

METODE GEOSPAȚIALE ÎN VEDEREA REALIZĂRII UNUI GIS PENTRU AMENAJĂRILE HIDROTEHNICE ȘI HIDROAAMELIORATIVE

Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la

Universitatea Politehnică Timișoara

în domeniul de doctorat INGINERIE CIVILĂ ȘI INSTALAȚII

autor ing. Adrian ȘMULEAC

conducător științific Prof.univ.emerit.dr.ing. Eugen Teodor MAN

Aprilie 2020

PARTEA I-a

Capitolul 1 – Stadiul actual al cercetărilor în domeniul temei

Scopul acestei teze este de a realiza o cercetare științifică necesară dezvoltării de hărți 3D integrate, prin metode geospațiale, de realizare a unei baze de date prin scanări laser 3D terestre și aeriene a obiectivelor de patrimoniu (nodurile hidrotehnice de la Topolovățu Mic [312] și Coșteiu, ecluza de la Sânmihaiu Român și Sânmartinu Maghiar precum și stația de pompare Cruceni) cu tehnologii de ultimă generație, pentru crearea realităților virtuale 3D.

Această lucrare explorează numeroasele reprezentări și instrumente digitale de teren, pentru a crea medii digitale utilizând echipamente GPS Leica 1200 și GS08, laser terestru (TLS) Leica C10, Dorne (UAV) Phantom 4 Pro și un echipament ultramodern de scanare LiDAR mobil MMS (Mobile Mapping System), modelul Pegasus Backpack.

Rucsacul Leica Pegasus este un sistem portabil ce combină două scanere liniare Velodyne de tip VLP-16 [442] (unul vertical și unul orizontal), plus cinci camere pentru textură de date, un sistem GNSS / INS integrat de tehnologia Novatel SPAN [417], baterii și unitatea de control (Leica Pegasus Backpack, 2017), capabil să determine 600 de mii de puncte pe secundă, la o distanță de maximă de 50-75 de metri stânga-dreapta. În timpul achiziției de date, un comprimat robust arată videoclipurile de pe camere, profilurile din cele două scanere liniare și un instrument de diagnosticare cu informații despre senzorii GNSS și INS.



Fig. 1.22 Echipamentul Leica Pegasus Backpack (Șmuleac A., 2019)

Post-procesarea datelor se face în două etape principale: în primul rând, datele GNSS și INS sunt integrate pentru a calcula traiectoria MMS (poziția și rotirea platformei SPAN) ca soluție de pornire și mai târziu pentru a calcula optimizarea, luând în considerare profilele 3D de la ambele scanere liniare. Pentru primul pas, se folosește software-ul Inertial Explorer (de la Novatel) [417], apoi datele sunt prelucrate de software-ul Leica Pegasus și anume Pegasus Manager. Soluția de poziționare este îmbunătățită datorită contribuției imaginilor, printr-o abordare similară realizată de către Zhang, J. și Singh, S. în anul 2015 [372].

Tehnologia SPAN realizată de compania NovAtel îmbină receptorii GNSS de precizie cu unități robuste de măsurare inerțială (INS) pentru a oferi poziție, viteză și atitudine, continuu disponibile, chiar și în perioade scurte de timp când semnalele satelitului sunt blocate sau indisponibile. Într-un sistem GNSS, poziția este raportată în raport cu centrul de fază al antenei GNSS. Într-un sistem INS, datele de poziție, viteză și atitudine sunt raportate în raport cu centrul de navigație al IMU. Pentru ca un sistem SPAN să asigure o poziție, viteză și atitudine GNSS + INS combinate, trebuie să știe unde este poziționată antena GNSS în raport cu IMU.

Orientarea IMU în raport cu direcția înainte este, de asemenea, necesară pentru a converti schimbările de viteză și atitudine percepute de IMU în mișcarea efectivă [417].

Un sistem de navigație inerțială (INS) este un sistem care este utilizat pentru a calcula poziția relativă în timp din informațiile de rotație și accelerație furnizate de o unitate de măsurare inerțială (IMU). Un INS folosește măsurătorile de la IMU pentru a asigura calculul poziției, vitezei și atitudinii (rola, pasul și azimutul). Când un INS este combinat cu GNSS, cele două tehnici de navigare se măresc și se îmbunătățesc reciproc. Poziția relativă stabilă a INS poate fi utilizată pentru a trece prin momentele în care soluția GNSS este degradată sau indisponibilă.

În inginerie modernă [317], termenul de „scanare laser” este folosit pentru a descrie două sensuri strâns legate între ele, dar totuși separate. Primul sens, mai general, este devierea controlată a fasciculelor laser, vizibile sau invizibile [87]. Razele laser scanate sunt utilizate în prototipuri rapide, în mașini pentru prelucrarea materialelor, în mașini de gravat cu laser, în sisteme laser oftalmologice, în microscopie, imprimante cu laser, în emisiuni cu laser, în TV și în scanere cu coduri de bare. Al doilea sens, mai specific, este direcția controlată a fasciculelor laser urmată de măsurarea distanței, în fiecare direcție indicatoare. Această metodă, adesea numită scanarea 3D a unui obiect sau scanarea laser 3D, este utilizată pentru a capta rapid forme de obiecte, clădiri și peisaje.

Multe aplicații necesită date 3D ale obiectelor și împrejurimilor lor. Exemple pot fi găsite în inginerie civilă și industrială, construcții și întreținere drumuri, urbanism, analiză de mediu și silvicultură de precizie. Lidar a fost utilizat pe scară largă, de-a lungul anilor, pentru a scana obiecte sau a cartografia mediul în 3D pentru a sprijini aceste aplicații. Tipurile de sisteme ALS, TLS și MMS au fiecare aplicații proprii, avantaje și dezavantaje.

Între cele trei tehnici de măsurare/scanare (UAV, TLS și MMS sau poate chiar patru, dacă luăm în calcul și tehnologia GNSS de achiziție a datelor 3D) și anume dintre un produs SfM bazat pe optică și un set de date cu scanare laser se poate spune că – un produs SfM poate descrie doar partea de sus a unui bazin hidrografic sau a vegetației, iar prin zboruri multiple și prin utilizarea de imagini oblice, să se obțină mai multe date referitoare la diferite părți aeriene asupra construcțiilor, însă rezultatul nu va fi același cu cel obținut de la un sistem LiDAR cu senzori de tip Velodyne (Leica Pegasus Backpack) [442] sau un sistem terestru de scanare laser (Leica C10), deoarece acestea oferă nori de puncte 3D (Point Cloud) obținuți de la lasere cu putere mare care pot pătrunde în profunzime și astfel pot oferi informații mai detaliate despre suprafața de bază a solului, spre deosebire de cele obținute pe baza imaginilor aeriene [72].

Utilizarea combinată a acestor echipamente duc la rezultate uluitoare, completându-se una pe alta.

Capitolul 2 – Metode geospațiale de achiziție și prelucrare a datelor

Odată cu dezvoltarea tehnologiei scanării laser pentru latura topografică, aceasta poate fi utilizată cât mai facil pentru a obține rezultate, care cu ceva timp în urmă, erau imposibil de realizat. Măsurarea terenurilor și a construcțiilor poate fi făcută beneficiind de avantajele timpului scurt în care se pot măsura mii până la milioane de puncte fără a mai fi nevoie ca acestea să fie marcate. Avantajul tehnologiei scanării laser este acela că există posibilitatea măsurării unei construcții, dacă accesul la acesta este imposibil (datorită sistemului constructiv

sau dacă este afectată de diferite calamități) pentru a efectua măsurătorile folosind metode clasice [215,301].

În ceea ce privesc tehnologiile de culegere a datelor și tehnicilor de întocmire a planurilor topografice digitale, acestea au fost realizate în cazul lucrării folosind metode și aparatură modernă.

Poziționarea cu ajutorul echipamentelor ce folosesc tehnologia GNSS [306,307] se realizează prin determinarea distanțelor dintre punctul de stație și sateliții vizibili, matematic, fiind necesare măsurători la minimum 4 sateliți.

