemul de informaţii oficial al punctelor geodezice)

ALB - Registrul automatizat

ALKIS® - Official Cadastral Information System (Sistemul de informaţii cadastral oficial)

ALKIS® - Bază de date topografice (în sistemul german)

ANCPI - Agenţia Naţională de Cadastru şi Publicitate Imobiliară

APIA - Agenţia de Plăţi şi Intervenţii în Agricultură

ASIFT - Affin Scale Invariant Feature Transform (Transformarea invariantă afină a scării)

ATKIS® - Authoritative Topographic-Cartographic Information System (Sistemul informaţional al autorităţii topo-cartografice)

BAA - Bundle Adjustment Algorithms (Algoritmi de compensare în bloc)

BCPI - Biroul de Cadastru şi Publicitate Imobiliară

BIRD - Banca Internațională pentru Reconstrucție și Dezvoltare

BRIEF - Robust Independent Elementary Features (Transformarea invarintă robustă)

CNC - Centrul Naţional de Cartografie

CSOC - Consolidated Space Operations Center (Centrul consolidat al operaţiuniilor spaţiale)

DMC - Digital Modular Camera (Cameră digitală modulară)

EGNOS - European Geostationary Navigation Overlay Service (Serviciul geostaţionar mixt de navigare)

ESA - European Spatial Agency (Agenţia spaţială europeană)

ESRI - Environmental Systems Research Institute (Institutul de cercetări sistematice a mediului)

EUREF - Regional Reference Frame Sub-Commission for Europe (Codul de referinţă regional - subcomisia pentru Europa)

GCP - Ground Control Points (Reperi fotogrammetrici)

GIS - Geographic Information System (Sistem de informaţii geografice)

GLONASS - Globalnaya Navigationnaya Sputnikovaya Sistema (Sistemul global de navigaţie pentru naţiune)

GNSS - Global Navigation Satellite System (Sistemul global de navigaţie prin satelit)

GPS - Global Positioning System (Sistemul global de poziţionare)

GPU - Graphics Processing Unit (Unitatea grafică de procesare)

GSD - Ground Sample Distance (Rezoluţia spaţială)

GSM - Global System for Mobile Communications (Sistemul global pentru comunicaţii mobile)

HDOP - Horizontal Dilution of Precision (Diluarea preciziei în plan orizontal)

HRMS - Horizontal Root Mean Square (Eroarea medie pătratică orizontală)

IGFCOT - Institutul de Geodezie, Fotogrametrie, Cartografie şi Organizarea Teritoriului

IGS - International GPS Geodynamic Service (Serviciul internaţional geodynamic GPS)

IMU - Inerţial Measurement Unit (Unitatea inerţială de măsurare)

INSPIRE - Infrastructure for Spaţial Informaţion in Europe (Infrastructura pentru informaţii spaţiale în Europa)

LiDAR - Light Detection And Ranging (Detectarea şi măsurarea luminii)

LPIS - Land Parcel Identification System (Sistemul de identificare a parcelelor agricole)

MCA - Multiple Camera Array (Cameră multi-cadru)

MDS - Modelului Digital al Suprafeţei

MDT - Modelul Digital al Terenului

MVS - Multi-Video Stereo

NAVSTAR - Navigational Satellite Timing and Ranging (Sistemul american de poziţionare)

NGA - National Geospatial Intelligence Agency (Agenţia naţională geospaţială)

NSDI - National Spatial Data Infrastructure (Infrastructura naţională de date spaţiale)

OCOTA - Oficiul de Cadastru şi Organizarea Teritoriului Agricol

OCPI - Oficiul de Cadastru şi Publicitate Imobiliară

ONCGC - Oficiului Naţional de Cadastru, Geodezie şi Cartografie

PDOP - Position (3D) Dilution of Precision (Diluţia 3D a preciziei)

PNCCF - Programul Naţional de Cadastru şi Carte Funciară

ppm - părţi per milion

RGNS - Reţeaua Geodezică Naţională Spaţială

ROMPOS - Romanian Position Determination System (Sistemul românesc de poziţionare)

RMSE - Root Mean Square Error (Eroarea medie pătratică)

RTK - Real Time Kinematic (Determinări în timp real)

SAPOS® - Satellite Positioning Service of the German National Survey (Serviciul de poziţionare german)

SfM - Structure from Motion (Structuri din mişcare)

SIFT - Scale Invariant Feature Transform (Transformarea invariant a scării)

SURF - Speeded Up Robust Features (Transformarea rapidă robustă)

TDA - Terenuri cu Destinaţie Agricolă

TDF - Terenuri cu Destinaţie Forestieră

TDH - Terenuri aflate permanent sub ape

TDI - Terenuri aflate în intravilan

TDS - Terenuri cu Destinaţie Specială

TIN - Triangulated Irregular Network (Reţeaua neregulată de triunghiuri)

UAT - Unitate Administrativ Teritorială

UAV - Unmanned Aerial Vehicle (Vehicul aerian fără pilot)

UE - Uniunea Europeană

URSS - Uniunea Republicilor Sovietice Socialiste

VDOP - Vertical Dilution of Precision (Diluarea preciziei în plan vertical)

VRMS - Vertical Root Mean Square (Eroarea medie pătratică în plan vertical)

VRS - Virtual Reference Station (Staţii de referinţă virtual)

WGS 84 - World Geodetic System 1984 (Sistemul global geodezic 1984)

CONTENT

THESIS'S TITLE I

FRONT PAGE II

PREFACE III

CONTENT V

LIST OF ABBREVIATIONS IX

I. INTRODUCTION 1/1
1.1. Cadastral evidence in Romania 1/1
1.1.1. General aspects 1/1
1.1.2. General Cadaster ..... -/3
1.1.3. Land Registry ..... -/5
1.2. Legal and organizational frame. Romanian Land Resources ..... -/6
1.2.1. Legal and organizational frame ..... -/6
1.2.2. Romanian Land Resources ..... -/7
1.3. Classical Cadastral Plan and Digital Cadastral Plan ..... -/8
1.3.1. General aspects ..... -/8
1.3.2. Content of Basic and General Cadastral Plan ..... -/9
1.3.3. P Digital Cadastral Plan ..... -/11
1.4. Present stage of knowledge regarding cadastral evidences 2/12
1.4.1. Cadaster and Land Registry at European level 2/12
1.4.1.1. General aspects 2/12
1.4.1.2. System of Cadaster and Land Registry in former Soviet countries ..... -/15
1.4.1.3. System of Cadaster and Land Registry in Norway ..... -/18
1.4.1.4. Cadastral System in Germany ..... -/20
1.4.2. Cadaster and Land Registry in Romania 3/22
1.4.2.1. Romanian Cadaster in the period 1970 - 1989 ..... 3/22
1.4.2.2. Cadaster and Land Registry after 1989 ..... 3/24
II. PURPOSE, OBJECTIVES AND RESEARCH METHODS 4/29
2.1. Purpose and research objectives 4/29
2.1.1. Present of subject 4/29
2.1.2. Purpose and objectives followed 5/30
2.2. Location of researches 5/30
2.3. Materials used 6/32
2.3.1. Equipment used 6/32
2.3.1.1. Instruments used for terrestrial determinations 6/32
2.3.1.2. UAV technique used for taking digital images 6/35
2.3.1.3. Hardware components 8/36
2.3.2. Software components used 8/37
2.4. Methods used 8/38
III. UAV SYSTEMS IN COLLECTING DATA FOR CADASTRAL WORKS 9/40
3.1. General aspects 9/40
3.2. Types of UAV 10/42
3.3. Equipment and types of sensors ..... -/46
3.3.1. Mapping sensors ..... -/46
3.3.2. GNSS/IMU integrated system ..... -/51
3.4. UAV's applications in cadaster 13/56
IV. GNSS SYSTEMS IN CADASTRAL WORKS 14/59
4.1. General aspects 14/59
4.2. Types of Satellite Systems ..... -/60
4.2.1. NAVSTAR-GPS System ..... -/60
4.2.2. GLONASS System ..... -/63
4.2.3. Galileo System ..... -/65
4.2.4. Beidou System ..... -/67
4.3. Methods of determining the position using GNSS System ..... -/68
4.3.1. Classification of placement methods ..... -/68
4.3.2. Principles and methods of placement ..... -/69

4.3.2.1. Placement principle ..... -/69
4.3.2.2. Placement methods ..... -/72
4.4. National network of GNSS Stations ..... -/75
4.4.1. Necessity and stage of achievement ..... -/75
4.4.2. National Network of GNSS Permanent Stations GNSS (RN-SGP) ..... -/77
V. MAKING THE ORTHOPHOTO FOR THE BUILD-UP RESEARCH AREA OF CRIZBAV 15/79
5.1. General aspects 15/79
5.2. Collecting data on terrestrial way 15/80
5.2.1. Making the thickening and development network 15/80
5.2.2. Collecting data using GNSS System and the Total Station ..... -/82
5.2.3. Determination of development network ..... -/84
5.2.4. Development of details ..... -/86
5.2.5. Making the plan based on data collected on terrestrial way ..... -/87
5.3. Making the photogrammetric register 16/88
5.3.1. Projecting and marking the ground control points 16/88
5.3.2. GNSS observations for determining the space position of ground points 18/90
5.3.3. Analysis of GNSS determinations 18/91
5.3.3.1. Analysis of average values 18/91
5.3.3.2. Analysis of differences 21/95
5.4. Planning the flight and taking images with UAV 26/102
5.4.1. Planning the flight 26/102
5.4.2. Taking aerial images ..... -/105
5.5. Processing the aerial images and making the orthophotos 28/106
5.5.1. The flux in obtaining the orthophoto 28/106
5.5.2. Import of aerial images ..... -/109
5.5.3. Orientation of images and camera calibration ..... -/109
5.5.4. Identification of invariant structures ..... -/111
5.5.5. Making the digital model of surface and orthorectification of images ..... -/112
5.5.6. Inlay of orthorectified images ..... -/113
5.5.7. Obtaining the orthophotos for Crizbav location 30/114
5.6. Analysis of orthophotos from the qualitative point of view 32/119
5.7. Making the cadastral plan based on the orthophoto 36/125
5.7.1. Making the cadastral plan by vectorization 36/125
5.7.2. Identification and determination of categories of use ..... -/128
5.7.3. Identification of real estate's ..... -/131
5.7.4. Possibilities for positioning the constructions ..... -/133
5.7.5. Comparing the cadastral plan with eTerra 3 database 37/135
5.7.5.1. Partial, total and average displacements 37/135
5.7.5.2. Assessment of surfaces by vectorization and correlation with total displacements .. 40/141
5.8. Conclusions 41/142
VI. MAKING THE PLOT PLAN FOR THE FORESTRY REAL ESTATES FROM THE STUDIED AREA OF ŞINCA 42/145
6.1. Introduction 42/145
6.2. Collecting data on terrestrial way ..... -/146
6.3. Projecting, marking and determining the ground control points 43/148
6.4. Planning the flight and taking images with UAV 43/150
6.5. Processing the aerial images and making the orthophotos 44/152
6.6. Analysis of orthophotos from the qualitative point of view 46/154
6.6.1. Visual analysis of orthophotos from the qualitative point of view 46/154
6.6.2. Precision analysis of orthophotos 46/157
6.7. Making the plot plan based on the orthophoto 49/160
6.7.1. Making the plot plan 49/160
6.7.2. Identification of categories of lands and determination of categories of use ..... -/163
6.7.3. Comparing the plot plan with GIS database of working plan 50/166
6.7.3.1. Partial, total and average displacements 50/166
6.7.3.2. Identification and analysis of surfaces 52/171
6.8. Conclusions 53173
VII. CONCLUSIONS AND PERSONAL CONTRIBUTIONS 54/175
7.1. Conclusions regarding the results obtained 54/175
7.2. Personal contributions 55/179
BIBLIOGRAPHY 57/181

ANNEXES ..... -/195
Annex 1 - Agisoft Photoscan Report for Crizbav Territorial and Administrative Division with ground control points ..... -/196
Annex 2 - Agisoft Photoscan Report for Crizbav Territorial and Administrative Division without ground control points ..... -/203
Annex 3 - Excerpt from the vectorized cadastral plan ..... -/210
Annex 4 - Agisoft Photoscan Report for Şinca Territorial and Administrative Division without ground control points ..... -/211
Annex 5 - Agisoft Photoscan Report for Şinca Territorial and Administrative Division with ground control points ..... -/218
Annex 6 - Excerpt from the vectorized plot plan ..... -/225
Summary 58/226
CURRICULUM VITAE 59/227

I. INTRODUCERE

1.1. Evidenţa cadastrală în România

1.1.1. Aspecte generale

Dezvoltarea demografică şi economică a impus valorificarea terenurilor prin realizarea pe acestea de construcţii destinate utilizării lor ca locuinţe, spaţii de producţie, care să răspundă cât mai fidel cerinţelor umane, dar şi ca edificii social-culturale, industriale, instalaţii de transport ş.a. Indiferent de categoria terenurilor şi destinaţia construcţiilor, acestea reprezintă bunuri imobile de valoare în cadrul unui teritoriu administrativ, motiv pentru care este necesară înregistrarea acestora în vederea asigurării unei evidenţe care să cuprindă constituirea dreptului de proprietate şi posibilitatea transmiterii acestuia, stabilirea cuantumului taxelor şi impozitelor echitabile ş.a. Realizarea unei asemenea evidenţe presupune, în prezent, executarea a două categorii de lucrări complexe, legate organic între ele (Tămăioagă şi Tămăioagă, 2008):

- *de cadastru*, ce urmăresc atât determinări cantitative, prin măsurători specifice, cât şi calitative asupra imobilelor, inclusiv evaluarea lor;
- *de publicitate imobiliară*, respectiv înscrierea în registre publice a bunurilor *imobiliare* precum şi a unor drepturi, acte şi fapte juridice legate de constituirea, transmiterea sau stingerea acestor drepturi.

Această activitate de evidenţă a bunurilor imobile este absolut necesară pentru asigurarea unei bune desfăşurări a unor relaţii economice libere, consolidate şi concurenţiale, dar şi a organizării societăţii din punct de vedere al raporturilor sociale în cadrul tuturor statelor apartenente Uniunii Europene şi nu numai (Boş, 2003a). Această evidenţă trebuie să vizeze totalitatea proprietăţilor funciare, atât în ceea ce priveşte starea materială a imobilelor din întregul fond funciar (mărime, calitate) cât şi situaţia juridică a acestora.

Ca noţiune generală, cadastrul cuprinde totalitatea lucrărilor executate în vederea realizării unei evidenţe actualizate a tuturor imobilelor (terenuri cu sau fără construcţii) din cuprinsul ţării (Boş, 2003a). Activitatea care presupune operarea tuturor modificărilor apărute în evidenţele de cadastru este numită *întreţinerea cadastrului* (Boş, 2003a). Întocmirea unei asemenea evidenţe necesită desfăşurarea unui complex de lucrări tehnice (măsurători topo-cadastrale), economice (evalurea şi bonitarea terenurilor) şi juridice (închierea de acte), care se concretizează în final printr-o documentaţie cadastrală - planuri şi registre (Boş, 2003a).

Obiectivele principale ale sistemului modern de evidenţă funciară corespund activităţilor pe care le desfăşoară, respectiv (Boş, 2003a):

- *furnizarea* de informaţii de ordin tehnic, economic şi juridic referitoare la imobile;
- *opozabilitatea* drepturilor bazate pe documente de constituire sau modificare (transfer, stingere ş.a.) a acestor drepturi;
- *menţinerea* sistemului de impozitare corectă şi a pieţei imobiliare;
- *garantarea* securităţii tranzacţiilor imobiliare şi facilitarea creditului ipotecar.

Cadastrul şi Publicitatea imobiliară constituie cele două componente de bază din structura evidenţei cadastrale din ţara noastră. Acestea asigură rolul tehnic şi respectiv cel legislativ, conducând prin îmbinare la un sistem complet şi unitar de o importanţă deosebită: „Cadastrul şi Cartea funciară formează un sistem unitar şi obligatoriu de evidenţă tehnică, economică şi juridică, de importanţă naţională, a tuturor imobilelor de pe întregul teritoriu al ţării” (Legea 7/1996).

Deşi se întrepătrund, activităţile celor două componente ale evidenţei cadastrale urmăresc stabilirea unei conexiuni determinate de funcţii clar definite, întrucât (Boş, 2003a):

- *cadastrul general* pune la dispoziţie datele tehnice necesare întocmirii documentelor de publicitate imobiliară (identificatorul unic al parcelei, categoria de folosinţă, suprafaţa ş.a.);
- *publicitatea imobiliară* transmite cadastrului schimbările juridice intervenite spre a fi operate pe planuri şi hărţi.

În esenţă, obiectivul cadastrului şi publicităţii imobiliare vizează prevenirea şi rezolvarea unor posibile probleme precum cele legate de consituirea şi apărarea dreptului de proprietate în faţa instituţiilor de stat ca arbitru şi garant al acestui drept, stabilirea taxelor şi impozitelor în vigoare ş.a. Ambele instituţii, atât cea a cadastrului cât şi cea a publicităţii imobiliare, îmbină activităţi bine definite, fiind indispensabile unui stat modern, aspecte ce vor fi dezvoltate pe larg în capitolele viitoare.

1.4. Stadiul actual al cunoştinţelor privind evidenţele cadastrale

1.4.1. Cadastrul şi Publicitatea Imobiliară la nivel european

1.4.1.1. Aspecte generale

Evoluţia instituţională în domeniul cadastrului, serviciilor, precum şi definiţia cadastrului diferă de la o ţară la alta datorită influenţei culturii, istoriei şi diferitelor motive sociale (EuroGeographics, 2011). În Europa Centrală şi de Est, evidenţele cadastrale prezentate sub forma bazelor GIS sunt recunoscute ca instrumente de susţinere a registrului funciar şi asigură drepturile de proprietate, precum şi prosperitatea economică la nivel social, facilitând dezvoltarea durabilă (Remetey-Fülöpp, 2004).

În conformitate cu datele EuroGeographics, în Europa noţiunea de „cadastru" are mai multe funcţii şi cuprinde date legate de cadastru, dar şi de „publicitate imobiliară". Conţinutul cadastrului în ţările membre UE este mai mult sau mai puţin definit în legislaţia fiecărei ţări. De asemenea, şi procentul de înregistrare al imobilelor diferă de la o ţară la alta (fig. 1.1), (EuroGeographics, 2011).

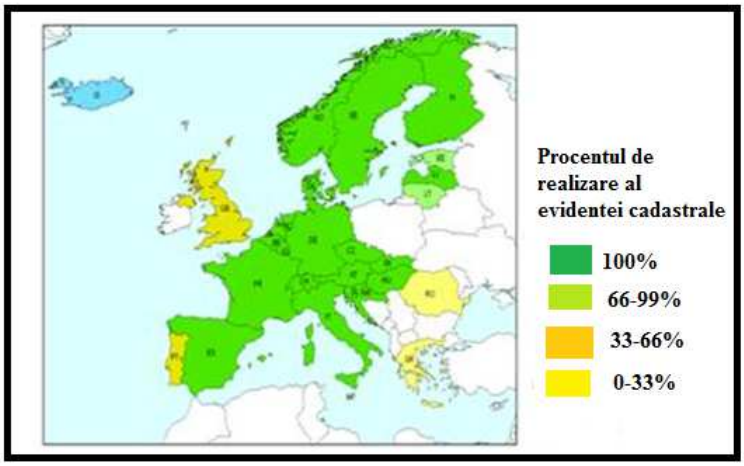


Fig. 1.1. Situaţia înregistrării imobilelor din Uniunea Europeană (EuroGeographics; PCC, 2007)
Situation of real estates registration in the European Union

În ceea ce priveşte sistemele informatice folosite la realizarea bazelor de date cadastrale, la nivel european predomină programele ESRI (Esri, 2011). Totodată, organizaţia EuroGeographics Cadastre, din cadrul reţelei de schimb a informaţiilor legate de înregistrarea terenurilor, facilitează schimbul „celor mai bune practici" pentru a ajuta membrii săi să realizeze cadastrul şi înregistrarea terenurilor în concordanţă cu politicile UE (EuroGeographics, 2012a). Scopul este de a sprijinii factorii de decizie ai organizaţiilor membre EuroGeographics şi a altor părţi interesate în crearea unor infrastructuri eficiente de date spaţiale (Eurogeographics, 2012b).

Majoritatea ţărilor din UE şi chiar ţările nordice sau foste ţări ale URSS au finalizat procesul de înregistrare al tuturor terenurilor, indiferent de destinaţia lor şi sunt în etapa în care şi-au canalizat resursele pentru întreţinerea cadastrului şi trecerea la cadastrul 3D. În acest sens, aceste ţări au cunoscut o dezvoltare rapidă şi consolidată, deoarece cunoaşterea situaţiei terenurilor a conferit deţinătorilor drepturilor de proprietate încredere şi siguranţă în gestiunea proprietăţilor.

Actualmente, în ţara noastră sunt înregistrate aproximativ 31% din totalul de imobile (martie 2019), un procent mic în comparaţie cu celelalte ţări din UE sau din afara acesteia (www.ancpi.ro). Din această cauză este necesară cunoaşterea modalităţiilor prin care alte ţări cu statut socio-economic asemănător ţării noastre au reuşit finalizarea lucrărilor cadastrale, dar şi a modului de întreţinere.

1.4.2. Cadastrul şi Publicitatea Imobiliară în România

1.4.2.1. Cadastrul românesc în perioada 1970 - 1989

Metoda folosită pentru obţinerea planurilor corespunzătoare anilor `80 a necesitat existenţa aparatelor de restituţie cu ajutorul cărora s-a putut obţine un stereomodel general constituit din succesiunea stereogramelor individuale legate între ele şi între acestea şi teren prin reperajul terestru de la capetele benzii de zbor (Chiţea et al., 2003).

Operaţia de stereorestituţie a presupus realizarea restituţiei planimetrice, fiecare detaliu fiind urmărit pe modelul optic cu marca stereoscopică. Elementele de altimetrie au fost redate prin curbe de nivel restituite una câte una (Rusu, 1974).

1.4.2.2. Cadastrul şi Publicitatea Imobiliară după anul 1989

După anul 1989 s-au făcut încercări de obţinere a unor produse cartografice la nivel naţional pe calea fotogrammetriei aeriene digitale. Una dintre aplicaţiile aerofotogrammetriei digitale în agricultura din ţara noastră o constituie programul „Recunoaşte parcela" prin sistemul LPIS iniţiat de ANCPI la cererea APIA. În cadrul acestui program s-au preluat imagini aeriene între anii 2003-2005 prin intermediul a 7 proiecte aerofotogrammetrice diferite.

În urma achiziţionării de imagini s-au întocmit ortofotoplanuri digitale la scara 1:5000, cu rezoluţia spaţială de 0,5 metri, redactate în sistemul de proiecţie Stereografic 1970 pe elipsoidul Krasovski şi având o precizie de ± 1,5 metri. Procentul de acoperire cu ortofotoplanuri a fost de 98,8% din fondul funciar al ţării din care circa 97,0% sunt imagini ce au corespuns calitativ şi circa 1,8% au fost returnate datorită calităţii slabe (Vorovencii, 2010). Din procentul de 1,8% o parte din acestea au fost reprelucrate iar pentru cealaltă parte s-a refăcut zborul în întregime şi s-au prelucrat imaginile. Pentru procentul de 1,2% imaginile lipsesc.

Pe baza acestor planuri s-a făcut recunoaşterea loturilor de teren folosite de fermierii români precum şi controlul prin sondaje privind suprafeţele declarate, control realizat prin măsurarea parcelelor utilizând tehnica GNSS. Deşi realizate în scop agricol, aceste ortofotoplanuri au fost folosite şi de ANCPI şi OCPI-uri în perioada 2006-2007 când s-a introdus obligativitatea folosirii sistemului Stereografic 1970 în realizarea lucrărilor cadastrale.

În anii 2008, 2009, 2010, 2012, 2016 şi 2018 s-au realizat alte ortofotoplanuri, dar care nu acoperă întreg teritoriul naţional. Ortofotoplanurile sunt folosite azi de către ANCPI şi OCPI-urile aflate în subordine pentru localizarea şi verificarea lucrărilor cadastrale întocmite de specialiştii din domeniu. Precizia acestora este din ce în ce mai bună, dar comparate între ele, prezintă unele diferenţe datorită rezoluţiei spaţiale şi, probabil, a metodei de întocmire alese.

Necesitatea realizării şi extinderii procesului de înregistrare a imobilelor este stringentă şi din acest motiv ţara noastră a făcut demersuri în perioada 2011-2013 pentru implementarea unui alt proiect denumit CESAR. Proiectul a avut drept scop restructurarea şi revigorarea agriculturii la nivel naţional prin sprijinului financiar acordat de UE. În cadrul proiectului CESAR s-a avut în vedere realizarea cadastrului sistematic în 50 de UAT-uri distribuite pe tot cuprinsul ţării. Dintre acestea numai 22 au fost finalizate la finele anului 2016, depăşindu-se termenul cu 3 ani (www.ancpi.ro).

Ca o continuare a programului CESAR, datorită necesităţii urgentării înregistrării imobilelor, a fost instituit PNCCF 2015-2023. Programul a fost implementat prin intermediul Legii cadastrului şi publicităţii imobiliare nr 7/1996, republicată, şi aprobat prin Hotărârea Guvernului nr. 294/2015.

Finanţarea programului se poate realiza folosind trei surse principale, iar acestea sunt: venituri proprii ale ANCPI, fonduri externe nerambursabile de la UE şi alocări din bugetul UAT-urilor. Scopul programului este de a înregistra gratuit, în sistemul de cadastru şi carte funciară, toate imobilele din ţară (terenuri şi construcţii), până în anul 2023 (Hotărârea de Guvern 294/2015).

Efectiv, conform metodologiei din cadrul PNCCF lucrările de cadastru şi înregistrare sistematică încep prin Ordin al directorului general al ANCPI şi presupun parcurgerea unor etape de lucru clar stabilite în legislaţie, a căror finalitate este înscrierea în evidenţele de cadastru a tuturor imobilelor, indiferent de felul sau natura proprietăţii. Conform informaţiilor obţinute de pe site-ul ANCPI, până acum s-a terminat introducerea cadastrului în 59 UAT-uri, iar pentru alte 179 UAT-uri lucrările sunt în curs de derulare**.** Astăzi, cadastrul din ţara noastră este în situaţia în care 31% (martie 2019) din totalul de imobile sunt înregistrate în sistemul naţional de referinţă, având geometrie disponibilă în baza de date a ANCPI (§ 1.5.1.1).

Înregistrarea imobilelor în sistemul naţional de referinţă, prin intermediul cadastrului sistematic a fost posibilă din anul 2007 până în anul 2016 cu ajutorul platformei cunoscută sub denumirea de *eTerra 2* care a fost implementată la nivel naţional. Funcţiile acestei platforme permiteau inserarea poligoanelor ce defineau terenurile şi construcţiile la care se puteau adăuga diferite date referitoare la suprafaţa din acte şi măsurată, categoria de folosinţă, destinaţia construcţiilor, numărul de nivele ş.a. Din luna noiembrie a anului 2016 s-a trecut la înregistrarea imobilelor în sistemul naţional de referinţă prin intermediul platformei *eTerra 3*. Spre deosebire de *eTerra 2*, această versiune este superioară ca randament deoarece dă posibilitatea autorităţiilor să lucreze direct pe serverul central al ANCPI, iar modificările care afectează imobilele pot fi vizualizate în timp real.

Necesitatea acestor două programe a fost motivată de obligativitatea ţărilor care fac parte din UE să pună la dispoziţia persoanelor interesate o bază de date comună, actualizată, referitoare la imobilele de pe cuprinsul ţărilor. Directiva care face referire la aceste aspecte a fost adoptată în mai 2007 şi este cunoscută sub numele de INSPIRE 2007/2/CE, constituind un eveniment important în UE (www.ancpi.ro). INSPIRE se bazează pe o infrastructură de date spaţiale întreţinută şi actualizată de toate cele 27 de state membre ale UE. Infrastructura pusă la dispoziţie cuprinde 34 de teme de date spaţiale şi reprezintă suportul necesar punerii în aplicare a politicilor de protecţie a mediului (www.geoportal.ancpi.ro)

Una dintre cele mai utile aplicaţii realizată conform directivei INSPIRE este *Imobile eTerra*, aplicaţie cunoscută şi sub numele de *geoportalul ANCPI*. Această aplicaţie permite tuturor utilizatorilor vizualizarea imobilelor care au geometrie înregistrată în sistemul naţional de referinţă Stereografic 1970, fără o logare prealabilă. Mai mult decât atât, aplicaţia permite şi aflarea numărului cărţii funciare şi a numărului cadastral alocat în urma documentaţiilor cadastrale întocmite de specialiştii din domeniu.

Alături de aceste realizări, o altă mare realizare din ţara noastră a fost crearea reţelei ROMPOS. Reţeaua este formată din 73 de staţii permanente de diferite categorii (A, B, C şi D) care oferă corecţii în timp real în vederea determinării directe pe teren a coordonatelor punctelor direct în sistemul naţional de referinţă folosind tehnica GNSS, metoda RTK. Accesul la serviciile ROMPOS nu mai sunt gratuite din luna martie a anului 2019, furnizarea corecţiilor către receptoarele echipamentelor GNSS făcându-se pe baza unui abonament lunar sau anual (www.ancpi.ro).

II. SCOPUL, OBIECTIVELE ŞI METODELE DE CERCETARE

2.1. Scopul şi obiectivele cercetărilor

2.1.1. Actualitatea temei

Actualmente, în țara noastră, sistemul de evidență bazat pe cadastru și publicitatea imobiliară nu răspunde cerințelor comparativ cu standardele internaționale, datorită utilizării de către acestea a unor baze de date neunitare și incomplete. Standardele internaţionale din domeniul cadastrului şi publicităţii imobiliare se referă la existenţa unei baze de date complete şi unitare a tuturor imobilelor care să cuprindă geometria acestora definită prin coordonate şi date descriptive. Deocamdată, la noi, nu există o astfel de bază de date finalizată, puține imobile având geometrie înregistrată.

Toate aceste neajunsuri pot fi eliminate prin operațiunea de introducere a cadastrului general, care presupune un ansamblu de lucrări de anvergură la nivel național efectuate cu ajutorul unor echipamente cu randament superior, precum și personal calificat. Deși demersurile făcute până în prezent în acest sens sunt relativ reduse, trebuie ținut seama de faptul că întârzierea introducerii cadastrului la nivel național conduce la efecte negative atât pentru sectoarelor economice și sociale, cât și pentru alinierea noastră la standardele evidențelor deja existente în UE (Ghimbășan, 2013a). În prezent nu se poate imagina un regim democratic performant, o economie modernă și dinamică, dar mai ales un stat de drept consolidat fără un sistem eficient de cadastru și publicitate imobiliară, care să garanteze dreptul de proprietate înscris în Constituție.

Prin programul elaborat de ANCPI (§ 1.4.2.2.) s-au început demersurile pentru implementarea cadastrului pentru o serie de UAT-uri, iar în cazul localităților care nu se încadrează în criteriile stabilite, a fost propusă realizarea cadastrului general exclusiv în extravilanul localităților, pe sectoare cadastrale (Ordonanța de Urgență 35/2016). Această abordare diferențiată, pentru care nu există norme clare de implementare, precum și lipsa unei metodologii de soluționare a situațiilor generate de starea de fapt a cadastrului din țara noastră, necesită implicarea și folosirea noilor tehnologii (GNSS, staţii totale, fotogrammetrie digitală) în colectarea de date geospaţiale pentru toate imobilele de pe cuprinsul ţării.

2.1.2. Scopul ş obiectivele urmărite

Scopul cercetărilor constă în stabilirea posibilităţilor de utilizare a tehnicii UAV la culegerea de date geospaţiale şi a fo ogramme rie digitale în prelucrarea imaginilor, în vederea î ocmirii de planuri cadastrale pentru terenurile din f ndul fo estier şi din intravilanul localităţilor rurale. Dată fiind diversitatea situaţiilor existente la noi în ţară, s-a ales spre studiere cea mai complexă problemă din zona ext avilană, acesta fiind dată de fondul forestier.

Obiectivul principal al t z ei este întocmirea de *planuri cadastrale pe suprafeţe estrânse* care să folosească la realizarea cadastrului terenuril r din fondul forestier şi di i travilan z elor rurale, *având ca suport ortofotoplanurile digitale*, utilizând cele două tehnologii de vârf din domeniu, *UAV* şi *f togrammetria digitală*, care să respecte, dar să şi vină în sprijinul programelor actuale derulate de AN PI n vederea înregistării în baza de date naţională a unui număr cât mai mare de imobile.

Obiectivele specifice ale cercetărilor se referă, în principal, la:

1. Stabilirea unei vari te de lucru legată de achiziţionarea atelor in tere prin intermediul tehnicilor terestre (staţie totală şi GNSS) şi aer ene (UAV) f osit la înt irea ortof toplanurilor;
2. Obţ nerea ortofotoplanurilor cu rezoluţie ridicată pe suprafeţe r trânse, ca suport pentru întocmirea planurilor cadastrale, şi analizarea preciziei acestora;
3. Exploata ea ortofotoplanurilor în scopul obţinerii planurilor cadastrale şi parcelare;
4. Analiza calităţii pla urilor cadastrale şi parcelare întocmite şi c p area ı bazele de date oficiale.

2.2. Localizarea cercetărilor

Având în vedere scopul şi obiectivele lucrării au fost alese două locaţii, urm rindu-se ca fiecare dintre ele să satisfacă următoarele cerinţe: să facă parte din fondul forestier şi din intravilanul unei localităţi rurale; să existe date oficiale cu care să poată fi comparate rezultatele obţinute din cercetări; s fie r rezentative din punctul de vedere al amplasării suprafe elor, tipului de teren, detaliilor planimetrice ş.a. i c e locaţie aleasă a necesitat întocmirea de produse cartografice diferite ş anume plan a as ral specti plan ar ar.

Pentru ntocmirea pl n lui cadastral digital din intravilanul localităţ i, zona luată în studiu se găseşte între 45° 48’ 50” şi 45° 48’ 5 ” la itu ne nordică şi 25° 28’ 07” şi 25° 28’ 37” longit i estică şi face parte din UAT Crizbav din judeţul Braşov fig. 2.1). În această zonă au fost realizate şi recep i nate lucrări de cadastru prin programul CESAR, aceste date constituind referinţe pentru rezultatele cercetă il ona cuprinde strada principală şi imobilele care au ieşire l această stradă aflate de o parte şi de alta a străzii. În t tal s-au cules date de pe o suprafaţă de aproxi ativ 72 ha, in care s-au ales pen ru s udiu aproxi ati 1 mobile pe care se regăsesc circa 300 construcţii cu diferite destinaţ i.

