



ACADEMIA OAMENILOR DE ȘTIINȚĂ DIN ROMÂNIA

Strada Ilfov, nr. 3, sector 5, 050044, București, România
Tel.+4021/314.74.91; Fax. +4021/314.75.39,
email: secretariat.aosr@gmail.com
<http://www.aosr.ro>

Competiția de proiecte de cercetare a Academiei Oamenilor de Știință din România destinată tinerilor cercetători „AOSR-TEAMS-II” EDIȚIA 2023-2024 – „Transformarea digitală în științe”

Sesiune științifică AOSR tineri cercetători etapa I – Iulie 2023

Titlul proiectului:

**Digitalizare 3D de precizie în agricultură și silvicultură, utilizând platformele UAV
și fuzionarea livrabilelor fotogrammetrice și LiDAR**

Domeniul științific propus: Științe agricole și silvice

Membrii echipei de cercetare:

Șef lucrări dr. ing. **Paul Sestraș** (Director Proiect) - Departamentul de Măsurători Terestre
și Cadastru, Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Asistent dr. ing. **Irina Todea** - Departamentul de Silvicultură, Facultatea de Silvicultură
și Cadastru, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj-Napoca



Paul SESTRAS, Șef lucrări Dr. - Departamentul de Măsurători Terestre și Cadastru, Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Informații personale: Data nașterii 07.04.1988; Naționalitate: Român; Stare civilă: Căsătorit, doi copii; E-mail: psestras@mail.utcluj.ro, paul.sestras@usamv.ro
Nr. telefon: 0742055015

Domenii de competență: Cadastru, Cartografie, Sisteme de informații geografice (GIS), Măsurători terestre, Fotogrammetrie, Teledetecție, Topografie inginerească, UAV

Google Scholar

<https://scholar.google.com/citations?user=Ysr78v4AAAAJ&hl=en&oi=ao>

Publons/WoS <https://publons.com/researcher/1779981/paul-sestras/>

Site web personal <https://paul.sestras.ro/>

Experiență profesională

- 2019-in prezent: Șef lucrări Dr. - Departamentul de Măsurători Terestre și Cadastru, Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
- 2016-2019: Asistent (perioadă determinată), Departamentul de Măsurători Terestre și Cadastru, Facultatea de Construcții, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
- 2017-2019: Asistent asociat, Departamentul de Măsurători Terestre și Științe Exacte, Facultatea de Horticultură, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj-Napoca
- 2016-Prezent: Inginer geodez, TopoCadPro SRL. Activități: măsurători topografice, prelucrare date, documentații cadastrale
- 2012-2017: Inginer geodez, EuroLT SRL, GATS TopCAD SRL, CG100 SRL. Activități: măsurători topografice, prelucrare date, documentații cadastrale

Teza de doctorat

- 2014-2019: Doctorand, Facultatea de Îmbunătățiri Funciare și Ingineria Mediului, Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară din București
- Teză susținută public, UASVM București, 15 martie 2019; calificativ: 'Excelent', distincție: '*Summa Cum Laude*'. Titlul tezei: **Metode geodezotopografice, tehnologia GIS și scanări UAV utilizate pentru evaluarea alunecărilor de teren în Dealurile Clujului și Dealul Feleacului**. Titlul de 'doctor' obținut în baza Ordinului de Ministru nr. 4193 din 29.05.2019
- Conducător de doctorat: Prof. univ. dr. h.c. mult. Sorin Mihai CÎMPEANU

Educație

- Mobilitate Erasmus (mobilitate de studiu, doctorand; sept.-dec. 2016). Universitatea Agricolă din Atena
- Masterat, specializarea 'Geomatică'. Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Geografie.
- Masterat, specializarea 'Proiectarea, amenajarea și întreținerea spațiilor verzi'. Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj-Napoca
- Departamentul pentru Pregătirea Personalului Didactic, Certificat de absolvire nivel 1 și nivel 2. Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj-Napoca, Departamentul de Pedagogie
- Măsurători terestre și cadastru (program de studii de licență; titlul obținut: 'Inginer' în domeniul 'Inginerie geodezică'). Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Cluj-Napoca
- Inginerie civilă (în limba engleză) (program de studii de licență; titlul obținut: 'Inginer' în domeniul 'Inginerie civilă'). Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Facultatea de Construcții
- Liceu, profilul 'Real', Matematică - Informatică: bilingv, română-engleză. Liceul Teoretic 'Gheorghe Șincai' Cluj-Napoca.

Proiecte

- **Director de proiect** UEFISCDI - Proiecte de cercetare postdoctorală (PD), competiția PD2021, proiect câștigat/finanțat aflat în implementare. **PN-III-P1-1.1-PD-2021-0145** cu titlul **Sistem UAV Hibrid LiDAR și Fotogrammetrie pentru Fuziunea Datelor în Construcții și Monitorizarea Terenurilor**. Proiectul în domeniul Științe Inginerești, punctaj 91.4 (al treilea cel mai mare punctaj din competiție).
- **Membru echipa** UEFISCDI - Proiecte de cercetare pentru stimularea tinerelor echipe independente (TE), competiția TE2021, proiect câștigat/finanțat aflat în implementare. **PN-III-P1-1.1-TE-2021-1185** cu titlul **Testarea de diferite echipamente UAS și integrare de senzori pentru obținerea produselor cadastrale și fotogrammetrice de înaltă precizie**. Proiect în domeniul Științe Inginerești
- EAC-A02-2019 EUt+ Project. European University of Technology (<https://www.univ-tech.eu/>); Project member, position within the project - Education Expert, assigned to WP8: Sustainability and Dissemination, and T8.6: Policies for Open Science
- Cercetător post doctoral (01.10.2022-30.09.2023) la Școala doctorală Ingineria și Managementul Resurselor Vegetale și Animale din cadrul USAMV București; Proiect „Program pentru creșterea performanței și inovării în cercetarea doctorală și postdoctorală de excelență” – PROINVENT POCU/993/6/13/„Sprijin pentru doctoranzi și cercetători post-doctorat”, finanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Capital Uman; Titlul proiectului de cercetare: **Analiza impactului schimbarilor utilizarii terenurilor asupra eroziunii solului folosind modelul IntErO – studiu de caz în bazine hidrografice din Romania**
- + alte proiect interne cu terti

Publicații

- **20 ISI Web of Science publicații cu factor de impact (6xQ1, 9xQ2, 5xQ3/Q4; 7 ISI WoS articole ca prim autor)**
- 6 ISI Web of Science publicații fără factor de impact (4 ISI Proceedings, 2 ESCI)
- 15 BDI publicații
- 23 participări la conferințe internaționale
- 2 cărți (1 autor principal/singur; 1 coautor)
- **H-index - Web of Science: 9; Scopus: 10; Google Scholar: 13**

Awards, Distinctions

- 9 premii pentru rezultatele cercetării bazate pe articolele din Q1 și Q2:
- PN-III-P1-1.1-PRECISI-2019-37726, PN-III-P1-1.1-PRECISI-2020-47871, PN-III-P1-1.1-PRECISI-2020-50017, PN-III-P1-1.1-PRECISI-2020-50019, PN-III-P1-1.1-PRECISI-2020-51208, PN-III-P1-1.1-PRECISI-2020-51435, PN-III-P1-1.1-PRECISI-2021-53343, PN-III-P1-1.1-PRECISI-2021-53697, PN-III-P1-1.1-PRECISI-2021-53847
- GEA International (Geo Eco-Eco Agro) Conference 28-31 May 2020, Montenegro. **Presentation Award (The Best Oral Presentation)**, Paul Sestras: **The Use of UAV Systems in Cadastral Surveying and Technical Documentations**

Activitatea editorială

- **Editor-in-Chief**, jurnalul **Nova Geodesia** (<https://novageodesia.ro/index.php/ng>)
- Membru al comitetului editorial, jurnalul Agriculture and Forestry (<http://www.agricultforest.ac.me/>), indexat în baze de date academice de prestigiu (inclusiv Scopus)
- Membru în Topical Advisory Panel, jurnalul **Forests** (Q1)
- Membru în comitetul de recenzori, jurnalele **Forests** (Q1), **Agriculture** (Q1), **Geosciences** (ESCI)
- Recenzor pentru diverse jurnale de prestigiu, cu peste 175 de recenzii (cu recunoaștere **Publons**)
- Editor sau Guest Editor pentru diverse jurnale de prestigiu, cu peste 25 de “verified editor records” **Publons**
- **Guest Editor**, ediție specială “**GIS Methods, Models and Applications in Interdisciplinary Studies**” a jurnalului **Applied Sciences** IF 2.838 (Q2) în categoriile ‘Physics, Applied’ și ‘Engineering, Multidisciplinary’

- **Guest Editor**, ediție specială "[Modern Geospatial Data Acquisition, Tools and Applications in Interdisciplinary Research](#)" a jurnalului [Applied Sciences](#) IF 2.838 (Q2) în categoriile 'Physics, Applied' și 'Engineering, Multidisciplinary'
- **Guest Editor** în ediția specială "[Data Acquisition, Methods and Techniques Applied in Sustainable Forest Management and Hazard Mapping](#)" a jurnalului [Forests](#) IF 3.282 (Q1) în categoria 'Forestry'
- **Guest Editor**, ediție specială "[Geosciences and Data Acquisition for Civil Applications: Current Practices and Future Challenges](#)" a jurnalului [Frontiers in Built Environment](#) indexat în WoS ESCI