În funcție de metoda de achiziție a datelor, coordonatele se pot obține prin post-procesare sau în timp real, situație în care coordonatele pot fi disponibile direct în teren (figura 2.6, 2.7).



Fig. 2.6 Receptori GPS, modelul Leica 1200 (Șmuleac A., 2017)



Fig. 2.7 Receptori GPS, modelul Leica GS08 (Șmuleac A., 2017)

Stațiile totale sunt instrumente inteligente capabile să determine în teren, prin intermediul unor softuri integrate, elemente topografice (unghiuri, distanțe, diferențe de nivel) și să realizeze calcule topografice și de asemenea să stocheze datele din teren în memoria internă sau externă.

Leica C10 [118, 120] este un scanner laser care aduce un plus de viteză, cu o capacitate de înregistrare de până la 50.000 de puncte/secundă, având un câmp de vedere total, compensator, asemănător cu cel al unei stații totale, precizie asemenea unei măsurători clasice și o distanță de măsurare excelentă. Cu toate aceste caracteristici, Leica C10 a impus un nou standard în măsurătorile de înaltă definiție (HDS) din punct de vedere al versatilității, productivității și al ușurinței în utilizare.

Scanerile care folosesc tehnica măsurării timpului de zbor sunt adesea considerate a fi foarte versatile, datorită capacității lor de a măsura la distanțe mari. Leica C10 fiind cel mai rapid scanner din această clasă, aduce o creștere semnificativă productivității și un nor de puncte mai dens pentru o calitate deosebită a produsului final. Precum stațiile totale, C10 are un câmp de vedere total în plan orizontal, 360° , și în plan vertical, 270° .

Scannerul 3D terestru (TLS) modelul Leica C10 este un dispozitiv care analizează un obiect real sau o scenă pentru a colecta date cu privire la forma și eventual culoarea sa (figura 2.12). Scopul **scannerului 3D** este de a crea **nori de puncte din suprafața scanată**. Aceste puncte pot fi folosite ulterior pentru a extrapola forma obiectului (proces numit reconstrucție).



Fig. 2.12 Scanner terestru 3S (TLS) Leica C10 (Topolovău Mic) (Șmuleac A., 2017)

Pentru fiecare punct măsurat se înregistrează distanța până la scaner, unghiul vertical și cel orizontal. Așadar, coordonatele spațiale sunt relative față de poziția scaner-ului și pot fi ușor modificate, ceea ce înseamnă că dintr-o singură stație rezultă automat un nor de puncte dens. Anumite scanere, cum ar fi Leica P40, pot înregistra $360^{\circ} \times 270^{\circ}$.

Aparatul Phantom4 Pro care este capabil să realizeze captare video la o rezoluție 4K la 60 de cadre pe secundă (fps), respectiv 30 de cadre pe secundă pentru o mișcare lentă, având o cameră ce poate să realizeze fotografii la 20 megapixeli, o viteză maximă de zbor de 20 m/s. Sistemul de camere al Phantom 4 Pro îmbunătățește tot ceea ce a făcut din Phantom 4 original atât de îndrăgit. Fiecare aspect a fost îmbunătățit semnificativ, inclusiv dimensiunea senzorului, rezoluția și sistemul de procesare a imaginilor, făcându-l cel mai puternic Phantom până în prezent. De asemenea, utilizatorii pot ajusta diafragma f2.8-11 pentru imagini mai versatile.

Este prevăzut cu un Sistem FlightAutonomy care adaugă senzori duali de vizibilitate infraroșii pe spate, senzori pentru un total de 5 direcții de detectare a obstacolelor și 4 direcții de evitare a obstacolelor.

FlightAutonomy este o platformă avansată de inteligență aeriană și de automatizare a zborului. Este alcătuită dintr-o rețea complexă de zece grupuri componente, inclusiv șapte camere - senzori duali de vizibilitate înainte, înapoi și în jos și camera primară - un sistem de detectare în infraroșu, un satelit cu bandă dublă (GPS și GLONASS) [64], două telemetre cu ultrasunete orientate în jos, IMU-uri și busole redundante. Phantom 4 Pro obține o vizualizare în timp real a mediului său și informații despre înălțimea și poziția obstacolelor din apropiere pentru a crea o hartă 3D pe care o poate localiza. IMU și busolele colectează date importante privind starea zborului, viteza și direcția, în timp ce sunt redundante Unitățile IMU și busolele monitorizează datele critice și exclud eventuale erori, sporind în mod drastic fiabilitatea zborului.



Fig. 2.20 Echipament UAV – Phantom4 Pro (Șmuleac A., 2019)

Leica Pegasus Backpack, este un echipament ultramodern ultimă generație (de tip rucsac, figura 2.24) proiectat pentru utilizarea cartografică mobilă, combină tehnologia GNSS [305,308], fotogrammetria și scanerul laser, fiind singurul echipament de acest tip în partea Europa de Est.



Fig. 2.24 Prezentarea echipamentului Leica Pegasus (Șmuleac A., 2019)

Este compus din: antena GNSS, 2 sisteme de scanare LiDAR de tip Velodyne VLP-16 [442], senzor de lumină (ajustarea intensității de lumină), 5 camere de 4MP fiecare oferind imagini panoramice 360x200, sistem inerțial de măsurare – IMU (Inertial Measurement Units), sistem de localizare și mapare – SLAM (Simultaneous Localization And Mapping), calculatorul aflat în interiorul rucsacului cu sistem Windows de operare, tabletă pentru controlul misiunii și baterii. Greutatea echipamentului este de 11,9 kg dar, pentru transportul acestuia se folosește cutia care este metalică, iar transportul în cutie pe distanțe mai mari devine obositoare.

Combinarea sistemelor INS cu tehnologii GNSS a dus la realizarea unui sistem de control și poziționare care poate fi utilizat în navigația de precizie. Sistemul de control al poziției este format din unul sau mai multe instrumente care utilizează tehnologii GNSS pentru determinarea poziției punctelor.

PARTEA II-a

Capitolul 3 – Descrierea amenajărilor hidrotehnice și hidroameliorative luate în studiu

Nodul hidrotehnic Topolovățu Mic

Nodul hidrotehnic Topolovățu Mic face parte din amenajarea hidrotehnică: “Dubla conexiune Timiș-Bega”, care a fost concepută de inginerul olandez Maximilian Emmanuel de Fremaut și construită în anul 1758 [186,328].

Pentru a apăra municipiul Timișoara de ape mari, stăvilarul de la Topolovăț controlează, pe Beghei, un debit maxim de $40 \text{ m}^3/\text{s}$, respectiv plusul de debit se descarcă în Timiș printr-un canal de 5,5 km lungime.

De asemenea, pentru a asigura nivelul de navigație pe canalul Bega, prin stăvilarul de la Coșteiu se alimentează canalul Bega din râul Timiș, printr-un canal de 10 km cu debitul necesar [327,328].

Interconexiunea Timiș – Bega este un sistem antropic [325] și natural de cursuri de ape. Pragul deversor (barajul) de la Coșteiu este localizat aval de Lugoj. Pragul deversor a fost construit în secolul al XVIII-lea pentru a deriva apa din Timiș în Bega, prin intermediul canalului de alimentare Timiș-Bega, în lungime de 10 km, pentru a asigura alimentarea cu apă a canalului Bega și implicit a orașului Timișoara.

Nodul Hidrotehnic Topolovățu Mic este unul din cele cinci noduri hidrotehnice administrate de Direcția Apelor Banat:

- Nodul Hidrotehnic Topolovățu Mic - cu rol de derivare
- Nodul Hidrotehnic Timișoara - cu rol de biefare
- Nodul Hidrotehnic Sânmihaiu Român - biefare și navigație
- Nodul Hidrotehnic Uivar - biefare și Navigație.
- Nodul Hidrotehnic Coșteiu - este singurul sistem hidrotehnic amplasat pe râul Timiș, celelalte patru noduri hidrotehnice fiind construite pe Bega.