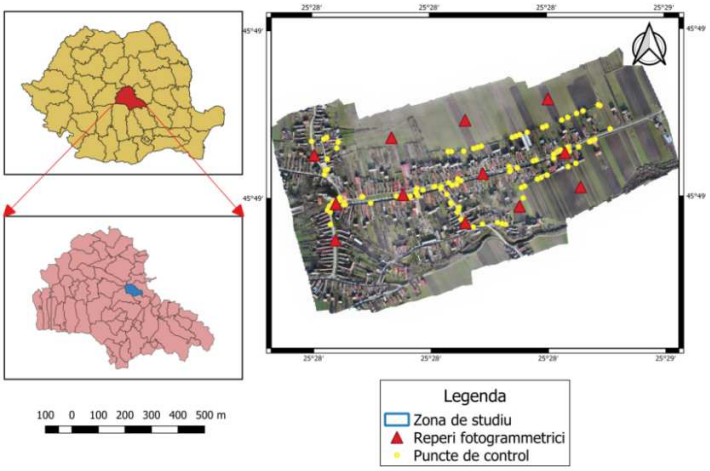


Fig. 2.1. Localizarea cercetărilor pentru locaţ a in U T Crizbav
Localization for the researches within UAT Crizbav

Pentru realizarea planului parcelar digital s-a ales o suprafaţă de studiu d ap oximativ 131 ha localizată între 45° 46’ 28” şi 45° 45’ 57” latitudine nordică, respectiv 25° 16’ 32” şi 25° 16’ 7” longitudine estică. Zona cuprinde suprafeţe din fondul forestier, dar şi din fondul agricol care se n i d pe eri oriul UAT Şinca (fig.2.2). Terenul cu destinaţie forestieră face parte din unitatea de producţie I Mira Perşani unitatea amenajistică 88, arboretul fiind alcătuit din amestec uri de făgete cu carpen. Terenurile cu destinaţie colă fac parte din tarlaua 46 şi au categoria de folosinţă păşune, cele mai multe dintre acestea fiind indivi izate de liziera pădurii care delimitează natural aceste suprafeţe.

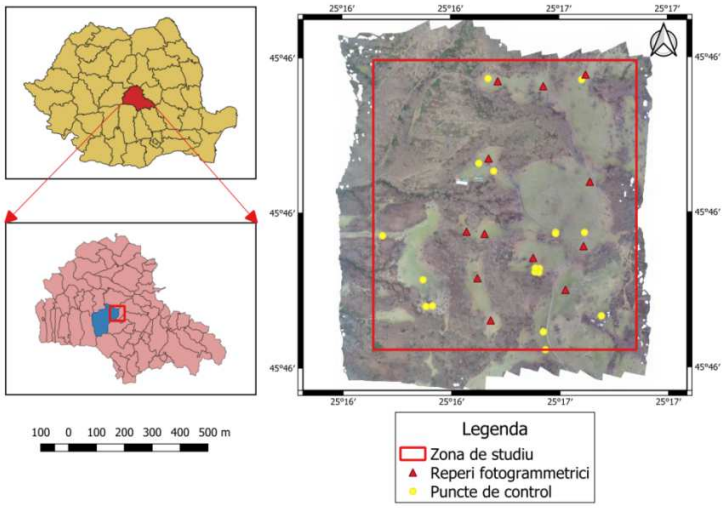


Fig. 2.2. Localizarea cercetărilor din UAT Şinca
Researches localization within UAT Şinca

2.3. Materiale folosite

2.3.1. Aparatură utilizată

2.3.1.1. Instrumente folosite pentru determinările terestre

Tehnica de poziţi nare NSS s-a folosit la d erm narea coordon tel r ep rilor fotogrammetrici şi a punctelor reţelei de îndesire. Determinările au fost realizate cu un eceptor N S AS T ECH PROMARK 800, care permite determinarea poziţiei spaţiale a unui punct de interes folosind metoda statică sau metoda RTK. Sistemul asigură poziţionarea rapidă cu o precizie ridicată în funcţie de metod d lucru o osi ă şi de numărul de staţii de referinţă la care se conectează sistemul, având diferite caracteristici tehnice (ww.spect aprecision.com).

Realizarea reţelei de rid care şi măsurarea detaliilor s-a făcut cu ajutorul staţie totale din seria Leica TCR, folosindu-se î tregul ec ipament auxiliar (trepied, prisme ş.a.) (fig. 2.4). Modelul f o it a fost Leica TCR 410C, care face parte dintr-o clasă superioară şi asigură o precizie de ±2“ la măsur ea un hiurilor şi de *±5mm+ppm* pentru distanţe. Specificaţiile tehnice ale apar ului utilizat sunt r d te de ca teristi le constructive performante, (www.leica-geosystems.com).

2.3.1.2. Tehn ca UAV folosită la preluarea imaginilor digitale

Pentru preluarea im inilor aeriene s-a utilizat un vehicul aerian fără pilot de tip UAV DJI Phantom 4 PRO, echipat cu *senzori de poziţionare* (GNSS şi unitate inerţială de navigaţie IMU) şi cu *senzori de cartografiere* (cameră aerofoto-digitală) (fig. 2.5), (tab. 2.3). Acesta este un cuadrocopter car are capacitate autonomă de zbor, putând fi controlat manual la decolare şi aterizare, prin control radio; la altitudinea d si ranţă este controlat în mod automat de sistemul GNSS.

Phantom 4 PRO este h pat cu un sistem GNSS cu sem ul e d în s mplă frecvenţă (L1) şi asigură o precizie estimată între 5-10 m. u ajutorul sistemului GNSS s-au d erm nat or nat le centrelor de perspectivă (X, Y, Z) ale imaginilor aeriene, ar cu unitatea IMU s-au stabilit unghiurile p cel tr axe (*ω* - unghiul de înclinare

pe axa X, φ - unghiul de înclinare pe axa Y şi k - unghiul de rotire pe axa Z). Astfel, după realizarea zborului au fost cunoscute poziţiile centrelor de perspectivă ale imaginilor şi înclinările fiecărei imagini din momentul preluării lor.

Fig. 2.5. UAV-ul DJI Phantom 4 PRO şi cu dotările acestuia
UAV DJI Phantom 4 PRO with its facilities

Alte caracteristici ale UAV-ului şi camerei digitale folosite sunt prezentate în tabelul 2.3.

Tabelul 2.3. Caracteristicile UAV-ului şi ale camerei digitale (www.dji.com)
UAV's and digital cameras features

Caracteristici	**Observaţii**
Altitudine maximă de zbor	6000 m (limitată la 300 m)
Distanţa de zbor maximă	5 Km
Timp maxim de zbor	28 minute
Viteza maximă de zbor	20 m/s
Senzori disponibili	GNSS/ Accelerometru / Barometru / Giroscop / Stabilizare
Rezoluţie în sistem fotografic	4000x3000
Rezoluţie în sistem video	UHD: 4096×2160 (4K) 24 / 25p 3840×2160 (4K) 24 / 25 / 30p 2704×1520 (2.7K) 24 / 25 / 30p FHD: 1920×1080 24 / 25 / 30 / 48 / 50 / 60 / 120p HD: 1280×720 24 / 25 / 30 / 48 / 50 / 60p
Senzor video	1/2.3” Pixeli efectivi:12 M
Lentile	FOV 94° 20 mm (40 mm format echivalent) f/2.8 focus la ∞
Sistem de stabilizare	DJI 3-axe
Tip GNSS	NAVSTAR/GLONASS
Sistemul Smart Return Home	Oferă UAV-ului siguranţa de întorcere şi evitarea oricărui obstacol ce îi apare în direcţia de zbor
Comunicare	FCC Compliant: 3.1 mi (5 km); CE Compliant: 2.2 mi (3.5 km) (fără obstacole şi interferenţe)
Capacitatea bateriei	5350 mAh

2.3.1.3. Componenta hardware

Pentru prelucrarea imaginilor digitale şi întocmirea ortofotoplanurilor s-a folosit un calculator cu un procesor foarte puternic, care a permis procesarea cantităţii mari de informaţie conţinută în imaginile digitale. Principalele caracteristici ale calculatorului sunt: două procesoare *Intel Xeon E5 2.10GHz,* două plăci video *3071MB NVIDIA GeForce GTX 780* şi RAM-ul de *64 GB DDR3, 802MHz*

În vederea realizării planurilor cadastrale, efectuării analizelor şi elaborării tezei s-a folosit un laptop cu următoarele specificaţii: 4GB RAM DDR3, procesor i5-6200U de 2.3 GHz, 2.4 GHz, placa video Intel(R) HD Graphics 520, placa de bază LENOVO 80MX.

2.3.2. Componentele software utilizate

Folosirea aparaturii moderne în preluarea datelor din teren a condus, implicit, la utilizarea programelor cu care a fost dotată aceasta, dar şi programe pentru prelucrare. În acest sens, având în vedere operaţiile realizate au fost folosite următoarele programe:

1. Descărcarea datelor din receptorul ASHTECH PROMARK 800 s-a făcut cu ajutorul programului *Mobile Device*.
2. Descărcarea datelor din staţia totală s-a realizat cu programul *Leica Geo Office*, iar compensarea drumuirilor s-a făcut cu *Toposys*.
3. Editarea datelor s-a realizat cu ajutorul programului *AutoCAD 2006*, un program specializat care înglobează toate funcţiile necesare realizării produselor cartografice.
4. Planificarea zborului cu ajutorul UAV-ului şi preluarea imaginilor digitale s-a realizat cu programul *PIX 4D*.
5. Obţinerea ortofotoplanului pe baza imaginilor digitale s-a realizat cu programul *Agisoft Photoscan* specializat în prelucrarea imaginilor pentru obţinerea modelelor tridimensionale şi a produselor ortorectificate. AgiSoft Photoscan este un program de modelare 3D bazată pe imagini, utilizat pentru crearea de structuri 3D profesionale şi de calitate. Fundamentat pe tehnologia de vârf, de reconstrucţie 3D din mai multe imagini, acest produs foloseşte imagini preluate pe cale aeriană (sau terestră), fiind eficient atât în condiţii controlate de utilizator, cât şi în condiţii necontrolate (www.agisoft.com).
6. Prelucrarea şi transformarea produselor obţinute cu ajutorul AgiSoft Photoscan în alte produse mai uşor de manevrat s-a realizat folosind programul *Global Mapper*.

2.4. Metode folosite

Metodologia de lucru care implică utilizarea tehnologiilor menţionate (GNSS, staţia totală, UAV) a presupus parcurgerea următoarelor etape:

- *recunoaşterea suprafeţelor de teren* luate în studiu;
- *stabilirea numărului şi amplasamentului* reperilor fotogrammmetrici;
- *efectuarea de observaţii GNSS* asupra reperilor fotogrammetrici;
- *efectuarea de observaţii GNSS* pentru punctele care servesc ca reţea de sprijin;
- *realizarea de măsurători* cu ajutorul staţiei totale;
- *preluarea imaginilor digitale* folosind UAV-ul echipat cu cameră digitală;
- *întocmirea ortofotoplanurilor* pentru cele două zone studiate;
- *verificarea preciziei* ortofotoplanurilor;
- *obţinerea planului cadastral* pentru imobilele din intravilanul localităţii rurale;
- *obţinerea planului parcelar* pentru terenurile din fondul forestier*;*
- *analiza* principalilor factori care condiţionează precizia ortofotoplaurilor.

În vederea atingerii scopului şi obiectivelor enunţate s-a apelat la următoarele metode:

- ridicări aerofotogrammetrice realizate cu tehnica UAV;
- determinări cu tehnica GNSS prin folosirea procedeului RTK cu conectarea la o singură staţie de referinţă şi modul VRS;
- ridicări terestre prin realizarea de drumuiri combinate cu radieri;
- prelucrarea determinărilor GNSS, a imaginilor digitale preluate prin tehnica UAV şi a măsurătorilor terestre prin folosirea unor programelor specializate (§ 2.3.2);

- statistice, în vederea analizării datelor culese.
- analiza datelor şi interpretarea rezultatelor în vederea stabilirii unor concluzii obiective asupra elemetelor urmărite.

Schema de desfăşurare a lucrărilor care înglobează cele două tehnici de colectare a datelor geospaţiale, măsurătorile terestre şi fotogrammetria aeriană, este prezentată în figura 2.6.

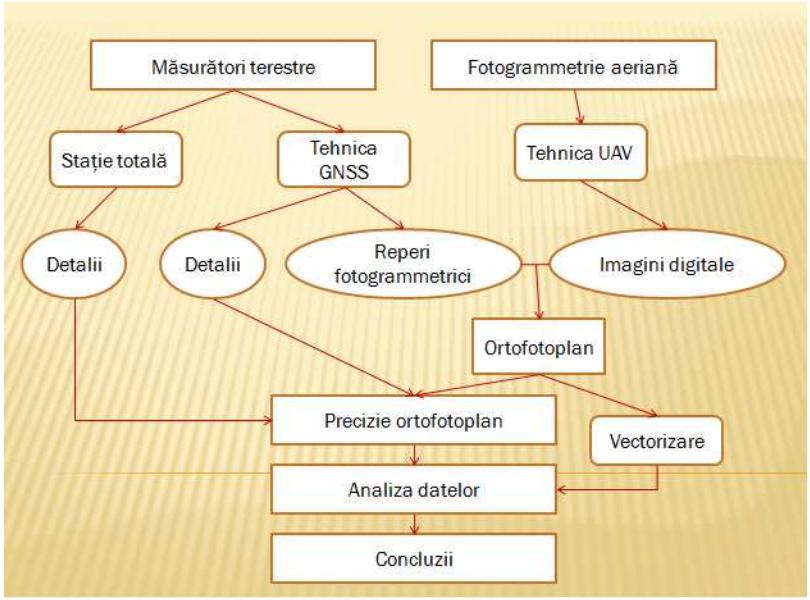


Fig. 2.6. Schema de desfăşurare a lucrărilor din UAT-ul Şinca şi UAT-ul Crizbav
Development scheme of works from UAT Şinca and UAT Crizbav

Lucrările s-au desfăşurat plecând de la RGNS, cu ajutorul căreia s-au determinat coordonatele reperilor fotogrammetrici care au fost folosiţi şi ca puncte ale reţelei de îndesire. Pe baza reţelei de îndesire s-a realizat, în continuare, reţeaua de ridicare, constituită din drumuiri care să permită ridicarea detaliilor.

Pentru determinarea coordonatelor reperilor fotogrammetrici şi îndesirea reţelei de sprijin s-a folosit metoda de măsurare RTK. Această metodă oferă precizii apropiate de cea statică, coordonatele fiind determinate în timp real direct în Stereografic 1970. Metoda este destul de folosită, necesită timpi de observaţie scurţi, precizia este ridicată, existând numeroase servicii dezvoltate în multe ţări care vin în sprijinul utilizatorilor acestei metode. Aceste servicii furnizează corecţii în timp real prin radio sau folosind un sistem global pentru comunicaţii mobile GSM.

III. SISTEMELE UAV ÎN CULEGEREA DE DATE PENTRU LUCRĂRILE CADASTRALE

3.1. Aspecte generale

Dezvoltarea economiei are loc într-un mod continuu şi alert, necesitând utilizarea de noi produse şi tehnologii pentru a răspunde nevoilor şi cerinţelor umane legate de cadastru şi urbanism. Această dezvoltare tehnologică este simţită din ce în ce mai mult şi în domeniul cadastrului, în special la culegerea datelor geo-spaţiale. Astfel, aeronavele uşoare de tipul UAV-urilor au început să fie utilizate din ce în ce mai mult în lume în scopuri de cartografiere, deoarece zborul este complet autonom şi permite preluarea de imagini din zona studiată în mod automat. Costul redus şi fezabilitatea zborului automat pot fi considerate ca fiind principalele avantaje ale acestei tehnologii în aplicaţiile fotogrammetrice. Dacă UAV-urile dispun şi de sistemul GNSS/IMU imaginile pot fi preluate conform unui proiect de zbor prestabilit şi pot fi determinaţi direct parametrii de orientare exterioară (X, Y, Z, ω, φ, k) ai centrului de perspectivă. În tot mai multe studii realizate există tendinţa folosirii UAV-urilor în detrimentul platformelor aeriene clasice datorită avantajelor aduse de costuri şi precizie comparabilă.

Deşi au multe avantaje, UAV-urile nu înlocuiesc în întregime aeronavele tradiţionale folosite în scopuri fotogrammetrice. Astfel, în cazul în care se doreşte studierea unei suprafeţe întinse de teren este recomandată

folosirea plaformelor aeriene dotate cu camere metrice. Aceste platforme pot fi echipate cu diverşi senzori de cartografiere printre care şi LiDAR, care permit achiziţionarea de date geospaţiale ce pot fi folosite la obţinerea modelului digital al suprafeţei (Ghimbăşan et al., 2013b; Ghimbăşan et al., 2015). În general, principalele neajunsuri ale folosirii aeronavelor clasice sunt legate de: dificultăţi în a obţine autorizaţia de zbor, stabilitatea platformei datorită înălţimii mari de zbor, siguranţa zborurilor, stabilitatea configuraţiei blocului de imagini (Graça et al., 2014).

Începutul fotogrammetriei aeriene a fost făcut prin folosirea baloanelor, considerate cele mai vechi platforme de observare aeriană. În acest sens vin în sprijin fotografiile aeriene preluate deasupra Parisului în 1858 de Tournachon de la bordul unui balon cu aer cald. Mai târziu, datorită simplificării tehnologiei camerei de fotografiere, în privinţa reducerii greutăţii şi mărimii, s-au folosit alte mijloace, cum ar fi zmeele (utilizat de meteorologul englez E.D Archibald în 1882) şi rachetele (utilizate de către inventatorul suedez Alfred Nobel în 1897) pentru a realiza fotografii aeriene.

De atunci şi până în prezent, platformele cu aripi fixe sau rotative, cu un singur sau mai multe rotoare, pilotate de la distanţă sau autonome, au fost folosite ca UAV-uri în scopuri fotogrammetrice. Dintre acestea, cele pilotate de la distanţă sau autonome au deschis cu adevărat calea folosirii ulterioare a acestora în fotogrammetrie.

În prezent, utilizarea UAV-urilor în fotogrammetrie este în curs de dezvoltare, iar cele mai multe informaţii cu privire la noile progrese şi descoperiri din domeniu vin de la rezultatele publicate de principalele centre de cercetare din întreaga lume. De exemplu, Colomina şi Molina (2014) descriu evoluţia şi stadiul tehnicii sistemelor aeriene fără pilot din domeniul fotogrammetriei şi teledetecţiei cu accent pe reglementări, sisteme de achiziţie, de navigare şi orientare.

3.2. Tipuri de UAV

UAV-urile folosite în lume sunt de construcţii diferite şi pot îndeplini multiple sarcini, în funcţie de scopul urmărit. Acestea pot fi clasificate după tipul tipul aripilor folosite la ascensiune şi deplasare. Astfel, UAV-urile pot fi: (1) uni-rotor, (2) multi-rotor, (3) cu aripă fixă şi (4) cu aripă fixă hibrid.

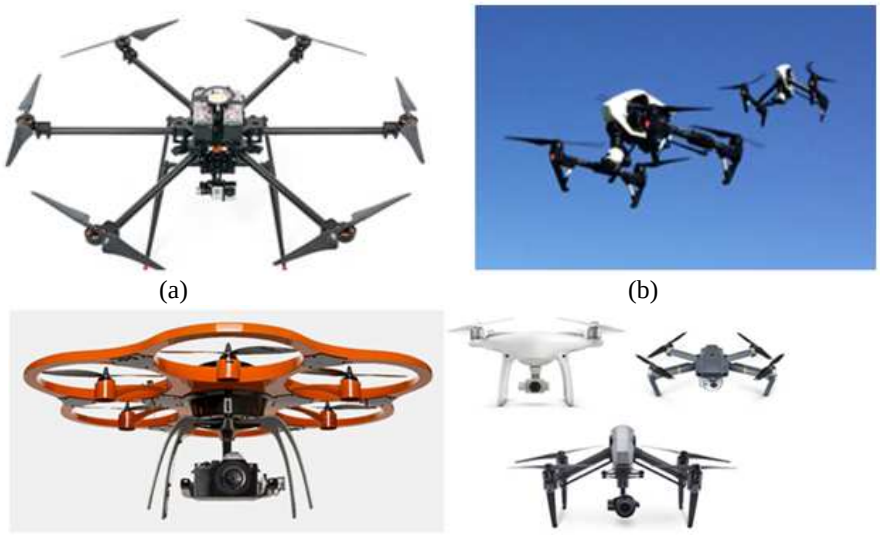
UAV-ul uni-rotor, mai puţin răspândit, foloseşte un singur rotor pentru zbor şi un rotor pentru a controla direcţia (fig. 3.1). Acestea sunt asimilate elicopterelor cu echipaj. Un elicopter cu un singur rotor beneficiază de o eficienţă mult mai mare faţă de un multi-rotor deoarece poate fi alimentat de un motor cu ardere internă, aspect care îi poate prelungi considerabil durata de zbor. Sistemul este mai eficient decât un UAV multi-rotor dacă lama rotorului este mai mare şi se roteşte mai lent. În plus, pot transporta încărcături grele pe distanţe destul de lungi (de ex. un scaner laser LiDAR) şi au o rezistenţa îndelungată la utilizare. Dezavantajele acestui tip de UAV sunt legate de complexitatea sistemului, costul mai ridicat de producţie şi mentenanţă.

Fig. 3.1. Tipuri de UAV-uri uni-rotor realizate în diferite forme constructoare
Types of unirotor UAV made in different construction forms

UAV-urile multi-rotor sunt cele care folosesc două sau mai multe elice pentru ascensiune şi deplasare (fig. 3.2). Din categoria UAV-urilor multi-rotor face parte şi UAV-ul folosit în prezenta cercetare. Ele sunt folosite la obţinerea imaginilor digitale într-o perioadă de timp scurtă şi pe suprafeţe mai mici. Utilizarea unor astfel de aparate

constituie cea mai simplă și ușoară opțiune pentru a avea un “ochi în cer”, deoarece oferă un control sporit asupra detaliului înregistrat fiind de preferat pentru scopuri cartografice. De asemenea, pot fi folosite la urmărirea comportării în timp a construcţiilor cu destinaţie specială. Mai mult, pot fi lansate și aduse la aterizare foarte uşor, nefiind necesare dispozitive speciale.

Dezavantajele UAV-urilor multi-rotor sunt rezistența și viteza limitată, ceea ce le face nepotrivite pentru cartografiere aeriană pe suprafețe mari sau monitorizare și inspecție pe distanțe lungi, cum ar fi cazul conductelor, drumurilor și liniilor electrice. De asemenea, aceste tipuri de UAV-uri necesită un consum mare de energie. În aceste condiţii zborul este limitat la aproximativ 20-30 de minute, UAV-ul fiind dotat cu o cameră digitală.



(a) (b)

(c) (d)

Fig. 3.2. Tipuri de UAV-uri multi-rotor cu camere digitale fotogrammetrice:
a, c – hexacopter; b, d – quadrocopter;
Types of multi-rotor UAVs with photogrammetric digital cameras:
a, c – hexacopter; b, d – quadcopter;

UAV-urile cu aripă fixă, spre deosebire de cele cu aripile rotative, utilizează o aripă pentru a permite ascensiunea și deplasarea (fig. 3.3). Din acest motiv, ele folosesc energia doar pentru a avansa, nu și pentru a se menţine în aer, aspect la care UAV-urile uni-rotor sau multi-rotor sunt în dezavantaj. Ca atare, acest tip de UAV poate să acopere distanțe mai lungi și, implicit, suprafețe mai mari. În plus, se pot folosi ca sursă de alimentare și motoarele cu ardere internă, putând astfel să rămână în aer timp de 16 ore sau chiar mai mult.

Principalul dezavantaj al unui UAV cu aripă fixă este incapacitatea lui de a zbura la punct fix. De asemenea, lansarea și aterizarea sunt mult mai dificile deoarece, în funcție de mărimea acestora, este nevoie de un sistem de lansare special pentru a le trimite în aer și o pistă, o parașută sau o plasă pentru a le recupera în siguranță. Alte dezavantaje sunt legate de costul mai mare și de greutăţile privind controlul în timpul zborului datorită vitezei ridicate.

(a) (b)

Fig. 3.3 Tipuri de UAV-uri cu aripă fixă:
a – eBee; b – Threod;
Types of UAVs with fixed wing:
a – eBee; b – Threod;

UAV-urile cu aripă hibridă, îmbină cele două tehnologii, adică aripă fixă cu multi-rotor (fig. 3.4). Acestea permit decolarea şi aterizarea pe verticală, zborul la punct fix şi zborul pe distanţe şi suprafeţe mari. De asemenea, au capacitate ridicată de transport putând fi dotate cu senzori de dimensiuni mai mari şi cu greutate mai ridicată.

Fig. 3.4. UAV-uri hibride cu aripă fixă
Hybrid UAVs with fixed wing

O altă clasificare a UAV-urilor se poate realiza după altitudinea de zbor, raza de acţiune şi încărcătura utilă. În acest sens, UAV-urile se pot împărţi în următoarele categorii (fig. 3.5): mini UAV (MUAV), UAV tactic (TUAV), UAV cu decolare/aterizare verticală (VTOL), UAV de altitudine medie/ră mare de acţiune (MALE), UAV de altitudine înaltă/ră mare de acţiune (HALE).

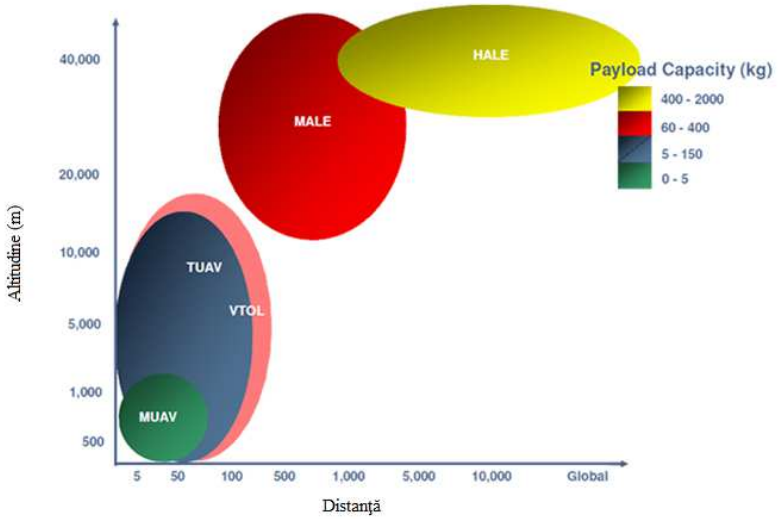


Fig. 3.5. Clasificarea UAV-urilor după altitudinea de zbor, raza de acţiune şi încărcătura utilă (www.helicam.ro)
UAVs classification according to flight, range and disposable load

Fiecare dintre aceste UAV-uri au diferite caracteristici şi specificaţii tehnice, putând fi folosite în diverse aplicaţii fotogrammetrice.

3.4. Aplicațiile UAV-urilor în cadastru

Noul trend în culegerea datelor geospațiale folosite în cadastru pentru întocmirea ortofotoplanurilor, indiferent de tipurile de terenuri și de categoria de folosință, este utilizarea imaginilor aeriene preluate cu UAV-uri. În acest sens, au fost realizate o serie de studii care au urmărit aplicabilitatea și acuratețea unor astfel de produse cartografice.

Manyoky et al. (2011) au folosit un UAV de tip Falcon 8 echipat cu o cameră digitală Panasonic Lumix DMC-LX3 pentru preluare de imagini aeriene în vederea întocmirii de planuri cadastrale. Aceştia au comparat rezultatele obţinute privind planurile întocmite pe baza imaginilor aeriene şi cele întocmite prin metodele tradiţionale de achiziţie a datelor. Cunningham et al. (2011) prezintă rezultatele privind utilizarea UAV-ului în cadastru, luând ca zonă de studiu o suprafaţă rurală din Alaska. Rezultatele obţinute de aceştia, în multe cazuri apropiate de preciziile oferite de măsurătorile terestre, sugerează că folosirea UAV-urilor poate fi o alternativă eficientă sub raportul randamentului lucrărilor.

Studiul realizat de van Hinsberg et al. (2013) prezintă utilizarea UAV-ului pentru preluarea de imagini aeriene pe baza cărora s-au stabilit limitele cadastrale ale parcelelor cu o precizie de până la 3 cm, similar cu precizia obținută prin măsurători topografice clasice. Eyndt și Volkmann (2013) susțin că UAV-ul poate prelua imagini aeriene cu o precizie foarte ridicată și, în multe situații, poate fi o alternativă avantajoasă de înlocuire a măsurătorile topografice clasice.

Harwin şi Lucieer (2012) au folosit stereofotogrammetria digitală şi imagini preluate deasupra unei suprafeţe de coastă din sud-estul Tasmaniei (Australia) de un micro-UAV multirotor. Concluzia la care au ajuns a fost că metoda propusă conduce la obţinerea unei precizii de 1-3 cm, suficientă pentru monitorizarea eroziunilor de coastă de ordin subdecimetric. O astfel de precizie este foarte bună şi la întocmirea planurilor cadastrale pe baza imaginilor preluate cu UAV-urile. Studii în domeniul măsurătorilor şi aplicaţiilor cadastrale cu rezultate asemănătoare au fost realizate şi de Cunningham et al. (2011); Manyoky et al. (2011); Cramer et al. (2013) şi Barnes et al. (2014).

Sheilla (2016) obține un ortofotoplan cu precizia planimetrică de 2,8 cm pe baza imaginilor preluate cu UAV, pe care l-a folosit în stabilirea limitelor unor terenuri fără construcții aflate într-o zonă intravilană. Tot pe baza unui zbor realizat cu un sistem UAV, Kędzierski et al. (2015) obține un ortofotoplan cu o precizie de 10 cm în care detaliile sunt identificate cu o abatere standard cuprinsă între 40 cm și 1,02 m, mult mai slabă comparativ cu alte rezultate în care s-au aplicat metodologii asemănătoare.

Într-un studiu realizat de Chandraratne (2016) se prezintă o metodologie de lucru în care sunt comparate suprafețele mai multor loturi obținute prin măsurători realizate cu o stație totală cu suprafețele vectorizate deduse dintr-un ortofotoplan de precizie, diferența fiind de până la 8% din suprafațele determinate pe cale terestră, considerate de referință. De asemenea, din compararea coordonatelor celor două tipuri de determinări s-a obținut o valoare medie a diferențelor de 5,5 cm.

Precizia obținută la delimitarea limitelor parcelelor cadastrale folosind imaginile aeriene preluate cu UAV este apropiată de precizia obținută prin măsurători topografice clasice, unele studii prezentând o precizie de 10 cm (Deok-In Kim et al., 2014), sub 8 cm (Sang Min și Jae One, 2016), de 5 cm (Meouche et al., 2016), iar altele chiar mai bune. Precizia de 10 cm obținută de astfel de produse cartografice este suficientă pentru măsurarea construcțiilor și pentru măsurarea limitelor parcelelor cadastrale (Kurczynski et al., 2016).

În unul din cele mai actuale studii realizate de Crommelinck et al. (2018) a fost analizată posibilitatea folosirii ortofotoplanului în stabilirea limitei drumurilor față de categoriile de folosință învecinate, rezultatele obținute fiind în medie de 10 cm față de valoarea de referință. Într-un studiu realizat anterior, care a implicat folosirea tehnologiei UAV, s-a ajuns la concluzia că ortofotoplanurile obținute pe baza imaginilor preluate cu UAV-uri pot fi folosite la stabilirea limitelor dintre proprietăți și delimitarea detaliilor în proporție de 80% (Crommelinck et al., 2017).

La fel de recent ca studiul anterior, Yusoff et al. (2018) aduc în discuție influența altitudii de zbor și a reperilor fotogrammetrici asupra preciziei detaliilor înregistrate într-un ortofotoplan obținut cu ajutorul imaginilor digitale preluate cu un UAV DJI Phantom 4. Concluzia la care s-a ajuns arată faptul că, cu cât înălțimea de zbor scade, eroarea de determinare a coordonatelor ce definesc limitele și detaliile scade.

La nivel internațional au fost realizate și alte studii (Khairul et al., 2012; Skarlatos et al., 2013; Francisco et al., 2017) care au avut la bază tehnica UAV cu rezultate deosebite în obținerea ortofotoplanului ca produs principal. În acestea au fost descrise metodologii de lucru privind folosirea sau nu a reperilor fotogrammetrici în procesul georeferențierii, dar și influența pe care o are numărul acestora asupra preciziei produsului cartografic. Rezultatele au arătat că, pentru atingerea unor precizii ridicate, este nevoie de folosirea reperilor fotogrammetrici în procesul de obținere al ortofotoplanului sau altor produse derivate.

Pe plan naţional s-au făcut diverse încercări de folosire a UAV-urilor echipate cu senzori digitali în scopul obţinerii produselor cartografice. Pe această linie se înscrie şi TEAMNET S.A., care şi-a dezvoltat propriul UAV pe care l-a folosit în preluarea de imagini digitale pentru amenajarea fondului forestier şi realizarea cadastrului sistematic (www.teamnet.ro).

Studiul realizat de Munteanu (2012) a presupus folosirea ortofotoplanurilor în vederea realizării planurilor cadastrale în fondul agricol din extravilanul localităţiilor. Rezultatele obţinute, prin compararea datelor obţinute prin vectorizarea ortofotoplanurilor cu datele culese prin măsurători clasice, au fost bune sub aspectul preciziei, încadrându-se în normele tehnice în vigoare.

Palamariu et al. (2015) au folosit un UAV Dji Phantom, o cameră digitală Nikon Coolpix L810 nemetrică şi o staţie totală Leica TCR 805 pentru a concepe o metodologie de lucru în vederea realizării cadastrului 3D pentru intravilanul unei zone rurale de la noi din ţară. Studiul realizat nu a cuprins şi rezultate referitoare la precizii de poziţionare a detaliilor şi nu a adus în discuţie limitările folosirii metodologiei propuse.

Un alt studiu pe plan naţional a fost realizat de Oniga et al. (2018). Acesta a avut ca scop determinarea preciziei ortofotoplanurilor la care se poate ajunge folosind un număr diferit de reperi fotogrammetrici. Rezultatele la care au ajuns arată că pentru obţinerea unui ortofotoplan de precizie este nevoie de amplasarea unui reper fotogrammetric la 200 m^2.