Recenzor pentru reviste științifice

Remote Sensing (Q1), ISPRS International Journal of Geo-Information (Q2), Water (Q2), Applied Sciences (Q2), Forests (Q1), Land (Q2), Sustainability (Q2), Forest and Society (ESCI), Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca (Q3), Agriculture (Q2), Scientific African (ESCI), Geosciences (ESCI), Sensors (Q1), Applied Geography (Q1), Entropy (Q2), Journal of Marine Science and Engineering (Q2), Mathematics (Q1), Notulae Scientia Biologicae, Processes (Q3), Buildings (Q2), Drones (Q2), Energies (Q3), Environmental Engineering and Management Journal (Q4), Environments (ESCI), European Journal of Remote Sensing (Q2), Frontiers in Built Environment (ESCI), International Journal of Environmental Research and Public Health (Q1), Oriental Journal of Chemistry (ESCI)

Asociații profesionale

- IAG - International Association of Geodesy of the International Union of Geodesy and Geophysics, membership number 577 (<http://www.iag-aig.org/>)
- FIG - International Federation of Surveyors
- Uniunea Geodezilor din România – UGR (<http://www.ugr.ro/>)
- Societatea de Măsurători Terestre și Cadastru din Transilvania ([SMTCT](#))
- Societatea de Horticultură și Silvicultură din Transilvania (<https://www.shst.ro/>)
- Membru al Centrului de Cercetare "Hazard și Riscuri Geografice", Facultatea de Geografie, Universitatea Babeș-Bolyai ([CCHRG](#))

Competențe și aptitudini informatice

- Competențe de comunicare: abilități organizatorice, manageriale și de comunicare dobândite pe parcursul experienței educaționale și profesionale: bune abilități de comunicare dobândite prin activitatea și experiența proprie
- ANCPI (Agenția Națională de Cadastru și Publicitate Imobiliară) Măsurător autorizat, categoria B, seria și numărul de autorizare RO-CJ-F NR. 0155. Stabilite sau participat la peste 500 de documentații cadastrale și tehnice
- Competențe dobândite la locul de muncă: competențe dobândite în cadrul locurilor de muncă, în ansamblul activităților din domeniul măsurătorilor topografice și geodezice, prelucrării datelor topografice și întocmirii documentațiilor cadastrale, a planurilor topografice și tehnice.
- Competențe informatice: o bună cunoaștere a programelor informatice AutoCAD, Agisoft Metashape, ESRI ArcGIS, Revit Architecture, Global Mapper, Raster Design, TopoLT, ProfLT, TopoGraph, Surfer, Microsoft Office.
- Alte competențe: rețea în societăți și asociații științifice și profesionale, activitate editorială și publicații indexate în baze de date academice; permis de conducere categoria B

Limbi străine

- Engleză (înțelegere C2; vorbire C2; scriere C2), franceză (înțelegere A2; vorbire A2; scriere A2)

Adrese și linkuri baze de date științifice

- Scopus Author ID: [56946780100](#)
- ORCID: [0000-0002-8554-0924](#)
- Researcher ID: [E-1357-2019](#)
- Google Scholar: [Paul Sestras](#)

Cuvinte cheie

Algoritmi de digitalizare, generarea computerizată, digitalizarea terenurilor, drone, senzori de măsurare, modele 3D, nori de puncte, agricultură și silvicultură de precizie, geomatică, măsurători terestre

Obiective, cu indicarea importanței acestora

Creșterea continuă a populației Globului, schimbările climatice și fenomenele naturale extreme, procesele de eroziune și degradare a solului, pericolul crizelor alimentare și sociale etc. sunt factori extrem de importanți pe care trebuie să-i aibă în vedere factorii de decizie, politici și administrativi, precum și oamenii de știință, pentru a asigura populației resursele alimentare și condițiile de trai necesare pentru generația actuală și pentru cele următoare (López *et al.*, 2021; Radoglou-Grammatikis *et al.*, 2020). În acest scop, agricultura trebuie să-și recâștige poziția și rolul primordial, ancestral, în societatea actuală, numită ‘modernă’, respectiv de activitate de bază care asigură hrana celor opt miliarde de oameni de pe Terra, în condițiile în care prin această activitate să fie protejată natura și totodată să se desfășoare pe baza principiilor de sustenabilitate, care să asigure perpetuarea resurselor de viață și a biodiversității pentru generațiile viitoare. Evoluția cunoașterii, a științei și tehnologiei, odată cu evoluția societății și a omului modern, oferă posibilitatea realizării acestor deziderate. Însă agricultura și silvicultura pot genera resursele necesare pentru a asigura hrana și standardele de viață dorite de societatea umană actuală și viitoare doar în condițiile unor remodelări ale concepțiilor, metodologiilor și tehnicilor de utilizare și valorificare ale terenurilor agricole, pădurilor și biodiversității acestora (Gómez-Candón *et al.*, 2014). În acest scop, monitorizarea suprafețelor agricole și forestiere, a fenomenelor de eroziune și degradare a solurilor, alunecări de teren și alte fenomene naturale cu consecințe nefavorabile asupra producțiilor agricole și mediului înconjurător, reprezintă o primă condiție în cunoașterea situațiilor existente pe teren (Comba *et al.*, 2018). Doar prin identificarea și cunoașterea exhaustivă a condițiilor și posibilităților de elaborare de noi strategii și aplicare a unor tehnologii adecvate de cultură se pot asigura ulterior producții sustenabile, o calitate adecvată a producțiilor agricole și se poate proteja mediul ambiant și înfrumuseța condițiile de viață (Aslan *et al.*, 2022).

Utilizarea tehnologiilor moderne în agricultură pentru a îndeplini toate aceste deziderate servește scopului agriculturii și silviculturii de precizie. Întrucât cu ajutorul vehiculelor aeriene fără pilot (UAV) se pot obține cu ușurință date în timp real, acestea au un potențial mare de abordare și optimizare a soluțiilor la problemele cu care se confruntă agricultura, horticultura și silvicultura. În ciuda unor limitări datorită echipamentelor actuale (acumulatori, sarcina etc.), sau condițiilor meteorologice uneori nefavorabile zborurilor, se preconizează că UAV-urile vor fi tot mai mult utilizate în agricultură în viitor, datorită utilității excepționale a informațiilor pe care le furnizează și multiplelor aplicații ale acestora (Delavarpour *et al.*, 2021). Pentru sporirea eficienței oferită de UAV-uri, este necesară o gestionare și o organizare adecvată a datelor, bazată pe sisteme de poziționare globală (GPS) și analiză spațială folosind sisteme de informații geografice (GIS). Agricultura de precizie (AP) este un concept agricol modern, bazat pe noi tehnologii, instrumente și dispozitive informatice, care vizează îmbunătățirea și optimizarea proceselor de producție agricolă prin monitorizarea culturilor, calibrarea inputurilor și a operațiunilor. Beneficiile provin din creșterea calitativă și cantitativă a producției agricole și din reducerea impactului asupra mediului. Necesarul tot mai mare de alimente la nivel mondial, necesită dezvoltarea unor sisteme de înaltă performanță, promovarea unei agriculturi de înaltă productivitate și durabilă, ceea ce implică introducerea de noi tehnologii în activitățile de monitorizare legate de control și de luare a deciziilor.

Tehnologiile emergente pot oferi un potențial semnificativ în aplicațiile de agricultură și silvicultură inteligentă și de precizie, permițând achiziționarea de date de mediu în timp real. Dispozitivele UAV pot fi exploatate într-o varietate de aplicații legate de gestionarea culturilor, prin captarea de imagini cu rezoluție spațială și temporală ridicată. Se așteaptă ca aceste tehnologii să

revoluționeze agricultura, permițând luarea deciziilor în timp scurt (ex., uneori zile în loc de săptămâni), asigurând o reducere semnificativă a costurilor de producție și totodată creșterea randamentului. Aceste tehnologii oferă eficiență și inputuri agricole semnificative, susținând cei patru piloni ai agriculturii de precizie, respectiv aplicarea practicilor potrivite, la locul potrivit, la momentul potrivit și în cantitatea potrivită.