Nodul hidrotehnic Coșteiu

Are ca scop realizarea legături între râul Timiș și canalul Bega din anul 1758. Nodul hidrotehnic a fost construit în anul 1758, având ca scop direcționarea în vreme de secetă a apelor râului Timiș în Canalul Bega, pentru ca acesta din urmă să aibă un debit constant. Astfel se reglează debitul canalului Bega care asigură necesarul de apă potabilă (pentru o parte din localitatea Timișoara) precum și debitul necesar navigării. În același timp, nodul hidrotehnic de la Coșteiu realizează funcția de apărare împotriva inundațiilor.

Este un sistem hidrotehnic de derivare, amplasat la ramificarea canalului de descărcare Timiș - Bega. Din punct de vedere administrativ, N.H. Coșteiu se află localizat în Județul Timiș, Comuna Coșteiu.

Ca și importanță, Nodul Hidrotehnic Coșteiu are o deosebit de mare importanță pentru zona Banatului de câmpie. În primul rând lucrările hidrotehnice din Coștei alimentează cu apă Canalul Bega, astfel scade probabilitatea ca municipiul Timișoara să fie afectat de secetă. Totodată, suplimentarea debitului de apă din Timiș în Bega este favorabil și navigației pe Canalul Bega, aceasta putându-se desfășura pe toată perioada anului. Prin barajul deversor construit pe Timiș, viiturile de pe acest râu pot fi controlate, astfel că localitățile din aval de baraj sunt protejate într-o oarecare măsură de inundații neprevăzute. Faptul că barajul asigură un nivel constant al apei în amonte, facilitează alimentarea cu apă a municipiului Lugoj. Nu în ultimul rând, atunci când debitele râului Timiș înregistrează valori deosebit de mari, o parte din ape pot fi direcționate pe Canalul Bega, astfel că riscul inundării localităților din amonte de Coșteiu scade [1,2,404].

Nodul hidrotehnic Sânmihaiu Român

Canalul Bega Navigabil, amenajat cu aproape 250 ani în urmă, este din punct de vedere hidrotehnic o construcție cu amenajări tehnice deosebite și, mai ales, cu semnificație istorică, ce pun în evidență progresul concepției și execuției în domeniu.

Nodul hidrotehnic de la Sânmihaiu Român este amplasat în amonte de localitatea cu același nume, la circa 950 m de podul Sânmihaiu peste canalul Bega, în dreptul km 28+200 al digului mal stâng, măsurat de la frontiera cu Serbia.

Construcția – în conformitate cu plăcuța autentică amplasată pe construcția casei mecanismelor de acționare a stăvilei – a fost realizată între anii 1912-1915. Nodul hidrotehnic este alcătuit din barajul stăvilă și casa mecanismelor, o ecluză și cantonul de exploatare.

Navigația pe canal, în sectorul românesc, a fost închisă, din cauza situației politice, din anul 1958, situație care se menține și în prezent. Pe teritoriul iugoslav, sectorul navigabil al canalului Bega se racordează cu sistemul hidroameliorativ și de navigație Dunăre-Tisa-Dunăre [160,180]. Din acest motiv, canalul Bega are o poziție strategică și face posibilă legătura dintre partea de vest a României cu Marea Nordului și cu Marea Neagră prin canalul Rhin-Main-Dunăre [185].

Nodul hidrotehnic Sânmartinu Maghiar

Istoria ei începe în 1728, pe vremea guvernatorului Florimund Mercy, care a dispus săparea unui canal care să ajute la asanarea mlaștinilor din zonă. Până la canalul pe care-l cunoaștem astăzi au fost numeroase lucrări, făcute de administrația austriacă, iar apoi de cea maghiară. A devenit pentru mai multe secole principalul canal pentru transportul de mărfuri. În 1752, cantitatea de mărfuri transportate pe Bega era de 20.000 tone. În 1912, în Portul Timișoara au fost încărcate 415.000 de tone de marfă și descărcate circa 200.000 de tone.

Între 1937-1938, volumul de mărfuri transportate ajunge la un maxim de 250.000 tone pe an. În perioada 1753-1755, s-a decis săparea, în paralel cu traseul contelui Mercy, la câteva sute de metri mai la sud, unui nou canal navigabil. Între anii 1799-1809 Direcția Regală

Maghiară, printr-un efort financiar foarte mare, a regularizat din nou canalul Bega. În 1780 a început construcția a cinci baraje cu cinci ecluze. În 1899, s-a depus proiectul pentru construirea a șase complexe hidrotehnice, la Ecica, Clec, Itebe (astăzi în Serbia), Sânmartinu Maghiar și Sânmihaiu Român. Astfel au fost construite cele două noduri hidrotehnice (Sânmihaiu Român și Sânmartinu Maghiar) pe canalul Bega, menite să mențină nivelurile controlate necesare pentru navigarea canalelor, pentru a asigura nivelurile de apă pentru consumatorii care iau apă din canal, precum și pentru alte utilizări în municipiul Timișoara (recreere, evacuarea sistemelor de canalizare etc.).

Stația de pompare Cruceni

Sistemul de apărare civilă împotriva inundațiilor are ca scop major protejarea așezărilor urbane și rurale, evitând pierderile de vieți omenești și diminuarea pagubelor materiale. Inundațiile reprezintă fenomenul natural care a marcat și marchează profund dezvoltarea societății umane [232].

Statisticile ne arată că în perioada 2000-2009, inundațiile au avut cea mai mare frecvență dintre toate tipurile de catastrofe naturale. Dintr-o medie de 387 de catastrofe naturale produse în acea perioadă mai sus menționată, 173 (45%) au fost inundații. În anul 2010, dintr-un total de 373 de catastrofe naturale, au fost înregistrate 182 (49%) inundații. Toate aceste date reprezintă un argument în plus în favoarea pregătirilor pentru a face față unor astfel de evenimente. Printre factorii care favorizează producerea inundațiilor amintim: schimbările climatice, compactarea solului și consolidarea terenurilor care merg mână în mână cu agricultura intensivă.

Inundațiile din iunie-iulie 2010 au afectat 481 de localități din 37 de județe, fiind înregistrate 20000 de persoane care au fost evacuate din locuințele lor și circa 4000 de gospodării avariate dintre care 863 au fost complet distruse. Pagubele produse de inundațiile din vara lui 2010 se ridică la 875 milioane euro, conform evaluărilor făcute de autorități. În 15 aprilie 2005 județul Timiș a avut parte de cele mai grave inundații din istoria modernă a Banatului. În urma ploilor și a topirii gheții, râul Timiș a ieșit din albia majoră producând pagube de 150 milioane de euro, conform estimărilor făcute de autorități.

Capitolul 4 - STUDII DE CAZ

4.1. Utilizarea tehnologiei GNSS pentru îndeșirea rețelei geodezice prin măsurători satelitare pentru punctele de control GCP din amenajarea NH Topolovățu Mic

Pentru a putea efectua măsurătorile cu ajutorul scannerului laser terestru (TLS) și pentru a putea determina coordonatele punctelor de control de la sol (GCP—Ground Control Point) utilizate pentru georeferențierea ortofotoplanului și realizarea unui DSM având coordonatele în sistemul de referință Stereografic 1970, a fost realizată rețeaua geodezică utilizând tehnologia GNSS prin metoda statică [304,305].

Campania GNSS pentru nodul hidrotehnic Topolovățu Mic a fost realizată utilizând receptoare de dublă frecvență pentru o mai bună precizie utilizând echipamente GPS de la Leica seria 1200 care este un aparat ce conține o multitudine de aplicații precum și seriile Leica GS08 și GS08 plus.

În lucrare pentru realizarea măsurătorilor GPS în **etapa 1** am folosit metoda **statică**, iar achiziția datelor a fost realizată la 5 secunde unde am activat funcția Long Raw Observation (5s). Transformarea datelor brute (**RAW DATA**) din sistemul ETRS89 în sistemul STEREO'70 s-a realizat în cadrul lucrării cu programul **TransDatRO**, după care s-a trecut la raportarea punctelor în **AutoCAD** cu ajutorul programului **TopoLT** și compararea acestora cu valorile RTK obținute în urma citirilor. Comparăția datelor s-a realizat între valorile GPS RTK obținute,

valorile GPS Statice obținute din postprocesare și valorile GPS Radio obținute din postprocesare. Stațiile GNSS permanente de la care au fost acționate datele RINNEDX la 5s sunt: Timișoara, Moldova Noua și Arad.