IV. SISTEMELE GNSS ÎN LUCRĂRILE CADASTRALE

4.1. Generalităţi

Măsurătorile terestre privite ca un ansamblu de lucrări geo-topo-fotogrammetrice au ca obiect reprezentarea pe planuri şi hărţi, în format analogic sau digital a unor suprafeţe, acestea putând varia ca întindere de la câteva sute de metri pătraţi până la teritorii de nivel continental. Astfel, pentru obţinerea unei reprezentări cartografice, se impune stabilirea poziţiei detaliilor urmărite în cadrul unui sistem de referinţă.

Detaliile topografice sunt constituite din puncte de contur pentru care trebuie definită poziţia acestora folosind un set de coordonate. După conţinut sau numărul de elemente luate în considerare poziţionarea unui punct într-un sistem de referinţă poate fi unidirecţională (Z), plană (2D) şi spaţială sau tridimensională (3D). Poziţionarea unidirecţională se face luând în calcul înălţimea (Z) punctului, în timp ce pentru reprezentările 2D şi 3D se iau în considerare coordonatele X şi Y, respectiv X, Y şi Z. Fiecare dintre cele trei variante de poziţionare sunt definite la rândul lor de un set de coordonate specific modalităţii de reprezentat, sistemul de coordonate depinzând de regiunea sau teritoriul din care face parte suprafaţa.

Tehnologiile de poziţionare au cunoscut o continuă evoluţie, iar în prezent factorul decisiv care le diferenţiază este dat de precizia lor. Dezvoltarea continuă şi rapidă a tehnologiei ultimelor decenii a făcut posibilă realizarea unor sisteme de poziţionare care au la bază măsurarea timpului şi care, prin crearea unor segmente suplimentare, au condus la determinarea direct pe teren, în timp real, a coordonatelor unui punct cu precizii din ce în ce mai ridicate.

Aceste tehnologii s-au perfecţionat de-a lungul mai multor ani şi a implicat schimbări referitoare la accesibilitate şi utilizare în legislaţia, dar şi eforturi economice deloc neglijabile. Efectiv, pentru a ajunge în faza determinării coordonatelor unui punct în timp real folosind sistemul satelitar de poziţionare globală GNSS s-au lansat mai multe constelaţii de sateliţi de diferite generaţii şi capacităţi (segmentul aerian), s-au realizat segmente de control care să monitorizeze sateliţii lansaţi şi s-a perfecţionat aparatura destinată segmentului utilizator.

V. ÎNTOCMIREA PLANULUI CADASTRAL PENTRU INTRAVILANUL DIN ZONA TEST CRIZBAV

5.1. Aspecte generale

Întocmirea planurilor cadastrale pentru imobilele din intravilanul localităţiilor din mediul rural a devenit o problemă de actualitate odată cu demararea PNCCF. Din acest motiv şi nu numai, este necesară utilizarea tuturor tehnologiilor pentru creşterea randamentului lucrărilor de cadastru, care să fie eficiente sub raport tehnic (să ofere precizie ridicată) şi economic (costuri reduse de întreţinere şi exploatare). Având în vedere suprafeţele întinse pentru care trebuie realizate lucrările, dar şi necesitatea tot mai stringentă a acestora, folosirea tehnologiei UAV şi a fotogrammetriei digitale pot fi o soluţie în culegerea datelor şi realizarea planurilor cadastrale în format digital.

Pentru determinarea precizie care se poate obţine prin tehnica UAV s-au folosit ca referinţă înregistrările oficiale realizate în cadrul programului CESAR pentru o zonă din intravilanul localităţii Crizbav (§ 2.2.). Tehnologia UAV avută la dispoziţie a permis achiziţionarea imaginilor digitale necesare întocmirii ortofotoplanului, iar cu ajutorul celorlalte echipamente de măsurat (sistem GNSS şi staţie totală) s-au determinat poziţiile punctelor care să servească realizării şi verificării acestuia.

La baza realizării planului cadastral în format digital prin metodologia de lucru propusă stă operaţia de vectorizare a detaliilor identificate pe ortofotoplan (garduri, construcţii, drumuri, răzoare ş.a.) urmată de atribuirea datelor descriptive ce le însoţesc (categorii de folosinţă, destinaţii de construcţie ş.a.). În final, prin confruntarea părţii grafice rezultată din vectorizare cu datele descriptive culese de pe teren şi din actele justificative referitoare la imobil se poate genera planul cadastral digital şi, prin consecinţă, cel analogic în diferite formate. De asemenea, prin compararea diferitelor seturi de date, se poate exprima un punct de vedere obiectiv asupra calităţii lucrărilor anterior recepţionate.

5.2. Culegerea datelor pe cale terestră

5.2.1. Realizarea reţelei de îndesire şi de ridicare

Rețeaua geodezică de îndesire reprezintă infrastructura pe care se sprijină ridicările în plan, punctele acesteia servind ca bază şi control în desfăşurarea măsurătorilor terestre. Necesitatea realizării ei se impune datorită faptului că rețeaua geodezică națională spațială, încadrată în rețeaua europeană, nu asigură densitatea optimă dezvoltării lucrărilor ulterioare, punctele fiind prea rare şi îndepărtate. În această situație se înscrie şi suprafața supusă studiului, motiv pentru care s-a impus îndesirea rețelei geodezice existente conform normelor tehnice în vigoare.

Proiectarea şi alegerea punctelor trebuie să conducă la îndesirea rețelei geodezice naționale cu respectarea unor condiții care să asigure:

- *densitatea corespunzătoare*, de 1 punct/5 km² în extravilan şi 1 punct/ km² în intravilan, în funcție de detaliile existente;
- *precizie ridicată* de determinare, cu abatere standard de cel mult de ± 5 cm la poziționarea planimetrică, specifică planurilor cadastrale 2D;
- *structură complexă* ce cuprinde atât punctele vechi ale rețelei geodezice bornate, stațiile permanente GNSS, cât şi punctele noi marcate la sol;
- *omogenitatea rețelei*, asigurată prin repartizarea uniformă a punctelor în zona de lucru şi determinarea în bloc a acestora.

Efectiv, pentru alegerea poziţiei punctelor care să servească ca rețea de sprijin în vederea ridicării detaliilor, s-a folosit un ortofotoplan de ediție 2006 pe care s-au proiectat punctele rețelei astfel încât acestea să potă fi folosite şi ca reperi fotogrammetrici.

Poziţia definitivă a punctelor s-a obţinut folosind tehnologia GNSS prin respectarea unor condiţii cunoscute din literatura de specialitate în funcţie de situaţia întâlnită pe teren (Chițea et al., 2011):

- *alegerea unor locuri dominante*, care ar permite utilizarea punctelor ca vize de orientare;
- *asigurarea orizontului liber*, respectiv a unghiului de 15°, cu păstrarea distanței față de obstacolele înalte;
- *evitarea apropierii* de instalații electrice de mare putere (transformatoare, linii de înaltă tensiune);
- *plasarea punctelor în perechi*, cu vizibilitate între ele, acolo unde lipsesc alte vize de orientare, pentru realizarea drumuirilor.

În final, având în vedere şi necesitățile impuse prin obiectivele urmărite s-au mai amplasat două puncte suplimentare, celelelalte două puncte fiind deja proiectate şi materializate la sol pentru a servi ca reperi

fotogrammetrici. Marcarea punctelor noi din reţeaua de îndesire s-a realizat folosind buloane şi borne de construcţie specială care să asigure durabilitate în timp (fig. 5.1).

(a) (b)

Fig. 5.1. Marcaje folosite pentru materializarea punctelor din reţeaua de sprijin şi de ridicare
a – borne de tip Feno; b – buloane metalice
Markings used for the materialization of points for the support and raise network
a –Feno bollard; b – metallic bolts

Poziţionarea tuturor detaliilor din zona de studiu a presupus realizarea reţelei de ridicare ale cărei trasee au fost încadrate obligatoriu şi pe puncte ale reţelei de sprijin care, în unele cazuri, au coincis cu reperii fotogrammetrici. Pentru control şi precizie ridicată s-a urmărit ca drumuirea să se închidă pe puncte de coordonate cunoscute, lucru care să permită compensarea acesteia. Alegerea punctelor de drumuire s-a făcut urmărind traseele proiectate şi fixând amplasamentul fiecărei staţii în funcţie de condiţiile întâlnite în teren, care să asigure vizibilităţi spre:

- *punctul din spate şi din faţă*, spre a da vizele reciproce între staţii;
- *punctele caracteristice* ce definesc detaliile din teren.

În acelaşi timp s-a ţinut cont ca amplasamentul efectiv, stabilit cu atenţie deosebită pe teren, să fie ales în locuri ferite de circulaţie spre a nu fi distruse. Materializarea pe teren a punctelor din reţeaua de ridicare s-a realizat folosind aceleaşi buloane metalice de construcţie specială ca în cazul punctelor din reţeaua de sprijin (fig. 5.1).

5.3. Realizarea reperajului fotogrammetric

5.3.1. Proiectarea şi marcarea reperilor fotogrammetrici

Planificarea determinărilor GNSS a implicat, în primă fază, stabilirea poziţiei aproximative a punctelor care vor servi ca reperi fotogrammetrici şi apoi a modului de lucru, a sesiunilor de realizare a observaţiilor şi a timpilor de staţionare. Aceşti reperi fotogrammetrici ale căror coordonate au fost determinate în sistemul naţional de proiecţie Stereografic 1970 realizează legătura dintre teren şi imagine.

Proiectarea amplasării reperilor fotogrammetrici s-a făcut pe baza unui proiect întocmit la birou folosind ortofotoplanul ediţia 2006. La alegerea locaţiei reperilor s-a ţinut cont de asigurarea unei acoperiri cât mai mare cu semnal, evitându-se arborii şi construcţiile înalte din zona antenei. De asemenea, s-au avut în vedere (Vorovencii, 2010): numărul minim de reperi, distribuţia uniformă a acestora ţinându-se cont de natura reliefului şi a detaliilor din zona analizată, obligativitatea amplasării de reperi la marginea suprafeţei şi la capetele benzilor ş.a. În urma proiectării s-au stabilit 12 reperi pentru intravilanul localităţii Crizbav (fig. 5.6).

Fig. 5.6. Amplasarea şi distribuirea reperilor fotogrammetrici proiectaţi în zona studiată
Location and distribution of GCPs in the area studied

După stabilirea poziţiei aproximative a punctelor pe ortofotoplan, coordonatele acestor puncte au fost descărcate din proiect şi încărcate în receptorul GNSS ASHTECH PROMARK 800 pentru a fi trasate pe teren, poziţia definitivă a acestora stabilindu-se pe teren în funcţie de situaţia întâlnită şi a obstacolelor din imediata apropiere. Comparativ cu poziţia aproximativă stabilită prin proiect la birou şi trasarea efectuată pe teren, s-a determinat că diferenţele la proiectare nu au depăşit 10 m.

După stabilirea poziţiei definitive a reperilor s-a trecut la marcarea acestora. Marcarea pe teren s-a făcut folosind buloane metalice pentru zona din intravilanul localităţii (asfalt) şi borne de construcţie specială pentru zona din afara acesteia (teren agricol) (fig. 5.7). La amplasarea reperilor fotogrammetrici s-a avut în vedere ca aceştia să poate fi staţionaţi şi cu staţia totală.

(a) (b)

Fig. 5.7. Punctele de coordonate cunoscute folosite în cazul reperilor fotogrammetrici
a – în asfalt; b – în teren agricol
Known coordinates points used for GCPs:
a – in asphalt; b – in infield

Înainte de a se executa zborurile cei 12 reperi fotogrammetrici, materializaţi la sol prin buloane metalice şi borne feno, au fost reidentificaţi şi semnalizaţi. Pentru fondul agricol semnalizarea reperilor s-a făcut cu scânduri de lemn vopsite la partea superioară în alb şi aşezate în formă de cruce, iar pentru intravilan prin figuri desenate pe asfalt cu ajutorul unor şabloane, astfel încât reperii să fie uşor identificaţi pe imaginile digitale (fig. 5.8).

(a) (b)

Fig. 5.8. Semnalizarea reperilor fotogrammetrici:
a – în fond agricol; b – pe asfalt
Markings used for GCPs:
a – in agricultural fond; b – on asphalt

Prin folosirea reperilor fotogrammetrici alături de coordonatele centrelor de perspectivă determinate cu dispozitivul GNSS/IMU se asigură orientarea integrată a senzorului şi conduce la o creştere substanţială a preciziei produsului cartografic.

5.3.2. Observaţii GNSS pentru determinarea poziţiei spaţiale a reperilor

Realizarea observaţiilor GNSS asupra reperilor fotogrammetrici s-a efectuat prin metoda RTK prin parcurgerea următoarele etape:

- *instalarea sistemului GNSS format din controler şi receptor* în staţie pe un trepied, care a permis calarea lui şi centrarea pe punctul matematic al bornei;
- *pornirea sistemului şi efectuarea setărilor corespunzătoare* referitoare la denumirea fişierului, metoda de lucru folosită ş.a.;
- *măsurarea înălţimii* antenei de-a lungul verticalei şi salvarea ei în memorie;
- *verificarea* stării acumulatorului şi memoriei receptorului;
- *corespondenţa parametrilor* configuraţi între staţiile fixe şi cele mobile.

Observaţiile GNSS pentru zona studiată reprezentată de intravilanul localităţii Crizbav s-au realizat în trei zile diferite corespunzătoare datelor 01.04.2017, 08.04.2017 şi 10.04.2017; acestea au corespuns celor trei moduri de realizare a observaţiilor. În prima zi de realizare a observaţiilor s-a ales modul de lucru RTK prin metoda VRS, iar pentru fiecare din cei 12 reperi fotogrammetrici s-au făcut 3 sesiuni de determinări corespunzătoare timpilor de observaţie de 2 minute, 5 minute şi 10 minute. După realizarea fiecărui set de observaţii s-a efectuat o reiniţializare a sistemului GNSS. În celelalte două zile s-au făcut observaţii în modul de lucru RTK, pentru cei 12 reperi fotogrammetrici, prin conectarea la o staţia de referinţă, respectiv Sfântul Gheorghe – SFGH (08.04.2017) şi Făgăraş – FĂGĂ (10.04.2017), în fiecare situaţie repetându-se procedeul de lucru realizat în cazul metodei VRS.

5.3.3. Analiza determinărilor GNSS

5.3.3.1. Analiza valorilor medii

Mediile efectuate asupra observaţiilor GNSS au privit în special indicatorii de precizie reprezentaţi de eroarea medie pătratică în plan orizontal HRMS şi eroarea medie pătratică în plan vertical VRMS. S-au luat în calcul doar aceşti doi indicatori ai preciziei deoarece sunt legaţi direct de precizia în plan orizontal, respectiv în plan vertical. În ambele cazuri abaterea standard are un interval de încredere de 95 %, ceea ce înseamnă ca măsurătorile se situează în limitele indicate cu o probabilitate de 95 %.

Pentru determinarea celei mai precise metode de determinare s-a realizat media valorilor corespunzătoare aceluiaşi timp de observaţie cu relaţia:

$$\overline{HRMS - VRS_{2\min}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} HRMS_{i2\min}}{n} \qquad (5.1)$$

unde: $\sum_{i=1}^{n} HRMS_{i2\min}$ - suma valorilor observaţiei de 2 minute corespunzătoare metodei VRS pentru toţi reperii fotogrammetrici;

n- numărul reperilor fotogrammetrici.

Această metodă de calcul s-a aplicat inclusiv indicatorului VRMS, calculele realizându-se şi pentru timpii de observaţie de 5 minute şi 10 minute şi pentru conectarea la staţiile SFGH şi FĂGĂ. În tabelul 5.2. sunt prezentate rezultatele obţinute.

Tabelul 5.2. Valorile medii ale indicatorilor de precizie HRMS şi VRMS pentru aceeaşi bază
Average values of accuracy indicators HRMS and VRMS for the same base

Timp/indicator	Mod de conectare					
	VRS		FĂGĂ		SFGH	
	HRMS (m)	VRMS (m)	HRMS (m)	VRMS (m)	HRMS (m)	VRMS (m)
2 minute	0,0121	0,0148	0,0151	0,0225	0,0135	0,0201
5 minute	0,0122	0,0155	0,0150	0,0225	0,0135	0,0203
10 minunte	0,0121	0,0149	0,0149	0,0223	0,0135	0,0206

Legat de timpul de observare necesar obţinerii unei precizii ridicate, ţinându-se cont şi de randamentul lucrărilor, s-au însumat valorile indicatorilor HRMS, respectiv VRMS pentru timpii de observare de 2 minute, 5 minute şi 10 minute luând în calcul toate metodele de conectare şi s-au împărţit la numărul reperilor fotogrammetrici. În acest caz s-a folosit relaţia:

$$\overline{HRMS_{2\min}} = \frac{(HRMS_{VRS})_{i2\min} + (HRMS_{SFGH})_{i2\min} + (HRMS_{FAGA})_{i2\min}}{n} \qquad (5.2)$$

unde: $(HRMS_{VRS})_{i2\min}$ - media valorilor observaţiei de 2 minute corespunzătoare metodei VRS pentru toţi reperii fotogrammetrici;

$(HRMS_{SFGH})_{i2\min}$ - media valorilor observaţiei de 2 minute corespunzătoare conectării la baza SFGH pentru toţi reperii fotogrammetrici;

$(HRMS_{FAGA})_{i2\min}$ - media valorilor observaţiei de 2 minute corespunzătoare conectării la baza FĂGĂ pentru toţi reperii fotogrammetrici;

n- numărul reperilor fotogrammetrici.

Rezultatele obţinute sunt prezentate în tabelul 5.3.

Tabelul 5.3. Valorile medii ale indicatorilor de precizie în funcţie de timpii de observaţie
Average values of accuracy indicators according to the observation times

Timp/indicator	HRMS (m)	VRMS (m)
2 minute	0,0148	0,0144
5 minute	0,0150	0,0146
10 minute	0,0147	0,0145

Pentru a observa dacă amplasarea celor 12 reperi fotogrammetrici în intravilanul sau extravilanul localităţii influenţează precizia determinărilor s-au calculat medii globale pentru toţi timpii de observaţie luând în considerare cele două locaţii de amplasare. Analiza s-a realizat pentru cei 4 reperi fotogrammetrici aparţinând zonei din extravilan şi cei 8 reperi fotogrammetrici din zona de intravilan. În calculul valorilor medii nu s-a mai ţinut cont de timpul de observare, ci doar de metoda de conectare (tab. 5.4).

Tabelul 5.4. Valorile medii ale indicatorilor HRMS şi VRMS pentru cele trei metode de conectare în funcţie de amplasamentul reperilor fotogrammetrici
Average values of accuracy indicators HRMS and VRMS for the three connection methods according to the emplacement of GCPs

Locaţie/indicator	Metodă conectare					
	VRS		FĂGĂ		SFGH	
	HRMS (m)	VRMS (m)	HRMS (m)	VRMS (m)	HRMS (m)	VRMS (m)
Intravilan	0,0125	0,0166	0,0155	0,0244	0,0139	0,0204
Extravilan	0,0122	0,0130	0,0144	0,0197	0,0137	0,0203

Valorile medii calculate în funcţie de obiectivul urmărit servesc la analiza preciziei oferite de cele trei moduri de conectare şi indicarea timpului de observare optim pentru atingerea unei precizii corespunzătoare (Ghimbăşan şi Vorovencii, 2019a). Pentru că în studiul valorilor medii s-a luat în considerare şi amplasamentul reperilor fotogrammetrici, s-a urmărit analizarea influenţei factorilor externi asupra preciziei de poziţionare. În urma rezultatelor obţinute (tab. 5.2, 5.3 şi 5.4) se pot afirma următoarele:

(1) Metoda de poziţionare prin conectarea în modul VRS a asigurat rezultatele cele mai bune. Pentru toţi timpii de observaţie indicatorii de precizie medii calculaţi au valori mai scăzute decât celelelalte moduri de conectare (SFGH şi FĂGĂ) (tab. 5.2).

(2) Între timpii de observaţie de 2 minute şi 10 minute diferenţele indicatorilor de precizie HRMS şi VRMS sunt minime, de nivel subcentrimetric (tab. 5.3). Din acest motiv, luând în calcul problema randamentului lucrărilor topo-geo-fotogrammetrice în concordanţă cu precizia necesară cerută de normativele în vigoare, care prevăd ca poziţionarea să se realizeze în intervalul de ±10 cm în intravilan şi ±50 cm în extravilan, se poate considera ca fiind suficient un timp de observaţie de 2 min. Această constatare este confirmată şi de rezultatele prezentate în tabelul 5.2.

(3) Amplasamentul reperilor fotogrammetrici trebuie bine stabilit luând în calcul condiţiile din teren. În cazul de faţă densitatea detaliilor din teren, corelată cu condiţiile ce trebuie respectate au condus la amplasarea reperilor în zonele cu detalii mai puţine. În aceste condiţii s-a constatat că precizia determinării poziţiei reperilor fotogrammetrici din zona intravilană este mai slabă comparativ cu precizia de determinare a reperilor din zona extravilană (tab. 5.4). Acest lucru poate fi explicat de existenţa construcţiilor sau altor detalii de diferite înălţimi care au influenţat calitatea determinărilor GNSS. La acestea s-a mai adăugat existenţa unor suprafeţe reflectorizante care au accentuat efectul reflexiei multiple.

(4) Di studie ea valorilor medii calculate (tab. 5.2 şi tab. 5.4) se poate ua considerare şi distanţa la care se găseşte staţia permanentă fa ă de zona de lucru. Lungimea vectorilor rezultaţi in onectarea la staţia de referinţă FĂGĂ este de apr ximativ 38 km, în timp ce lungimea vectorilor în cazul staţi SFGH este de 25 km. Din studiile efectuate de alţi cercetător (abant et al., 2009; Meilin et al., 2012; Aykut et al., 2015) e cunoaşte faptul că există o legătură invers proporţional ntre lungimea vectorului şi precizia obţinută. R ltat e obţinute în determinarea reperilor fotogram etr ci se aliniază rezultatelor pe plan naţional şi internaţional.

5.3.3.2. Anali a diferenţelor

Pentru a aliza or onatelor obţinute şi a indicatorilor de precizie s-au calculat şi două tipuri de diferenţe: (1) între datele preluate î erii de timp diferite pentru acelaşi od d o are; 2 între datele provenite din conectarea în cele trei moduri. Scopul acestor determinări este de a studia influen a e ıre o au timpii de observare asupra preciziei coordonatelor (Ghimbăşan şi Vorovencii, 2019a).

Aceste diferenţe au fost calculate luând în considerare concluziile la care s-a uns studiind valorile medii pentru indicat rii de precizie RMS şi VRMS prin conectarea în cele trei moduri (V S, SFGH şi FĂGĂ) cu timpii de observare de 2 minute, 5 minute şi 10 minute. În toate situaţiile valoarea de referinţă a constituit coordonatele şi valorile indi tori or de precizie obţinute pentru etoda de co e are în m dul RS pentru cei trei timpi de observaţie.

Datele obţi ute a fos analizate grafic şi tabelar î vederea st li ii mitor legături. Astfel, din diferenţele efectuate, entru aceeaşi bază şi baze diferite, au fost obţinute diferite legăt ri între variabilele analizate (fig. 5.10, 5.11, 5.12 şi 5.13).

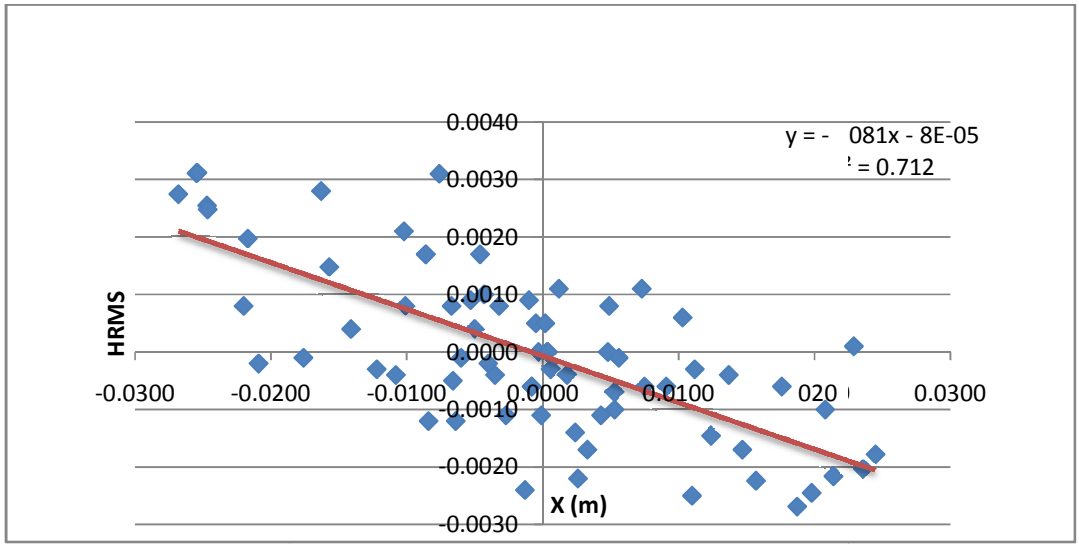


Fig. 5.10. Relaţia dintre diferenţele coordonatei X şi indicatorul HRMS folosind acelaşi mod de conectare

Reg ession between the differ nce of coor inate and R S indi or usi the ıme connection modality

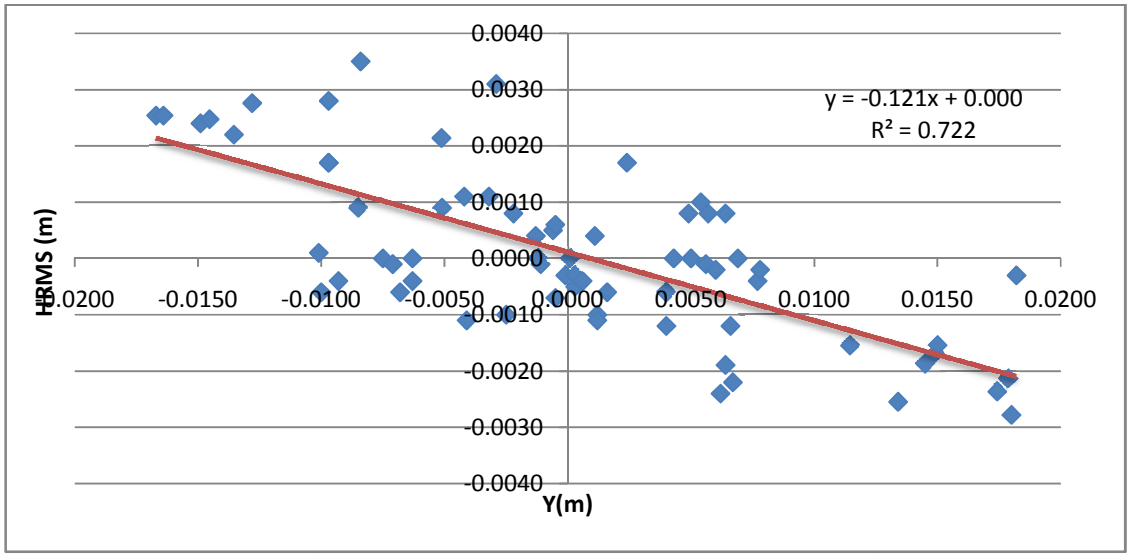


Fig. 5.11. Relaţia dintre diferenţele coordonatei Y şi indicatorul HRMS folosind acelaşi mod de conectare

Regression between the difference Y coordinate and HRMS indicator using the same connection modality

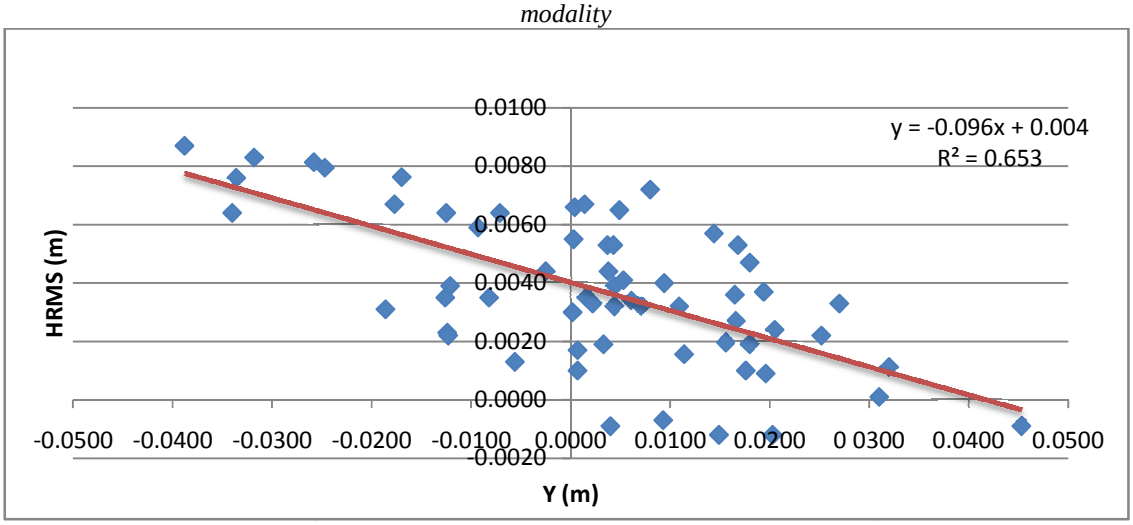


Fig. 5.12. Relaţia dintre diferenţele coordonatei Y şi HRMS folosind mai multe moduri de conectare diferite

Regression between the difference of Y coordinate and HRMS using different connecting modalities

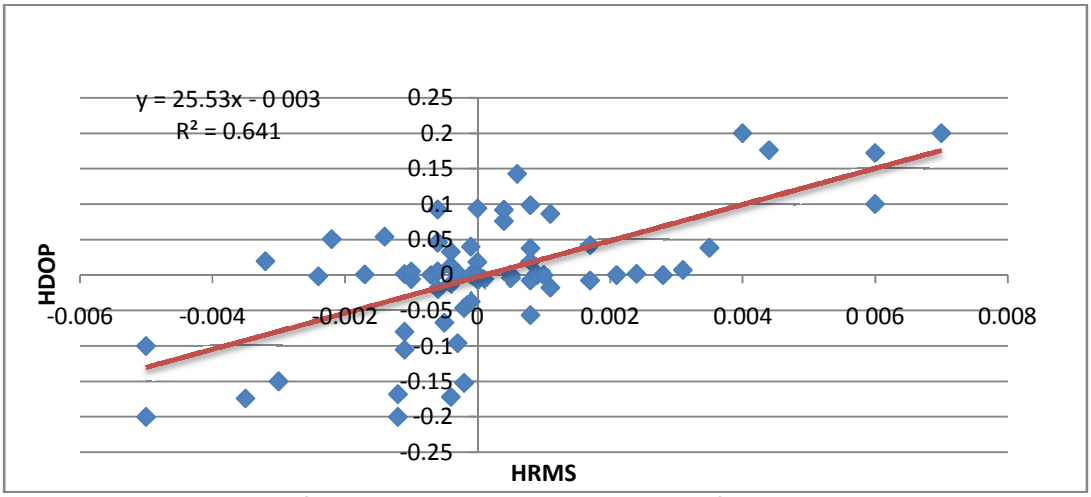


Fig. 5.13. Relaţia dintre diferenţele indicatorilor HRMS şi HDOP folosind aşi mod de conectare
Regression between differe nces of HRMS and HDOP nd cators using he sam connecting modality

Pe baza datelor folosite s-a calculat coeficientul de determinare (R^2) corespunză or tuturor diferenţelor luate în considerare, iar rezultatele obţinute au fost sintetizate sub formă tabelară (tab. 5.5).

Tabelul 5.5. Coeficienţii de determinare în cazul difere elor analizate
Determination coefficients for the differences analyzed

Nr.crt.	Diferenţe (coordonată-indicator sau indicator-indicator)	Coef cient de det minare (R^2)	
		Diferenţe aceeaşi bază	Diferenţe baze diferite
1	X - HRMS	0,71	0,12
2	Y - HRMS	0,72	0,65
3	Z - VRMS	0,68	0,13
4	HR IS - HDOP	0,64	0,27
5	VR IS - VDOP	0,67	0,66

De asemenea, tot pe baza diferenţelor efectuate au fost realizate şi alte analize grafice luând în calcul cele două tipuri de diferenţe (aceeaşi azăşi baze diferite) efectuate pent u cei 12 reper f ogrammetrici. Reprezentările s-au realizat pentru seturile de coordonate X, Y şi Z corespunzătoare celor trei ti pi e observaţie (fig. 5.14, 5.15 şi 5.16).