Silvicultura de precizie reprezintă o nouă direcție pentru o mai bună gestionare a pădurilor. Silvicultura de precizie utilizează tehnologia informației și instrumente analitice pentru a sprijini deciziile economice, de mediu și durabile; utilizarea instrumentelor informaționale geospațiale permite efectuarea de măsurători, acțiuni și procese pentru gestionarea eficientă a suprafețelor forestiere și recoltarea producției lemnoase din arborete, permițând în același timp crearea de legături informaționale între producție și lanțul de aprovizionare cu lemn, inclusiv între administratorii de resurse și comunitățile din mediile de interes (Hassaan *et al.*, 2016). Măsurătorile privind înălțimea arborilor reprezintă un atribut important al arborilor în scopul calculării creșterilor, volumului și biomasei arborilor, care, la rândul lor, furnizează informații ecologice și economice importante pentru factorii de decizie (Krause *et al.*, 2019). Înălțimea arborilor a fost măsurată în mod tradițional, individual, pe teren, prin metode clasice și bine cunoscute. Odată cu progresele recente în tehnologiile de teledetecție cu vehicule aeriene fără pilot (UAV), posibilitatea de a înregistra înălțimea exactă a arborilor în mod semiautomat a devenit o realitate. Măsurătorile fotogrammetrice UAV ale înălțimii arborilor și cantitatea de biomasă reprezintă o opțiune viabilă pentru parcelele de monitorizare intensivă a pădurilor (Puliti *et al.*, 2020). Caracteristicile geometrice ale arborilor și arboretelor, cum sunt suprafața superioară a coronamentului, înălțimea arborilor și volumul coroanei, oferă informații utile pentru a elucida starea arboretelor și pentru elaborarea și aplicarea unui management sustenabil al pădurilor. Aceste aspecte sunt aplicabile și în cadrul plantațiilor agricole, particularitățile livezilor, pomilor fructiferi, arbuștilor fructiferi, viță de vie etc. și monitorizarea acestora oferind informații deosebit de utile referitoare la creșterea plantelor și capacității lor productive, la starea lor de vegetație și la cea fitosanitară.

Încorporarea de tehnologii avansate în platformele vehiculelor aeriene fără pilot (UAV) a permis numeroase aplicații practice în agricultura de precizie (AP) a ultimului deceniu (Chang *et al.*, 2017). Aceste instrumente de AP oferă capacități care sporesc productivitatea agricolă și eficiența inputurilor și minimizează simultan costurile operaționale. Tehnicile de teledetecție sunt utilizate ca parte a practicilor AP pentru monitorizarea culturilor și a solului. Aceste tehnici au fost îmbunătățite recent prin reducerea prețului senzorilor (RGB, multispectrali, hiperspectrali, termici). Dezvoltarea și modernizarea vehiculelor aeriene fără pilot (UAV) joacă, de asemenea, un rol esențial în monitorizarea AP (Popescu *et al.*, 2020). Rezultatul calculelor bazate pe mai multe surse de informații se concretizează frecvent în realizarea hărților ortomosaice, indici de vegetație sau nori de puncte. Informații suplimentare privind culturile pot fi furnizate de modelarea recentă a norului de puncte tridimensional (3D). Norul de puncte este un set mare de date de puncte, denumit sistem de coordonate 3D, care reprezintă puncte de pe suprafața exterioară a obiectelor vizibile, unde se reflectă lumina. Datele pentru modelarea 3D a culturilor pot fi furnizate direct de către scanerele cu laser (cum sunt sistemele de detectare a luminii și de măsurare a distanței - LiDAR) sau derivate din imaginile multispectrale și termice prin fotogrammetrie și algoritmi de viziune computerizată, de exemplu Structure from Motion (SfM). O precizie mare a informațiilor va contribui la o bună susținere a rezultatelor care se vor putea obține în agricultură și silvicultură, prin: (1) monitorizarea terenurilor în vederea depistării eroziunii solurilor și alunecărilor de teren, în vederea implementării de soluții privind îmbunătățirile funciare; (2) cartografierea precisă a terenurilor și generarea de modele 3D care vor contribui la buna gestionare și bonitare a terenurilor; (3) cartografierea de precizie a vegetației și a biomasei arboretelor, cu aplicații diverse în silvicultura de precizie; (4) topografia și cadastrul agricol/silvic.

Cercetările anterioare ale directorului de proiect (DP) s-au axat pe dezvoltarea unor analize spațiale GIS și a unor hărți de risc în vederea identificării zonelor și a punctelor sensibile la eroziune și alunecări de teren. Cercetările efectuate, inclusiv investigațiile bibliografice și acumularea unui fond

bibliografic adecvat, pe baza altor studii legate de apariția alunecărilor de teren în zona Dealurilor Clujului (Kerekes *et al.* 2018, 2020), au făcut parte dintr-un deziderat amplu de monitorizare a anumitor hotspot-uri de mare importanță pentru zona Clujului și municipalitate, de mare interes social, datorită posibilelor riscuri cu un potențial impact economic și chiar decese. Astfel, mai multe hotspot-uri alese au fost monitorizate prin intermediul măsurătorilor geodezice și topografice cu instrumente precum sistemele GNSS și stațiile totale, însoțite de ridicări în zbor cu UAV-uri și tehnici geomatice pentru a evalua arealele susceptibile la eroziuni și alunecări de teren. Prin combinarea celor două metode, rezultatele obținute au fost cuprinzătoare și au oferit o mai bună înțelegere a mișcărilor și deplasărilor complexe prezente în eroziunea și alunecările de teren monitorizate, fiind valorificate prin publicații de impact (Sestras *et al.*, 2021). Cu toate acestea, metodologiile propuse de către DP au prezentat anumite constrângeri și limitări, astfel încât soluțiile inovatoare sunt imperative pentru îmbunătățirea unor măsurători complexe și obținerea unor informații extrem de relevante și utile.

Eroziunea solului are consecințe deosebit de negative pentru agricultură, fiind un procesul natural cauzat de activitatea dinamică a agenților de eroziune, respectiv apa, gheața (ghețarii), zăpada, aerul (vântul), plantele și animalele, la care se adaugă factorul antropic. Alunecările de teren reprezintă un risc la nivel mondial care reprezintă 9% din dezastrele mondiale (Galli *et al.* 2008), acestea fiind definite ca mișcări ale solului, resturi și roci sub influența gravitației, care au cea mai mare incidență în zonele de deal și de munte (Cruden *et al.*, 1996). Măsurătorile precise ale deplasărilor verticale și orizontale ale pământului îmbunătățesc înțelegerea mecanismelor de alunecări de teren responsabile de dinamica alunecărilor și sunt cruciale pentru predicția mișcărilor viitoare precum și pentru elaborarea și aplicarea unor măsuri de prevenire eficiente. Există numeroase cercetări și metodologii privind instrumentele și tehnologiile utilizate în monitorizarea alunecărilor de teren, de la aparatura geodezico-topografică tradițională (stații totale, sisteme GNSS, scanere laser terestre), până la soluții moderne: fotogrammetrie UAV (vehicule aeriene fără pilot), sau LiDAR ('light detection and ranging'), InSAR, senzori și aplicații geomatice (Peduto *et al.*, 2021). Soluțiile terestre, cum sunt instrumentele geodezico-topografice menționate, au o acuratețe precisă și pot produce observații precise cu privire la posibile deplasări și mișcări de suprafață. Dezavantajul preciziei milimetrice care poate rezulta pe baza reperelor topografice, constă într-o muncă manuală intensă și consumatoare de timp, cu o acoperire spațială redusă, care oferă cu precizie anumite deplasări, în detrimentul unei reprezentări limitate a suprafeței Pământului (Sestras *et al.*, 2021). O tehnologie emergentă importantă o reprezintă UAV-urile, numite în mod obișnuit drone, care oferă un ajutor indispensabil, eficiență în ceea ce privește viteza și precizia, precum și economii de costuri în locații inaccesibile sau greu de navigat. UAV-urile sunt în ascensiune în rândul multor industrii și au devenit foarte populare. În topografie și inginerie se consideră că acestea reprezintă un mare salt calitativ în tehnologie (Devoto *et al.*, 2020). În ultimul deceniu, există numeroase studii referitoare la monitorizarea alunecărilor de teren cu ajutorul UAV-urilor, acestea folosindu-se pentru a colecta imagini de înaltă rezoluție, utilizate în tehnici complexe de fotogrammetrie și geomatică (Solazzo *et al.*, 2018). Mai multe studii au demonstrat utilitatea și fiabilitatea software-ului Structure from Motion (SfM), care este o tehnică de procesare a imaginilor bazată pe calcul care permite reconstrucția unei suprafețe fotografiate. Incorporate cu plasarea unor puncte de control la sol (GCP) cu coordonate cunoscute sau măsurate, rezultatele obținute, georeferențiate, permit monitorizarea caracteristicilor de suprafață și analiza deplasărilor. Dezavantajele fotogrammetriei sunt dependența de o lumină optimă și de o textură suficientă, împreună cu imposibilitatea de a capta sau de a penetra structuri și vegetație (Glira *et al.*, 2019). Reconstrucția fotogrammetrică dobândește punctele de la suprafața cea mai de sus, iar în cazul monitorizării alunecărilor de teren și a ridicării terenurilor, în general, vegetația este prezentă în aproape toate scenariile, astfel că limitează sau exclude utilizarea unei astfel de tehnici.

LiDAR este o tehnologie dezvoltată în ultimele decenii, dar abia recent disponibilă la o dimensiune și o putere fezabilă pentru a fi transportată pe drone mari, precum și la prețuri accesibile (Bandini *et al.*, 2020). Trimițând impulsuri de lumină laser și măsurând timpul exact necesar pentru ca aceste impulsuri să se întoarcă pe măsură ce ricoșează de pe sol, senzorul LiDAR este considerat de mulți

ca fiind următorul pas în ceea ce privește ridicarea eficienței și preciziei a terenurilor, cu multe avantaje în raport cu tehnicile clasice bazate pe teren. Există numeroase studii legate de modelele digitale ale terenului (DTM), modelele digitale de suprafață (DSM) sau modelele digitale de elevație (DEM) derivate din LiDAR, care au permis evaluarea comportamentului evolutiv al instabilității versanților, interpretări geomorfice și monitorizarea alunecărilor de teren (Pirasteh și Li, 2017), precum și încorporări în diferite domenii, cum sunt: inginerie civilă, geomorfologie, patrimoniu cultural, ecologie, mediu etc. Având în vedere toate progresele tehnologice, împreună cu nevoia imperativă de noi abordări privind dezvoltarea unor studii și monitorizări moderne ale terenurilor, proiectul își propune să genereze cunoștințe esențiale în domeniu, precum și să stabilească o abordare nouă în ceea ce privește fuziunea datelor UAV LiDAR și fotogrammetrice, care să completeze avantajele și să compenseze dezavantajele fiecăruia.