4.1.1. Achiziția și prelucrarea datelor GNSS

A. Etapa pregătitoare – în această etapă se urmărește obținerea cât mai multor date, compararea acestora pentru demararea etapelor de teren. Astfel, amintim Colectarea datelor și stabilirea metodei de lucru și a echipamentelor necesare

Planificarea măsurătorilor GPS

În figura 4.2 este prezentată GDOP ul pentru Topolovău Mic la data de 13.10.2017 iar în figura 4.3 este prezentată constelația și traiectoria sateliților pentru Topolovău Mic.

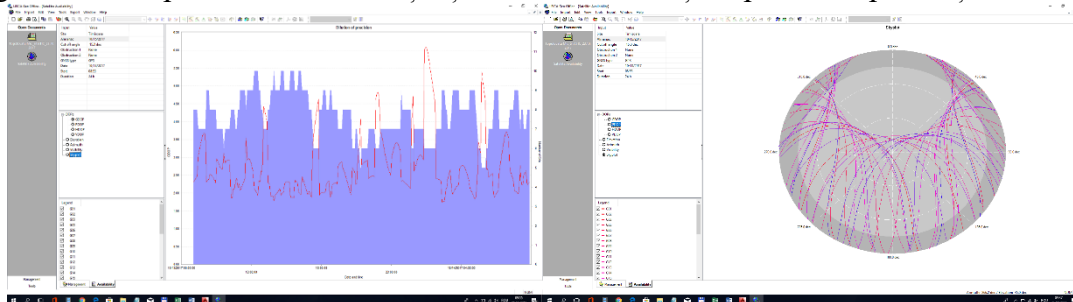


Fig. 4.2 Graficul valorilor GDOP

Fig. 4.3 Constelația și traiectoria

NH Topolovău Mic (Șmuleac A., 2017)



Fig. 4.5 Pregătirea echipamentelor și recunoașterea terenului (Șmuleac A., 2017)

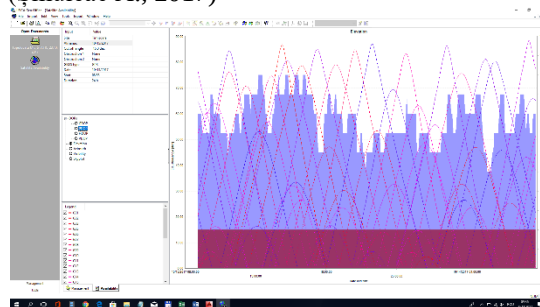


Fig. 4.4 Înălțimea sateliților la data de 13.10.2017

Elevația sateliților, este un alt element important de care trebuie să ținem cont pe parcursul măsurătorilor este **elevația sateliților** (figura 4.4).

B. Etapa de teren - În prima fază s-a efectuat recunoașterea terenului. Înainte de plantarea bornelor pe teren s-au luat în vedere următoarele aspecte: absența câmpurilor magnetice sau a suprafețele reflectorizante, în punctul de stație trebuie asigurată absența obstacolelor pentru a putea face observații pe puncte, amplasarea lor la limita parcelelor cadastrale pentru a evita distrugerea acestora de către echipamentele agricole, accesul la borne să fie ușor accesibil, să nu fie amplasate aproape de liniile de înaltă tensiune (figura 4.5).

4.1.2. Rezultatele obținute

Prelucrarea datelor de teren reprezintă ultima și poate cea mai importantă fază a lucrării, presupune foarte mare atenție în special la introducerea datelor brute din diferite sesiuni de lucru și corelarea corectă a acestora. Deși softurile actuale prelucrează automat datele, o atenție deosebită se va pune la postprocesare, iar rezultatul postprocesării este bun când precizia de determinare a punctelor este milimetrică.

Postprocesarea datelor - În această etapă se încarcă toate fișierele de date descărcate din receptori în soft, se urmăresc cu atenție fișele de teren. În cazul nostru am urmărit cu atenție completarea datelor referitoare înălțimea instrumentului. La procesarea datelor a fost folosit

softul “Leica Geo Office Combined”, program ce permite prelucrarea datelor și compensarea rețelei în același timp. Fișierele de date au fost importate în format RINEX (tabelul 4.8).

Tabelul 4.8

Nr. punct	Coordonate Stereografice 1970 obținute prin măsurători STATICE după postprocesare		
	Coordonate Stereografice 1970 Rezultate din postprocesare (STATIC)		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
TMIC1	479067,239	238501,561	101,950
TMIC2	479124,933	238508,710	102,483
TMIC3	479069,010	238586,244	104,900
TMIC8	478905,976	238487,679	102,539
TMIC9	478872,351	238506,119	102,491

4.2. Achiziția și prelucrarea datelor GIS utilizând tehnologia UAV în amenajarea NH Coșteiu, NH Topolovățu Mic, NH Sânmihaiu Român, NH Sânmartinu Maghiar și Stația de Pompă Cruceni

4.2.1. Achiziția imaginilor aeriene

Pentru achiziția datelor aeriene [173], pe parcursul cercetărilor efectuate, a fost utilizată o Dronă Phantom 4 Pro (figura 4.7). Acest sistem este foarte potrivit pentru aceste aplicații, deoarece permite o zonă detaliată și o integrare a cartografiei prin satelit, care să fie achiziționată pentru studiul și managementul apelor.

Planificarea zborului (figura 4.8):

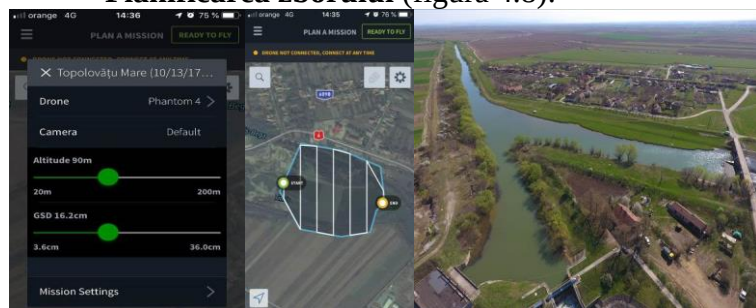
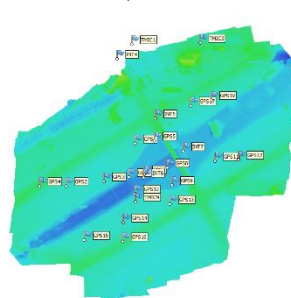


Fig. 4.8 Planificarea zborului UAV în zona de studiu, (Șmuleac A., 2017)

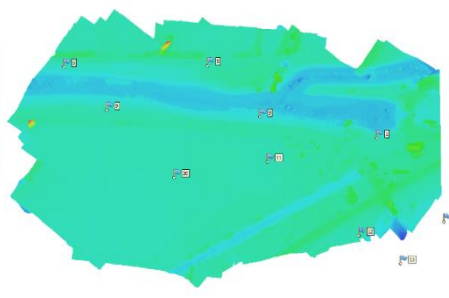
4.2.2. Procesarea datelor fotogrammetrice UAV

Pentru realizarea cercetării și pentru a putea face o comparare a datelor, au fost efectuate mai multe sesiuni de zbor pentru obiectivele de patrimoniu cercetate în cadrul lucrării de față și anume: NH Coșteiu în 20.10.2017; HN Topolovățu Mic în 30.03.2017 și 13.10.2017; NH Sânmihaiu Român în 03.11.2017; NH Sânmartinu Maghiar în 10.11.2017 și SP Cruceni în 19.11.2018 (figura 4.15).