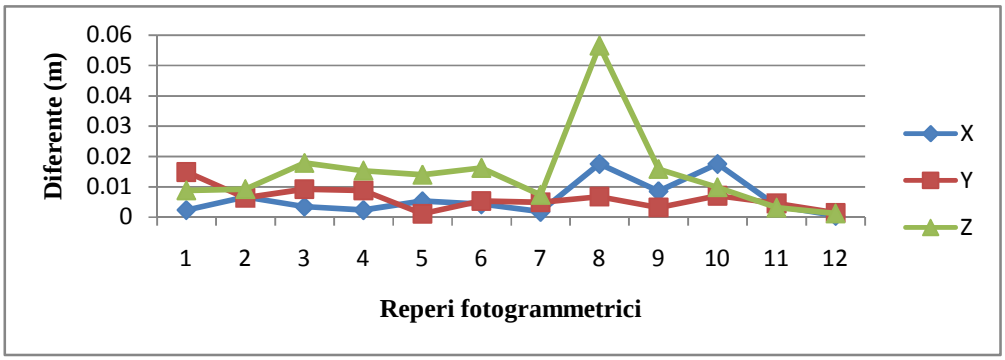


Fig. 5.14. Diferenţele coordonatelor X, Y, Z între timpii de observaţie 2 minute şi 10 min pentru metoda VRS

Differences of X, Y, Z coordinates between the observation times of 2 minutes and 10 minutes through VRS method

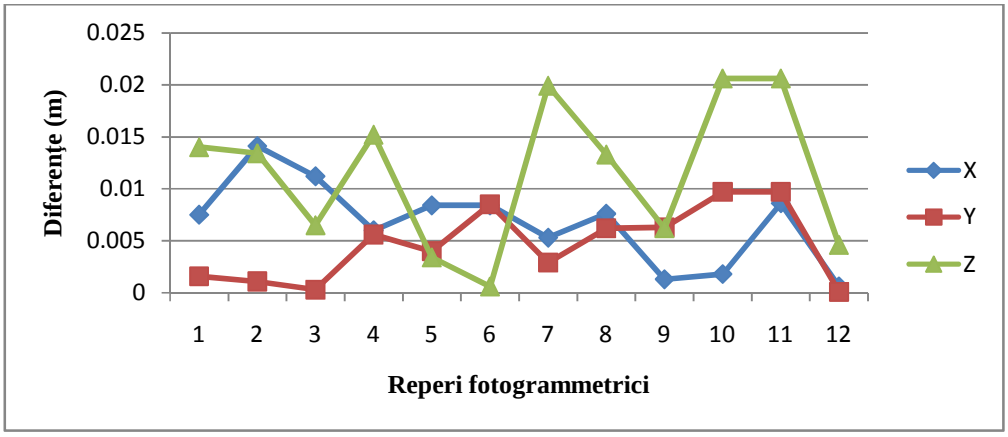


Fig. 5.15. Diferenţele coordonatelor X, Y, Z între timpii de observaţie 5 minute şi 10 minute pentru metoda SFGH

Differences of X, Y, Z coordinates between the observation times of 5 minutes and 10 minutes for SFGH method

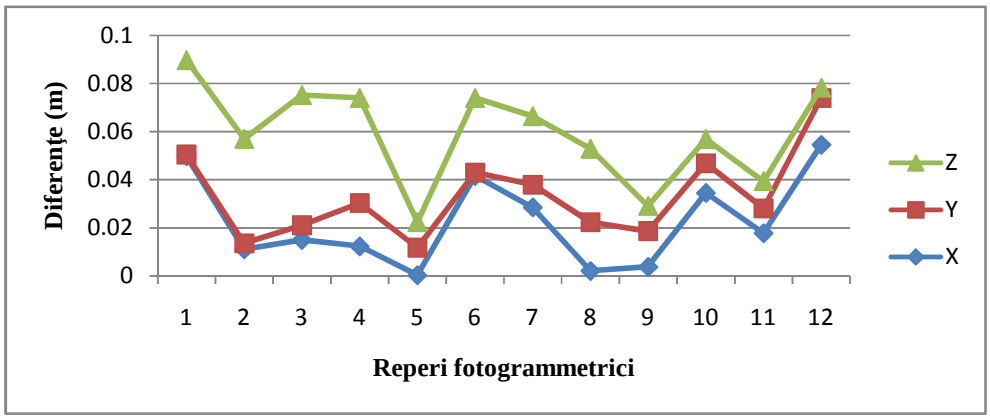


Fig. 5.16. Diferenţele coordonatelor X, Y, Z între metodele SFGH şi VRS pentru timpul de observaţie de 10 minute

Differences of X, Y, Z coordinates between SFGH and VRS methods for the observation time of 10 minutes

Urmărind acelaşi raţionament au fost întocmite reprezentări grafice şi pentru indicatorii de precizie HRMS, VRMS (fig. 5.17 şi 5.18).

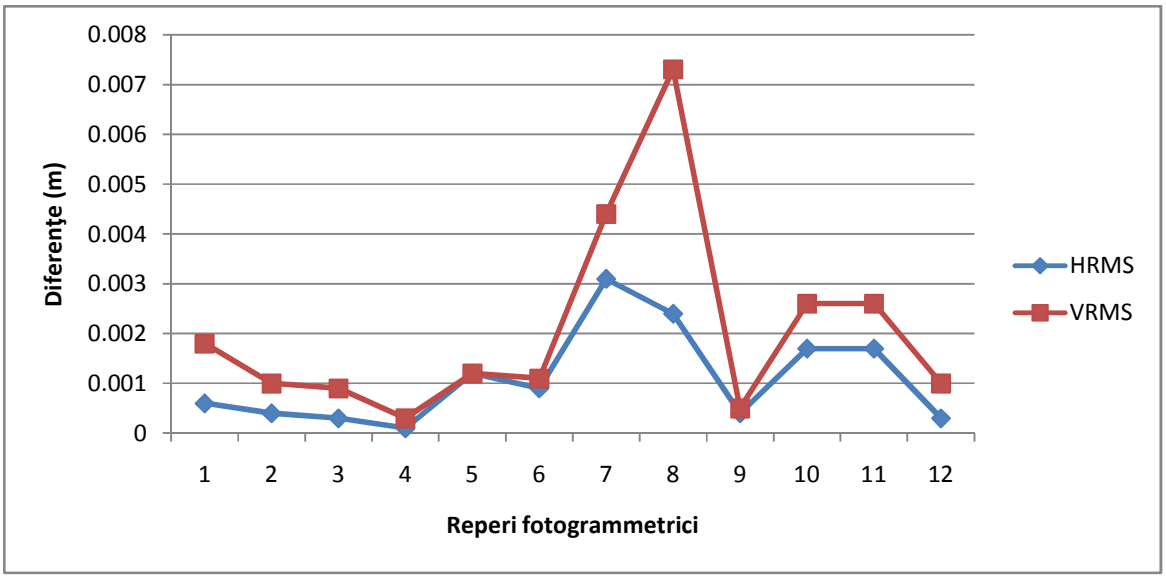


Fig. 5.17. Diferenţele indicatorilor HRMS şi VRMS între timpii de observaţie 5 minute şi 10 minute metoda SFGH

Differences of HRMS and VRMS indicators between the observation times of 5 minutes and 10 minutes using SFGH method

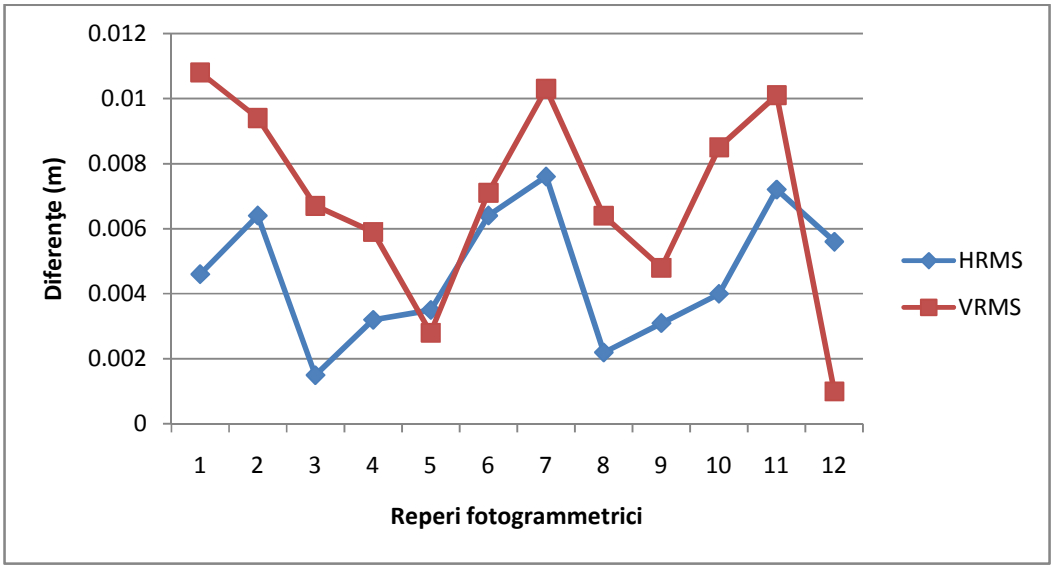


Fig. 5.18. Diferenţele indicatorilor HRMS şi VRMS între metodele SFGH şi VRS pentru timpul de observaţie de 5 minute

Differences of HRMS and VRMS indicators between SFGH and VRS methods for the observation time of 5 minutes

Împărţirea diferenţelor realizate în cele două grupe şi studierea valorilor coeficienţilor de determinare obţinuţi, împreună cu reprezentările grafice oferă o imagine de ansamblu asupra celor trei moduri de conectare prezentate în cercetări, dar şi asupra celor trei timpi de observare. Astfel, din analiza diferenţelor se pot trage următoarele concluzii:

- în cazul diferenţelor pentru aceeaşi bază majoritatea coeficienţilor de determinare au valori ridicate, ceea ce indică existenţa unei dependenţe între variabilele luate în considerare (tab. 5.5).
- în situaţia folosirii de baze diferite, valorile coeficienţilor de determinare sunt scăzute, de la această tendinţă făcând excepţie diferenţele calculate pentru Y – HRMS şi VRMS – VDOP (tab. 5.5). Valorile mici ale coeficienţilor de determinare în această situaţie pot fi explicate de momentul diferit al efectuării observaţiilor în timpul zilei. Observaţiile au fost realizate în trei zile diferite (trei sesiuni), corespunzătoare fiecărei metode, ceea ce a însemnat o constelaţie satelitară şi condiţii de mediu diferite. De asemenea, mărimea vectorilor de la punctul staţionat până la staţia de referinţă şi calitatea semnalului au fost diferite putând influenţa precizia determinărilor.
- valorile mari ale coeficienţilor s-au constatat în cazul folosirii aceluiaşi mod de conectare. În acest caz, diferenţele s-au calculat pentru observaţii care au avut la bază conectări la aceeaşi staţie, deci care au implicat acelaşi vector. În celălalt caz, al diferenţelor între baze diferite, mărimea vectorilor folosiţi la determinarea coordonatelor a variat de la câţiva zeci de metri în cazul metodei VRS, la aproximativ 25 km în cazul staţiei SFGH şi circa 36 km în cazul staţiei FĂGĂ.
- panta dreptelor de regresie este negativă sau pozitivă. În cazul diferenţelor care au vizat coordonatele X, Y şi indicatorii preciziei HRMS, VRMS, HDOP, VDOP şi PDOP panta dreptei este negativă, fapt ce indică existenţa unei legături de inversă proporţionalitate între aceste mărimi (fig. 5.10, 5.11 şi 5.12). Pentru celelalte diferenţe luate în considerare (HRMS – HDOP şi VRMS – VDOP) există o dependenţă directă, iar acest lucru este indicat de panta pozitivă a dreptei de corelaţie (fig. 5.13). Aceasta înseamnă că odată cu creşterea valorii HRMS creşte şi valoarea HDOP-ului.
- graficele realizate pentru diferenţele dintre coordonatele X, Y, Z indică faptul că, în toate situaţiile, variaţia diferenţelor pentru Z este mai ridicată decât pentru coordonatele planimetrice X şi Y (fig. 5.14, 5.15 şi 5.16). Acest lucru este arătat şi de graficele realizate pentru diferenţele indicatorilor de precizie HRMS şi VRMS (fig. 5.17 şi 5.18). Aceasta confirmă faptul că determinarea cotelor prin tehnica GNSS se realizează cu o precizie mai scăzută decât în cazul coordonatelor planimetrice, fapt sesizat şi în alte studii (Tachiki et al., 2005, Tereşneu et al., 2014).

5.4. Planificarea zborului şi achiziţionarea imaginilor cu UAV-ul

5.4.1. Planificarea zborului

Pentru determinarea parametrilor de zbor s-a folosit programul PIX 4D compatibil cu UAV-ul DJI Phantom 4 PRO. Programul PIX 4D a permis planificarea directă pe teren a traseului de zbor, setarea acoperirilor longitudinale şi transversale dintre imagini, vitezei de zbor, unghiului de înclinare al axei de fotografiere şi un control total autonom de la decolarea până la aterizarea UAV-ului. Pentru a obţine imagini aproape nadirale s-a urmărit ca axa de fotografiere să fie, pe cât posibil, verticală, evitându-se preluarea de imagini laterale. Datorită necesităţii folosirii porţiunilor centrale ale imaginilor în obţinerea ortofotoplanului, unde influenţa diferenţei de nivel este mai mică, s-a setat o acoperire longitudinală între imagini de 80% şi o acoperire transversală între benzile adiacente de 70%. Alegerea unor astfel de suprapuneri este deosebit de avantajoasă în comparaţie cu 66% şi 33% acoperire longitudinală şi transversală la zborurile realizate cu camere analogice. Avantajul se transpune prin faptul că sunt preluate mai multe imagini asupra aceluiaşi detaliu, ceea ce conferă o imagine perspectivă clară şi nu o imagine laterală sau uşor laterală. De asemenea, folosirea programului de prelucrare a imaginilor aeriene necesită o acoperire (longitudinală şi transversală) cât mai mare. Viteza de zbor de a fost determinată automat de program la 4m/s în funcţie de caracteristicile suprafeţei de zbor şi parametrii setaţi.

Controlul autonom al UAV-ului s-a realizat prin sistemul GNSS în simplă frecvenţă cu care a fost echipat şi care a avut rolul de a controla mişcările UAV-ului după efectuarea tuturor setărilor, de la decolare până la aterizare. Pe lângă rolul de control al UAV-ului, sistemul GNSS a avut rolul de a înregistra coordonatele geografice exprimate în sistemul WGS 89 ale centrelor de perspectivă din momentul preluării imaginilor.

Programul folosit a permis vizualizarea unei hărţi asemănătoare aplicaţiei cunoscute *Google Maps* şi trasarea unui poligon care a descris zona de zbor a UAV-ului. În cadrul acestei zone s-a ales un traseu de zbor optim astfel încât zona descrisă să fie acoperită în întregime cu imagini digitale. Mai mult decât atât, programul a permis şi vizualizarea în timp real a progresului făcut de UAV de-a lungul benzilor de zbor şi a datelor privind capacitatea bateriei, intensitatea semnalului GNSS, numărul de sateliţi conectaţi la sistemul UAV, viteza de zbor, înălţimea de zbor, distanţa de la UAV până la punctul de decolare/aterizare şi dimensiunile suprafeţei de zbor. După efectuarea zborului, conform planului de zbor şi setărilor efectuate, programul PIX 4D a asigurat afişarea unui raport referitor la zborul efectuat (fig. 5.20).

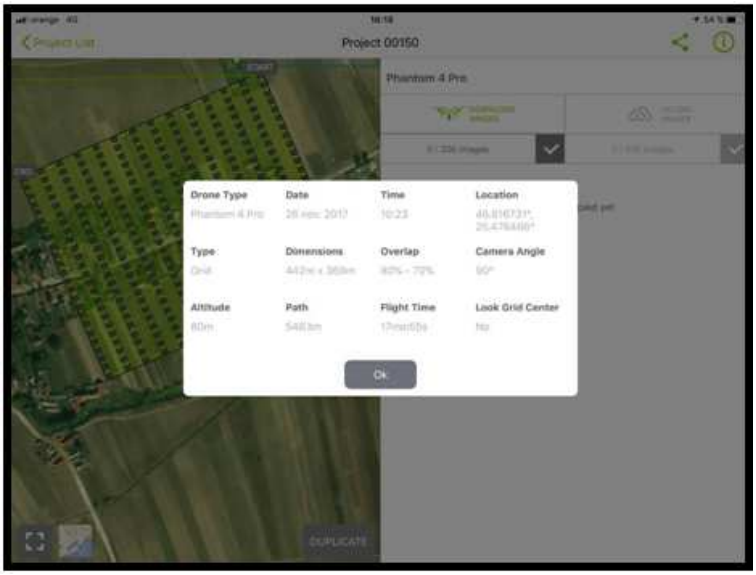


Fig. 5.20. Raportul afişat de programul PIX 4D după terminarea zborului în care sunt specificate principalele date
Report displayed by PIX 4D software after the end of flight where the main data are specified

Măsurile de siguranţă impuse prin construcţia UAV-ului şi programul de control, au determinat mărimea suprafeţei de înregistrat. Din această cauză, pentru a putea fi acoperită întreaga suprafaţă de studiu s-au executat patru zboruri separate, cu zone de suprapunere între ele, astfel încât, în momentul prelucrării imaginilor, să existe o suprapunerea de cel puţin 70% între benzile vecine ale fiecărui bloc fotogrammetric. Pentru fiecare zonă s-a realizat un plan separat de zbor (fig. 5.21).

Fig. 5.21. Traseul liniilor de zbor proiectate cu programul PIX 4D suprapuse pe imaginea din Google Maps pentru zona studiată la Crizbav
Flight paths designed by PIX 4D software overlapped on the image from Google Maps for the area studied in Crizbav

5.5. Prelucrarea imaginilor aeriene şi întocmirea ortofotoplanurilor

5.5.1. Fluxul obţinerii ortofotoplanului

Obţinerea unui ortofotoplan pe baza imaginilor digitale preluate cu camere digitale nemetrice presupune parcurgerea a cinci etape, unele dintre acestea fiind specifice tehnicii SfM (fig. 5.23). Fluxul de lucru al tehnicii SfM implementat în programele specializate pentru prelucrarea imaginilor digitale, printre care şi programul Agisoft PhotoScan, a urmărit parcurgerea primelor trei etape (Smith et al., 2016).

Prima etapă implică (1) identificarea şi suprapunerea trăsăturilor comune într-un set de imagini folosind algoritmul SIFT şi (2) implementarea algoritmului de compensare BAA pentru estimarea structurii 3D a zonei studiate precum şi pentru estimarea parametrilor de orientare interioară şi exterioară ai camerei. În această etapă are loc şi o filtrare a identificărilor şi suprapunerilor greşite, rezultatul fiind un *nor rar de puncte 3D* la o scară arbitrară.

A doua etapă presupune (1) aducerea în scară şi georeferenţierea norului de puncte folosind reperii fotogrammetrici de coordonate cunoscute, distribuiţi pe zona studiată şi (2) optimizarea norului de puncte, proces prin care parametrii camerei şi punctele 3D sunt ajustate în vederea minimizării erorilor. Prin minimizarea erorilor se obţine o structură 3D optimă şi sunt optimizaţi parametrii camerei aducând imaginea digitală în poziţia din momentul înregistrării (Triggs et al., 2000).

A treia etapă implică folosirea algoritmilor de unire a imaginilor prin tehnica MVS aplicaţi norului rar de puncte scalat şi georeferenţiat. În această etapă sunt folosiţi parametrii camerei şi poziţia 3D a punctelor, toate ajustate în etapa anterioară, iar rezultatul este un *nor dens de puncte 3D*. După parcurgerea celor trei etape specifice tehnicii SfM care, în general, se realizează în intervale mari de timp în funcţie de caracteristicile calculatorului utilizat, se poate trece şi la următoarele etape care nu presupun timpi mari de execuţie.

A patra etapă constă în generarea MDS. Acesta se obţine din norul de puncte dens, folosind uneltele de lucru specifice fiecărui program de prelucrare a imaginilor digitale. Indiferent de tipul programului în această etapă se formează aşa numitul model de poligoane bazat pe anumite clase de puncte care conduce la obţinerea unei reţele neregulate de triunghiuri TIN.

A cincea etapă în obţinerea ortofotoplanului este ortorectificarea, care necesită cunoaşterea de informaţii precise despre suprafaţă pentru a înlătura distorsiunile proiective din imaginea originală (Koeva et al., 2016). Suprafaţa necesară poate fi obţinută folosind MDT sau MDS. Dacă se foloseşte MDT-ul atunci produsul ortorectificat se numeşte ortofotoplan „normal”, iar dacă se foloseşte MDS-ul rezultatul ortorectificării este ortofotoplanul „adevărat” (true-orthophoto) (Koeva et al., 2016). Prin ortorectificare, imaginea digitală aeriană, care este o proiecţie perspectivă, este transformată într-o proiecţie ortogonală, conformă cu principiile topografice. Practic, prin ortorectificare sunt înlăturate efectele provocate de înclinarea camerei aerofotogrammetrice şi cele provocate de diferenţele de nivel. Pentru obţinerea ortofotoplanului este obligatorie existenţa norului dens de puncte în vederea realizării unei ortorectificări precise şi pentru înlăturarea completă a distorsiunilor provocate de relief.

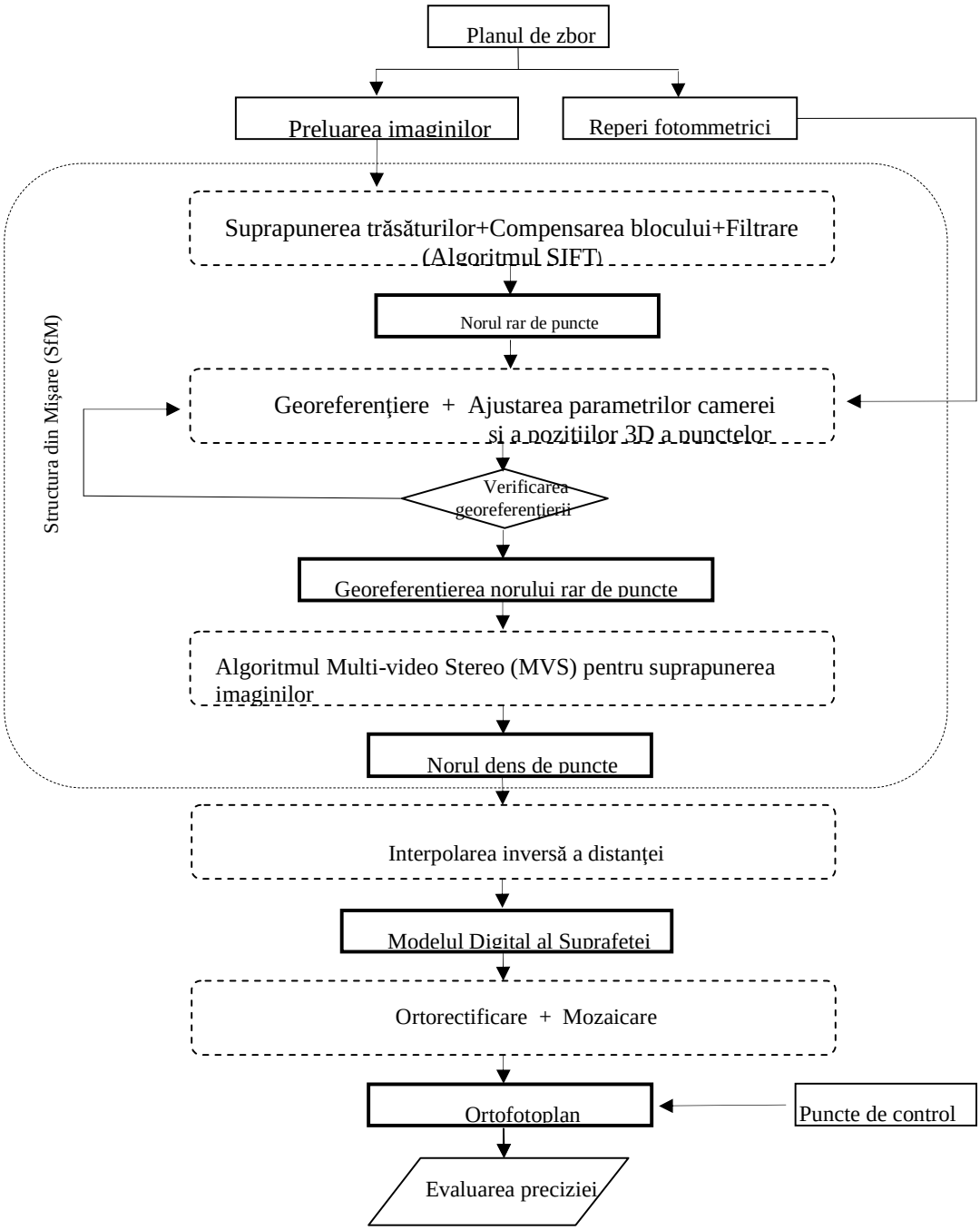


Fig. 5.23 Fluxul de lucru pentru orto-geo-rectificarea imaginilor digitale folosind tehnica Structurii din Mişcare (SfM) (Ghimbăşan şi Vorovencii, 2019c)

Working flow for ortho-geo-rectification of digital images using Movement Structure technique (SfM)

5.5.7. Obţinerea ortofotoplanurilor pentru locaţia Crizbav

Obţinerea ortofotoplanului cu ajutorul programului Agisoft Photoscan a avut la bază abordarea de tip SfM. Etapele parcurse şi descrise anterior sunt prezentate în continuare cu referire directă la locaţia Crizbav.

Importul datelor s-a realizat prin încărcarea în programul de prelucrare a celor 1293 imagini dispuse pe 42 benzi aflate în formatul *.jpg*.

Definirea sistemului de coordonate, prin alegerea punctului Dealul Piscului 1970, s-a realizat în vederea folosirii sistemului de proiecţie Stereografic 1970. Acest proces determină o transcalculare automată a coordonatelor centrelor de perspectivă ale imaginilor din momentul înregistrării, determinate în sistemul WGS 89, în sistemul Stereografic 1970.

Alinierea imaginilor, care practic reprezintă operaţia de orientare a acestora din fotogrammetria clasică, s-a realizat în mai multe etape. Prima etapă a implicat identificarea şi suprapunerea trăsăturilor comune din imagini folosind algoritmul SIFT şi implementarea BAA pentru estimarea structurii 3D a zonei studiate precum şi pentru estimarea parametrilor de orientare interioară şi exterioară a camerei. Unirea imaginilor a fost importantă pentru reconstrucţia geometriei reţelei imaginii precum şi pentru îndesirea ulterioară a norului de puncte. Pentru a înlătura eventualele identificări şi suprapuneri greşite dintre imagini s-a folosit filtrarea, rezultând un nor rar de puncte 3D la o scară arbitrară. În funcţie de natura reliefului, de precizia urmărită şi de resursele calculatorului folosit s-a optat în alinierea imaginilor pentru opţiunea High. Rezultatul obţinut a fost un nor format din 786943 puncte, procesul de aliniere durând 48 min (fig. 5.26)

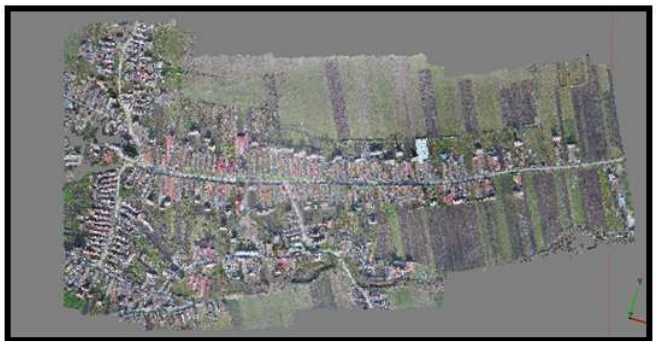


Fig. 5.26. Norul rar de puncte obţinut în urma procesului de aliniere al imaginilor
Sparce point cloud obtained following the alignment of images

A doua etapă a presupus aducerea la scară şi georeferenţierea norului de puncte prin intermediul reperilor fotogrammetrici de coordonate cunoscute. Aceştia au fost inseraţi dintr-un fişier *.txt* realizat anterior care conţine coordonatele spaţiale X, Y şi Z şi denumirea lor. Deoarece prin studiul valorilor medii ale indicatorilor de precizie HRMS şi VRMS s-a determinat că metoda VRS cu timpul de observaţie de 10 min oferă rezultatele cele mai bune, s-au folosit coordonatele obţinute folosind acest mod de conectare (§. 5.3.3.1 şi 5.3.3.2). După inserare, aceştia au apărut în zona studiată fiind materializaţi distinct şi uşor de observat (fig. 5.27).

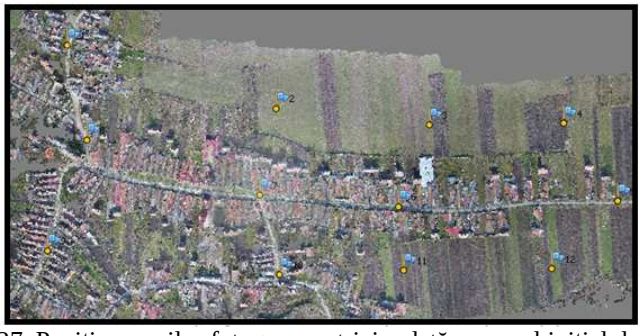


Fig. 5.27. Poziţia reperilor fotogrammetrici redată pe norul iniţial de puncte
Position of GCPs given of the initial point cloud

După inserarea reperilor fotogrammetrici s-a realizat suprapunerea poziţiei acestora din spaţiul teren cu cea din spaţiul imagine prin aşezarea simbolului din imagine pe corespondentul reprezentării din teren (fig. 5.28). Procesul s-a realizat pentru toate imaginile digitale în care apar reperii fotogrammetrici determinaţi în faza de teren.

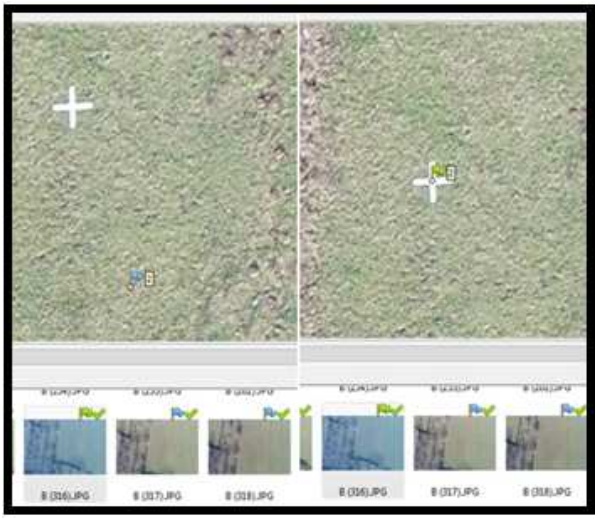


Fig. 5.28. Aşezarea reperului în poziţia corectă
Placing the GCP in the correct position

Rezultatul acestei etape a fost optimizarea norului de puncte, proces prin care parametrii camerei şi poziţia 3D a punctelor au fost ajustate în vederea minimizării erorilor. Prin minimizarea erorilor s-a obţinut o structură 3D optimă şi au fost optimizaţi parametrii camerei.

Generarea şi vizualizarea norului dens a implicat algoritmii de unire a imaginilor folosind MVS aplicaţi norului rar de puncte, scalat şi georeferenţiat. În această etapă au fost folosiţi parametrii camerei şi poziţia 3D a punctelor, toate ajustate în etapa anterioară. Astfel, s-a obţinut un nor de puncte de aproximativ aceeaşi densitate, uneori chiar mai mare decât densitatea punctele preluate cu ajutorul sistemelor LiDAR. Din cele cinci opţiuni de îndesire a norului rar de puncte (Lowest, Low, Medium, High şi Ultra high) s-a optat pentru opţiunea High. În acest fel, de la norul de puncte generat anterior (786943 puncte) s-a ajuns la norul dens de puncte (532046044 puncte), durata procesului fiind de 15 ore (fig. 5.29).

Fig. 5.29. Norul dens de puncte obţinut prin îndesirea norului rar
Dense point cloud obtained through thickening the sparce cloud

Generarea MDS-ului şi al ortomozaicului s-a bazat pe norul dens de puncte obţinut în etapa anterioară. Pentru generarea MDS-ului s-a folosit funcţia *Build DEM* în urma căreia s-a obţinut reţeaua TIN. În urma rulării programului Agisoft Photoscan, folosind ca date de intrare imaginile aeriene orientate, s-a obţinut MDS-ul cu o rezoluţie spaţială de 4.29 cm/pixel şi o densitate a punctelor de 544 puncte/m^2 (fig. 5.30), (Anexa 1).

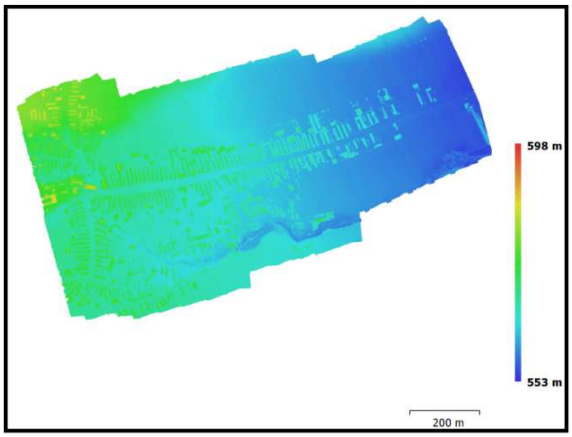


Fig. 5.30. Modelul digital al suprafeţei corespunzător suprafeţei studiate extras din raportul programului Agisoft Photoscan

Digital surface model appropriate for the surface studied produced from the report of Agisoft Photoscan software

Exportul ortomozaicului s-a făcut prin selectarea fişierelor *.tfw* şi a avut ca scop uşurarea prelucrărilor ulterioare. Fişierele exportate sunt necesare prelucrărilor ulterioare cu alte programe. *Exportul raportului* s-a realizat în vederea evidenţierii informaţiilor referitoare la precizii, timpi de procesare, norul dens de puncte, MDS-ul ş.a.

Importul ortofotoplanului în programul Global Mapper s-a realizat în vederea prezentării întregii zone studiate. Etapa este necesară datorită mărimii fişierelor *.tfw*, care sunt greu de încărcat şi utilizat în mediile de lucru (AutoCAD, Bentley, QGIS, ArcGIS ş.a.). Ca atare, pentru o utilizare optimă a produselor obţinute cu ajutorul programului Agisoft Photoscan sub aspectul timpului de încărcare al fişierelor *.tfw* generate în urma exportului s-a procedat la încărcarea acestor fişiere în programul Global Mapper. Fişierul obţinut în Global Mapper a fost exportat cu extensia *.ecw* şi cuprinde toată zona studiată (fig. 5.31).

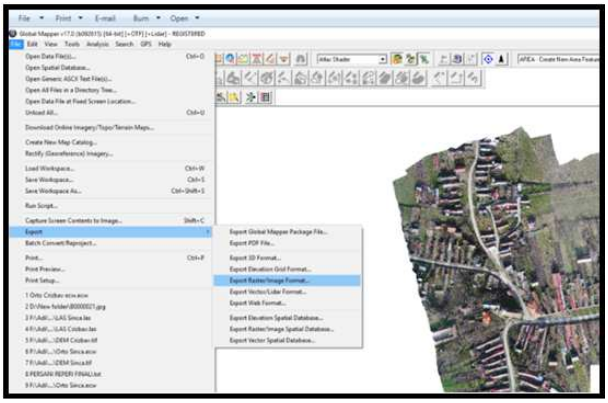


Fig. 5.31. Secvenţa de lucru în vederea exportării ortofotoplanului folosind programul Global Mapper

Working sequence for exportation of orthophoto using Global Mapper software

În afara procesului prezentat mai sus, care a implicat folosirea reperilor fotogrammetrici, s-a realizat şi ortofotoplanul fără folosirea reperilor fotogrammetrici. În acest sens, procesul s-a derulat încă o dată, dar fără a include etapele legate de introducerea coordonatelor reperilor şi poziţia acestora. În final, au fost obţinute două ortofotoplanuri, unul în care s-au folosit reperii fotogrammetrici şi unul fără reperi.