Noutatea proiectului propus constă în interdisciplinaritatea datelor și cunoștințelor, precum și în combinarea pragmatică și armonioasă a unor abordări din diferite domenii cu scopul de a asigura generarea unui nor de puncte de mare precizie, cu ramificații și implementări ulterioare. Atât datele LiDAR, cât și datele fotogrammetrice au fost utilizate pe scară largă în ultimii ani pentru a obține reconstrucția 3D a suprafeței Pământului, a obiectelor naturale sau a infrastructurii (Carey *et al.*, 2019). Deși ambele tehnici se bazează pe principii de reconstrucție diferite (măsurare polară vs. triangulație de raze), ambele au furnizat rezultate excepționale (Glira *et al.*, 2019; Cramer *et al.*, 2018). Având în vedere avantajele, dezavantajele și limitările fiecărui senzor și ale fiecărei tehnici, au existat mai multe încercări de a fuziona cele două seturi de date, pentru a obține o soluție completă și o fuziune a norilor de puncte. Proiectul prezentat are ca scop fuziunea dintre norii de puncte LiDAR și fotogrammetrie pe baza diferitelor caracteristici prezente pe teren. Inițierea acestei metodologii s-a bazat pe aplicațiile LiDAR specifice arheologiei, dezvoltate de Ștular *et al.* (2021) și Pingel *et al.* (2015). În toate domeniile legate de geotehnică, datele derivate din LiDAR și fotogrammetrie sunt utilizate pentru a genera DSM-uri, DTM-uri și DEM-uri, care sunt utilizate ulterior în fiecare domeniu specific în diverse analize spațiale. Fiecare metodă a dezvoltat instrumente hardware și software pentru generarea norilor de puncte din LiDAR și pentru potrivirea imaginilor, iar până de curând ambele abordări au fost considerate ca fiind tehnici concurente, eforturile de cercetare concentrându-se pe îmbunătățirea individuală a senzorilor și a algoritmilor (Glira *et al.*, 2019). Senzorii LiDAR utilizează principiul de măsurare polară și sunt avantajoși ori de câte ori aspectul obiectului se modifică rapid atunci când este văzut din poziții diferite. Procesul de reconstrucție fotogrammetrică oferă informații 3D pentru fiecare pixel al imaginii la o calitate considerabilă dacă există o suprapunere suficientă a imaginii și o textură suficientă, cu o scădere a acurateții în zonele cu textură scăzută sau în zonele umbrite. Principalele diferențe geometrice dintre cei doi senzori provin din capacitatea fasciculului lidar de a penetra stratul de vegetație. Fotogrammetria poate capta doar suprafața tuturor structurilor de pe teren, astfel că datele derivate pot obține DSM-uri. Datele LiDAR, cu capacitatea de a penetra stratul de vegetație, pot genera atât DSM-uri (caracteristicile naturale și construite ale mediului), cât și DTM-uri (terenul natural) pe parcursul clasificării. În aplicațiile LiDAR în arheologie, termenul DFM (*'Digital feature model'*) a fost adoptat pentru a se referi la terenul natural cu elementele semnificative construite de om, care sunt șterse în mod intenționat de alte tehnici de procesare LiDAR. Prin urmare, considerăm DFM ca fiind un subtip de DEM, care încorporează caracteristici de microrelief și structuri antropice. Noutatea metodologică propusă în acest proiect constă în dezvoltarea DFM-urilor bazate pe achiziția de date hibride, însă în loc de crearea unui pachet de nori de puncte între cele două seturi de date, se propune selectarea anumitor elemente din fiecare senzor. Astfel, DTM va fi obținut din LiDAR în zonele naturale cu vegetație, cu o precizie verticală preconizată (în funcție de marca senzorului, IMU etc.), de aproximativ 5-10 cm. DSM-ul elementelor de vegetație mare sau antropice va fi obținut din procesul SfM. În zonele cu o textură bună și o distanță mică de eșantionare GSD, precizia verticală preconizată poate fi mai mare decât cea a LiDAR, respectiv <5 cm (Westoby *et al.*, 2012; Fonstad *et al.*, 2013).

Metodologie, cu indicarea gradului de originalitate

Pe baza ipotezelor menționate în secțiunea anterioară, prezentul proiect își propune să exploreze, să evalueze și să inoveze achiziția de date și să consolideze nevoia de studii calitative, eficiente și precise ale modelării 3D a terenurilor în vederea monitorizării eroziunilor și riscurilor de alunecare de teren, precum și să sprijine procesul de modelare a norilor de puncte în agricultura și silvicultura de precizie. Având în vedere că agricultura este una dintre cele mai mari ramuri ale economiei, care trebuie susținută peremptoriu pentru că asigură resursele necesare omenirii, și măsurătorile topografice trebuie să evolueze pentru a o putea susține. Modelul DFM propus poate fi adaptat cu ușurință pentru a genera produse livrabile, cum ar fi curbe de nivel, profilele de teren și altitudinile detaliilor topografice. Deoarece o gestionare a terenurilor nu poate fi realizată fără planuri topografice actualizate, implementarea proiectului ar asigura și o conexiune benefică între topografi și inginerii agricoli și silvici.

Proiectul este alcătuit din patru pachete de lucru (PL), fiecare fiind considerat un obiectiv intermediar cheie (Figura 1). Acestea sunt descrise în detaliu în Tabelul 1, inclusiv metodele de cercetare în raport cu cele mai noi abordări din domeniu, precum și planul de lucru (Tabelele 3, 4 și 5 din secțiunea nr. 5). Obiectivele specifice, cuplate cu cunoștințele actuale, și elementele corespunzătoare de originalitate și inovații sunt prezentate în Tabelul 1.

Tabelul 1. Cunoștințe generale vs. elemente de originalitate și inovare

Obiectiv specific I. Realizarea DFM cu achiziția hibridă de date și fuziunea norilor de puncte cu caracteristici și avantaje diferite

Cunoștințe generale. După cum s-a menționat, ingineria topografică se ocupă cu reprezentarea suprafeței Pământului, folosind diferite metode și instrumente în funcție de preciziile impuse în proiect, tipul de topografie, configurația terenului etc. În acest prim obiectiv, potențialul datelor hibride obținute prin LiDAR UAV și fotogrammetrie este explorat prin dezvoltarea unei noi abordări și metodologii de fuziune a caracteristicilor selectate între norii de puncte derivați din senzori. Până în prezent, au fost realizate diferite studii privind posibilitatea fuzionării acestor tehnologii (ex. Glira *et al.*, 2019), fiind dezvoltată o orientare hibridă a norilor de puncte LiDAR și a imaginilor aeriene pentru a optimiza discrepanțele mari, de până la câțiva decimetri, dintre alinierea benzii LiDAR și triangulația aeriană. Rezultatele obținute de Cramer *et al.* (2018) au evidențiat precizia ultra-înaltă a potrivirii combinate a LiDAR pe bază de UAV și a imaginilor dense. Fuziunea lor de date atinge acuratețea impusă la nivel de centimetru în spațiul obiectului, ceea ce până acum doar geodezia inginerească putea îndeplini sarcina aspirată. Algoritmul Iterative Closest Point (ICP) și metodele de viziune computerizată pentru fuzionarea a doi nori de puncte, au oferit rezultate care au demonstrat că golurile din norii de puncte fotogrammetrice pot fi completate cu date LiDAR după procesul de fuziune a datelor (Doumit, 2020).

Elemente de originalitate și inovare. Deși au existat și alte încercări de fuziune a datelor, originalitatea proiectului și obiectivului specific propus, constau în implementarea modelului DFM din anumite aplicații LiDAR arheologice. Pingel *et al.* (2015) și Ștular *et al.* (2021) au prezentat funcționalitatea DFM ca un subtip de DEM, datorită importanței reprezentării atât a terenului, cât și a structurilor antropice. Aceste solicitări exacte sunt obligatorii și în cazul monitorizării studiilor și construcțiilor. Ca urmare, prin adaptarea modelului DFM și a caracteristicii selectate (pe baza avantajelor/dezavantajelor fiecărui senzor) din cei doi nori de puncte, care reprezintă scopul nostru final, considerăm că se pot face pași importanți în direcția unei maturități și noutăți metodologice în domeniu.