Norii denși de puncte 3D pentru NH Coșteiu, pe baza imaginilor UAV, a fost formată din 42.517.472 puncte, obținuți cu o rezoluție înaltă (Ultra high quality), iar modelul 3D a fost format din 2.834.498 fețe. Întreaga prelucrare a durat aproximativ 8 ore. Rezoluția DEM a fost de 6,99 cm/pix (9778x8718).



sesiunea I-a, Topolovățu Mic



sesiunea a II-a, Topolovățu Mic

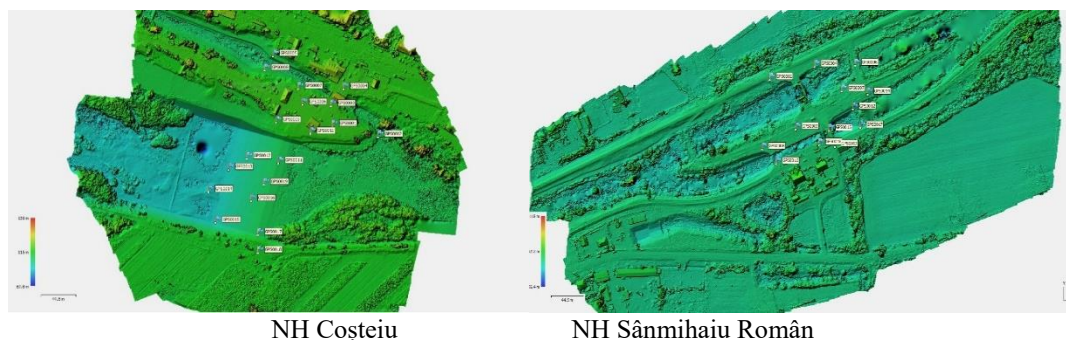


Fig. 4.15 DSM generate prin tehnica fotogrammetrică, județul Timiș (Șmuleac A., 2018)

Norii denși de puncte 3D, pentru Ecluza de la Sânmihaiu Român, realizați pe baza imaginilor UAV au fost formați din 64.153.056 puncte, obținute cu o rezoluție înaltă (Ultra high quality), iar modelul 3D a fost format din 12.830.611 fețe. Întreaga prelucrare a durat aproximativ 11 ore. Rezoluția DEM a fost de 3,32 cm/pix (21837x16423).

4.3. Achiziția și prelucrarea datelor GIS utilizând tehnologia TLS în amenajarea NH Coșteiu, NH Topolvău Mic, NH Sânmihaiu Român și Stația de pompare Cruci

4.3.1. Procesul de achiziție cu scannerul laser terestru (TLS)

Rezultatele obținute prin îmbinarea norilor de puncte a impus utilizarea unui calculator PC (stație grafică performantă, datorită volumului mare de date) Intel Core i7, Windows 10, memorie RAM de 16 GB, rezultând astfel un timp de procesare de aproximativ 2-3 ore, rezultatul final fiind un nor de puncte 3D.

Amplasamentul pentru realizarea scanărilor și obținerea norilor de puncte se află în cinci locații din județul Timiș (NH Coșteiu, NH Topolvău Mic, NH Sânmihaiu Român, NH Sânmartinu Maghiar și Stația de pompare Cruci) unde, pentru realizarea măsurătorilor, a fost utilizat un Scanner laser 3D de înaltă precizie de la Leica, modelul ScanStation Leica C10, care înregistrează geometria suprafețelor și a structurilor, redând astfel imaginea digitală a obiectivului scanat iar datele laser au fost prelucrate folosind versiunea 9.3.1. a programului Cyclone. Astfel, obiectivele de patrimoniu cuprind mai multe puncte de stații. Măsurătorile au fost realizate în teren în perioada 2017-2018 (figurile 4.22, 4.23 și 4.24).

Sistemul de scanare laser terestru, permite realizarea fotografiilor cu o rezoluție înaltă, de tip RAW, care pot fi georeferențiate și utilizate pentru analiza spațială a datelor și prelucrarea texturilor. Pentru realizarea scanărilor s-au folosit ținte de 6 inch (figura 4.25) precum și ținte Black & White.

4.3.2. Procesarea datelor și obținerea norilor de puncte 3D

Alinierea scanărilor realizate, din diferite stații într-o singură stație comună, se poate realiza fie cu opțiunea 'Smart Align' (tehnică de aliniere a stațiilor directă) fie printr-un 'Manual Registering' (tehnică indirectă de aliniere a stațiilor) care poartă denumirea de georeferențiere, iar la final putem realiza și o pre-vizualizare a scanărilor, constrângerile și erorile înregistrate.

Poziția fiecărei stații de scanare este definită de coordonatele introduse în scanner. Pentru a putea realiza alinierea pozițiilor de scanare este necesar să se cunoască poziția și orientarea, conform cu un sistem de coordonate. După vizualizarea erorilor înregistrate în fiecare stație, se poate trece mai departe la realizarea modelului 3D al obiectivelor scanate și vizualizarea modelelor 3D (figura 4.31), cu posibilitatea curățirii modelului 3D (ca de exemplu puncte 3D înregistrate din stație în momentul contactului obiectivului cu soarele, persoanele care trec, mașinile etc.).



Fig. 4.25 Ținte de 6 inch utilizate la scanarea obiectivelor (Șmuleac A., 2018)



Fig. 4.22 Scanarea 3D a obiectivului - NH Coșteiu (Șmuleac A., 2018)



Fig. 4.23 Scanarea 3D a obiectivului - NH Topolovățu Mic (Șmuleac A., 2018)



Fig. 4.24 Scanarea 3D a obiectivului - Ecluza Sânmihaiu Roman (Șmuleac A., 2018)

4.3.3. Realizarea turului virtual (TruView) și erorile obținute

La finalul lucrării, datele au fost exportate în diferite formate cerute de arhitect: *.E57; *.ptx; *.x,y,z. Pentru prezentarea și vizualizarea monumentelor istorice a fost creat un link director, care poate fi accesat direct, și cu ajutorul căruia se poate realiza un tur virtual al patrimoniului, TruViewSetup32-309.exe.

Harta site-ului TruView este o imagine panoramică (360 de grade) a datelor din puncte cloud, punctul de vedere fiind situat în aceeași locație cu scanerul care a capturat norii de puncte. Punctul de vedere din TruView este realizat exact din locația de unde a fost amplasat scanerul și de unde a avut loc scanarea fiecărui obiectiv. Cu ajutorul acestui program se pot realiza, în jurul scenei, mărimi și micșorări, extragerea dimensiunilor de la un punct la altul, extragerea de coordonate dar nu se va putea zbura în jurul scenei ca în unele sisteme 3D.

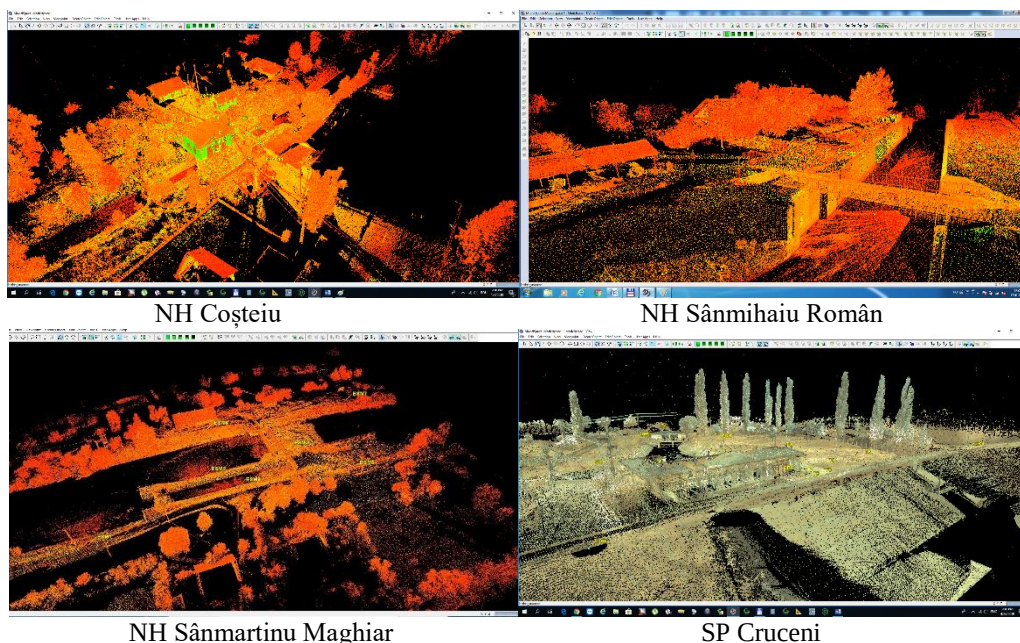


Fig. 4.31 Norii de puncte pentru amenajările hidrotehnice și hidroameliorative (Șmuleac A., 2018)