5.6. Analiza calităţii ortofotoplanurilor

Realizarea unor produse cartografice cu o precizie care să corespundă nevoilor cadastrului modern este o temă de actualitate în ţara noastră datorită lipsei unei evidenţe digitale a tuturor imobilelor.

Ortofotoplanul, ca produs cartografic obţinut cu ajutorul sistemului UAV, constituie baza în obţinerea planului cadastral, precizia acestuia fiind dependentă de precizia cu care a fost realizat ortofotoplanul.

Pentru zona studiată s-au realizat două ortofotoplanuri, cu şi fără folosirea reperilor fotogrammetrici în procesul de orientare al imaginilor digitale (§ 5.5.7.). Pentru ambele ortofotoplanuri s-a evaluat precizia având în vedere că sistemul GNSS de la bordul UAV-ului a fost în simplă frecvenţă.

Sub raport calitativ, ortofotoplanul a fost verificat în legătură cu înregistrarea detaliilor, în special a celor înalte, al vederii laterale a detaliilor, liniilor întrerupte, radiometriei ş.a. În ceea ce priveşte imaginea laterală a detaliilor s-a constatat că astfel de situaţii nu se întâlnesc, acestea fiind proiecţii ortogonale, comparativ cu cele din imaginile neprelucrate (fig. 5.32).

Fig. 5.32. Vederea laterală a obiectelor în imaginea neprelucrată (a) şi vederea ortogonală a aceloraşi detalii pe ortofotoplan (b)

Side view of objects in the raw image (a) and orthogonal view of the same details on orthophoto (b)

În imaginile neprelucrate detaliile înalte apar ca vederi uşor laterale. Având în vedere că în procesul de ortorectificare s-a folosit MDS-ul şi nu MDT-ul, aceste imagini laterale au fost transformate în imagini ortogonale, eliminându-se astfel efectele provocate de proiecţia perspectivă.

Inspecţia vizuală a ortofotoplanurilor a condus totuşi la reliefarea unor diferenţe legate de textură şi culoare. Aceste diferenţe au apărut din cauza valorilor radiometrice diferite ale pixelilor înregistraţi pe imagini diferite şi care nu au fost corectate în procesul de mozaicare. Diferenţele sunt provocate de unghiul sub care au fost preluate imaginile în special la îmbinarea blocurilor fotogrammetice şi de unghiul de incidenţă al razelor solare sub care au fost înregistrate detaliile din teren (Ghimbăşan et al., 2019b).

În urma inspectării vizuale a întregului ortofotoplan nu au fost sesizate linii întrerupte cauzate de lipsa pixelilor sau deformări ale detaliilor din teren pe anumite direcţii. Imaginile au fost clare, lipsite de zgomot, ceea ce arată că nu au existat disfuncţionalităţi ale senzorului sau condiţii atmosferice improprii, raportul semnal-zgomot fiind mare.

Sub raport cantitativ, calitatea ortofotoplanului obţinut poate fi dată de:

- precizia determinată de programul folosit la întocmirea ortofotoplanului care se bazează în calcul numai pe reperii fotogrammetrici;
- precizia calculată în funcţie de poziţia detaliilor (punctelor de control) determinate pe teren şi comparate cu poziţia acestora pe ortofotoplan. Aceasta este precizia efectivă a ortofotoplanului şi presupune identificarea şi măsurarea unor detalii uşor sesizabile şi clar înregistrate pe imagine.

În continuare se vor prezenta preciziile redate în raportul final oferit de programul Agisoft Photoscan în cazul ortofotoplanului obţinut prin folosirea reperilor fotogrammetrici, iar prin comparaţie se vor prezenta şi caracteristicile ortofotoplanului obţinut fără reperi fotogrammetrici (Anexele 1 şi 2).

Rezoluţia spaţială a ortofotoplanului întocmit pe baza reperilor fotogrammetrici a fost de 2,14 cm, iar RMSE de 1,12 cm.

Poziţia fiecărui reper a fost identificată în 11 până la 28 imagini. Eroarea pe axa X a fost de 0,80 cm, pe axa Y de 0,71 cm, iar pe Z de 0,35 cm. Dacă luăm în considerare axele X şi Y, eroarea planimetrică a fost de 1,06 cm. Legat de variaţia erorilor pe vericală având în vedere MDS-ul, acestea au fost între limitele ±0,70 cm (fig. 5.34) (Anexa 1).

În cazul ortofotoplanului întocmit fără folosirea reperilor fotogrammetrici precizia a fost mult mai mică, de ordinul metrilor (tab. 5.6) (Anexele 1 şi 2).

Tabelul 5.6. Precizile obţinute pentru cele două ortofotoplanuri
Accuracies obtained for the two orthophotos

Nr. crt.	Eroarea	UAT Crizbav	
		cu reperi fotogrammetrici	fără reperi fotogrammetrici
1	axa X (m)	0,008	1,41
2	axa Y (m)	0,007	3,88
3	axa Z (m)	0,004	1,45
4	axele X şi Y (m)	0,011	4,12
5	RMSE (m)	0,011	4,37

Fig. 5.34. Localizarea reperilor fotogrammetrici. Erorile pe axele X şi Y sunt reprezentate de forma elipsei. Eroarea pe axa Z este reprezentată de culoarea elipsei. Estimarea locaţiei reperului este marcată printr-un punct.
GCP location. X, Y erors are represented by ellipse shape. Z error is represented by elipse color. Estimated GCP location are marked with a dot or crossing.

Diferenţa semnificativă de precizie este dată de modul de realizare a compensării blocului fotogrammetric. În cazul folosirii reperilor fotogrammetrici, coordonatele acestora au fost incluse în procesul de compensare, iar precizia mare cu care au fost determinaţi pe teren a determinat creşterea preciziei ortofotoplanului. În cel de-al doilea caz, compensarea s-a realizat numai prin includerea coordonatelor

centrelor de perspectivă a imaginilor date de sistemul GNSS care a fost în simplă frecvență (Ghimbășan et al., 2019b). Ca atare, în acest caz precizia ortofotoplanului este dependentă de precizia cu care au fost determinate centrele de perspectivă (fig. 5.35).

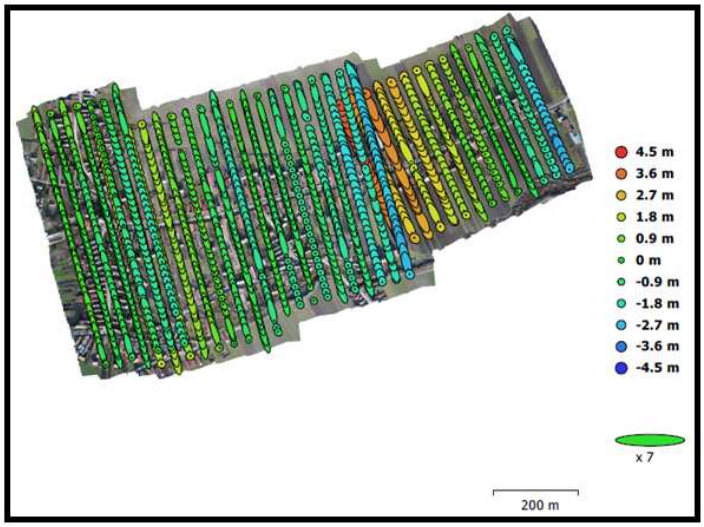
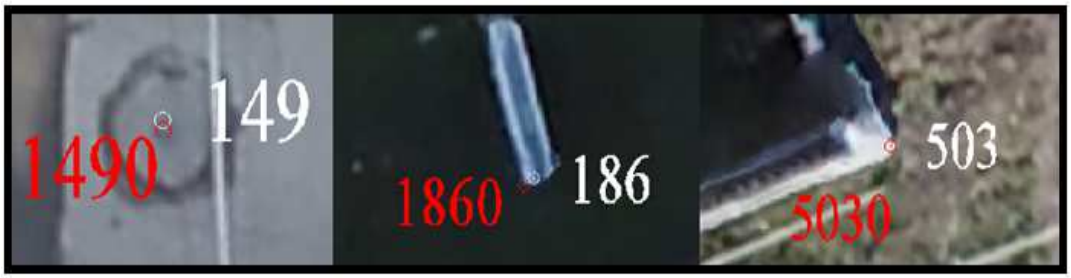


Fig. 5.35. Localizarea poziţiei camerei în momentul fotografierii şi erorile estimate Erorile pe axele X şi Y sunt reprezentate de forma elipsei. Eroarea pe axa Z este reprezentată de culoarea elipsei. Estimarea poziţiei centrului de fotografiere este marcată printr-un punct.
Camera locations and estimates error. X, Y erors are represented by ellipse shape. Z error is represented by elipse color. Estimated shooting centers of cameras location are marked with a dot or crossing

Pentru a surprinde cât mai corect diferenţa de precizie dintre cele două ortofotoplanuri s-a realizat şi o suprapunere a coordonatelor celor 12 reperi fotogrammetrici pe ortofotoplanul obţinut fără folosirea reperilor fotogrammetrici, determinându-se prin calcul o deplasare totală de 1,43 m.

Precizia ortofotoplanului obţinut prin folosirea reperilor fotogrammetrici s-a evaluat prin compararea coordonatelor unor detalii determinate pe teren (colţuri de garduri, guri de canale ş.a.) şi coordonatele aceloraşi detalii identificate pe ortofotoplan (fig. 5.36). Detaliile folosite în evaluarea preciziei au fost răspândite pe întreaga zonă, fiind acoperită o suprafaţă de peste 30% din suprafaţa totală a ortofotoplanului, depăşind prevederile normativelor în vigoare (10% din suprafaţă).



(a) (b) (c)

Fig. 5.36. Exemple de detalii folosite în evaluarea preciziei ortofotoplanului
(alb- detaliu determinat pe teren; roşu- detaliu determinat pe ortofotoplan)
a – gură de canal; b – colţ de pod; c – colţ de gard
Examples of details in assessment the accuracy of orthophoto
(white- detail determined on site; red – detail determined on orthophoto)
a –manhole; b – bridge corner; c – fence corner

Precizia s-a calculat ca medie a deplasărilor totale pentru 103 detalii determinate pe teren şi identificate pe ortofotoplan, rezultatul fiind de 1,60 cm, iar eroare medie pătratică de 2,16 cm. Eroarea medie pătratică pe axa X are valoarea de 1,73 cm, iar pe axa Y de 1,30 cm. Comparativ cu normele tehnice în vigoare care prevăd ca precizia în cazul terenurilor aflate în intravilan şi împrejmuite să fie de ± 10 cm (Ordinul 534/2001 şi Ordinul 700/2014), precizia obţinută satisface aceste cerinţe, fiind superioare acestora. Obținerea unei astfel de precizii, de ordin centimetric, constituie un argument incontestabil în folosirea UAV-urilor pentru culegerea de date geospațiale pentru întocmirea ortofotoplanurilor, utilizate la rândul lor ca bază pentru obţinerea planului cadastral.

5.7. Realizarea planului cadastral având ca suport ortofotoplanul

5.7.1. Întocmirea planului cadastral prin vectorizare

Vectorizarea ortofotoplanului se realizează prin generarea primitivelor geometrice (punct, linie, poligon) cu ajutorul cărora pot fi definite și poziționate elementele de planimetrie, în speță contururi și alte detalii topografice de interes.

Din punct de vedere practic vectorizarea ortofotoplanului a presupus parcurgerea detaliilor și poziționarea acestora prin vertex-uri ale căror coordonate X şi Y sunt înregistrate automat, permiţând compararea ulterioară a coordonatelor acestora cu cele determinate pe teren. Operația de vectorizare conferă următoarele avantaje: este simplă, ușor de realizat, poate fi efectuată de un personal fără o pregătire în domeniu, necesită o dotare de hard și soft obișnuită.

Practic, vectorizarea ortofotoplanului s-a realizat cu ajutorul programului AutoCAD 2006 şi a presupus parcurgerea detaliilor observabile în imaginea ortofotoplanului (garduri, construcţii, răzoare ș.a.) și poziționarea lor prin puncte, linii şi poligoane. Detaliile vectorizate sunt construite în formatul imagine sub forma unor segmente de lungime și direcţie cunoscută, respectiv sub formă vectorială. Planul cadastral vectorizat s-a întocmit la scara 1:500, dar pentru a surprinde o suprafaţă de teren reprezentativă studiului realizat, scara de reprezentare a planului în format analogic a fost de 1:1000 (Anexa 3).

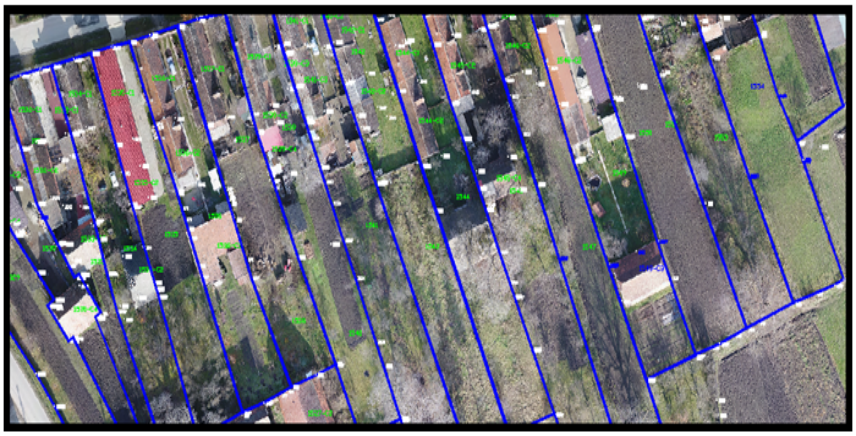


Fig. 5.38. Porţiune din ortofotoplanul vectorizat
Part of the vectorized orthophoto

Vectorizarea ortofotoplanului conduce, în final, la reprezentarea tuturor imobilelor sub forma unor poligoane definite de poziția planimetrică a vertex-urilor. Din asamblarea acestor imobile se obține *planul cadastral vectorizat*. Ca orice reprezentare riguroasă și aceasta s-a definitivat prin aplicarea simbolurilor specifice, a semnelor convenționale și a numerelor cadastrale (fig. 5.38). În urma comparării coordonatelor care definesc poligoanele imobilelor cu cele determinate prin măsurători terestre s-a determinat că precizia planului cadastral, dată ca eroare medie pătratică, este de 5,32 cm.

5.7.5. Compararea planului cadastral cu baza de date eTerra 3

5.7.5.1. Deplasări parţiale, totale şi medii

Extragerea coordonatelor plane X şi Y s-a realizat pentru fiecare vertex al imobilelor rezultate din vectorizare şi din baza de date prin crearea unui număr de ordin distinct în vederea comparării ulterioare. De exemplu, pentru punctele din baza de date oficială s-au folosit numere începând de la 1, 2, 3, ..., n, iar pentru cele rezultate din vectorizare s-au folosit numerele 1', 2', 3', …, n'. În acest mod coordonatele au putut fi folosite şi prelucrate comod şi automat. De menţionat este faptul că seturile de coordonate sunt date direct în sistemul de proiecţie Stereografic 1970, nefiind nevoie de prelucrarea acestora.

Pe lângă coordonatele care definesc imobilele şi suprafeţele acestora sunt date numerice importante, cu implicaţii juridice deosebite. Efectiv, ariile s-au obţinut apelând funcţiile speciale ale programului AutoCAD şi s-au trecut într-o foaie de lucru Excel în vederea comparării lor.

După vectorizarea tuturor limitelor sesizate s-a efectuat o suprapunere a acestora pe limitele oficiale exportate din baza de date a ANCPI (e Terra 3) şi s-a făcut o primă inspectare vizuală.

Pentru toate imobilele din cuprinsul ortofotoplanului care au făcut obiectul studiului s-a determinat deplasarea totală d_t. În prima fază s-au calculat deplasările parțiale d_x și d_y ca diferențe între abscisele și ordonatele fiecărui punct obținute prin vectorizarea ortofotoplanului și cele din baza de date oficială (fig. 5.46):

$$d_x^i = x_v^i - x_t^i \quad \text{respectiv} \quad d_y^i = y_v^i - y_t^i \tag{5.3}$$

$$\text{și} \quad d_t = \sqrt{d_x^2 + d_y^2} \tag{5.4}$$

în care: x_v^i – coordonata X a punctului vectorizat;

x_t^i – coordonata X a punctului de referinţă;

y_v^i – coordonata Y a punctului vectorizat;

y_t^i – coordonata Y a punctului de referinţă;

d_x^i – diferenţa dintre coordonatele vectorizate şi cele de referinţă corespunzătoare axei X;

d_y^i – diferenţa dintre coordonatele vectorizate şi cele de referinţă corespunzătoare axei Y;

d_t – deplasarea totală.

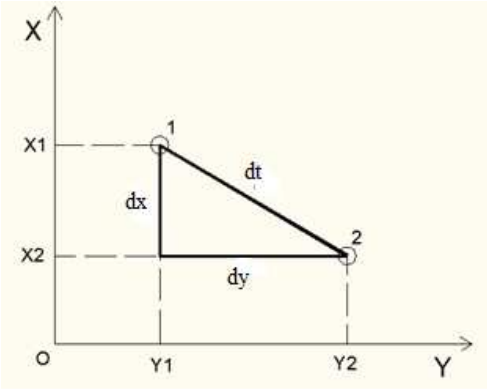
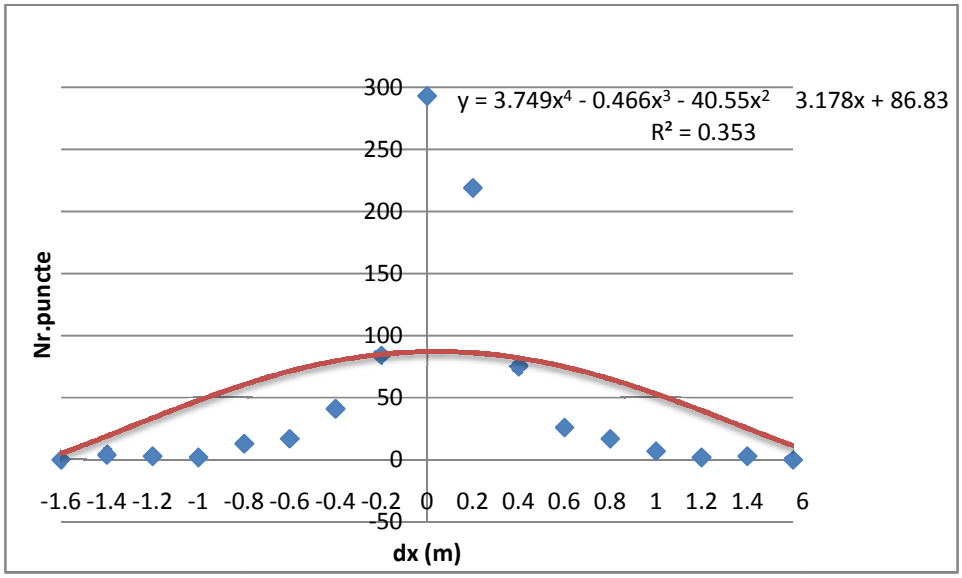


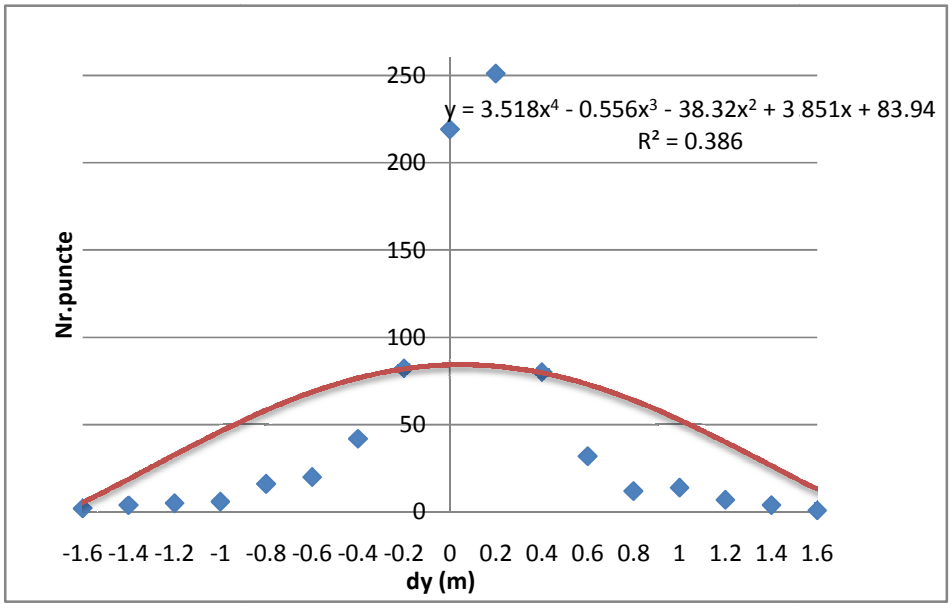
Fig. 5.46. Deplasările parţiale ($\mathbf{d_x}$, $\mathbf{d_y}$) şi deplasarea totală ($\mathbf{d_t}$) de poziţionare în cazul vectorizării

Partial displacement ($\mathbf{d_x}$, $\mathbf{d_y}$) and total displacement ($\mathbf{d_t}$) of position for vectorization

Pe baza diferenţelor dintre coordonatele limitelor în care valoarea de referinţă a fost considerată cea din baza de date a ANCPI (e Terra 3) s-au calculat deplasările pe axele X şi Y, apoi s-au calculat deplasările totale care au fost clasificate pe grupe de 20 cm (fig. 5.47 şi 5.48).



(a)



(b)

Fig. 5.47. Distribuția deplasărilor parți e de ori :e
a. deplasarea d_x b. deplasarea d_y
Distribution of partial displacement of vectorization
a. displacement d_x b. displacement d_y

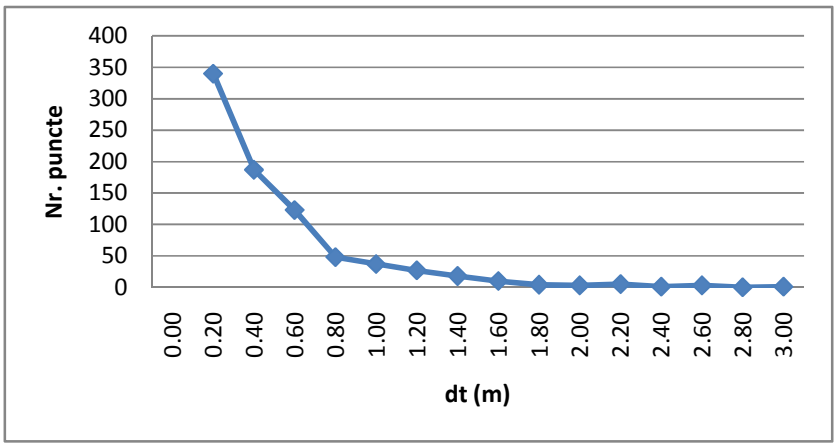


Fig. 5.48. Distribuţia deplasărilor totale în urma vectorizării
Distribution of total displacements after the vectorization

Analizând numărul de puncte corespunzător unei anumite grupe s-a remarcat faptul că frecvenţa cea mai mare corespunde grupelor de 0-20 cm şi 20-40 cm, cu procente de 42% şi 23% din numărul total de puncte (fig. 5.48). Deplasările pe axele X şi Y se aranjează după o curbă Gauss, în general, fără asimetrie (fig. 5.47). Abaterea standard calculată arată că media limitelor stabilite se găseşte în intervalul ±35 cm pentru axa X şi ±49 cm pentru axa Y. Dacă se are în vedere toleranţa de ±10 cm din normele tehnice din România pentru terenurile aflate în zona intravilană se constată că există necorespondenţe mari între datele oficiale existente şi cele obţinute pe baza orofotoplanului realizat cu UAV, doar un procent de 15% din totalul de puncte încadrându-se în toleranţa ±10 cm.

Procentul mic, de 15%, a determinat o verificare mai atentă a măsurătorilor realizate care au stat la baza cercetărilor şi a calităţii ortofotoplanului. Aceasta s-a impus deoarece, pentru referinţă, adică pentru comparaţie, s-au folosit date oficiale, recepţionate şi aflate în baza de date eTerra 3, considerate că reflectă realitatea din teren. În urma verificărilor realizate s-a constatat că ridicările topografice şi ortofotoplanul întocmit în prezentul studiu nu sunt afectate de greşeli. În această situaţie s-au analizat diferenţele dintre coordonatele punctelor din baza de date şi ale aceloraşi puncte de pe ortofotoplan în vederea identificării cauzelor.

Rezultatele au arătat că datele din baza de date oficială nu reflectă, în totalitate, realitatea. Diferenţele semnificative constatate ar putea fi explicate, în special, de metodologia de lucru adoptată la implementarea programului CESAR. S-a constatat că punctele care descriu frontul la strada principală au deplasări ce se încadrează în toleranţele admise; în schimb, cele aflate pe celelalte laturi ale imobilelor, mult mai numeroase, au deplasări ce pot ajunge la 2 m, iar în anumite situaţii, chiar mai mult. O posibilă explicaţie ar fi că s-au executat măsurători precise pentru frontul stradal al imobilelor, în timp ce punctele care formează limitele existente în interiorul imobilului au fost extrase din vechile planuri cadastrale depăşite moral şi de precizie nesatisfăcătoare pentru cerinţele tehnice de azi.

În sprijinul celor constatate este şi distribuţia procentelor cumulate corespunzătoare grupelor în care au fost clasificate deplasările totale (fig. 5.49). Astfel, deplasările totale de până la 10 cm reprezintă 15%, cele de până la 0,5 m 73%, iar deplasările până la 1 m un procent de 91%. Aşadar, numai o mică parte din limitele aflate în baza de date oficială se încadrează în toleranţele tehnice cadastrale admise în prezent în România. Restul limitelor aflate în baza de date a ANCPI nu reflectă situaţia din teren. Corectarea acestor limite se poate realiza numai prin lucrări cadastrale de actualizare care necesită costuri suplimentare şi timp.

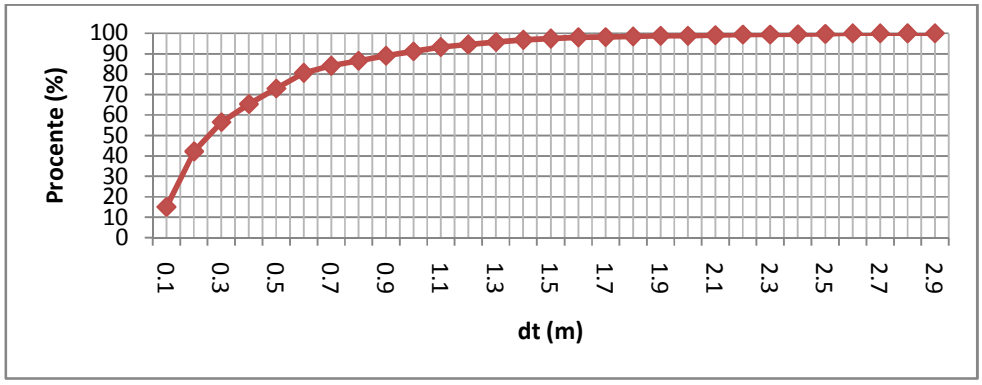


Fig. 5.49. Distribuţia procentuală cumulată corespunzătoare grupelor deplasărilor totale
Cumulated percentages distribution of total displacement groups

Pe lângă deplasările parţiale şi totale s-a calculat şi *eroarea medie pătratică a unei singure măsurători* (m_0) folosind relaţia cunoscută din teoria erorilor:

$$m_0 = \pm\sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \qquad (5.5)$$

unde: [vv]= suma pătratelor deplasărilor totale individuale;
n = numărul punctelor.

Valorea obţinută în urma efectuării calculului matematic reprezintă eroarea de poziţionare prin vectorizare în cazul unei singure măsurători şi, în acest caz, este de ±0,60 m.

În funcţie de aceiaşi termeni poate fi calculată şi eroarea medie a mediei măsurătorilor, folosind relaţia:

$$m = \pm\sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}} \qquad (5.6)$$

Această eroare are valoarea de ±0,02 m şi însoţeşte întotdeauna media măsurătorilor (M), care din calcul are valoarea de 0,41 m şi se prezintă sub forma M±m. Prin urmare, valoarea adevărată se găseşte în intervalul definit astfel: (M-m) < M < (M+m). În cazul de faţă, intervalul în care se găseşte valorea adevărată este 0,39 m < M < 0,43 m.

5.7.5.2. Evaluarea suprafeţelor prin vectorizare şi corelarea cu deplasările totale

Necoresponenţa limitelor dintre baza de date oficială şi cele vectorizate pe ortofotoplan conduce implicit şi la diferenţe de suprafaţă pentru fiecare imobil. Suprafaţa de bază, considerată referinţă şi de la care s-a pornit analiza, a fost suprafaţa existentă în baza de date a ANCPI descărcată de pe platforma *e Terra 3*. Efectiv, au fost comparate suprafeţele vectorizate de pe ortofotoplanul întocmit cu cele oficiale ale aceluiaşi imobil, prin efectuarea de diferenţe simple şi calcule de procente.

Pe baza rezultatelor obţinute din compararea celor două suprafeţe pentru imobilele luate în studiu s-a determinat că 30% din totalul imobilelor se încadrează într-un procent de 1%, 59% într-un procent de 2%, iar toate imobilele se încadrează într-un procent de 10% (tab. 5.8).

Tabelul 5.8. Centralizarea diferenţelor de suprafaţă pe clase, număr de imobile şi procente
Centralization of areas differences on classes, number of real estates and percentages

Nr. crt.	Clase	Nr. imobile	Nr. cumulat	Procente imobile	Procente cumulate
1	[0-1%]	33	33	30	30
2	(1-2%]	32	65	29	59
3	(2-5%]	37	102	34	93
4	(5-10%]	8	110	7	100

În continuarea s-a ver fi at dacă între deplasările coordonatelor ş fer ele de suprafaţă există o dependenţă. Astfel, pe baza deplasărilor totale ale fiecă ui punct ce descrie li it e unui imobil s-a calculat o deplasare totală edie care a fost analizată în legătură cu valoarea diferen ei de suprafaţă a aceluiaşi imobil, considerată în mo ul. Din repre entarea grafică a valorilor obţinute se dedu fapt l că între cele două variabile luate în considerare există o legătură strânsă, cu un coeficient de determinare de 0,56 şi un coeficient de corelaţie de 0,75 (fig. 5.50).

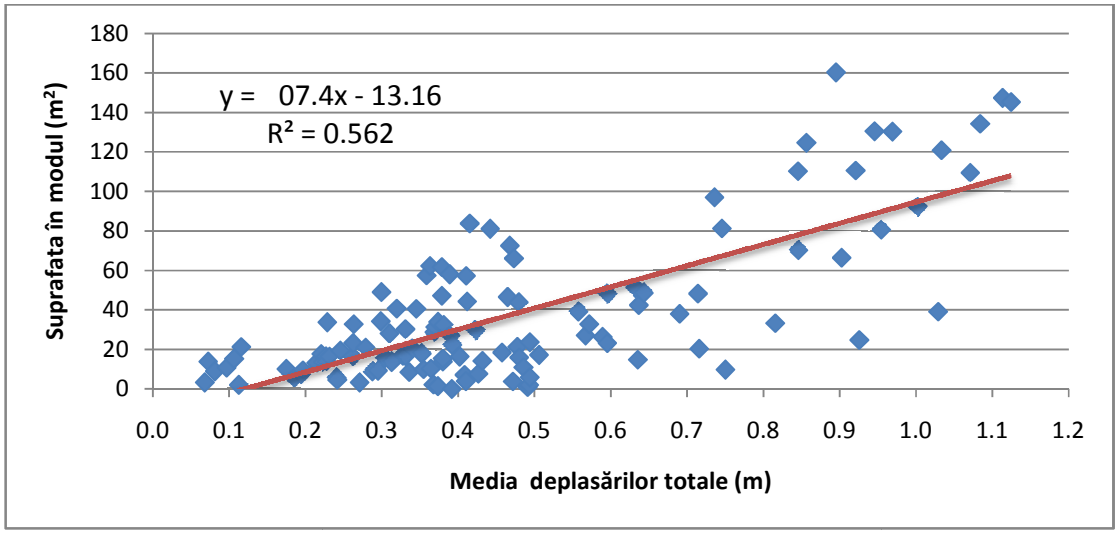


Fig. 5.50 Modelu pre ictiv dintre deplasările totale medii şi diferenţele suprafaţă (în modul)
Predictive mo el bet een the average of tota displacement and surfa e dif erences (within the module)

Rezultatele arată că d fer enţele semnificative de coordonate conduc la dif enţe de suprafaţă care sunt direct proporţionale cu mărimea acestora. Rotirile şi translaţiile geometriil r mobi elor vectorizate faţă de cele oficiale nu afectează diferenţele de suprafaţă provocate de diferenţele de coordonate.

5.8. Concluzii

Obţinerea şi utilizarea unui ortofotoplan ca bază pentru obţ nerea lan lui stral presupune parcurgerea unor etape de lucru în teren şi efectuarea de operaţii la birou, care necesită aparatur şi programe specializate. În aceeaşi ordine de idei, nici atenţia şi pregătirea oper orului n ste de eglijat, având în vedere multitudinea de etape şi operaţii de specialit e care trebuie parcurse. Rezultatele privind obţ nerea ortofotoplanurilor reliefează diferite aspecte ce caracterizează etapele parcurse.

La stabilirea poziţiei epe ilor fotogrammetrici rin cele tr i m r de ectare (SFGH, FĂGĂ şi VRS) rezultatele arată că eterminarea coordonatelor unui punct prin metoda VRS asigură cea mai bună precizie, iar timpul de staţionare nu influenţează cu mult preciziile obţinute, care sunt de nivel centimetric şi subcentimetric. De asemenea, din analiza indicato il r de precizie HRMS şi VRMS în funcţie de poziţi d n intravilanul şi extravilanul localităţii a reperilor fotogrammetrici a putut fi stabilită influenţa de or n subcenti etr c pe care o au detaliile din teren (stâlpi electrici, construcţii ş.a.) asupra preciziei coordonatelor. Dacă iau î considerare valorile medii şi diferenţele obţinute prin fol s rea staţiilor FĂGĂ şi SFGH se poate afirma faptul că ntre mărimea vectorului şi precizia obţinută există o dependenţă inversă.