Obiectivul specific II. Analiza preciziei norului de puncte și a DFM-ului general

Cunoștințe generale. Din punct de vedere al preciziei, nu toate studiile cu drona sunt egale în ceea ce privește acuratețea; cu toate acestea, dacă se folosește o dronă profesională echipată cu senzori specializați, rezultatele pot fi spectaculoase. În ultimul deceniu, au fost realizate mai multe studii privind precizia metodelor de topografie cu drone. Kršák *et al.* (2016) au analizat acuratețea DEM-urilor derivate din UAV SfM și au obținut criteriile de acuratețe dorite și un interval ΔH de 5-10 cm (studiu de caz real; mediu necontrolat/optimal). Oniga *et al.* (2020) au obținut rezultate similare, concluzionând asupra numeroaselor aspecte care influențează acuratețea DEM-urilor. Cercetări LiDAR privind precizia verticală a modelului reconstruit au fost efectuate în ultimii ani (You și Lee, 2020). Luo *et al.* (2019) au prezentat rezultate de 3-5 cm de precizie a elevației în medii controlate și optime, în timp ce Akturk și Altunel (2020) au obținut o precizie a elevației de ≈ 10 cm în implementări pe terenuri autentice.

Elemente de originalitate și inovare. Originalitatea obiectivului propus constă într-o nouă abordare DFM și a metodologiei preconizată de fuziune a datelor cu caracteristici selectate, după cum s-a precizat anterior. Evaluarea acurateței modelului DFM va fi testată pe baza principiilor și metodologiilor prezentate de Pinton *et al.* (2020) pentru datele LiDAR și Oniga *et al.* (2020) pentru datele SfM. Pe baza rezultatelor și cunoștințelor științifice actuale, precum și pe baza instrumentarului logistic dorit (prezentat în continuare în secțiunea C3), rezultatele așteptate vor consta într-o precizie verticală de 5-10 cm pentru datele LiDAR (în funcție de parametrii de zbor, de software-ul de postprocesare, de senzorul și de configurația terenului). În cazul SfM, distanța de eșantionare spațială la sol (GSD) preconizată va fi < 1 cm, pe baza camerei dorite (DJI P1), a obiectivelor de 35 mm și a unei înălțimi de zbor de 50 m. Astfel, deși este imposibil de prezis cu exactitate precizia verticală care poate fi obținută din cauza numărului mare de variabile în fotogrammetrie, estimăm o valoare cuprinsă între 2-5 cm. După cum au concluzionat Westoby *et al.* (2012) și Fonstad *et al.* (2013), SfM în condiții optime este mai precisă decât datele LiDAR.

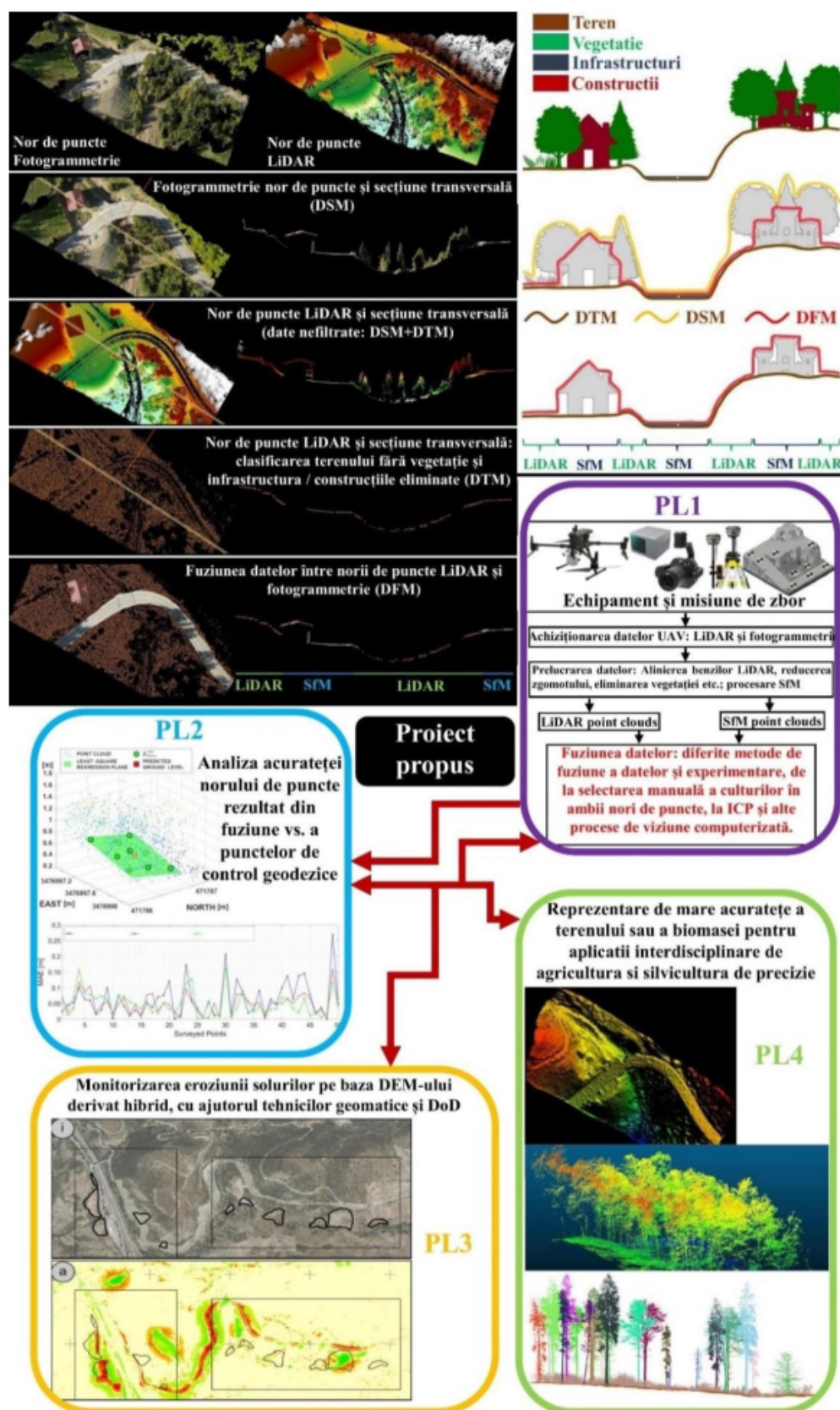


Figura 1. Cadrul conceptual al fuziunii LiDAR și SfM; conceptul DFM; cele patru pachete de lucru corelate (concept original, nepublicat)

Tabelul 3. Cele 4 pachetul de lucru ale proiectului propus cu descrierea activitatilor

PL1	Obiectivul I. Realizarea DFM cu achiziția hibridă de date și fuziunea norilor de puncte cu caracteristici diferite	
Descrierea activităților	Începutul - Sfârșitul lunii	L1 – L5
A.I.1 Testarea sistemului UAV, a senzorilor și a software-ului; activități complementare ad interim L1 – L3		
Proceduri pentru testarea echipamentelor, analiza suplimentară a literaturii de specialitate, pagina web a proiectului etc.		
A.I.2 Zboruri de testare cu sistemul UAV, planificarea misiunii și achiziția de date LiDAR/SfM într-un mediu controlat. L3		
Odată ce echipamentul necesar a fost verificat și testat, primii pași pentru dezvoltarea și testarea DFM-ului preconizat vor fi făcuți în curtea și terenul de testare al Facultății de Construcții, Clădirea Observatorului, UTCN. Mediul controlat pentru testele inițiale oferă un spațiu de manevră adecvat și condiții de siguranță. De asemenea, acesta conține un amestec de diferite tipuri de teren, niveluri de vegetație și o mulțime de structuri solide cu texturi diferite. Vor fi testate mai multe softuri de planificare a misiunilor în funcție de sistemul de drone (de la DJI Pilot, la DroneDeploy, UgCS, Pix4D) pentru a selecta cea mai bună soluție compatibilă și eficientă. Terenul va fi pregătit cu markeri specifici, GCP pentru procedee SfM și puncte de control pentru verificarea datelor LiDAR/SfM, coordonatele markerilor fiind determinate cu ajutorul instrumentelor și metodelor topografice-geodezice. Numărul optim de GCP-uri și amplasarea lor se va face în conformitate cu concluziile lui Oniga <i>et al.</i> (2020).		
A.I.3 Prelucrarea datelor LiDAR și fotogrammetrice L4		
Datele LiDAR vor consta în procesarea traiectoriei senzorului și a punctelor brute, pentru a obține un nor de puncte inițial. Următoarea etapă va consta în alinierea benzilor LiDAR, reducerea zgomotului, colorarea norului de puncte, clasificarea și eliminarea vegetației. Softurile utilizate sunt TOPOLiDAR Post Processing, Global Mapper și LiDAR360. De asemenea, această etapă va include transformarea din WGS în Stereografic 1970.		
Datele fotogrammetrice vor fi prelucrate cu ajutorul softului specializat Agisoft Metashape Professional Edition. Fluxul de lucru va consta în metodologii stabilite (Sestras <i>et al.</i> , 2020), cu o atenție deosebită acordată proceselor de georeferențiere pentru a obține cea mai bună precizie. Etapele vor consta în alinierea fotografiilor, construirea punctelor de legătură, GCP de referință, construirea norului dens, plasă, textură, DEM, ortomosaic. Ulterior, datele vor fi exportate în diferite formate de fișier, .jpg/.png pentru ortofotografie, .tif pentru analiza spațială GIS și în format .las pentru procesarea ulterioară a norului de puncte.		
A.I.4 Fuziunea optimă de date a caracteristicilor selectate, DFM L5		
Ambii nori de puncte derivați de senzori vor fi analizați și experimentați în continuare în cadrul acestei activități. Deși studiile LiDAR și SfM se bazează pe același datum (sistemul de coordonate stereografice 1970), se va acorda o atenție deosebită fuziunii dintre cele două seturi de date și evaluării eventualelor discrepante dintre blocul LiDAR și blocul de imagini. Pe baza cunoștințelor noastre de specialitate, diferențele nu ar trebui să depășească câțiva centimetri. Software-ul utilizat în aceste etape de fuziune a datelor selectate va fi LiDAR 360 și CloudCompare, pentru a obține DFM-ul preconizat. În cazul în care situația o impune, se vor utiliza algoritmi de viziune computerizată, cum ar fi ICP, pentru a minimiza diferența dintre doi nori de puncte, așa cum este descris de Doumit (2020).		