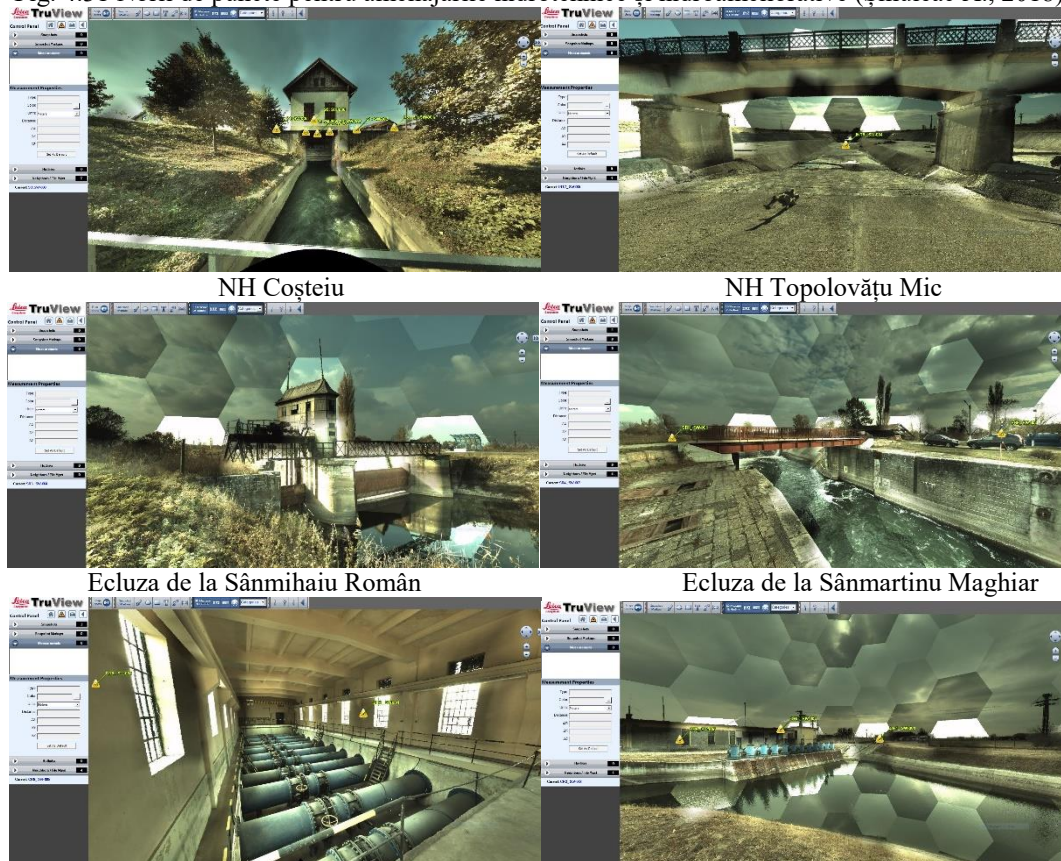


Fig. 4.40 Linkul TruView (Șmuleac A., 2019)

Adesea, un singur proiect folosește mai multe locații ale scannerului. Astfel, după realizarea linkului TruView s-a putut trece de la o locație a scannerului la alta pentru a avea diverse puncte de vedere în cadrul proiectului. Programul TruView se lansează direct din Internet Explorer. Procesarea datelor, obținerea linkului TruView, precum și raportul de procesare a datelor și erorile înregistrare la realizarea scanărilor sunt prezentate în figura 4.40.

4.4. Achiziția și prelucrarea datelor GIS utilizând tehnologia Mobilă LiDAR (MMS) în amenajarea NH Coșteiu, NH Sânmihaiu Român, NH Sânmartinu Maghiar și Stația de pompare Cruceni

4.4.1. Achiziția datelor LiDAR utilizând MMS

Pentru achiziția datelor MMS s-a scanat Nodului Hidrotehnic de la Coșteiu și cele două Ecluze: Sânmihaiu Român și Sânmartinu Maghiar, precum și o scanare la Pompele de la Cruceni din județul Timiș, folosind pentru toate metoda FUSED SLAM.

Această metodă se realizează atât pentru scanările din exterior cât și pentru interior. Achiziționarea datelor pentru NH Coșteiu a început din exterior, de lângă baraj, mai exact acolo unde a existat un semnal bun GNSS, minim 5 sateliți GPS, și finalizând tot afară, într-o zonă cu “cer liber” și cu un semnal GNSS bun, de asemenea cu minim 5 sateliți GPS vizibili.

Această metodă folosește un algoritm SLAM care combină navigația GNSS/IMU. Traectoria finală și soluția SLAM, în condiții GNSS, poate fi influențată de mai mulți factori, cum ar fi:

- **Planificarea misiunii de achiziție a datelor LiDAR:** pregătirea culoarelor de străzi pentru misiunile realizate afară sau traseul pe care va trebui urmat sau în caz de scanare în interior vizualizarea interiorului și crearea de spațiu pentru întoarceri și plimbări, deschiderea și fixarea ușilor. Planificarea pentru cele trei obiective s-a făcut folosind programul Google Earth pentru exterior.

- **Inițializarea echipamentului:** pentru a obține date cu o acuratețe ridicată, inițializarea s-a făcut lângă obiectivele care au fost scanate, în zona cu cer liber, neacoperit de obstacole (pomi, clădiri). Inițializarea cuprinde două etape:

1. Inițializarea **STATICĂ**, pentru o perioadă de 5 minute, în care rucsacul va sta nemișcat și poate dura până 15-20 minute în cazul în care va trebuie să se actualizeze și ALMANAHUL (figura 4.44).

2. Inițializarea **DINAMICĂ**, cu o durată de 3-5 minute, timp în care rucsacul este purtat pe spate, realizând un patruleter, iar la final s-a mers pe diagonalele patruleterului până când va apărea mesajul INS GOOD iar INS_GNSS va avea valoare sub 1, de obicei valoarea indicată este de 0,1-0,2.

- **ZUPT.** Soluția de navigare a lui ZUPT (Zero Velocity Update) este un mod eficient de ajustare a erorilor și este calculată folosind un algoritm de navigație inerțială (INS). Un ZUPT bun înseamnă staționarea timp de 20 de secunde în poziție verticală și nemișcat. Un ZUPT bun va îmbunătăți soluția SLAM și traectoria. Din cele 20 de secunde, la postprocesarea datelor MMS s-a ales opțiunea de „Fine movement” (mișcarea fină).



Fig. 4.44 Inițializarea Statică, dinamică și ZUPT în vederea scanării (Șmuleac A., 2019)

- **finetea cu care se va realiza scanarea:** pentru aceasta, în timpul scanărilor obiectivelor de patrimoniu enumerate mai sus, plimbările cu tehnologia Mobile Mapping System în spate (figura 4.49) au fost realizate cu aceeași viteză, fără întoarceri pe loc, fără mișcări bruște pe stânga sau pe dreapta, lucru ce va influența traectoria finală;



Fig. 4.49 Realizarea scanării utilizând tehnologia Mobile Mapping System (Șmuleac A., 2019)

- **densitatea punctelor:** pentru acesta se achiziționează datele mergând cu aceeași viteză, fără opriri (în afară de cepe pentru ZUPT, dacă este cazul), modificarea vitezei va crește sau va descrește numărul de puncte LiDAR achiziționate.