Efectuarea zborului şi r luarea de imagini digitale s- u eali pe baza unui proiect de zbor realizat direct pe teren, deoarece pr gr mul PIX 4D a permis stabilirea parametrilor î mod aut mat, direct pe teren. Zborul s-a realizat în condiţii atmo ferice şi de luminozitate clare, iar calitatea imaginilor s-a apreciat, încă din teren, ca fiind bună.

Prelucrarea imagin lor digitale s-a realizat cu programul Agi oft P scan, produsul final fiind ortof oplanul. Au fost realizat două ortof toplanuri, ul in re acest o osind reperii fotogrammetrici în procesul de compensar otriangulaţiei şi altul fără reperi fotogr metr ci Aceasta a permis evidenţierea

influenţei covârşitoare pe care o au reperii fotogrammetrici în cazul folosirii UAV-urilor de mici dimensiuni echipate cu sisteme GNSS în simplă frecvenţă. În cazul folosirii reperilor fotogrammetrici precizia ortofotoplanului calculată de program a fost de 1,06 cm, iar cea determinată prin corelarea poziţiilor diferitelor detalii de 2.16 cm. Precizia planimetrică a ortofotoplanului obţinut fără reperi fotogrammetrici, numai cu datele GNSS, a fost de 4,37 m. Timpii de procesare a imaginilor au fost de 19 ore în cazul folosirii reperilor fotogrammetrici şi de 18 ore 17 minute în cazul nefolosirii acestora.

În urma confruntării geometriei imobilelor extrase prin vectorizarea limitelor de pe ortofotoplanul întocmit cu cele oficiale, din baza de date eTerra 3, s-a constatat că doar 15% din coordonate se încadrează în toleranţa de ±10 cm acceptată de normativele în vigoare. În ceea ce priveşte diferenţele procentuale ale suprafeţelor, acestea se încadrează în procentul de până la 10%. Prin calcul s-a determinat că eroarea medie pătratică a unei singure măsurători este de ±0,60 m şi că intervalul în care se găseşte valoarea adevărată a mediei măsurătorilor este cuprins între 0,39 cm şi 0,43 cm. De asemenea, s-a determinat că un procent de 75% din totalul de imobile au putut fi recunoscute, fiind aduse în discuţie cazurile favorabile şi nefavorabile la identificarea limitelor. Prin analiza deplasărilor totale medii ale unui imobil cu diferenţa suprafeţei, în modul, s-a constatat dependenţa strânsă între cele două mărimi, coeficientul de corelaţie fiind de 0,75.

Din compararea celor două seturi de valori provenite din sursele oficiale, respectiv din planul cadastral vectorizat, se mai pot face următoarele precizări:

- au fost numeroase situaţiile în care s-au constatat neconcordanţe între limitele oficiale şi cele vectorizate, acestea fiind preponderente pe laturile care definesc imobilul, în afară de frontul la stradă, şi în cazul construcţiilor, unde deplasările între coordonatele oficiale şi cele vectorizate au ajuns şi la 2 m;
- în cazul limitelor definite de frontul stradal sau gardurile din spatele grădinilor, diferenţele dintre cele două seturi de coordonate au avut valorile cele mai mici (sub 10 cm).

Deşi scopul şi obiectivele tezei nu au fost de verificare a bazei oficiale de date (acestea constituind de fapt datele de referinţă), pe parcursul cercetărilor s-au constatat diferite aspecte. Având în vedere că măsurătorile topografice şi ridicările aerofotogrammetrice din studiul realizat asupra unei porţiuni din intravilanul localităţii Crizbav au fost efectuate independent faţă de cele folosite în cadrul programului CESAR, s-a constatat că baza de date, deşi actuală şi digitală, nu reflectă în totalitate realitatea din teren. În acest sens apare necesitatea realizării de lucrări topo-cadastrale în vederea actualizării geometriei imobilelor, conform situaţiei din teren. Mai mult, deşi lucrările realizate în cadrul programului au fost recepţionate, au fost constatate atât neconcordanţe în ceea ce priveşte limitele cadastrale, cât şi al amplasamentelor construcţiilor, parte din acestea fiind uşor rotite şi/sau translatate, unele dintre acestea fiind poziţionate incorect în totalitate.

VI. ÎNTOCMIREA PLANULUI PARCELAR PENTRU FONDUL FORESTIER DIN ZONA TEST ŞINCA

6.1. Introducere

Actualmente, datorită presiunii directivelor europene, dar şi a deţinătorilor de drept, retrocedarea terenurilor aflate în extravilanul UAT-urilor şi preluate abuziv de către regimul comunist se poate face în două moduri: (1) prin realizarea de planuri parcelare la cererea persoanelor interesate sau a primăriilor din resurse economice proprii şi (2) prin întocmirea de planuri cadastrale pe sectoare dacă se urmăreşte finanţarea prin PNCCF. Între cele două piese cartografice nu există diferenţe majore de structură şi reprezentare, finalitatea lor fiind înscrierea în cărţile funciare şi acordarea unui număr cadastral unic sau eliberarea de titluri de proprietate persoanelor îndreptăţite.

În studiul efectuat asupra localităţii Şinca (§ 2.2.) s-a avut în vedere întocmirea unui plan parcelar pentru terenurile din fondul forestier folosind ca sursă un ortofotoplan realizat în urma achiziţionării de imagini digitale cu un UAV. Datele obţinute din vectorizarea ortofototoplanului au fost confruntate cu datele din amenajamentul silvic, folosit ca referinţă. Obiectivele acestor cercetări au fost de a evidenţia limitele în care se poate utiliza tehnica UAV în stabilirea graniţei dintre fondul forestier şi alte categorii de folosinţă, în speţă fondul agricol, dar şi compararea suprafeţelor trecute dintr-un fond în altul.

Amenajamentul silvic în format digital a fost folosit ca referinţă datorită prevederilor legislaţiei în vigoare care fac referire expresă la respectarea limitelor din amenajament, cu atât mai mult dacă acestea sunt întocmite în format digital. Se pune un accent deosebit pe monitorizarea intrărilor şi ieşirilor de terenuri în şi din fondul forestier prin respectarea unei legislaţii tot mai restrictive şi rigide, aceste aspecte având ca implicaţie directă operarea modificărilor prin continua actualizare a planurilor.

6.3. Proiectarea, marcarea şi determinarea reperilor fotogrammetrici

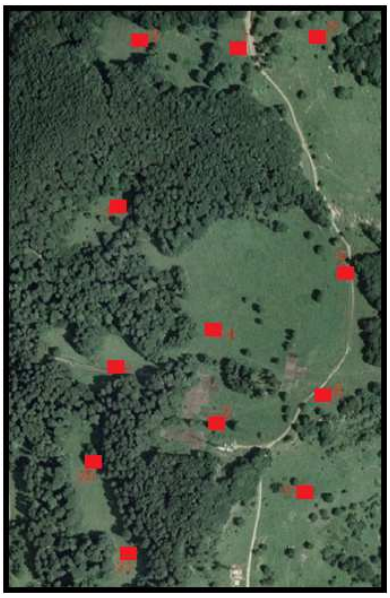


Fig. 6.2. Poziţia şi distribuţia celor 12 reperi fotogrammetrici în cazul zonei de studiu Şinca
Position and distribution of the 12 GCPs for Şinca study

Proiectarea amplasării reperilor fotogrammetrici s-a făcut pe baza unui proiect întocmit la birou folosind ortofotoplanul ediţia 2006. La alegerea locaţiei reperilor s-a ţinut cont de asigurarea unei acoperiri cât mai mare cu semnal, evitându-se suprafeţele acoperite cu arbori sau alte tipuri de detalii. De asemenea, la proiectare reperilor s-a mai avut în vedere (Vorovencii, 2010): distribuţia uniformă a acestora ţinându-se cont de natura neuniformă a reliefului şi a detaliilor din zona survolată, obligativitatea amplasării de reperi la marginea suprafeţei şi la capetele benzilor. În urma proiectării s-a stabilit ca fiind necesari 12 reperi, iar amplasarea acestora s-a făcut în zone cât mai degajate, fără acoperire cu vegetaţie sau alte detalii (fig. 6.2).

După stabilirea poziţiei aproximative a punctelor pe ortofotoplan, coordonatele acestora au fost descărcate din proiect şi încărcate în sistemul GNSS ASHTECH PROMARK 800 pentru a fi trasate, poziţia definitivă a acestora stabilindu-se în funcţie de situaţia întâlnită pe teren. Diferenţa dintre amplasamentul proiectat la birou şi cel din teren nu a fost mai mare de 10 m.

Reperii fotogrammetrici marcaţi pe teren prin ţăruşi de lemn trebuie să poată fi uşor identificaţi pe imaginile digitale. Marcarea vizibilă la sol s-a făcut cu saci de rafie decupaţi astfel încât în centrul acestora să fie ţărușul anterior folosit în drumuirile realizate cu staţia totală. În acest fel, ţărușul din centru a fost uşor identificat pe fundalul alb al marcajului în momentul prelucrării imaginilor aeriene datorită diferenţei de contrast.

Poziţia spaţială a celor 12 reperi fotogrammetrici din locaţia Şinca s-a determinat de-a lungul a două zile corespunzătoarea datelor de 09.08.2017 şi 10.08.2017. Pentru determinare s-a folosit metoda VRS efectuând un singur set de observaţii, numărul setat de citiri fiind de 50. Sistemul GNSS folosit, modul de lucru adoptat şi configuraţia terenului din zona de lucru au condus la obţinerea unor precizii superioare. Precizia de determinare în plan orizontal a fost cuprinsă în intervalul de 0,5-1,2 cm, iar precizia în plan vertical a fost cuprinsă între 1,1-2,2 cm.

6.4. Planificarea zborului şi achiziţionarea imaginilor cu UAV-ul

Intravilanul unei localităţi prezintă avantajul unor înălţimi relativ uniforme ale detaliilor şi o altitudine aproximativ constantă a terenului, iar folosirea UAV-ului deasupra unei astfel de zone este lipsită de riscuri majore. Utilizarea UAV-ului deasupra zonelor cu fond forestier, care de cele mai multe ori sunt caracterizate de diferenţe de nivel mari şi pante abrupte, plus curenţi de aer imprevizibili, implică adoptarea unor măsuri care să sporească gradul de siguranţă a efectuării zborului.

Zona de studiu luată în considerare prezintă caracteristicile enunţate mai sus referitoare la orografia terenului şi la existenţa curenţilor de aer imprevizibili şi din acest motiv s-a stabilit ca înălţimea de zbor să fie de 150 m. Având în vedere că UAV-ul folosit nu poate efectua zboruri pe suprafeţe mari, suprafaţa de studiu a fost survolată prin efectuarea a două zboruri realizate cu zone de suprapunere între ele.

Achiziţionarea imaginilor digitale cu ajutorul UAV-ului s-a realizat în data de 26.11.2017, în condiţii de vânt şi luminozitate optime pentru realizarea zborului şi preluarea de imagini. Zborul s-a realizat în urma primirii autorizaţiei de la AACR pentru survolarea la o altitudine cuprinsă între 100 şi 200 m. Alegerea efectuării zborului în luna noiembrie este motivată de starea vegetaţiei şi în special a lipsei frunzişului care ar fi putut acoperi detalii care să ajute la identificarea şi delimitarea limitelor.

Parametrii tehnici de zbor setaţi în programul PIX 4D au fost: înălţimea de zbor de 150 m, acoperirea longitudinală între imagini de 80%, acoperirea transversală între benzi de 70%, viteza de zbor de 14 m/s. În urma efectuării celor două zboruri, care au avut punct comun de lansare a UAV-ului, imaginile digitale au fost descărcate

în vederea verificării vizuale (fig. 6.5). Primul bloc fotogrammetric a fost format din 266 imagini, iar cel de-al doilea din 180 imagini, mărimea imaginilor variind între 8 Mb şi 9 Mb.

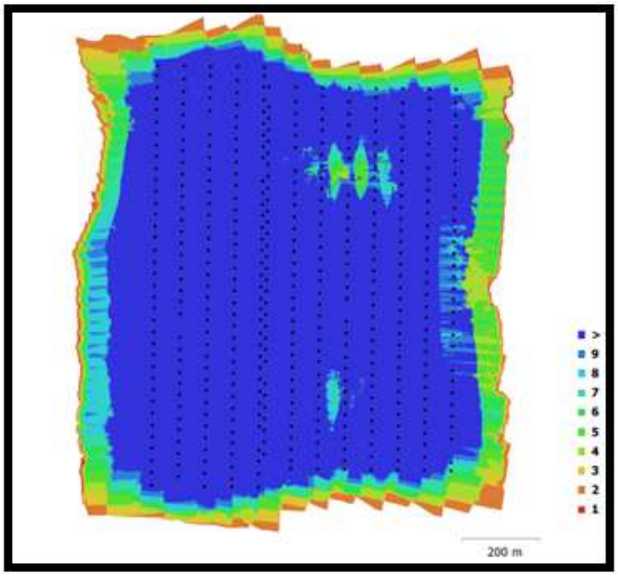


Fig. 6.5. Poziţia centrelor de perspectivă ale camerei digitale în momentul înregistrării şi acoperirile dintre imagini

The position of the digital camera's perspective centers at the time of recording and the overlaps between images

În cea mai mare parte a zonei studiate, acelaşi detaliu din teren a fost înregistrat în peste 9 imagini (fig. 6.5). Totusi, au fost semnalate câteva zone în care înregistrarea s-a realizat în mai puţine imagini (3-6) datorită nerespectării suprapunerilor longitudinale şi transversale proiectate (fig. 6.5). Zonele în care s-au identificat astfel de deficienţe corespund unor culmi a căror înălţime considerabil mai ridicată faţă de restul terenului a condus la nerespectarea procentelor de acoperire şi datorită înălţimii de zbor mai mică.

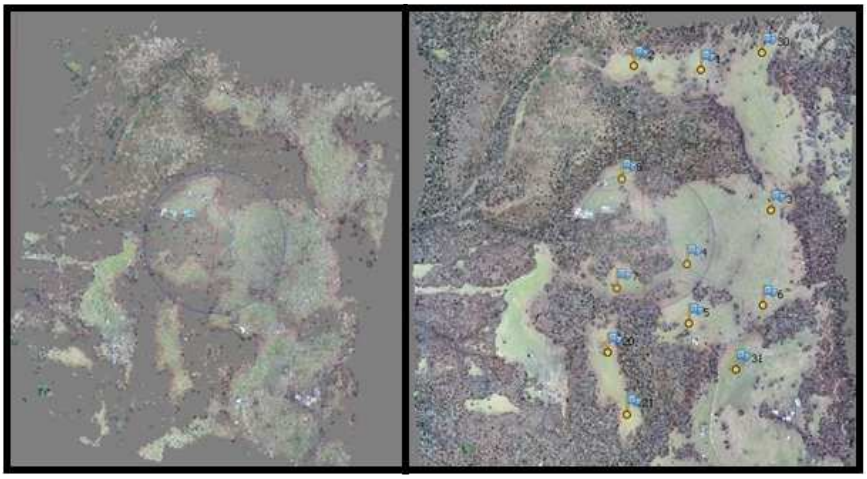
6.5. Prelucrarea imaginilor aeriene şi întocmirea ortofotoplanurilor

Procesul de prelucrare s-a bazat pe tehnica SfM, prezentată anterior (§ 5.5.1.) şi pe o serie de etape prin care geometria reţelei de imagini este reconstruită. Etapele care au fost parcurse în vederea obţinerii ortofotoplanului, cu sau fără reperi fotogrammetrici, au fost tratate pe larg în cazul cercetărilor realizate pentru locaţia Crizbav (§ 5.5.1 – § 5.5.7). Datorită faptului că nu au existat diferenţe în ceea ce priveşte modul de lucru, programul folosit sau utilizarea parametrilor de prelucrare, în continuare se vor prezenta doar elementele distincte care au stat la baza obţinerii ortofotoplanurilor.

În procesul de reconstruire a reţelei celor 446 imagini digitale, folosind tehnica SfM şi MVS, programul Agisoft Photoscan a construit un nor rar format din 304711 puncte şi un nor dens format din 170455258 puncte (fig. 6.6). Procesul de obţinere a norului rar a durat aproximativ 16 minute, iar cel de obţinere al norului dens aproximativ 6 ore. Timpul mult mai mic, în cazul obţinerii norului rar de puncte s-a datorat faptului că, în cazul pădurii, nu au fost identificate multe trăsături comune în imagini în timpul alinierii acestora. Acest fapt, al lipsei trasăturilor comune, se va resfrânge într-o oarecare măsură, aşa cum se va constata ulterior, asupra preciziei produsului cartografic.

Din analizarea norilor de puncte s-a constatat că textura slabă a suprafeţei a determinat o descreştere a trăsăturilor comune din imagine. Uniformitatea suprafeţei acoperite de păşune şi lipsa detaliilor a făcut dificilă identificarea trăsăturilor comune din imagini. Pentru a găsi o corespondenţă clară dintre imagini se folosesc trăsături sub formă de colţuri (margini cu gradienţi în mai multe direcţii), care sunt urmărite de la o imagine la alta. Vegetaţia este cunoscută ca fiind o cauză a reprezentării slabe a suprafeţei pe cale fotogrammetrică (Lane, 2000; Marzolff şi Poesen, 2009), deoarece aceasta prezintă puţine trăsături de acest fel. De asemenea, s-a constatat o şi mai slabă identificare a trăsăturilor comune în suprafeţele acoperite cu pădure (fig. 6.6. a). Performanţa scăzută a identificării

trăsăturilor comune pentru aceste suprafeţe s-a datorat aspectului variabil determinat şi de posibilele mişcări ale coroanelor arborilor provocate de vânt în timpul preluării imaginilor.



(a) (b)

Fig. 6.6. Norii de puncte obţinuţi în urma aplicării tehnicii SfM şi MVS
(a) norul rar de puncte (b) norul dens de puncte cu poziţia reperilor fotogrammetrici
Point clouds obtained after the application of SfM and MVS technique
(a) sparce point cloud (b) dense point cloud with GCPs position

Prin rasterizarea norului dens de puncte cu o densitate de 107 puncte/m^2 s-a obţinut MDS-ul (fig. 6.7). Rezoluţia spaţială a MDS-ului a fost de 9,69 cm/pixel comparabilă cu cea obţinută în alte studii realizate în condiţii apropiate. De exemplu, Tonkin et al. (2014) au realizat un MDS cu o rezoluţie spaţială de 8,8 cm pe baza imaginilor preluate de la o înălţime de zbor de 117 m folosind o cameră degitală de 18 MP. De asemenea, Agüera-Vega et al. (2016) au folosit imagini preluate de la diferite înălţimi de zbor (50–120 m), pe baza cărora s-au obţinut MDS-uri cu o rezoluţie spaţială de la 1,2 cm la 2,7 cm.

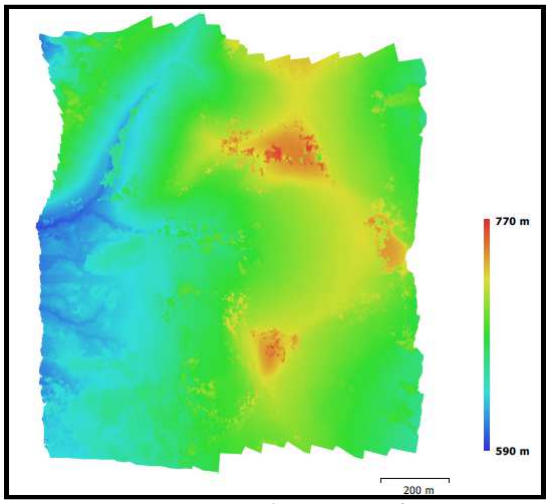


Fig. 6.7. Modelul digital al suprafeţei obţinut în cazul locaţiei Şinca
Digital surface model of the surface obtained for Şinca place

În final, prin alegerea MDS-ului în vederea ortorectificării imaginilor, proces prin care proiecţia perspectivă este transformată în proiecţie ortogonală, şi folosirea reperilor fotogrammetrici, s-a obţinut ortofotoplanul de precizie. În vederea constatării influenţei pe care o au reperii fotogrammetrici asupra preciziei s-a obţinut şi un ortofotoplan fără folosirea acestora, procesul fiind asemănător locaţiei Crizbav (§ 5.5.7.).

6.6. Analiza calităţii ortofotoplanurilor

6.6.1. Analiza vizuală a calităţii ortofotoplanurilor

Evaluarea calităţii ortofotoplanului obţinut a presupus, în primul rând, o inspecţie vizuală în vederea urmăririi efectului pe care procesul de ortorectificare îl are asupra imaginilor digitale folosite. Ortofotoplanul a fost verificat în ceea ce priveşte vederea laterală a detaliilor înalte, liniile întrerupte, dar şi din punct de vedere radiometric. În urma vizualizării orotofotoplanului s-a constatat că nu se întâlnesc vederi laterale ale detaliilor, acestea fiind în totalitate proiecţii ortogonale, comparativ cu cele din imaginile originale, neprelucrate (fig. 6.8).

Fig. 6.8. Vederea laterală a obiectelor în imaginea neprelucrată (a) şi vederea ortogonală a aceloraşi detalii pe ortofotoplan (b)

Side view of objects in raw image (a) and orthogonal view of the same details on orthophoto (b)

Având în vedere că în procesul de ortorectificare s-a folosit MDS-ul şi nu MDT-ul, imaginile laterale au fost transformate în imagini ortogonale, eliminându-se astfel efectele provocate de proiecţia perspectivă. Astfel, dacă în imaginile iniţiale detaliile au vederi uşor laterale, în ortofotoplan acestea au fost eliminate.

În urma inspectării vizuale s-au mai constatat diferenţe legate de textură şi culoare. Acestea se datorează în special valorilor radiometrice diferite ale pixelilor înregistraţi pe imagini diferite, dar apropiate, şi care nu au fost corectate în procesul de mozaicare. La rândul lor, variaţiile radiometrice sunt provocate de unghiul de incidenţă al razelor solare sub care au fost înregistrate detaliile din teren, dar şi datorită unghiului sub care au fost preluate imaginile. De asemenea, după rularea algoritmului de interpolare care a stat la baza obţinerii MDS-ului, nu s-au întâlnit muchii sau colţuri rotunjite în cazul contrucţiilor existente.

Din inspectarea vizuală a imaginilor s-a dedus că acestea au fost clare, lipsite de zgomot, ceea ce arată că nu au existat disfuncţionalităţi ale senzorului sau condiţii atmosferice improprii în momentul înregistrării, raportul semnal-zgomot fiind mare. Astfel, în urma prelucrării imaginilor cu programul Agisoft Photoscan s-a obţinut un ortofotoplan pentru care nu au fost identificate probleme majore de tipul liniilor întrerupte, cauzate de lipsa pixelilor sau deformărilor detaliilor din teren pe anumite direcţii, detaliile liniare păstrându-şi conformaţia din teren.

6.6.2. Analiza preciziei ortofotoplanurilor

În analiza preciziei obţinute în cazul celor două ortofotoplanuri au fost luate în discuţie două cazuri: (1) fără folosirea reperilor fotogrammetrici şi (2) cu folosirea reperilor fotogrammetrici determinaţi pe teren.

În primul caz ortofotoplanul s-a obţinut prin orientarea imaginilor digitale numai pe baza datelor GNSS de la bordul UAV-ului. Această abordare constituie, în fapt, un indicator al preciziei, care poate fi generalizat pentru cazurile în care avem de-a face cu suprafeţe întinse de pădure, unde reperii fotogrammetrici nu pot fi marcaţi şi

determinați. În acest caz, prin folosirea exclusivă a echipamentului GNSS de pe UAV, se poate stabili precizia ortofotoplanului obținut folosind numai aceste date. Această procedură poate fi folosită pentru cartografierea suprafețelor unde se acceptă precizie mai scăzută.

În urma orientării imaginilor numai pe baza datelor GNSS s-a obținut un ortofotoplan cu un RMSE de 0,39 m pe axa X, 6,60 m pe axa Y, corespunzând unei precizii planimetrice de 6,61 m (Anexa 4) (fig. 6.10). Rezultatele obținute sunt asemănătoare altor studii care au folosit UAV-ul pentru preluarea de imagini în vederea întocmirii de ortofotoplanuri. Astfel, preciziile raportate folosind doar sistemul GNSS de la bordul UAV-ului sunt de 0,80 m pentru o înălțime de zbor de 50 m (Koeva et al., 2016) și 1 m (Skarlatos et al., 2013), de 2-4 m pentru o înălțime de zbor cuprinsă între 50–100 m (Eugster și Nebiker, 2007), de 2-8 m pentru o înălțime de zbor cuprinsă între 130– 900 m (Küng et al., 2012) și de 10 m (Kim et al., 2014).

Precizia mai scăzută a ortofotoplanului se datorează, în principal, preciziei mai slabe a datelor furnizate de unitatea GNSS/IMU folosită la înregistrarea poziției fiecărui centru de perspectivă din momentul preluării imaginilor. Precizia mai scăzută pe axa Z se poate datora faptului că UAV-ul înregistrează înălțimea relativă de zbor deasupra zonei de lucru și nu altitudinea absolută dată față de nivelul mării (Ghimbășan și Vorovencii, 2019c).

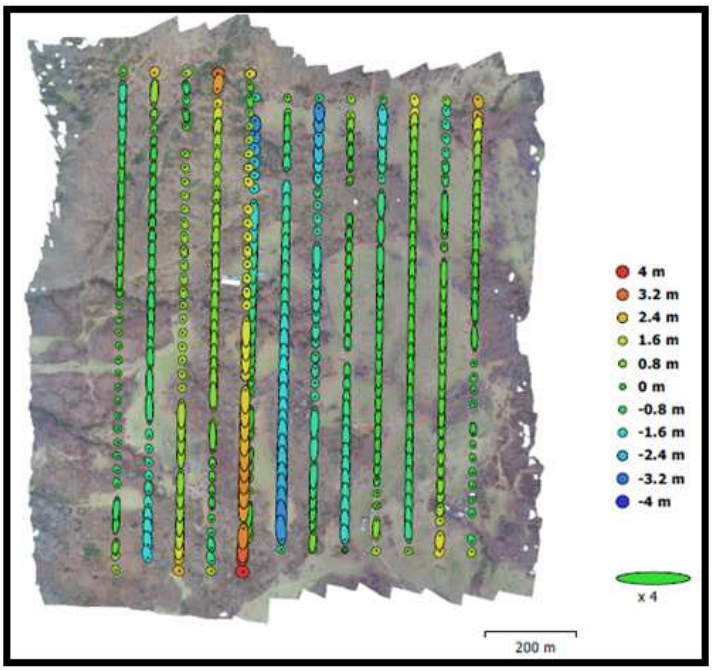


Fig. 6.10. Localizarea poziției camerei în momentul preluării imaginilor și erorile estimate. Erorile pe axele X și Y sunt reprezentate de forma elipsei. Eroarea pe axa Z este reprezentată de culoarea elipsei. Estimarea poziției centrului de fotografiere este marcată printr-un punct.

Cameras locations and estimates error. X, Y erors are represented by ellipse shape. Z error is represented by elipse color. Estimated shooting centers of cameras location are marked with a dot or crossing

În al doilea caz pentru orientarea imaginilor s-au inclus reperii fotogrammetrici determinați cu precizie ridicată pe teren prin tehnica GNSS. După includerea celor 12 reperi fotogrammetrici în orientarea imaginilor și, implicit la compensarea blocului fotogrammetric, precizia a crescut simțitor, obținându-se un RMSE pe X de 0,82 cm și pe Y 1,18 cm. Dacă luăm în considerare axele X și Y, eroarea planimetrică a fost de 1,43 cm. Legat de variația erorilor pe vericală având în vedere MDS-ul, acestea au fost între limitele ±2,1 cm (Anexa 5), (fig. 6.11).

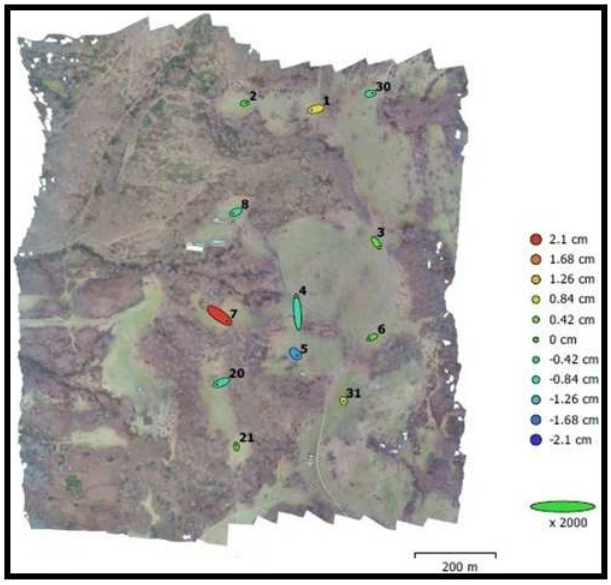


Fig. 6.11. Localizarea reperilor fotogrammetrici şi estimarea erorilor. Erorile pe axele X şi Y sunt reprezentate de forma elipsei. Eroarea pe axa Z este reprezentată de culoarea elipsei. Estimarea locaţiei reperului este marcată printr-un punct.

GCP location and error estimates. X, Y erors are represented by ellipse shape. Z error is represented by elipse color. Estimated GCP location are marked with a dot or crossing.

Din rapoartele oferite de programul Agisoft Photoscan la sfârşitul procesării imaginilor s-au centralizat preciziile obţinute în cazul celor două ortofotoplanuri (Anexele 4 şi 5) (tab. 6.2).

Tabelul 6.2. Precizile obţinute pentru ortofotoplanurile întocmite

Accuracies obtained for the orthophoto

Nr. crt.	Eroarea (m)	Localitatea Crizbav	
		cu reperi fotogrammetrici	fără reperi fotogrammetrici
1	axa X	0,008	0,39
2	axa Y	0,012	6,60
3	axa Z	0,009	1,24
4	axele X şi Y	0,014	6,61
5	RMSE	0,017	6,73

Asemănător studiului realizat pentru locaţia Crizbav (§ 5.6.) şi în acest caz a putut fi analizată precizia ortofotoplanului prin compararea coordonatelor detaliilor din imaginea ortofotoplanului cu cele determinate pe cale terestră, numărul lor fiind mai redus datorită inexistenţei pe teren. Pe suprafaţa studiată s-au identificat 18 detalii reprezentate de colţuri de garduri, aerisiri de gaz ş.a. Acestea au fost măsurate pe cale terestră şi au folosit la calculul preciziei. Eroarea medie pătratică pe axa X a fost de 6,21 cm, pe axa Y de 5,27 cm, iar eroarea medie pătratică totală în plan orizontal a fost de 8,14 cm.

Din cauza lipsei reperilor fotogrammetrici pentru zona de vest din suprafaţa studiată nu s-a putut realiza o ajustare corectă a punctelor care formează norul iniţial de puncte, georeferenţierea şi aducerea în scară a norului dens de puncte realizându-se pe baza reperilor aflaţi la distanţe mari. Această deficienţă s-a identificat la compararea

coordonatelor punctelor de control la sol cu coordonatele aceloraşi puncte din zona vestică, diferenţele fiind cuprinse între 10 cm şi 15 cm.

De asemenea, s-au comparat preciziile celor două ortofotoplanuri. Coordonatele aceloraşi 18 detalii au fost comparate cu coordonatele extrase din ortofotoplanul obţinut fără reperi fotogrammetrici şi în acest caz deplasarea totală a fost de 4,45 m.

6.7. Realizarea planului parcelar având ca suport ortofotoplanul

6.7.1. Întocmirea planului parcelar

Conform legislaţiei în vigoare, planul parcelar este reprezentarea grafică a unei tarlale sau a unei porţiuni din aceasta, care conține limitele tuturor parcelelor din tarla, precum și detaliile stabile care o definesc (Ord. 700/2014). După recepționarea acestuia de către inspectorul din cadrul OCPI și atribuirea de numere cadastrale parcelelor cuprise în plan și înscrierea acestora în Cartea Funciară, acesta se integrează în planul cadastral. În momentul înscrierii, dimensiunile perimetrale ale imobilelor sunt coroborate cu aspectele juridice urmărite de publicitatea imobiliare, care se referă la menţionarea actului care a stat la baza dobândirii dreptului de proprietate, numelui deţinătorului dreptului de proprietate ș.a.

Metodologia practicată pentru a întocmi dosarul documentaţiei planului parcelar nu a fost prezentată în întregime, deoarece din practica curentă se cunoaşte faptul că sunt multe aspecte care pot fi aduse în discuţie, dar conform celor expuse, prin parcurgerea tuturor etapelor, pentru suprafaţa studiată s-a întocmit planul parcelar la scara 1:1000. Pentru a surprinde o suprafaţă mai extinsă s-a considerat ca fiind necesară reprezentarea unui extras din planul parcelar la scara 1:2000 (Anexa 6). Acest plan a fost obţinut prin vectorizarea ortofotoplanului urmărind limitele şi bazându-ne, în special, pe nuanţele diferite de culoare.

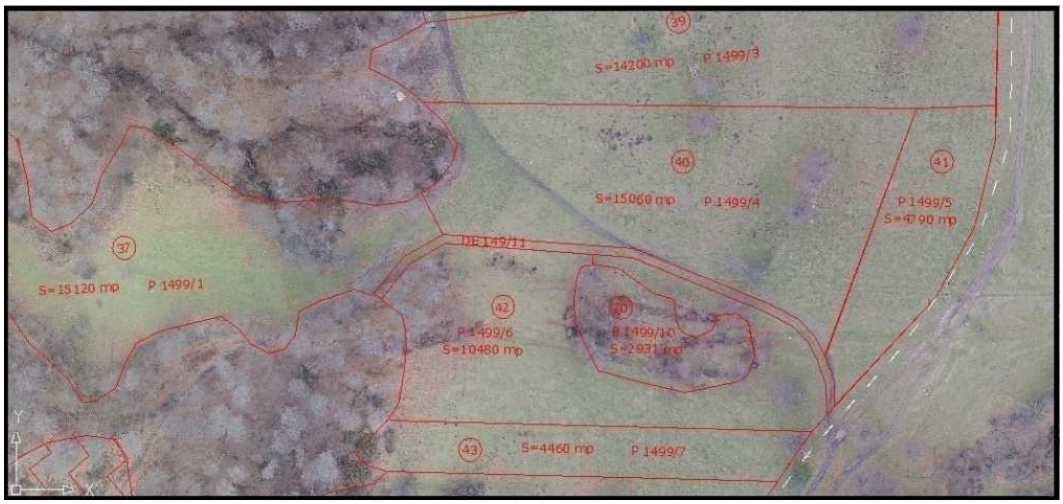


Fig. 6.12. Extras din planul parcelar suprapus pe imaginea ortofotoplanului
Excerpt from the parceled plan overlapped on the image of orthophotos

Având în vedere anotimpul în care s-a efectuat zborul, au putut fi identificate limitele descrise de arborii dominanţi vizibili în imaginea ortofotoplanului datorită lipsei frunzişului (fig. 6.12). Planul obţinut în urma vectorizării a fost folosit la compararea coordonatelor punctelor rezultate din vectorizare cu cele din baza de date GIS, considerată de referinţă. În urma comparării coordonatelor detaliilor vectorizate cu cele determinate pe cale terestră s-a determinat că precizia planului parcelar, dată ca eroare medie pătratică, este de 15,72 cm.