Tabelul 4. Descrierea rezultatelor obținute asociate cu activitățile proiectului

No.	Rezultate	Nr. activitate	Data de livrare
R1	Revizuirea literaturii cu privire la datele disponibile privind scopul proiectului, verificarea sistemului UAV, galeria foto a site-ului proiectului	A.I.1	L3
R2	Zboruri de testare, test de calibrare a camerei, achiziție de date	A.I.2	L3
R3	Prelucrarea datelor LiDAR și fotogrammetrice	A.I.3	L4

Tabelul 5. Planul de lucru eșalonat în timp

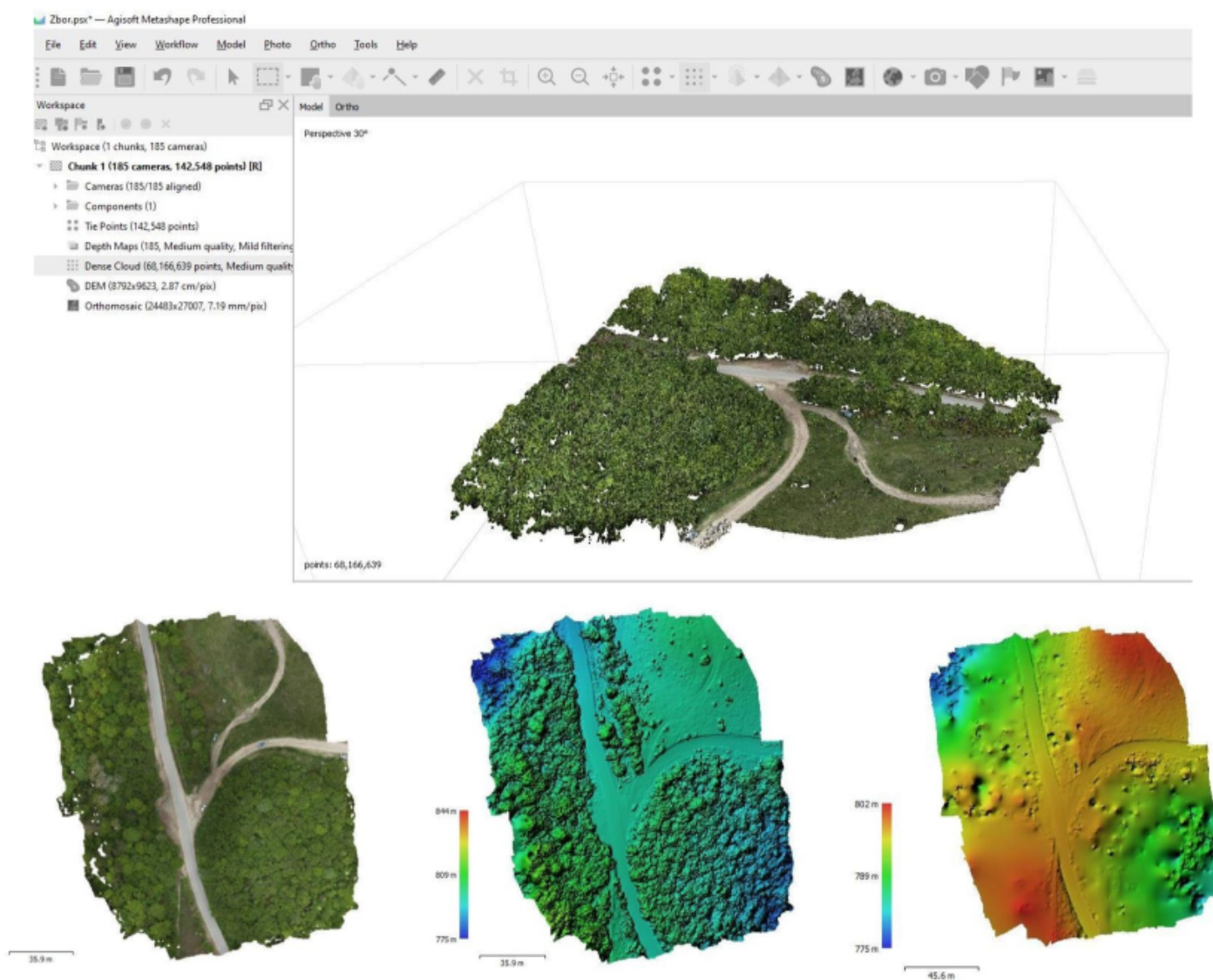
WP	Act.	Numărul lunii																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I	A.I.1																				
	A.I.2																				
	A.I.3																				
	A.I.4																				
II	A.II.1																				
	A.II.2																				
	A.II.3																				
III	A.III.1																				
	A.III.2																				
	A.III.3																				
IV	A.IV.1																				
	A.IV.2																				
	A.IV.3																				
Mgmt.	Raport final																				
Management																					



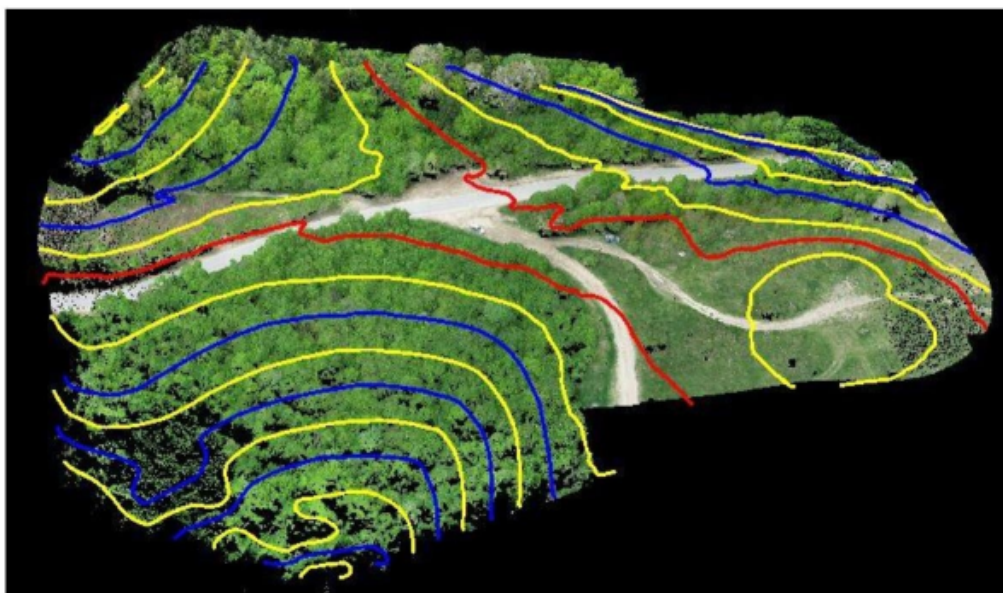
Sistemul DJI M300 RTK cu camera P1 si LiDAR L1