4.4.2. Achiziția datelor GNSS de la stația Master și a punctelor GCP pentru MMS

Pentru achiziția datelor LiDAR pentru obiectivele urmărite în cadrul lucrării de față s-a folosit metoda FUSED SLAM, metodă la care, pe lângă rucsacul de scanare propriu-zis, mai avem nevoie și de amplasarea unei stații Master (a unei baze GNSS) în vederea achiziționării în teren și datelor RINNEX, achiziționare care a fost setată la un interval de 1 secundă pentru realizarea post-procesării traiectoriei măsurătorii spre deosebire de măsurătorile statice pentru îndesirea rețelei geodezice care a fost setată la o achiziția a datelor RINNEX la 5 secunde.

Este obligatoriu de a avea date GNSS la 1Hz față de distanța maximă de amplasare a stație Master care trebuie să nu depășească maxim 15 km față de poziția rucsacului Leica Pegasus. Se pot folosi de asemenea și stațiile de referință GNSS amplasate la Oficiile de Cadastru și Publicitate Imobiliară contra cost (15 lei/oră/stație de referință). În realizarea postprocesărilor pentru lucrarea de față s-a folosit o stație Master proprie GNSS modelul Leica GS 08 plus, care a fost montată pe un trepied pentru fiecare din măsurători, în vederea înregistrării datelor RINNEX (tabelul 4.52).

O greșală care ar trebuie evitată este determinarea înălțimii bazei de referință (a stația Master). Problema cea mai mare întâlnită în cadrul scanărilor era la finalul colectării datelor Rinnex de către stația Master.



Fig. 4.52 Determinarea înălțimii stației de referință (Master) (Șmuleac A., 2019)

Pentru colectarea corectă a datelor RiNNEX, stația Master pentru toate cele patru obiective a fost pornită cu 10 minute înainte de inițializarea rucsacului (Leica Pegasus Backpack) și a fost oprită la 10 minute după finalizarea colectării datelor LiDAR. Pentru fiecare din aceste patru scanări s-au determinat direct în teren și puncte de control la sol, cu echipamentul GPS de la Leica GS 08, puncte care au fost folosite pentru a verifica și realinia norii de puncte LiDAR colectați cu echipamentul Leica Pegasus Backpack. De asemenea punctele de control a fost importată și în Pegasus Manager pentru verificarea calității datelor înregistrare și traiectoria obiectivelor scanate.

4.4.3. Procesarea datelor LiDAR cu Leica Pegasus Manager. FUSED SLAM

Colectarea datelor LiDAR cu ajutorul rucsacului MMS (Mobile Mapping System) Leica Pegasus Backpack [156] a fost realizat pentru NH Coșteiu, Ecluzele Sânmihaiu Român și Sânmartinu Maghiar precum și pentru Stația de Pompă de la Cruceni, folosind metoda de scanare FUSED SLAM.

4.4.4. Post-procesarea datelor pentru îmbunătățirea calității GNSS și INS în IE

Pentru aplicații, care necesită un nivel ridicat de precizie și nu necesită rezultate în timp real, post-procesarea este o soluție naturală. Post-procesarea folosește capacitatea de a combina rezultatele procesării înainte și înapoi, maximizând astfel precizia traiectoriei și oferind o indicație a fiabilității și acurateții soluției. Inertial Explorer importă cu ușurință date de la produsele NovAtel SPAN GNSS + INS [417]. Poate importa de asemenea date GNSS de la mai mulți producători de receptoare și are un IMU generic.

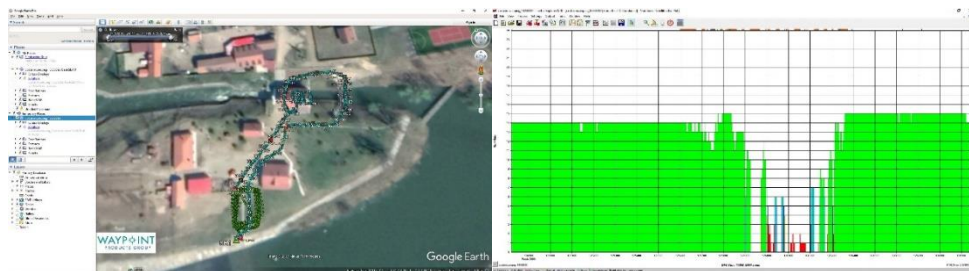


Fig. 4.58 Grafice peste estimarea preciziei și acuratețea datelor pentru NH Coșteiu Muzeu (Șmuleac A., 2019)

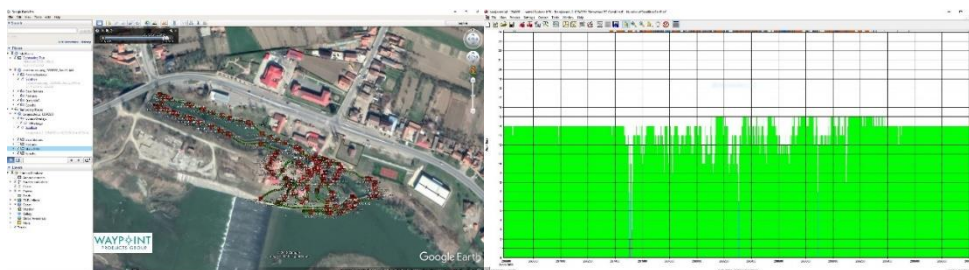


Fig. 4.59 Grafice peste estimarea preciziei și acuratețea datelor pentru NH Coșteiu Baraj (Șmuleac A., 2019)

Aceste grafice de precizii vor fi prezentate în continuare și au fost realizate pentru toate obiectivele scanate: Nodul Hidrotehnic Coșteiu-Muzeu (figura 4.58), Nodul Hidrotehnic Coșteiu-Baraj (figura 4.59), Ecluza de la Sânmihaiu Român (figura 4.60), Ecluza de la Sânmihaiu Român Șantier (figura 4.61), Stația de pompă de la Cruceni (figura 4.62), Ecluza de la Sânmartinu Maghiar (figura 4.63).

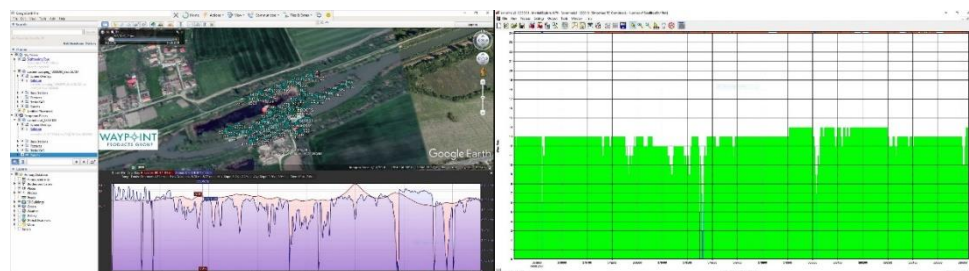


Fig. 4.60 Grafice peste estimarea preciziei și acuratețea datelor pentru NH Sânmihaiu Român (Șmuleac A. 2019)

3.4.3. Rezultatele obținute

Rezultate de filtrare nu au fost așa cum s-a dorit, unde din punct de vedere al vizualizării norilor de puncte, filtrare nu este realizată corect pentru acest tip de scanner Velodyne LiDAR VLP16 [442], deoarece datele LiDAR, sau mai bine spus norii de puncte nu sunt așezați în linie dreaptă, ca și la Leica C10 ci sunt dispuși sub formă de X (figura 4.75).