6.7.3. Compararea planului parcelar cu baza de date GIS din amenajamentul silvic

6.7.3.1. Deplasări parţiale, totale şi medii

Stabilirea limitelor în care poate fi folosit ortofotoplanul obţinut folosind reperi fotogrammetrici necesită o referinţă clară, a cărei veridicitate să poate fi susţinută şi de legislaţia în vigoare. Referinţa folosită în cazul studiului realizat pentru zona Şinca a fost baza de date GIS a ocolului silvic. Aspectele legate de importanţa respectării bazei de date GIS la stabilirea limitei dintre fondul forestier şi cel agricol sau terenuri cu altă destinaţie au fost aduse în discuţie şi în alte capitole (§ 6.1 şi § 6.7.1.).

Din practica curentă se cunoaşte faptul că la baza realizării bazei grafice a amenajamentului silvic au stat planurile de bază la scara 1:5000 obţinute prin metoda stereorestituţiei corespunzătoare tehnologiei şi metodologiei de lucru a anilor `70. Prin digitizarea acestor planuri s-au stabilit limitele fondului forestier şi, implicit, suprafeţele acoperite de pădure, dar şi de terenurile cu diferite subcategorii de folosinţă (pepiniere, cantoane ş.a.). Este evident faptul că, în decursul celor aproape 50 de ani, datorită evoluţiei naturale a vegetaţiei şi activităţii umane, au avut loc modificări, uneori semnificative, a limitelor fondului forestier. Totuşi, în unele cazuri aceste modificări au fost surprinse şi operate în amenajamentele silvice prin realizarea de măsurători terestre, folosindu-se de cele mai multe ori sisteme GNSS în simplă frecvenţă cu o precizie nesatisfăcătoare nevoilor cadastrale. Astfel de lucrări au fost locale, digitizarea şi vectorizarea planurilor de bază rămânând sursa principală de date la stabilirea limitei.

Baza de date GIS folosită ca referinţă în realizarea comparaţiei cu planul parcelar vectorizat a fost obţinută în mod oficial de la Ocolul Silvic Făgăraş, aceasta fiind realizată pentru Composesoratul de Pădure Mira-Perşani. Planul a fost obţinut prin vectorizarea planurilor de bază cu linii de nivel şi, pentru anumite porţiuni, unde schimbările erau evidente, s-au realizat măsurători expeditive cu aparatură GNSS în simplă frecvenţă.

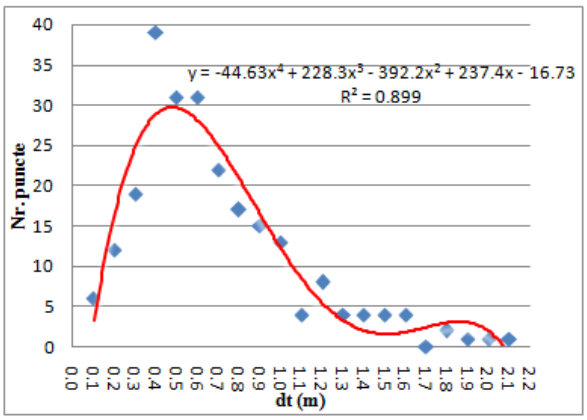
Datorită legislaţiei tot mai restrictive care priveşte intrările şi ieşirile de suprafeţe din fondul forestier în fondul altor categorii de terenuri, s-a stabilit ca limita amenjamentului silvic să fie considerată prioritară indiferent de modul de obţinere al acesteia, chiar dacă, în multe situaţii, aceasta nu mai reflectă situaţia din teren. Mai mult, este reglementat faptul că la întocmirea planurilor parcelare pentru terenurile aflate în fondul forestier sau în fonduri care se învecinează cu acesta, în vederea restituirii suprafeţelor preluate în perioada comunistă, să se realizeze o corespondenţă deplină între limitele din amenajament (analogic sau digital) şi cele din planul parcelar. Astfel, limitele din amenajamentul silvic au fost considerate ca referinţe în compararea cu limitele stabilite prin vectorizarea ortofotoplanului.

Pentru toate porţiunile din cuprinsul ortofotoplanului în care nu s-au sesizat diferenţe considerabile între limita amenajistică şi imaginea ortofotoplanului s-a calculat deplasarea totală d_t. În prima fază s-au dedus deplasările parţiale d_x şi d_y, folosind aceleaşi relaţii ca în cazul studiului realizat pentru locaţia Crizbav (5.3. şi 5.4.), (fig. 5.46).

Deplasările obţinute pe cele două axe (X, Y) au fost grupate pe categorii cu intervalul din 20 în 20 cm. Rezultatele obţinute au fost reprezentare grafic, acestea distribuindu-se după curba Gauss, asemănător studiului anterior

Pe lângă deplasările parţiale şi totale s-a calculat şi eroarea medie pătratică a unei singure măsurători (m_0) (5.5.), care are valoarea de ±0,77 m. De asemenea, s-a calculat eroarea medie a mediei măsurătorilor (m) (5.6.) care are valoarea de ±0,05 m. Această eroare însoţeşte întotdeauna media măsurătorilor (M), care din calcul are valoarea de 0,66 m şi se prezintă sub forma M$\pm$m. Prin urmare, s-a definit intervalul în care se găseşte valoarea adevărată şi anume 0,61 m < M < 0,71 m.

Limitele dintre pădure şi păşune deduse în urma vectorizării ortofotoplanului întocmit şi aceleaşi limite aflate în baza de date a ocolului silvic, în mare parte, nu corespund. Pe baza diferenţelor dintre coordonatele limitelor s-au calculat deplasările totale care au fost clasificate pe grupe de 10 cm (fig. 6.19). Folosind aceste grupe s-au determinat numărul de puncte care se încadrează într-o anumită grupă, procentul numărului de puncte care se încadrează într-o anumită grupă şi procentul cumulat corespunzător unei anumite grupe.



Indicator statistic	Valoare
Media aritmetică (m)	0.66
Număr elemente	248
Abaterea standard (m)	0.41
Varianța	0.17
Erearea standard a mediei	0.03
Coeficient de variație	61.94
Valorea minimă (m)	0.00
Valoarea maximă (m)	2.17
Asimetria	1.18
Excesul	1.35
Abaterea medie (m)	0.31
Mediana (m)	0.5
Amplitudinea variației (m)	2.17

Fig. 6.19. Distribuția deplasărilor totale și parametrii distribuției în cazul identificării limitelor cadastrale dintre pădure și pășune

Distribution of total displacements and distribution parameters for the identification of cadastral boundaries between the forest and grazing lands

Analizând numărul de puncte corespunzător unei anumite grupe și procentul numărului de puncte s-a remarcat faptul că frecvența cea mai mare corespunde grupelor de 30-40 cm, 40-50 cm și 50-60 cm (fig. 6.19). Deplasările totale se aranjează după o curbă Gauss, cu asimetrie de stânga datorită valorii mai ridicate a mediei aritmetice față de valoarea medianei. Valoarea relativ ridicată a coeficientului de variație, de 62%, indică faptul că între limitele deduse prin cele două modalități există variații mari. Dacă se are în vedere toleranța ±50 cm din normele tehnice din România pentru terenurile din extravilan, primele două grupe nu ar ridica probleme în privința necorespondenței limitelor. În schimb, punctele care se găsesc în cea de-a treia grupă și peste aceasta indică necorespondențe destul de mari între limite. Prin raportare la baza de date GIS, considerată de referință, detaliile au fost vectorizate cu o RMSE de 49 cm pe axa X și de 60 cm pe Y, eroarea planimetrică fiind de 77 cm.

În figura 6.20 este reprezentată distribuția procentelor cumulate corespunzătoare grupelor în care au fost clasificate deplasările totale. Astfel, deplasările totale de până la 50 cm reprezintă 44,77%, cele de până la 1 m 85,77%, iar deplasările până la 2 m un procent de 99,16%. Așadar, numai o parte (44,77%) din limitele aflate în baza de date a ocolului silvic ar putea fi considerate că mai reprezintă sitația actuală din teren. Pentru cealaltă parte (55,23%) limitele aflate în baza de date a ocolului silvic nu mai reflectă realitatea ceea ce exprimă necesitatea actualizării limitelor bazei de date folosind produse cartografice recent întocmite, respectiv ortofotoplanuri noi.

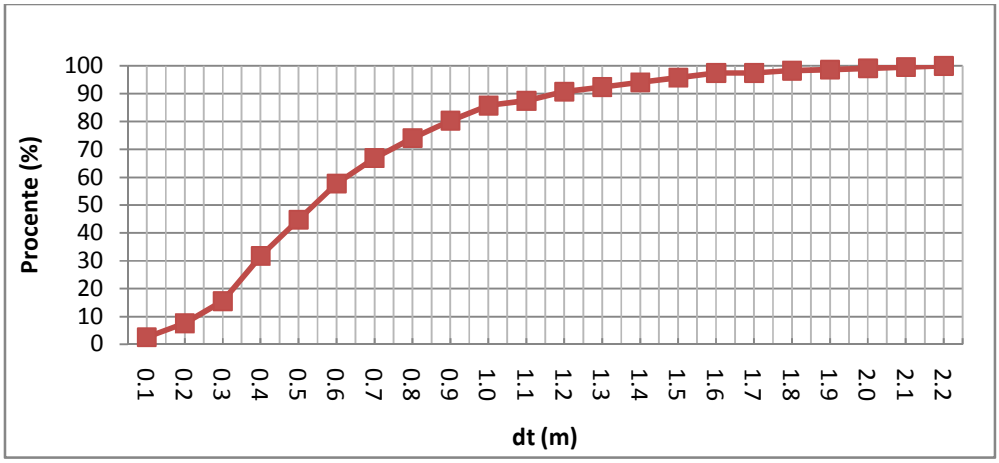


Fig. 6.20. Distribuția procentelor cumulate corespunzătoare grupelor deplasărilor totale

Distribution of percentages cumulated according total displacement groups

6.7.3.2. Identificarea şi analiza suprafeţelor

Necorespondenţa limitelor între baza de date a ocolului silvic şi cele vectorizate pe ortofotoplan conduce implicit şi la diferenţe de suprafaţă dintre terenurile acoperite cu pădure şi cele cu păşuni aflate în vecinătate. Suprafaţa considerată de referinţă şi de la care s-a pornit în determinarea procentuală a schimbărilor dintre cele două categorii de terenuri a fost considerată cea din amenajamentul silvic (21,53 ha) (fig. 6.21 şi 6.22).

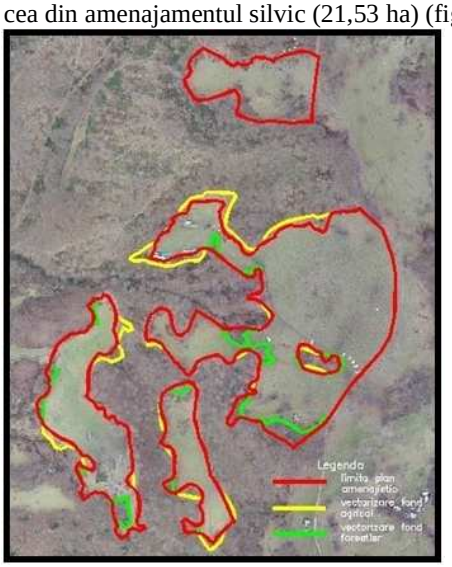


Fig. 6.21. Limitele dintre fondul forestier şi terenul agricol deduse din baza de date GIS a ocolului silvic (roşu), prin vectorizarea terenului agricol (galben) şi prin vectorizarea fondului forestier (verde)
Boundaries between forestry fond and agricultural land deducted from GIS data base of the forest district (red), by vectorizing the agricultural land (yellow) and by vectorizing the forestry fond (green)

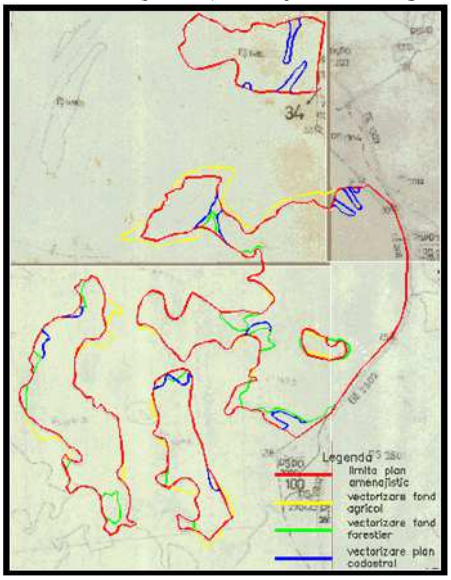


Fig. 6.22. Limitele dintre fondul forestier şi terenul agricol deduse din baza de date GIS a ocolului silvic (roşu), prin vectorizarea terenului agricol (galben), prin vectorizarea fondului forestier (verde) şi prin vectorizarea planului cadastral (albastru)
Boundaries between forestry fond and agricultural land deducted from GIS data base of the forest district (red), by vectorizing the agricultural land (yellow) and by vectorizing the forestry fond (green)and by vectorizing the cadastral plan (blue)

Suprafaţa cumulată a tuturor terenurilor în care pădurea s-a extins în defavoarea păşunilor este de 1,23 ha (5,77% din cele 21,53 ha), iar suprafaţa în care păşunea s-a extins în pădure, datorită intervenţei antropice, este de

1,43 ha (6,71% din cele 21,53 ha). În urma analizelor s-a constatat că pășunea s-a extins cu 0,2 ha (0,94% din cele 21,53 ha) în fondul forestier, mărindu-și suprafața de la 21,53 ha la 21,73 ha.

Prin luarea în considerare a suprafețelor medii corespunzătoare celor două situații întâlnite s-a constat că pentru suprafețele trecute din fondul forestier în pășune s-a calculat o suprafață medie de 685 m^2, iar pentru suprafețele trecute din pășune în fondul forestier s-a calculat o suprafață medie de 682 m^2. Aceasta indică faptul că suprafețele ocupate cu pășune în defavoarea pădurii sunt fragmentate, fiind mai mici și mai numeroase.

Pentru comparație cu rezultatele din alte studii, s-a calculat suprafața ocupată cu pășune pe hectar în defavoarea suprafeței ocupate de pădure. Astfel, s-a constatat că, în perioada 1973-2017, la nivelul zonei studiate, evoluția pășunii a fost de 420 m^2/ha. Evoluția pășunilor în detrimentul pădurilor a fost de 9,54 m^2/ha anual. Rezultatele obținute sunt apropiate altor studii realizate (Molen și Mitchell, 2016), care au stabilit o pierdere anuală de 13 m^2/ha la nivel global. America Latină și Africa au suferit cea mai mare pierdere netă a pădurilor, estimată la 43 m^2 și, respectiv, 40 m^2/ha anual, în perioada 2000 – 2005 (FAO, 2005).

6.8. Concluzii

Rezultatele obținute în urma analizării celor două ortofotoplanuri obținute prin folosirea reperilor fotogrammetrici și fără folosirea lor, precum și compararea limitelor vectorizate cu cele oficiale din baza de date GIS a ocolului silvic, au condus la evidențierea unor aspecte importante.

Precizia ortofotoplanului obținut fără folosirea reperilor fotogrammetrici a fost de 6,73 m, iar cu folosirea reperilor fotogrammetrici a fost de 8,14 cm. Așadar, includerea reperilor fotogrammetrici, pe lângă datele GNSS care au determinat poziția fiecărei imagini, în procesul de compensare a blocului fotogrammetric, a crescut simțitor precizia ortofotoplanului. În urma cercetărilor realizate s-a constatat că, indiferent de amplasamentul terenurilor (intravilan sau extravilan), folosirea reperilor fotogrammetrici este absolut necesară. Timpii totali necesari obținerii ortofotoplanurilor au fost de 7 ore 35 minute în cazul folosirii reperilor fotogrammetrici și de 6 ore 58 minute în cazul nefolosirii reperilor fotogrammetrici.

În urma comparării coordonatelor care delimitează fondul forestier din baza de date GIS a ocolului silvic, considerate de referință, cu cele determinate din vectorizarea aceloraşi limite s-a constatat că deplasările parțiale pe axele X și Y se distribuie după curba Gauss. Eroarea medie pătratică a unei singure măsurători are valoarea de ±0,77 m, eroarea medie a mediei măsurătorilor de ±0,05 m, iar intervalul în care se găsește valoarea adevărată a mediei este cuprins între 0,61 m și 0,71 m.

Deplasările totale de până la 50 cm reprezintă 44,77%, cele de până la 1 m 85,77%, iar deplasările până la 2 m un procent de 99,16%. Având în vedere că numai un procent de 44,77% din limitele vectorizate se încadrează în limita a 50 cm, acceptată conform legislației în vigoare, se poate deduce faptul că limitele aflate în baza de date a ocolului silvic nu mai reflectă realitatea, ceea ce impune necesitatea actualizării bazei de date folosind produse cartografice actualizate, în speță ortofotoplanuri de dată recentă.

Suprafața cumulată a tuturor terenurilor în care pădurea s-a extins în defavoarea terenurilor cu pășune este de 1,23 ha (5,77% din cele 21,53 ha), iar suprafața în care pășunea s-a extins în pădure, datorită intervenței antropice, este de 1,43 ha (6,71% din cele 21,53 ha). Pentru perioada 1973-2017 s-a înregistrat o evoluție a terenului agricol în detrimentul celui forestier de 9,54 m^2/ha anual.

VII. CONCLUZII ŞI CONTRIBUŢII PERSONALE

7.1. Concluzii privind rezultatele obţinute

Realizarea planurilor cadastrale pe baza imaginilor achiziţionate cu ajutorul sistemelor UAV implică costuri reduse, iar folosirea acestora se impune din ce în ce mai mult date fiind şi schimbările socio-economice care au avut loc în România după 1989. În urma acestor schimbări terenurile agricole şi forestiere au fost fragmentate foarte mult, ajungând chiar şi la până la câteva sute de metri pătraţi pentru un imobil. În acest sens, realizarea unei evidenţe digitale, folosind tehnici actuale de culegere a datelor geospaţiale din teren, cu ajutorul UAV-urilor combinată cu tehnicile terestre, poate constitui o alternativă viabilă. Planurile cadastrale digitale, ca produse finale ale acestor tehnici, realizate la scări mari şi cu precizie tot mai ridicată, sunt din ce în ce mai folosite, asigurând atât metricitatea produsului cât şi posibilitatea folosirii în diferite aplicaţii. Mai mult decât atât, prin folosirea acestei tehnologii se poate verifica rapid şi eficient starea de fapt a unei anumite zone şi surprinderea modificărilor apărute în vederea actualizării continue a planurilor cadastrale.

Pentru studiu au fost alese două zone localizate în UAT-uri diferite, Crizbav şi Şinca, care surprind două situaţii distincte reprezentate de o zonă de intravilan din mediul rural şi una de extravilan cu fond forestier, pentru care există date oficiale, reprezentative, cu care au fost comparate rezultatele cercetărilor. În ambele cazuri studiate datele au fost culese din teren cu ajutorul tehnicii UAV, pe baza unor planuri de zbor care au cuprins parametri principali din fişa tehnică. UAV-ul a fost un quadrocopter de dimensiuni mici, dotat cu o cameră digitală nemetrică care a necesitat o abordare diferită comparativ cu camerele aerofotogrammetrice metrice. Prelucrarea datelor s-a realizat cu programul Agisoft Photoscan care are la bază tehnica SfM. Folosirea acestei tehnici a eliminat necesitatea identificării manuale a punctelor de legătură înaintea prelucrării, bazându-se pe algoritmi de estimare a poziţiei 3D a camerei pe baza structurilor invariante, simultan cu rezolvarea geometriei imaginilor.

Produsele cartografice pentru ambele locaţii au fost obţinute prin ortorectificarea imaginilor aeriene. Pentru ortorectificare s-a folosit MDS-ul, fapt ce a permis realizarea unei „ortorectificări adevărate", inclusiv a detaliilor naturale şi artificiale de pe suprafaţa terestră. Aşadar, procedeele de prelucrare a imaginilor au permis înlăturarea efectelor produse atât de diferenţele de nivel, cât şi pe cele de înclinarea axei de fotografiere a camerei.

Precizia ortofotoplanurilor a crescut simţitor în cazul folosirii reperilor fotogrametrici, pe lângă observaţiile GNSS/IMU. De aici se deduce rolul important pe care îl au reperii fotogrammetrici în creşterea preciziei ortofotoplanului, deşi determinările din teren necesită timp şi costuri suplimentare. Ortofotoplanurile de precizie obţinute au fost exploatate în vederea transformării din format raster în format vectorial, sub formă de planuri, şi de extragere a datelor calitative şi cantitative. În ambele locaţiile au putut fi extrase de pe ortofotoplanurile obţinute date calitative sau descriptiv-atribute, reprezentate de categorii de terenuri şi categorii de folosinţă, prezentându-se atât cazurile cu identificări sigure cât şi cele dificile.

În urma analizelor realizate asupra observaţiilor GNSS, a ortofotoplanurilor şi a planurilor cadastrale, precum şi din compararea datelor extrase, sub formă de coordonate şi suprafeţe, cu cele de referinţă, reprezentate de baza de date oficială a ANCPI (în cazul UAT Crizbav) şi baza de date GIS a Ocolului Silvic (pentru UAT Şinca), s-au desprins o serie de concluzii.

- *Pentru locaţia Crizbav* au fost analizate date geospaţiale culese de pe o suprafaţă din intravilan de aproximativ 45 ha şi au fost studiate aproximativ 150 imobile, constatându-se următoarele:
  - Determinarea coordonatelor reperilor fotogrammetrici prin metoda VRS cu durata de înregistrare de 10 minte oferă precizia cea mai bună, dar diferenţele de ordin subcentimetric determinate prin comparaţia cu celelalte metode indică faptul că este suficient un timp de observare de 2 minute pentru a atinge precizile impuse prin normativele în vigoare. Amplasamentul reperilor fotogrammetrici a influenţat precizia de poziţionare, astfel că reperii amplasaţi în terenul agricol au fost determinaţi cu precizie mai ridicată decât cei din intravilan datorită orizontului liber. Numărul reperilor (12) s-a dovedit suficient pentru mărimea suprafeţei luate în considerare, iar distribuţia acestora a fost aproximativ uniformă. Folosirea acestora la obţinerea ortofotoplanului a condus la o precizie calculată de program de 1,06 cm, ceea ce evidenţiază că numărul şi distribuţia lor au fost bine alese.
  - Ortofotoplanul întocmit are o rezoluţie spaţială de 2,14 cm şi o precizie de 2,16 cm şi s-a obţinut pe baza imaginilor digitale aeriene preluate cu UAV-ul în cadrul a 4 blocuri fotogrammetrice de la înălţimea de zbor de 80 m. Precizia ortofotoplanului s-a stabilit prin folosirea unui număr de 103 puncte de control determinate pe cale terestră. Ortofotoplanul obţinut a constituit baza pentru întocmirea planului cadastral. Pe lângă aceasta, ortofotoplanul poate fi arhivat şi păstrat, deoarece asigură un dublu rol, de suport cartografic pentru planul cadastral şi de imagine a terenului;

- Planul cadastral s-a întocmit la scara 1:500, prin vectorizarea detaliilor din cuprinsul ortofotoplanului care delimitau imobilele la data preluării imaginilor. Precizia planului cadastral este de 5,32 cm şi a fost calculată pe baza detaliilor vectorizate şi aceleaşi detalii ridicate în plan pe cale terestră. Realizarea planului cadastral digital vectorizat la scara 1:500 pentru intravilanul terenurilor rurale, comparativ cu planul întocmit la scara 1:1000 sau 1:2000, constituie un mare avantaj prin precizia ridicată asigurată, acurateţea redării detaliilor şi efectuarea de măsurători precise după aceste produse cartografice. Suprafaţa pe care a fost întocmit este limitată deocamdată din cauza tehnicilor de prelucrare a imaginilor care necesită capacitate de stocare şi timpi mari de procesare.
- Analiza comparativă a planului cadastral cu datele oficiale din baza de date eTerra 3 a arătat că numai 15% dintre diferenţele între coordonatele obţinute după conturul planului cadastral şi cele din baza de date oficială se încadrează în toleranţa de ± 10 cm acceptată de normativele în vigoare. În ceea ce priveşte compararea suprafeţelor, rezultatele au arătat că diferenţele procentuale dintre suprafaţa calculată după planul cadastral vectorizat şi datele oficiale se încadrează în limita a 10%.

- *Pentru locaţia Şinca* au fost analizate şi prelucrate date culese de pe o suprafaţă de aproximativ 72 ha care aparţin extravilanului şi în care se găseşte fond forestier, ajungându-se la următoarele concluzii:
  - Ortofotoplanul obţinut are o rezoluţie spaţială de 4,48 cm şi o precizie de 8,14 cm. Imaginile au fost preluate de la înălţimea de zbor de 150 m, în cadrul a 2 blocuri fotogrammetrice cu acoperire transversală între ele. Comparativ cu ortofotoplanul întocmit pentru locaţia Crizbav, ortofotoplanul obţinut în cazul locaţiei Şinca are o precizie mai scăzută. Aceasta se datorează, în principal, faptului că nu au existat structuri invariante evidente care să permită alinierea mai sigură a imaginilor în procesul de prelucrare.
  - Planul parcelat s-a obţinut după acelaşi procedeu folosit la întocmirea planului cadastral. Scara planului parcelar a fost de 1:1000, foarte bună pentru terenurile din extravilan având în vedere faptul că planurile actuale după care se lucrează sunt la scara 1:5000. Precizia planului a fost de 15,72 cm, limitele cadastrale urmărite fiind mai greu de identificat.
  - Analiza planului parcelar în comparaţie cu datele oficiale din baza de date GIS a ocolului silvic a evidenţiat diferenţe semnificative în privinţa limitelor cadastrale. Rezultatele arată că deplasările totale de până la 50 cm reprezintă 44,77%, cele de până la 1 m sunt de 85,77%, iar deplasările până la 2 m de 99,16%. În această situaţie se poate considera că limitele din baza de date a ocolului silvic nu mai reflectă realitatea, acestea bazându-se pe planurile întocmite în perioada 1972-1986, fiind necesară actualizarea acestora. Neconcordanţa acestor limite cu cele din planul parcelar întocmit pe baza imaginilor preluate cu UAV-ul se resfrânge şi asupra suprafeţelor conducând în final la diferenţe între acestea.

Zonele studiate au fost limitate ca întindere datorită tehnicii de culegere a datelor de care s-a dispus. Deşi UAV-urile pot prelua multe imagini, numărul trebuie stabilit în funcţie de mărimea şi complexitatea suprafeţei studiate, având în vedere că performanţele calculatorului folosit la procesarea lor constituie factorul limitativ. Pe viitor, odată cu creşterea performanţelor calculatoarelor care prelucrează imaginile, dar şi a dezvoltării UAV-urilor şi senzorilor de pe acestea se aşteaptă ca suprafeţele de studiu să fie din ce în ce mai mari. Ortofotoplanurile obţinute în ambele locaţiile sunt de precizie ridicată, putând fi folosite la întocmirea planurilor cadastrale, la stabilirea limitelor dintre parcele şi la surprinderea modificărilor survenite în timp. Planurile cadastrale întocmite pe baza ortofotoplanurilor sunt la scară mare, asigură precizia necesară şi satisfac pe deplin nevoile cadastrului din ţara noastră.

În final, din cuantificarea tuturor rezultatelor obţinute în locaţia Crizbav şi având în vedere că determinările au fost realizate independent faţă de cele folosite în programul CESAR, se impune necesitatea realizării de lucrări topo-cadastrale în vederea actualizării geometriei imobilelor. Pentru actualizarea limitelor fondului forestier în cazul locaţiei Şinca, conform situaţiei din teren, sunt necesare lucrări geo-topo-fotogrammetrice, ponderea cea mai mare având-o fotogrammetria ca singura tehnică intensivă de întocmire a planurilor cadastrale pe suprafeţe întinse, cu precizie ridicată şi la costuri reduse.

7.2. Contribuţii personale

În urma cercetărilor realizate în cele două zone studiate au fost aduse următoarele contribuţii personale:

1. Analiza stării de fapt a situaţiei cadastrului din România şi din alte ţări europene, precum şi prezentarea tendinţelor de modernizare a sistemelor cadastrale.

2. Prezentarea, în sinteză, a principalelor sisteme UAV cu referire la tipul acestora, senzorii cu care pot fi echipate şi aplicaţiile din domeniul cadastrului.
3. Realizarea unei sinteze a sistemelor GNSS folosite în lucrările cadastrale cu referire la tipul acestora, principiile şi metodele de determinare a poziţiei punctelor.
4. Stabilirea metodei de determinare care asigură precizia cea mai ridicată în cazul observaţiilor GNSS în timp real şi analiza preciziilor în situaţia conectării la o staţie de referinţă şi metodei VRS.
5. Realizarea de zboruri cu tehnica UAV de la înălţimi mici, ca alternativă la zborurile clasice, în vederea preluării de imagini digitale în intravilan şi extravilan, care să servească la întocmirea ortofotoplanurilor, ca suport în realizarea planurilor cadastrale.
6. Obţinerea de ortofotoplanuri cu rezoluţii spaţiale şi precizii ridicate pe suprafeţe restrânse din intravilan şi extravilan, în urma prelucrării modelului 3D, folosind tehnicile SfM şi MVS.
7. Analiza calităţii ortofotoplanurilor şi a factorilor care influenţează tehnicile SfM şi MVS în obţinerea acestora.
8. Analiza preciziei ortofotoplanurilor obţinute cu şi fără folosirea reperilor fotogrammetrici în procesul de compensare a blocului fotogrammetric şi evidenţierea necesităţii folosirii reperilor pentru georeferenţierea imaginilor aeriene, în vederea creşterii preciziei.
9. Întocmirea de planuri cadastrale şi parcelare cu o precizie ridicată prin vectorizarea ortofotoplanurilor şi extragerea de date descriptiv-atribute şi de date cantitative, la scări mai mari decât cele folosite azi, necesare lucrărilor de cadastru.
10. Compararea produselor cartografice obţinute, în speţă planul cadastral şi planul parcelar, cu datele oficiale şi evidenţierea clară a necesităţii actualizării suportului cartografic pe care se bazează datele oficiale.
11. Stabilirea unei variante de lucru privind obţinerea de planuri cadastrale şi parcelare pe suprafeţe restrânse şi la scări mari, care să vină în sprijinul programelor derulate de ANCPI, în vederea introducerii unui număr cât mai mare de imobile în baza de date naţională.

BIBLIOGRAFIE

1. Adam J., Banyai L., Borza T., Busics G., Kenyeres A., Krauter A., Takacs B., 2004, *Muholdas Helymeghatarozas*, Muegzetemi Kiado, Ungaria, 458 pag.
2. Agarwal S., Snavely N., Simon I., Seitz S.M., Szeliski R., 2009, *Building Rome in a day*. In: 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision, Sept. 29 2009-Oct. 2 2009, pp.72–79. http://dx.doi.org/10.1109/ICCV.2009.5459148.
3. Agüera-Vega F., Carvajal-Ramírez F., Martínez-Carricondo P., 2017, *Accuracy of digital surface models and orthophotos derived from unmanned aerial vehicle photogrammetry*. Journal of Surveying Engineering, 143(2), 04016025.
4. Aykut O.A., Gülal E., Akpinar B., 2015, *Performance of Single Base RTK GNSS Method versus Network RTK*. Earth SciencesResearch Journal, 19(2) 135 - 139. https://doi.org/10.15446/esrj.v19n2.51218.
5. Barnes G. et al., 2014. *Drones for peace : Part 1 of 2 design and testing of a UAV-based cadastral surveying and mapping methodology in Albania*. In: World bank conference on land and poverty, Washington DC, USA, 24–27 March 2014.
6. Bay H., Ess A., Tuytelaars,T., van Gool L., 2008, *Speeded-up robust features (SURF)*. Comput. Vision Image Understand. 110, 346–359, Similarity Matching inComputer Vision and Multimedia.
7. Birjaru C., 2011, *Cercetări privind utilizarea tehnologiei LiDAR în lucrările de silvicultură*, Rezumat teză doctorat, Braşov, 60 pag.
8. Boş N., 2003a, *Cadastru general*, Editura All Beck, Bucureşti, 362 pag.
9. Boş N., 2003b, *Cartea funciară şi expertiza tehnică topo-cadastrală*, Editura All Beck, Bucureşti, 233 pag.
10. Boş, N., Iacobescu, O., 2007, Topografie modernă, Ed. C.H. Beck, Bucureşti, 539 pag
11. Boş N., Iacobescu O., 2009, *Cadastru şi Cartea funciară*, Editura C.H. Bech, Bucureşti, 401 pag.
12. Brown D., 1971, *Close range camera calibration*. Photogramm. Eng. 37, 855–866.
13. Calonder M., Lepetit V., Strecha C., Fua, P., 2010, *BRIEF: binary robust independent elementary features*. In: Daniilidis, K., Maragos, P., Paragios, N. (Eds.), ComputerVision—ECCV 2010,LectureNotesin Computer Science, vol. 6314. Springer, Berlin Heidelberg, pp. 778–792.
14. Chandraratne G.W., 2016, *Comparative study on Cadastral Surveying using Total Station and High Resolution UAV Image.(HRUAVI)*, Institute of surveying and mapping (Diyatalawa) Survey Department of Sri Lanka, Research project.
    Available at:
    http://a-a-r-s.org/acrs/administrator/components/com_jresearch/files/publications/Ab%200082.pdf
15. Chițea Gh., Kiss A., 2001, *Cadastru general și forestier*, Editura Universității Transilvania, Brașov, 242 pag.
16. Chiţea G., Kiss A., Vorovencii I., 2003, *Fotogrametrie şi Teledetecţie*, Editura Universităţii Transilvania, Braşov, 234 pag.
17. Chiţea G., Iordache E., Chiţea G. C., 2009, *Tehnologii geodezice spaţiale. Partea I. Sisteme de poziţionare globală (GPS)*,Editura Lux Libris, Braşov.
18. Chițea Gh., Vorovencii I., Mihăilă M., Chițea C.G., 2011, *Topografie. Metode de ridicare în plan*, Editura Lux Libris, 346 pag.
19. Colomina I., Aigner E., Agea A., Pereira M., Vitoria T., Jarauta R., Pascual J., Ventura J., Sastre J., Brechbühler de Pinho G., Derani A., Hasegawa J., 2007, *The uVISION project for helicopter-UAV photogrammetry and remote-sensing*. In: Proceedings of the VII International Geomatic Week, Institute of Geomatics, Barcelona, Spain.
20. Colomina I., Molina P., 2014, *Unmaned Aerial Systems for Photogrammetry and Remote Sensing*: A Review - ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 92, pp. 79-97.
21. Cramer M., 2013a. *RPAS im Einsatz fr die Datenerfassung beim LGL BW*. In: Presentation slides from the UAV Dach meeting, held in Rostock, Germany, 2013.
22. Cramer M., 2013b. *The UAV LGL BW project—a NMCA case study*. In: 54th PhotogrammetricWeek. Institut für Photogrammetrie, Universität Stuttgart, pp. 165–179.