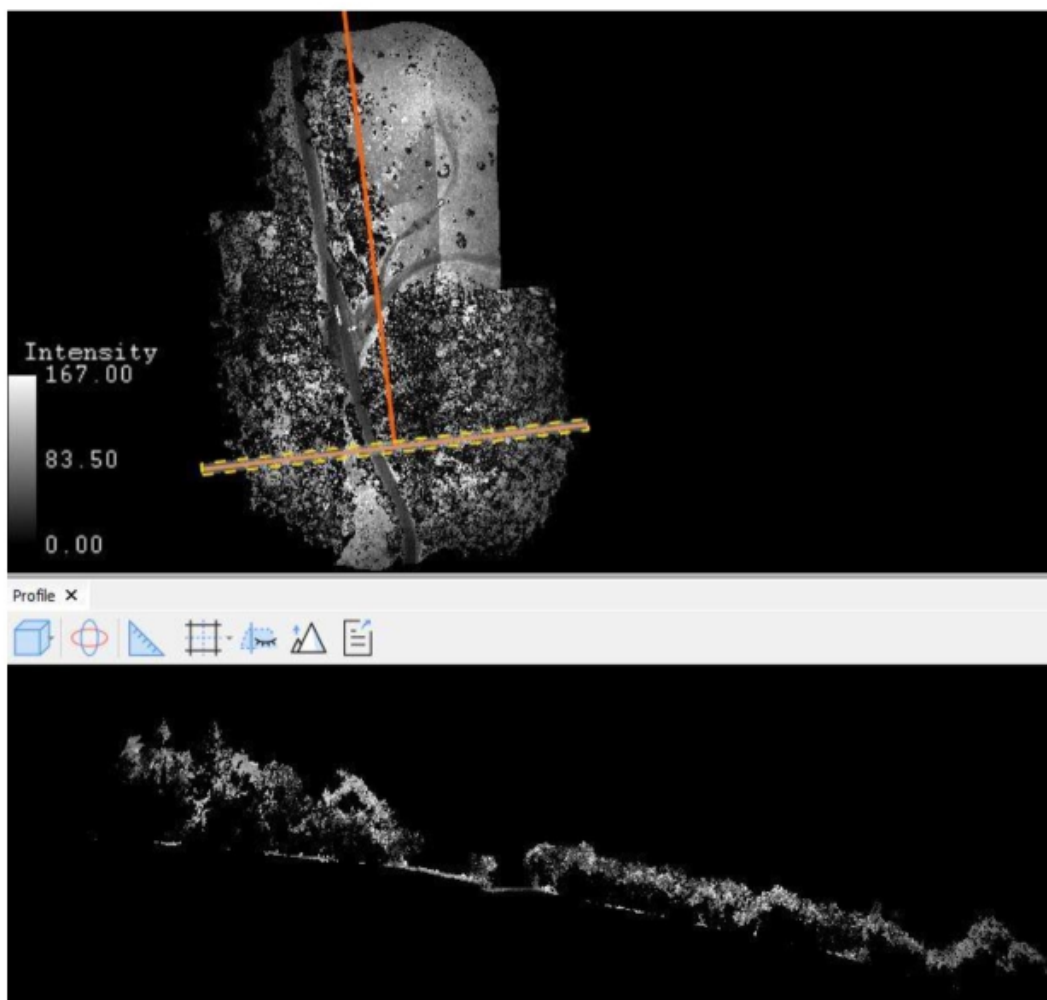
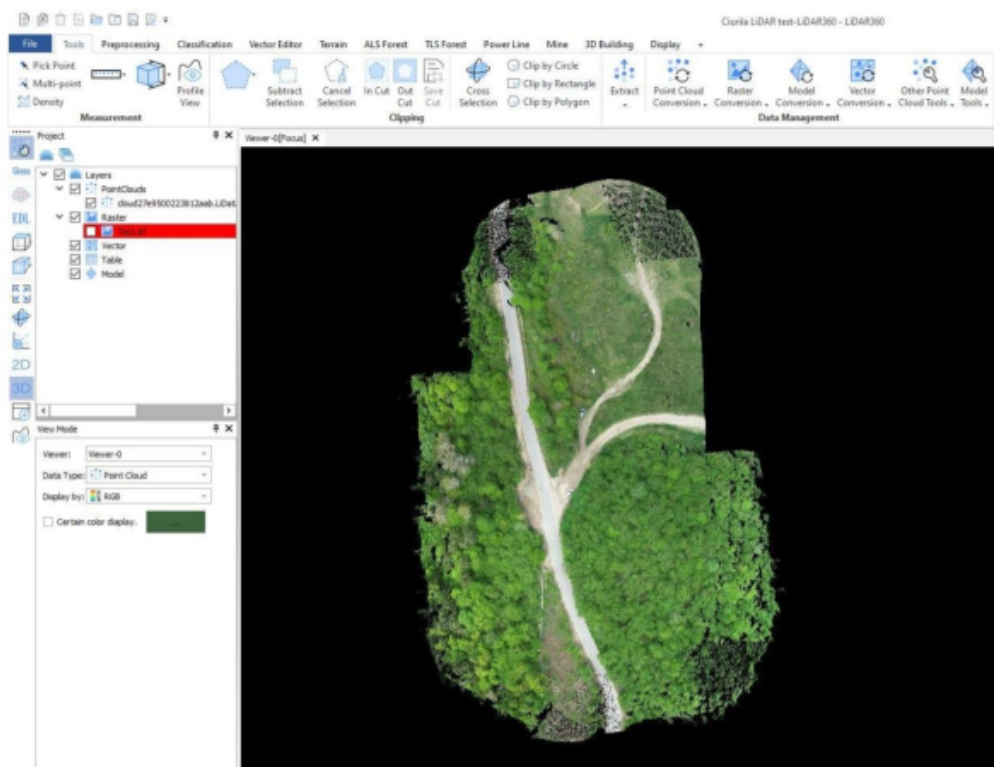


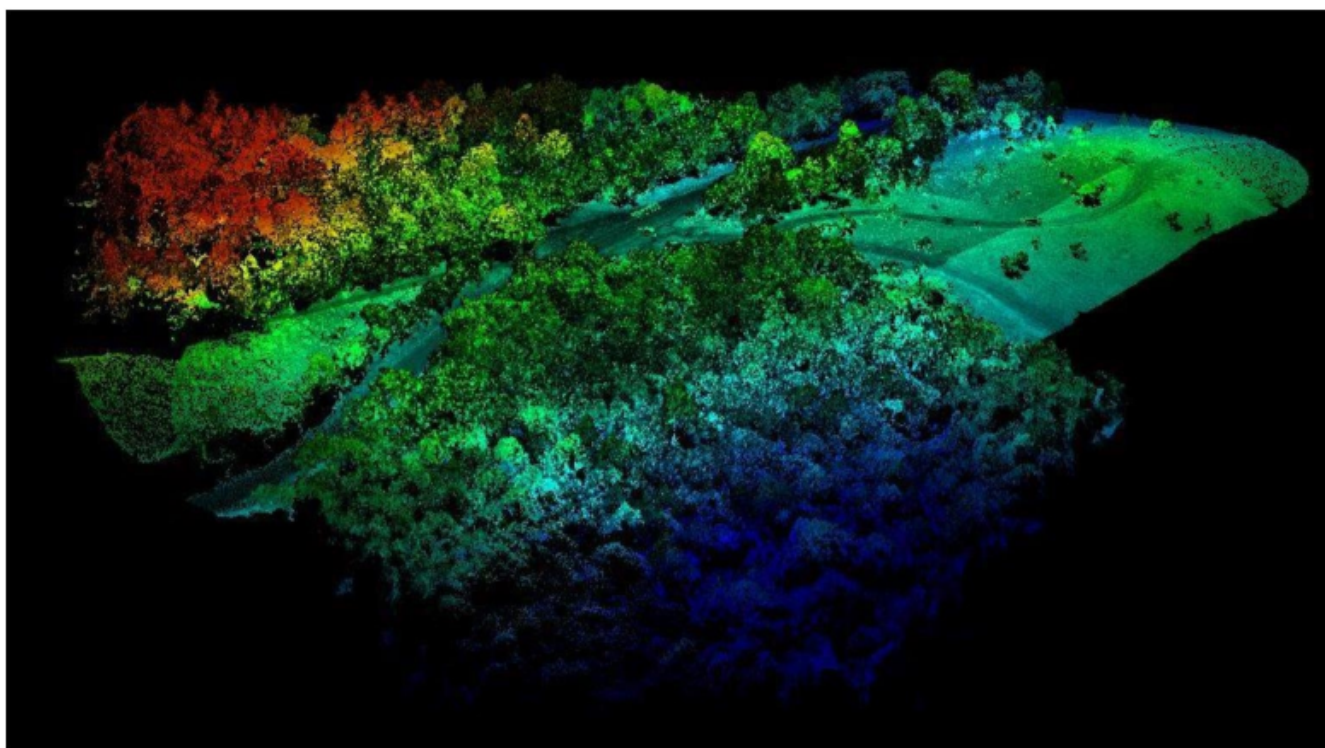
Testarea sistemului DJI M300 RTK cu camera P1 si LiDAR L1



Testarea sistemului si prelucrarea datelor fotogrammetrice







Testarea sistemului si prelucrarea datelor LiDAR

Bibliografie

1. Akturk, E., & Altunel, A. O. (2019). Accuracy assessment of a low-cost UAV derived digital elevation model (DEM) in a highly broken and vegetated terrain. *Measurement*, 136, 382-386.
2. Aslan, M. F., Durdu, A., Sabanci, K., Ropelewska, E., & Gültekin, S. S. (2022). A comprehensive survey of the recent studies with UAV for precision agriculture in open fields and greenhouses. *Applied Sciences*, 12(3), 1047.
3. Bandini, F., Sunding, T. P., Linde, J., Smith, O., Jensen, I. K., Köppl, C. J., ... & Bauer-Gottwein, P. (2020). Unmanned Aerial System (UAS) observations of water surface elevation in a small stream: Comparison of radar altimetry, LIDAR and photogrammetry techniques. *Remote Sensing of Environment*, 237, 111487.
4. Carey, J. A., Pinter, N., Pickering, A. J., Prentice, C. S., & Delong, S. B. (2019). Analysis of Landslide Kinematics Using Multi-temporal Unmanned Aerial Vehicle Imagery, La Honda, California. *Environmental and Engineering Geoscience*, 25(4), 301-317.
5. Chang, A., Jung, J., Maeda, M. M., & Landivar, J. (2017). Crop height monitoring with digital imagery from Unmanned Aerial System (UAS). *Computers and Electronics in Agriculture*, 141, 232-237.
6. Chebrolu, N., Läbe, T., & Stachniss, C. (2018). Robust long-term registration of UAV images of crop fields for precision agriculture. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(4), 3097-3104.
7. Comba, L., Biglia, A., Aimonino, D. R., & Gay, P. (2018). Unsupervised detection of vineyards by 3D point-cloud UAV photogrammetry for precision agriculture. *Computers and electronics in agriculture*, 155, 84-95.
8. Conforti, M., Mercuri, M., & Borrelli, L. (2021). Morphological Changes Detection of a Large Earthflow Using Archived Images, LiDAR-Derived DTM, and UAV-Based Remote Sensing. *Remote Sensing*, 13(1), 120.
9. Cramer, M., Haala, N., Laupheimer, D., Mandlbürger, G., & Havel, P. (2018). ULTRA-HIGH PRECISION UAV-BASED LIDAR AND DENSE IMAGE MATCHING. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*.
10. Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides: Investigation and Mitigation. Chapter 3—Landslides Types and Processes. Transportation Research Board: Washington, DC, USA, 2019.
11. De Souza, C. H. W., Lamparelli, R. A. C., Rocha, J. V., & Magalhães, P. S. G. (2017). Height estimation of sugarcane using an unmanned aerial system (UAS) based on structure from motion (SfM) point clouds. *International journal of remote sensing*, 38(8-10), 2218-2230.
12. Delavarpour, N., Koparan, C., Nowatzki, J., Bajwa, S., & Sun, X. (2021). A technical study on UAV characteristics for precision agriculture applications and associated practical challenges. *Remote Sensing*, 13(6), 1204.
13. Devoto, S., Macovaz, V., Mantovani, M., Soldati, M., & Furlani, S. (2020). Advantages of using UAV digital photogrammetry in the study of slow-moving coastal landslides. *Remote Sensing*, 12(21), 3566.
14. Fernández, T., Pérez, J. L., Colomo, C., Cardenal, J., Delgado, J., Palenzuela, J. A., ... & Chacón, J. (2017). Assessment of the evolution of a landslide using digital photogrammetry and LiDAR techniques in the Alpujarras region (Granada, southeastern Spain). *Geosciences*, 7(2), 32.
15. Fernández, T., Pérez-García, J. L., Gómez-López, J. M., Cardenal, J., Moya, F., & Delgado, J. (2021). Multitemporal Landslide Inventory and Activity Analysis by Means of Aerial Photogrammetry and LiDAR Techniques in an Area of Southern Spain. *Remote Sensing*, 13(11), 2110.

16. Fonstad, M. A., Dietrich, J. T., Courville, B. C., Jensen, J. L., & Carbonneau, P. E. (2013). Topographic structure from motion: a new development in photogrammetric measurement. *Earth surface processes and Landforms*, 38(4), 421-430.
17. Galli, M., Ardizzone, F., Cardinali, M., Guzzetti, F., & Reichenbach, P. (2008). Comparing landslide inventory maps. *Geomorphology*, 94(3-4), 268-289.
18. Glira, P., Pfeifer, N., & Mandlbürger, G. (2019). HYBRID ORIENTATION OF AIRBORNE LIDAR POINT CLOUDS AND AERIAL IMAGES. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 4.
19. Gómez-Candón, D., De Castro, A. I., & López-Granados, F. (2014). Assessing the accuracy of mosaics from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for precision agriculture purposes in wheat. *Precision Agriculture*, 15, 44-56.
20. Hassaan, O., Nasir, A. K., Roth, H., & Khan, M. F. (2016). Precision forestry: trees counting in urban areas using visible imagery based on an unmanned aerial vehicle. *IFAC-PapersOnLine*, 49(16), 16-21.
21. Kerekes, A. H., Poszet, S. L., & Andrea, G. Á. L. (2018). Landslide susceptibility assessment using the maximum entropy model in a sector of the Cluj-Napoca Municipality, Romania. *Revista de Geomorfologie*, 20(1), 130-146.
22. Kerekes, Anna Hajnalka, Szilárd Lehel Poszet, And Laurențiu Călin Baci. Investigating land surface deformation using InSAR and GIS techniques in Cluj-Napoca city's most affected sector by urban sprawl (Romania). *Revista de Geomorfologie* 22.1 (2020): 43-59.
23. Krause, S., Sanders, T. G., Mund, J. P., & Greve, K. (2019). UAV-based photogrammetric tree height measurement for intensive forest monitoring. *Remote sensing*, 11(7), 758.
24. Kršák, B., Blišťan, P., Paulíková, A., Puškárová, P., Kovanič, Ľ., Palková, J., & Zelizňáková, V. (2016). Use of low-cost UAV photogrammetry to analyze the accuracy of a digital elevation model in a case study. *Measurement*, 91, 276-287.
25. López, A., Jurado, J. M., Ogayar, C. J., & Feito, F. R. (2021). A framework for registering UAV-based imagery for crop-tracking in Precision Agriculture. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 97, 102274.
26. Luo, Q., Hu, M., Zhao, Z., Li, J., & Zeng, Z. (2020). Design and experiments of X-type artificial control targets for a UAV-LiDAR system. *International Journal of Remote Sensing*, 41(9), 3307-3321.
27. Nguyen, Q. L., Goyal, R., Bui, K. L., Van Canh, L., Cao, X. C., Pham, V. C., ... & Bui, X. N. (2020). Influence of Flight Height on The Accuracy of UAV Derived Digital Elevation Model at Complex Terrain. *Inżynieria Mineralna*.
28. Oniga, V. E., Breaban, A. I., Pfeifer, N., & Chirila, C. (2020). Determining the suitable number of ground control points for UAS images georeferencing by varying number and spatial distribution. *Remote Sensing*, 12(5), 876.
29. Oniga, V. E., Pfeifer, N., & Loghin, A. M. (2018). 3D calibration test-field for digital cameras mounted on unmanned aerial systems (UAS). *Remote Sensing*, 10(12), 2017.
30. Peduto, D., Oricchio, L., Nicodemo, G., Crosetto, M., Ripoll, J., Buxó, P., & Janeras, M. (2021). Investigating the kinematics of the unstable slope of Barbera de la Conca (Catalonia, Spain) and the effects on the exposed facilities by GBSAR and multi-source conventional monitoring. *Landslides*, 18(1), 457-469.
31. Pellicani, R., Argentiero, I., Manzari, P., Spilotro, G., Marzo, C., Ermini, R., & Apollonio, C. (2019). UAV and airborne LiDAR data for interpreting kinematic evolution of landslide

- movements: the case study of the Montescaglioso landslide (Southern Italy). *Geosciences*, 9(6), 248.
32. Pingel, T. J., Clarke, K., & Ford, A. (2015). Bonemapping: A LiDAR processing and visualization technique in support of archaeology under the canopy. *Cartography and Geographic Information Science*, 42(sup1), 18-26.
 33. Pinton, D., Canestrelli, A., Wilkinson, B., Ifju, P., & Ortega, A. (2020). A new algorithm for estimating ground elevation and vegetation characteristics in coastal salt marshes from high-resolution UAV-based LiDAR point clouds. *Earth Surface Processes and Landforms*, 45(14), 3687-3701.
 34. Pirasteh, S., & Li, J. (2017). Landslides investigations from geoinformatics perspective: quality, challenges, and recommendations. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2), 448-465.
 35. Popescu, D., Stoican, F., Stamatescu, G., Ichim, L., & Dragana, C. (2020). Advanced UAV-WSN system for intelligent monitoring in precision agriculture. *Sensors*, 20(3), 817.
 36. Puliti, S., Dash, J. P., Watt, M. S., Breidenbach, J., & Pearce, G. D. (2020). A comparison of UAV laser scanning, photogrammetry and airborne laser scanning for precision inventory of small-forest properties. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 93(1), 150-162.
 37. Radoglou-Grammatikis, P., Sarigiannidis, P., Lagkas, T., & Moscholios, I. (2020). A compilation of UAV applications for precision agriculture. *Computer Networks*, 172, 107148.
 38. Sestras, P., Bilaşco, Ş., Roşca, S., Dudic, B., Hysa, A., & Spalević, V. (2021). Geodetic and UAV Monitoring in the Sustainable Management of Shallow Landslides and Erosion of a Susceptible Urban Environment. *Remote Sensing*, 13(3), 385.
 39. Solazzo, D., Sankey, J. B., Sankey, T. T., & Munson, S. M. (2018). Mapping and measuring aeolian sand dunes with photogrammetry and LiDAR from unmanned aerial vehicles (UAV) and multispectral satellite imagery on the Paria Plateau, AZ, USA. *Geomorphology*, 319, 174-185.
 40. Štular, B., Lozić, E., & Eichert, S. (2021). Airborne LiDAR-Derived Digital Elevation Model for Archaeology. *Remote Sensing*, 13(9), 1855.
 41. Torres-Sanchez, J., de Castro, A. I., Pena, J. M., Jimenez-Brenes, F. M., Arquero, O., Lovera, M., & Lopez-Granados, F. (2018). Mapping the 3D structure of almond trees using UAV acquired photogrammetric point clouds and object-based image analysis. *Biosystems engineering*, 176, 172-184.
 42. Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., & Reynolds, J. M. (2012). 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300-314.
 43. You, R. J., & Lee, C. L. (2020). Accuracy Improvement of Airborne Lidar Strip Adjustment by Using Height Data and Surface Feature Strength Information Derived from the Tensor Voting Algorithm. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(1), 50.