23. Cramer M., Bovet S., Gültlinger M., Honkavaara E., McGill A., Rijsdijk M., TaborM., Tournadre V., 2013, *On the use of RPAS in national mapping—the EuroSDR point of view*. ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci. XL-1/W2, pp. 93–99.
24. Crommelinck S. C., Bennett, R. H., Gerke, M., Yang, Y., & Vosselman, G., 2017, *Contour detection for UAV-based cadastral mapping*. Remote sensing, 9(2), pp. 1-13. [171]. DOI: 10.3390/rs9020171
25. Crommelinck S. C., Höfle B., Koeva M. N., Yang M. Y., Vosselman G., 2018, *Interactive cadastral boundary delineation from uav data*, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume IV-2, 2018 ISPRS TC II Mid-term Symposium "Towards Photogrammetry ", 4–7 June 2018, Riva del Garda, Italy, pp. 81-88. Available at: https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-81-2018
26. Cunningham K., Walker G., Stahlke E., Wilson R., 2011, *Cadastral audit and assessments using unmanned aerial systems*. ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci. XXXVIII-1/C2, pp. 213–216.
27. Deok-In Kim, Yeong-Sun Song, Gihong Kim, Chang-Woo Kim, 2014, *A Study on the Application of UAV for Korean Land Monitoring*, Journal of the Korean Society of Surveying Geodesy Photogrammetry and Cartography 32(1), DOI: 10.7848/ksgpc.2014.32.1.29
28. Esri, 2011, *European Cadastres and National Mapping Agencies.* Available at: http://www.esri.com/news/arcnews/spring11articles/european-cadastres-and-national-mapping-agencies.html
29. Essen H., Johannes W., Stanko S., Sommer R., Wahlen A., Wilcke J., 2012, *High resolution W-band UAV SAR*. In: 2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 22-27 July 2012, pp. 5033–5036. http:// dx.doi.org/10.1109/IGARSS.2012.6352480.
30. Eugster H., Nebiker S., 2007, *Geo-registration of video sequences captured from Mini UAVs approaches and accuracy assessment*. In: The 5th international symposium on mobile mapping technology, Padua, Italy, 29–31 May.
31. EuroGeographics, 2011, *Cadastre iNSPIREd! - Ci! The benefits of Cadastral Information for themes in INSPIRE Annexes II and III*. Available at: http://www.eurogeographics.org/sites/default/files/Cadastre%20iNSPIREd_%20Final_report_032011_1%5B1%5D.pdf
32. EuroGeographics, 2012a. *Vision document cadastre and land registration in Europe 2012*. Available at: http://www.eurogeographics.org/sites/default/files/EuroGeographics_introductory%20leaflet_A4_2sided_v62.pdf
33. EuroGeographics, 2012b, *Cadastre and land registry*, Available at: http://www.eurogeographics.org/about/cadastre-and-land-registry
34. Eyndt T., Volkmann W., 2013, *UAS as a tool for surveyors: from tripods and trucks to virtual surveying*. GIM Int. 27, pp. 20–25.
35. Food and Agriculture Organization (FAO), 2005, *The state of the world's forests*. Rome, Italy: FAO.
36. Furukawa Y., Ponce J., 2010, *Accurate, dense, and robust multiview stereopsis*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 32 (8), 1362–1376
37. Francisco A. V., Fernando C. R., Patricio M. C., 2017, *Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation ground control points number using unmanned aerial vehicle*, Measurement, Volume 98, February 2017, pp. 221-227. Available at: https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.12.002
38. **Ghimbăşan A.C., 2013a, *Aspects regarding the using of orthophotomaps in cadastral works*. Journal of Young Scientist, Vol.I, ISSN 2344 - 1283, pp. 211-216.**
39. **Ghimbăşan A.C., Tereşneu C.C., Vorovencii I., 2013b, *Processing LiDAR data to obtain a highly accurate digital model of the terrain*, Studia Universitatis "Vasile Goldiş" Arad, Seria Ştiinţe inginereşti şi agro-turism, vol. 8, issue 2, pp. 29-33.**
40. **Ghimbăşan A.C., Tereşneu C.C., Vorovencii I., 2015, *Pre-processing and post-precessing LiDAR data*, Studia Universitatis "Vasile Goldiş" Arad, Seria Ştiinţe inginereşti şi agro-turism, vol. 10, issue 1, pp. 7-14.**

41. Ghimbăşan A.C., 2016, *Determinarea volumului părţii inferioare a fusului arborilor pe picior şi stivelor de lemn prin procedee specifice fotogrammetriei digitale terestre*, Revista Pădurilor, Mai-Aug. 2016, nr. 3-4, pp. 33-40.
42. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., Borz S.A., 2017, *Terrestrial photogrammetry applications in the study of different volumes located in the forest fund*, Proceedings of the Biennial International Symposium Forest and Sustainable Development, Braşov, 7-8 of October 2016, pp. 47-54.
43. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., 2017, *Situation of cadaster and land registry at european and national level*, Studia Universitatis "Vasile Goldiş" Arad, Seria Ştiinţe inginereşti şi agro-turism, vol. 12, issue 1, pp. 27-32.
44. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., 2019a, *Applying GNSS technology for the determination of ground control points used for obtaining the orthophotomaps*, Studia Universitatis "Vasile Goldiş" Arad, Seria Ştiinţe inginereşti şi agro-turism, în curs de publicare.
45. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., Căţeanu M., 2019b, *Using images acquired from a rural area with unmanned aerial vehicle in order to achieve the land and constructions cadaster*, Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering, Vol. 11 (60) No. 2 – 2019, în curs de publicare.
46. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., 2019c, *Orthophotos creation using UAV images and SfM – an option for cadaster in Romania*, Survey Review, under review.
47. Graça N., Mitishita E., Gonçalves J., 2014, *Photogrammetric mapping using unmanned aerial vehicle*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-1,ISPRS Technical Commission I Symposium, 17 – 20 November 2014, Denver, Colorado, USA.
48. Grischa G., Thomas B., Lucilene A. C. M. de Sá, 2007, *Development in the german cadastre*, Bol. Ciênc. Geod., sec. Comunicações, Curitiba, v. 13, no 2, pp. 423-432.
49. Grünreich D., 2000, *Spatial Data Infrastructures and Geoinformation Engineering – Germany's Approach and Experiences*, United Nations Regional Cartographic Conference for Asia and the Pacific Avaible at: http://www.gsi.go.jp/PCGIAP/kl/germany1.pdf
50. Gülch E., 2012, *Photogrammetric measurements in fixed wign UAV imagery*. ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci. XXXIX-B1, pp. 381–386.
51. Hawerk W., 2002, *Cadastre 2020 – New Trends in Germany's Cadastre*, FIG XXII International Congress, Washington, D.C. USA, April 19-26
52. Harwin S., Lucieer A., 2012, *Assessing the accuracy of georeferenced point clouds produced via multi-view stereopsis from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery*. Remote Sens. 4, pp. 1573–1599.
53. Hirschmuller H., 2008, *Stereo processing by semiglobal matching and mutual information*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 30 (2), pp. 328–341.
54. Kędzierski M., Fryśkowska A., Wierzbicki D, Deliś P., 2015, *Cadastral Mapping Based on UAV Imagery*, 15 th International Scientific and Technical Conference "From imagery to map: digital photogrammetric technologies", October 26-29, 2015, Yucatan, Mexico, pp. 12-15.
Available at: http://conf.racurs.ru/images/abstracts/2015/Delis.pdf
55. Kim D.I., et al., 2014, *A study on the application of UAV for korean land monitoring*. Journal of the Korean Society of Surveying Geodesy Photogrammetry and Cartography, 32 (1), 29–38.
56. Koeva M., Muneza M., Gevaert C., Gerke M., Nex F., 2016, *Using UAVs for map creation and updating*. A case study in Rwanda. *Survey Review*, 50 (361), pp. 312–325.
57. Kostrzewa J., Meyer W., Laband S., Terre W., Petrovich P., Swanson K., Sundra C., Sener W., Wilmott J., 2003, *Infrared microsensor payload for miniature unmanned aerial vehicles*. In: Proc. SPIE 5090, Unattended Ground Sensor Technologies and Applications, vol. 265. http://dx.doi.org/10.1117/12.500712.
58. Khairul Nizam Tahar, Anuar Ahmad, Wan Abdul Aziz Wan Mohd Akib, Wan Mohd Naim Wan Mohd, 2012, *Assessment on Ground Control Points in Unmanned Aerial System Image Processing for Slope Mapping Studies*, International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 3, Issue 11, November-2012 ISSN 2229-5518
Available at:
https://pdfs.semanticscholar.org/5774/d5e8fcb1e2e05d24352d03984b26b56e0a77.pdf

59. Küng O. et al., 2012. *The accuracy of automatic photogrammetric techniques on ultra-light UAV imagery*. In: UAV-g: conference on unmanned aerial vehicle in geomatics. Zurich, Switzerland, 14–16, September 2011.
60. Kurczynski Z., Bakuła K., Karabin M., Kowalczyk M., Markiewicz J. S., Ostrowski W., Podlasiak P., Zawieska D., 2016, *The possibility of using images obtained from the UAS in cadastral works*, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLI-B1, 909-915, doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B1-909-2016
61. Labant S., Kalatovičová L., Kukučka P., Weiss E., 2009, *Precision of GNSS instruments by static method comparing in real time*, ActaMontanisticaSlovaca 14(1), pp. 55-61.
62. Lane S.N., 2000, The *measurement of river channel morphology using digital photogrammetry*. Photogrammetric Record, 16 (96), pp. 937–961.
63. Lillesand T., Kiefer R., 2000, *Remote sensing and Image Interpretation*, Wiley and Sons, New York, 725 pag.
64. Lowe D., 2004, *Distinctive image features from scale-invariant keypoints*. Int. J. Comput. Vision60, pp. 91–110.
65. Manyoky M., Theiler P., Steudler D., Eisenbeiss H., 2011,*Unmanned aerial vehicle in cadastral applications*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. XXXVIII-1/C22, pp. 57–62.
66. Marzolff I., Poesen, J., 2009, *The potential of 3D gully monitoring with GIS using high-resolution aerial photography and a digital photogrammetry system*. Geomorphology, 111 (1-2), pp. 48–60.
67. Meilin H., Yuanjin P., Hongyan W., Manjian L., 2012, *Based on a single-base station RTK control survey and precision analysis*, World Automation Congress (WAC), Conference Location**:** Puerto Vallarta, Mexico.
68. Meouche R. E., Hijazi I., Poncet P. A., Mohammed A. N., Rezoug M., 2016, *UAV photogrammetry implementation to enhance land surveying, comparisons and possibilities*, Conference: 3d geo info, Volume: Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2-W2, pp. 107-114.
DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W2-107-2016
69. Molen P., Mitchell D., 2016, *Climate change, land use and land surveyors*, Survey Review, 48:347, 148-155, DOI: 10.1179/1752270615Y.0000000029
70. Morel, J., Yu, G., 2009, *ASIFT: A new framework for fully affine invariant image comparison*. SIAM J. Imaging Sci. 2, pp. 438–469.
71. Motcov A., 2017, *The role of the cadastre and land registration in the interaction with its partners,*Case Study from Moldova Bratislava, 17-18 November 2016.
72. Muntean D.M., 2012, *Cercetări privind utilizarea ortofotoplanurilor ca bază pentru introducerea cadastrului în România*. Teză de doctorat, Universitatea Transilvania din Braşov.
73. Nagai M., Shibasaki R., Manandhar D., Zhao H., 2004, *Development of Digital Surface and Feature Extraction by Integrating Laser Scanner and CCD Sensor with IMU*. ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci. XXXV-B5, pp. 655–659.
74. Nex F., Remondino F., 2014, *UAV for 3D mapping applications: a review*. Applied Geomatics, 6 (1), pp. 1–15.
75. Oniga V. E., Breaban A. I.,, Statescu F., 2018, *Control Points for Obtaining High Precision Results Based on UAS Images*, International Electronic Conference on Remote Sensing, 22 March–5 April 2018;
Available at: https://sciforum.net/conference/ecrs-2.
76. Ordonez Galan C., Rodriguez Perez J.R., Martinez Tores J., Garcia Nieto P.J., 2011, *Analysis of the influence of forestry environments on the accuracy of GPS measurements by using genetic algorithms*. Mathematical and Computer Modelling, Volume 54, Issues 7-8, pp. 1829-1834.
77. Palamariu M., Peuna E. I., Dreghici A. S., 2015, *The use of UAV's in topo-cadastral measurements,* Universitatea "1 Decembrie 1918" din Alba Iulia, RevCAD 18/2015 *http://www.uab.ro/geocad/upload/37_459_7_Palamariu_M.pdf*
78. Păunescu C., Mocanu V, Dimitriu S.G., 2006, *Sistemul global de poziţionare GPS*, Editura Universităţii din Bucureşti, 120 pag.
79. Permanent Comitte on Cadastre in the European Union (P.C.C.), 2009, *Cadastral information system, a resource for the U.E. policies.*
Avaible at: http://www.eurocadastre.org/pdf/Cadastral%20systems_III_2009.pdf

80. Przybilla H., Wester-Ebbinghaus W., 1979, *Bildflug mitferngelenkte Kleinflugzeug.* Bildmessung und Luftbildwessen 47, pp. 137–142.
81. Rehak M., Mabillard R., Skaloud J., 2013, *A micro-UAV with the capability of direct georeferencing*. ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci. XL-1/W2, pp. 317–323.
82. Remetey-Fülöpp G., 2004, *Cadastral geographic information systems in Europe.* Available at: http://www.gsdidocs.org/gsdiconf/GSDI-7/papers/NIgrf.pdf
83. Remondino F., Barazzetti L., Nex F., Scaioni M., Sarazzi D., 2011, *UAV photogrammetry for mapping and 3D modelling—current status and future perspectives*. ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci., pp. 25–31.
84. Remy M., de Macedo K., Moreira J., 2012, *The First UAV-based P- and X-band InterferometricSAR System*. IEEE, München, Germany, pp. 5041–5044.
85. Rothermel M. et al., 2012, *SURE: photogrammetric surface reconstruction from imagery*. In Proceedings LC3D workshop, Berlin (Vol. 8).
86. Rufino G., Moccia A., 2005, *Integrated VIS-NIR Hyperspectral/thermal-IR Electrooptical Payload System for a Mini-UAV*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Arlington, VA, USA, pp. 647–664.
87. Russu A., 1974, *Topografie cu elemente de geodezie şi fotogrammetrie*, Editura "CERES", Bucureşti, 512 pag.
88. Sang Min, Jae One, 2016, *Accuracy of Parcel Boundary Demarcation in Agricultural Area Using UAV-Photogrammetry, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, Volume 34, Issue 1, 2016, pp. 53-62.
DOI : 10.7848/ksgpc.2016.34.1.53
89. Seifert M., 2006, *AAA – the Contribution of the AdV in an Increasing European Spatial Data Infrastructure – The German Way*. In: Shaping the Change XXIII, FIG Congress Munich, Germany, October 8-13. Avaible at : http://www.fig.net/pub/fig2006/papers/ts59/ts59_03_seifert_0449.pdf
90. Scherer S., Singh S., Chamberlain L., Elgersma M., 2008, *Flying fast and low among obstacles: methodology and experiments*. Int. J. Robot. Res. 27, pp. 549–574.
91. Scholtz A., Kaschwich C., Kruger A., Kufieta K., Schnetter P., Wilkens C., Kruger T., Vorsmann P., 2011, *Development of a new multi-purpose UAS for scientific application*. ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci.XXXVIII-1/C22, pp. 149–154.
92. Schulz H., 2011, *The unmanned mission avionics test helicopter—a flexible and versatile VTOL-UAS experimental system*. ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci. XXXVIII-1/C22, pp. 309–314.
93. Sheilla Ayu R., 2016, *Using unmanned aircraft system images to support cadastral boundary data acquisition in Indonesia* , Phd Thesis, 86 pag.
94. Skarlatos D., Procopiou E., Stavrou G., Gregoriou M., 2013, *Accuracy assessment of minimum control points for UAV photography and georeferencing*, Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 8795:14 DOI: 10.1117/12.2028988
Available at:
https://www.researchgate.net/publication/260565124_Accuracy_assessment_of_minimum_control_points_for_UAV_photography_and_georeferencing
95. Smith M.W., Carrivick J.L., Quincey D.J., 2016, *Structure from motion photogrammetry in physical geography*. *Progress in Physical Geography*, 40 (2), pp. 247–275.
96. Snavely N., Seitz S.M., Szeliski R., 2008, *Modeling the world from internet photocollections*. Int. J. Comput. Vision 80, pp. 189–210.
97. Statens Kartverk Norwegian Mapping and Cadastre Authority, 2012, *Land administration in Norway*, Available at:
http://www.kartverket.no/globalassets/om-kartverket/centre-for-property-rights/20120816-land-administration-in-norway-accessible.pdf
98. Stoter J., Zevenbergen, J., 2001, *Changes in the Definition of Property: A Consideration for a 3D Cadastral Registration System*, FIG Working Week 2001, TS 27.
99. Tachiki Y., Yosimura T., Hasegawa H., Mita T., Sakai T., Nakamura F., 2005, *Effects of polyline simplification of dynamic GPS data under forest canopy on area and perimeter estimation*. Journal of Forest Research 10: pp. 419-427.

100. Tamaş Ş., Tereşneu C., 2010, *Concepte şi tehnici ale sistemelor de informaţii geografice*, Editura Lux Libris, Braşov, 268 pag.
101. Tămăioagă Ghe., Tămăioagă D., 2008, *Cadastrul general și Cadastrele de specialitate*, Editura Matrix Rom București, 407 pag.
102. Tonkin T.N. et al., 2014, *The potential of small unmanned aircraft systems and structure-from-motion for topographic surveys: A test of emerging integrated approaches at Cwm Idwal, North Wales*. Geomorphology, 226, pp. 35–43.
103. Tereşneu C.C., 2011, *Some aspects of accuracy of determining the coordinates points in forestry*. În Studia Universitatis "Vasile Goldiş" Arad, Seria Ştiinţe Inginereşti şi Agro-Turism, vol. 6, Issue 2, "Vasile Goldiş" University Press, Arad, pp. 7-10.
104. Tereşneu C.C., Vorovencii I., Vasilescu M.M., 2014, *Statistical study on the accuracy of determining points coordinates in mountain forests from Bran-Brasov, Romania*. In 14th SGEM Geoconference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, Conference Proceedings, Vol. 3, pp. 893-900.
105. Tereşneu C.C., Vasilescu M.M., 2015, *Testing the accuracy of the GPS locations as a pre-requisite of forest cadastre related bordering issues*. În Lucrările sesiunii ştiinţifice naţionale "Pădurea şi dezvoltarea durabilă", Editura Universităţii Transilvania din Braşov, pp. 348-355.
106. Tetracam, 2012. *MiniMCA*.
107. Triggs B. et al., 2000, *Bundle adjustment - A modern synthesis*. In: Triggs, B., Zisserman, A., Szeliski, R., (Eds). Vision Algorithms: Theory and Practice, 21-22 September 1999 Corfu. Berlin: Springer, pp. 298–372.
108. Valstad Tor, 2008, *The Cadastral System of Norway*, Stockholm, Sweden 14-19 June.
109. van Hinsberg W., Rijsdijk M., Witteveen W., 2013, *UAS for cadastral applications: testing suitability for boundary identification in urban areas*. GIM Int. 27, pp. 20– 25.
110. Vorovencii I., 2010, *Fotogrammetrie*, Editura MATRIX ROM, București 2010, 530 pag.;
111. Wallace L., Lucieer A., Watson C., Turner C., 2012, *Assessing the feasibility of UAV based LiDAR for high resolution forest change detection.* ISPRS – Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci. XXXIX-B7, pp. 499–504.
112. Wenzel K., Rothermel M., Fritsch D., 2013, *SURE–The ifp software for dense image matching.* Photogrammetric Week'13. Belin: Wichmann/VDE Verlag
113. Wester-Ebbinghaus W., 1980, *Aerial photography by radio controlled model helicopter*. Photogramm. Rec. 10, pp. 85–92.
114. Yusoff A. R., Darwin N., Majid Z., Ariff M. F. M., Idris K. M., 2018, *Comprehensive analysis of flying altitude for high resolution slope mapping using UAV technology*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-3/W4, 2018 GeoInformation For Disaster Management (Gi4DM), 18–21 March 2018, Istanbul, Turkey. pp. 583-589.
115. Zhou G., Yang J., Li X., Yang X., 2012, *Advances of flash LiDAR development onboard UAV.* ISPRS – Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci.XXXIX-B3, pp. 193–198.

SITE-URI WEB ACCESATE

116. www.agisoft.com
117. www.ancpi.ro
118. www.astronomy.ro
119. www.aviationchief.com
120. www.cadastre.md/
121. www.clima.md/public/files/Mocreac_Prezentare_cadastrul_funciar.pdf
122. www.dji.com
123. www.e-education.psu.edu
124. www.geografilia.blogspot.com
125. http://geoportaal.maaamet.ee/eng/Services/Map-Applications/Land-Information-Application-p343.html
126. http://geoportal.ancpi.ro/geoportal/catalog/main/home.page?forceLocale=ro
127. www.gim-international.com/content/news/germany-s-progress-towards-a-multi-dimensional-cadastre
128. www.gps.gov

129. www.helicam.ro
130. www.intechopen.com
131. www.leica-geosystems.com
132. www.meteoweb.eu
133. www.russianspaceweb.com
134. www.scrigroup.com/sanatate/Stereorestitutia-analogica93619.php
135. www.teamnet.ro
136. www.wikipedia.ro

LEGISLAȚIE

- *Legea nr. 7/1996, a cadastrului şi publicității imobiliare*, republicată în 2006 şi actualizată în 2011;
- *Legea 18/1991, a fondului funciar*, actualizată prin Legea nr. 169/1997;
- *Hotărârea Guvernului nr. 1210/2001*, privind *organizarea şi funcționarea Agenției Naționale de Cadastru şi Publicitate Imobiliară* cu modificările ei ulterioare;
- *Ordinul MAP nr. 534/2001* privind *probarea Normelor tehnice* pentru introducerea cadastrului general cu numeroase completări şi actualizări începute din anul 2004 şi continuate în prezent;
- *Ordinul 700/2014* privind aprobarea Regulamentului de avizare, recepție şi înscriere în evidențele de cadastru şi carte funciară;
- *HG nr. 294/2015* - aprobarea Programului national de cadastru si carte funciara 2015-2023
- *O.U.G. nr. 35/2016* privind modificarea şi completarea Legii cadastrului şi a publicității imobiliare nr. 7/1996 – modificări (Legea nr. 243/2016);
- *Ordinul 1280/2016 al ANCPI* cu privire la închiderea vechilor evidențe de cadastru și publicitate imobiliară cu privire la imobilele situate în unitatea administrativ-teritorială Crizbav, județul Brașov, ca urmare a finalizării lucrărilor sistematice de cadastru și deschiderii noilor cărți funciare
- *legea nr. 247/2005* privind reforma în domeniile proprietății şi justiției, precum şi unele măsuri adiacente;
- *legea 165/2013* privind măsurile pentru finalizarea procesului de restituire, în natură sau prin echivalent, a imobilelor preluate în mod abuziv în perioada regimului comunist în România
- *H.G. nr.890/2005* pentru aprobarea Regulamentului privind procedura de constituire, atribuțiile şi funcționarea comisiilor pentru stabilirea dreptului de proprietate privată asupra terenurilor, a modelului şi modului de atribuire a titlurilor de proprietate, precum şi punerea în posesie a proprietarilor

Rezumat

Evidenţa cadastrală a terenurilor şi a dinamicii acestora constituie o cerinţă esenţială în realizarea activităţilor socio-economice ale unei ţări. În cadrul tezei de doctorat s-a analizat modul de întocmire al ortofotoplanurilor utilizând imagini aeriena preluate cu Unmanned Aerial Vehicle (UAV) şi prelucrate cu programul Agisoft Photoscan bazat pe principiul Structurii din Mişcare (Structure from Motion-SfM). Zonele studiate fac parte din terenuri din fondul forestier (Şinca) şi din intravilanul localităţilor rurale (Crizbav). Dată fiind diversitatea situaţiilor existente la noi în ţară, au fost alese spre studiere cele mai complexe probleme datorită gradului mare de detalii din zona intravilană şi a dificultăţilor întâlnite în fondul forestier.

În ambele locaţii au fost preluate imagini cu UAV-ul DJI Phantom 4 PRO pe suprafeţe de ordinul zecilor de hectare şi s-au întocmit ortofotoplanuri cu precizia de 2,16 cm (Crizbav) şi de 8,14 cm (Şinca), acestea fiind folosite ca bază pentru întocmirea planurilor cadastrale. Ortofotoplanurile obținute au fost analize calitativ și cantitativ, fiind studiaţi factorii care influenţează precizia acestora, deformațiile observate în imaginea ortofotoplanurilor și modul cum pot fi reduse. De asemenea, au fost analizate diferenţele dintre datele obţinute prin vectorizarea ortofotoplanurilor întocmite şi datele de referinţă existente în baza de date oficială a ANCPI (Crizbav) şi baza de date GIS a Ocolului Silvic (Şinca). Rezultatele au arătat că tehnica UAV constituie o nouă oportunitate în preluarea de imagini aeriene pentru obținerea ortofotoplanurilor cu rezoluţie spaţială şi precizie ridicată, folosite ca bază la întocmirea planurilor cadastrale necesare implementării şi derulării programelor de cadastru şi carte funciară în vederea introducerii unui număr cât mai mare de imobile în baza de date digitală naţională.

Summary

Cadastral evidence of lands and their dynamic is an essential request in achieving the economic-social activities of a country. The PhD thesis analyzed the way of obtaining orthophotos using aerial images taken with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and processed with the Agisoft Photoscan software based on the principle Structure from Motion-SfM. The areas studied are part of the forestry fond (Şinca) and the build-up area of rural locality (Crizbav). Given the diversity of situations from our country, I chose to research the most complex issues due to the high degree of details from the build-up area and the difficulties encountered in the forestry fond.

In both localities images have been taken with UAVDJI Phantom 4 PRO on surfaces of tens of hectares and orthophotos have been made with an accuracy of de 2,16 cm (for Crizbav) and 8,14 cm (for Şinca), being used as foundation for making the cadastral plans. The orthophotos obtained have been analyzed from the qualitative and quantitative point of view, being studied the factors that influenced their accuracy, the deformations observed in the othophotos' image and the way they can be reduced. Also, the differences have been analyzed between the data obtained by vectorization of made orthophotos and the existent reference data from the official database of ANCPI (Land Registry Office) (Crizbav) and the database of Forestry GIS (Şinca). The results have shown that UAV techniques are a new opportunity to process aerial images in order to obtain orthophotos with space resolution and high accuracy, used as foundation for cadastral plans necessary for the implementation and performance of cadaster programs and land register for the purpose of introducing a high number of real estates in the national digital database.

CURRICULUM VITAE

1. Nume: GHIMBĂŞAN
2. Prenume: ADRIAN-COSMIN
3. Data şi locul naşterii:
4. Cetăţenie: ROMÂNĂ
5. Studii:
Universitare/postuniversitare/doctorat

Instituţia	Univ. Transilvania	Univ. Transilvania	Univ. Transilvania
Perioada:	2009-2013	2013-2015	2015-prezent
Grade sau diplome obţinute	INGINER GEODEZ	INGINER DIPLOMAT	-

6. Experienţa profesională si didactică

Funcţia	Inginer geodez	Inspector cadastru	Doctorand
Perioada	2013-2018	2018-prezent	2015-prezent
Instituţia	S.C. GEO TOP S.R.L.	OCPI Braşov	Univ. Transilvania
Locul	S.C. GEO TOP S.R.L.	OCPI Braşov	Facultatea de Silvicultură

7. Limbi străine cunoscute
ENGLEZĂ ŞI FRANCEZĂ

8. Lucrări publicate în reviste de specialitate

1. Ghimbăşan A.C., 2013a, *Aspects regarding the using of orthophotomaps in cadastral works*. Journal of Young Scientist, Vol.I, ISSN 2344 - 1283, pp. 211-216.
2. Ghimbăşan A.C., Tereşneu C.C., Vorovencii I., 2013b, *Processing LiDAR data to obtain a highly accurate digital model of the terrain*, Studia Universitatis "Vasile Goldiş" Arad, Seria Ştiinţe inginereşti şi agro-turism, vol. 8, issue 2, pp. 29-33.
3. Ghimbăşan A.C., Tereşneu C.C., Vorovencii I., 2015, *Pre-processing and post-precessing LiDAR data*, Studia Universitatis "Vasile Goldiş" Arad, Seria Ştiinţe inginereşti şi agro-turism, vol. 10, issue 1, pp. 7-14.
4. Ghimbăşan A.C., 2016, *Determinarea volumului părţii inferioare a fusului arborilor pe picior şi stivelor de lemn prin procedee specifice fotogrammetriei digitale terestre*, Revista Pădurilor, Mai-Aug. 2016, nr. 3-4, pp. 33-40.
5. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., Borz S.A., 2017, *Terrestrial photogrammetry applications in the study of different volumes located in the forest fund*, Proceedings of the Biennial International Symposium Forest and Sustainable Development, Braşov, 7-8 of October 2016, pp. 47-54.
6. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., 2017, *Situation of cadaster and land registry at european and national level*, Studia Universitatis "Vasile Goldiş" Arad, Seria Ştiinţe inginereşti şi agro-turism, vol. 12, issue 1, pp. 27-32.
7. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., 2019a, *Applying GNSS technology for the determination of ground control points used for obtaining the orthophotomaps*, Studia Universitatis "Vasile Goldiş" Arad, Seria Ştiinţe inginereşti şi agro-turism, în curs de publicare.
8. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., Căţeanu M., 2019b, *Using images acquired from a rural area with unmanned aerial vehicle in order to achieve the land and constructions cadaster*, Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering, Vol. 11 (60) No. 2 – 2019, în curs de publicare.
9. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., 2019c, *Orthophotos creation using UAV images and SfM – an option for cadaster in Romania*, Survey Review, under review.

CURRICULUM VITAE

1. Surname:
GHIMBĂŞAN
2. First name:
ADRIAN-COSMIN
3. Date and place of birth:

4. Nationality:
ROMANIAN
5. Studies:
Bachelor/Master/PhD

Institution	"Transilvania" University	"Transilvania" University	"Transilvania" University
Period: from (year) until (year)	2009-2013	2013-2015	2015-present
Degrees or Diplomas obtained	GEODETIC ENGINEER	DIPLOMATE ENGINEER	-

6. Professional and educational experience

Position	Geodetic Engineer	Cadaster Inspector	PhD-candidate
Period	2013-2018	2018-present	2015-present
Institution	S.C. GEO TOP S.R.L.	Land Registry Office of Braşov	"Transilvania" University
Place	S.C. GEO TOP S.R.L.	Land Registry Office of Braşov	Faculty of Silviculture

7. Foreign languages known
ENGLISH AND FRENCH

8. Works published in specialty magazines

1. Ghimbăşan A.C., 2013a, *Aspects regarding the using of orthophotomaps in cadastral works*. Journal of Young Scientist, Vol.I, ISSN 2344 - 1283, pp. 211-216.
2. Ghimbăşan A.C., Tereşneu C.C., Vorovencii I., 2013b, *Processing LiDAR data to obtain a highly accurate digital model of the terrain*, Studia Universitatis "Vasile Goldiş" Arad, Seria Ştiinţe inginereşti şi agro-turism, vol. 8, issue 2, pp. 29-33.
3. Ghimbăşan A.C., Tereşneu C.C., Vorovencii I., 2015, *Pre-processing and post-precessing LiDAR data*, Studia Universitatis "Vasile Goldiş" Arad, Seria Ştiinţe inginereşti şi agro-turism, vol. 10, issue 1, pp. 7-14.
4. Ghimbăşan A.C., 2016, *Determinarea volumului părţii inferioare a fusului arborilor pe picior şi stivelor de lemn prin procedee specifice fotogrammetriei digitale terestre*, Revista Pădurilor, Mai-Aug. 2016, nr. 3-4, pp. 33-40.
5. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., Borz S.A., 2017, *Terrestrial photogrammetry applications in the study of different volumes located in the forest fund*, Proceedings of the Biennial International Symposium Forest and Sustainable Development, Braşov, 7-8 of October 2016, pp. 47-54.
6. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., 2017, *Situation of cadaster and land registry at european and national level*, Studia Universitatis "Vasile Goldiş" Arad, Seria Ştiinţe inginereşti şi agro-turism, vol. 12, issue 1, pp. 27-32.
7. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., 2019a, *Applying GNSS technology for the determination of ground control points used for obtaining the orthophotomaps*, Studia Universitatis "Vasile Goldiş" Arad, Seria Ştiinţe inginereşti şi agro-turism, în curs de publicare.
8. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., Căţeanu M., 2019b, *Using images acquired from a rural area with unmanned aerial vehicle in order to achieve the land and constructions cadaster*, Bulletin of the Transilvania University of Braşov,Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering, Vol. 11 (60) No. 2 – 2019, în curs de publicare.
9. Ghimbăşan A.C., Vorovencii I., 2019c, *Orthophotos creation using UAV images and SfM – an option for cadaster in Romania*, Survey Review, under review.