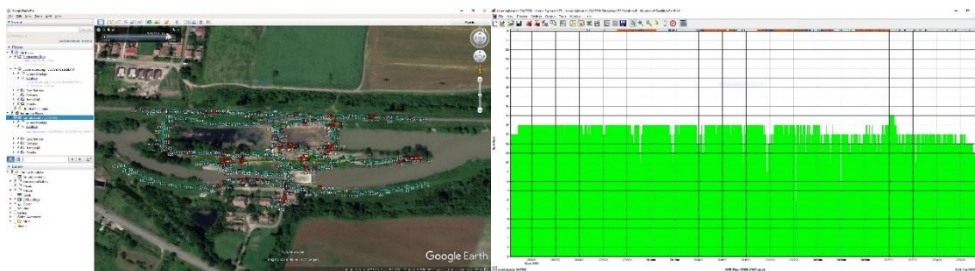


Fig. 4.61 Grafice peste estimarea preciziei și acuratețea datelor pentru NH Sânmihaiu Român (Șmuleac A. 2019)

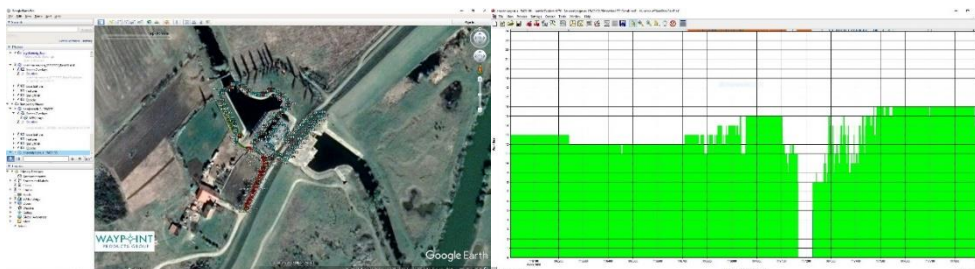


Fig. 4.62 Grafice peste estimarea preciziei și acuratețea datelor pentru SP Cruceni (Șmuleac A. 2019)

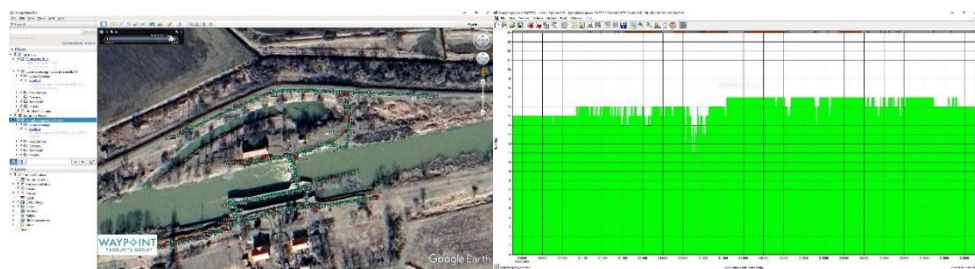


Fig. 4.63 Grafice peste estimarea preciziei și acuratețea datelor pentru NH Sânmartinu Maghiar (Șmuleac 2019)



Fig. 4.75 Sistemul de scanare LiDAR de tip Velodyne VLP16 (Șmuleac A., 2019)

Vizualizarea norilor de puncte în QC Tools

Prin scanarea simultană a aceluiași obiect are loc alinierea norilor de puncte care, după cum a fost prezentat mai sus, poate să fie corectă, sau poate să fie greșită, moment în care se va interveni cu algoritmul de compensare și aliniere SLAM. Astfel se va crea automat repere din prima poziție, iar în a doua scanare se vor identifica aceleași puncte comune, iar dacă există o eroarea a traiectoriei aceasta se va ajusta automat pe punctele comune din cele două scanări și va realinia traiectoria și norii de puncte.

În figura 4.88 se poate vedea Intensitatea nuanței datelor LiDAR, colorarea pe înălțime și colorarea RGB pentru NH Coșteiu, scanare ce a fost realizată la data de 15 mai 2019.

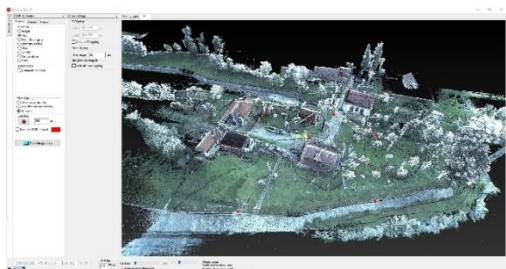


Fig. 4.88 Vizualizarea norilor de puncte LiDAR obținuți prin scanarea Nodului hidrotehnic Coșteiu (RGB)

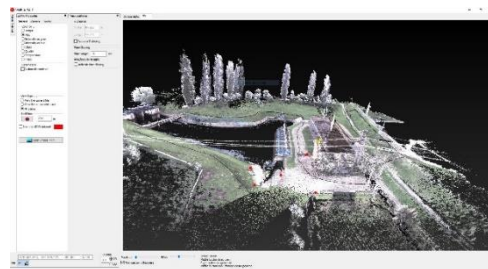


Fig. 4.91 Vizualizarea norilor de puncte RGB obținuți prin scanarea Pompelor de la Cruceni

În figura 4.91 este de asemenea prezentat norul de puncte LiDAR în funcție de intensitate, colorarea în funcție de Walk-uri și vizualizarea RGB a norilor de puncte, unde fiecare punct LiDAR se colorează după culoarea pixelului corespundent din imaginile realizate în timpul scanării pentru SP de la Cruceni, scanare realizată în data de 3 iunie 2019.

Figura 4.94 reprezintă norii de puncte pentru reprezentarea 3D a Ecluzei de la Sânmihaiu Român, scanare realizată la data de 2 mai 2019. Ecluza de la Sânmihaiu Român a mai fost scanată încă o dată, în timpul efectuării reparațiilor la data de 23 iulie 2019, iar modelul 3D este reprezentat în figura 4.99, unde se poate vedea o scanare de ansamblu asupra șantierului de la Sânmihaiu Român iar tot în data de 23 iulie 2019 a fost realizată și scanarea Ecluzei de la Sânmartinu Maghiar.

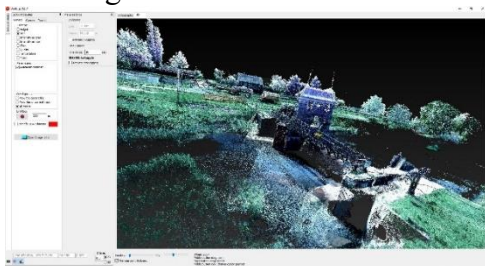


Fig. 4.94 Vizualizarea norilor de puncte LiDAR obținuți prin scanarea NH Sânmihaiu Roman



Fig. 4.99 Renovarea Ecluzei din Sânmihaiu Roman, scanare 23.07.2019 (Șmuleac 2019)

Folosirea imaginilor video procesate pentru GCP

Fereastra de imagine video s-a utilizat pentru a afișa imaginile achiziționate de la una sau mai multe camere video, din locațiile scanate în cazul cercetărilor, precum și pentru a încărca profilurile asociate de scanner laser și chiar navigarea, prin utilizarea ferestrei 'Imagine video', pentru a naviga prin traiectorie măsurată.

Folosirea imaginilor sferice (panoramice) pentru GCP

Butonul 'Imagini sferice' deschide o fereastră nouă în care sunt afișate imagini sferice. Fereastra este aranjată cu o fereastră principală în partea stângă și cu două ferestre de panoramare din dreapta, una deasupra celeilalte.

Vizualizarea datelor LiDAR pe imaginile stereografice

În fereastra Imagine video, s-au deschis imaginile sferice pentru Ecluza Sânmihaiu Român, unde a fost selectată o cameră, după care a fost deschisă fereastra ce conține norii de puncte (Point Cloud).

Vizualizarea punctelor LiDAR în timp real

Acest instrument este deosebit de util pentru a putea face o analiză în detaliu privind suprapunerea dintre norul de puncte și imaginile stereografice.

Ajustarea traiectoriei pe punctele de control GCP în funcție de timp

Se vor importa punctele de control GCP și, de asemenea, se poate seta vizualizarea punctelor de control. După definirea poziției corecte a punctelor de control de la sol GCP și poziționarea acestora pe norii de puncte, se va crea un GIS ce va cuprinde, date despre punct și din ce 'Walk' a fost realizată scanarea, timpul, coordonatele X, Y și Z ale punctelor de control selectate din listă, deviațiile DX, DY și DZ, precum și numele punctului de control.

Exportul norilor de puncte 3D ajustați, în această ultimă etapă, în Pegasus Manager se vor exporta din nou norii de puncte ajustați pe punctele de control (GCP), în funcție de timp cu extensia LAS, E57, extensie ce va fi prelucrată în cadrul lucrării cu programul de GIS Global Mapper [401] v.20 (figurile 4.128, 4.129).

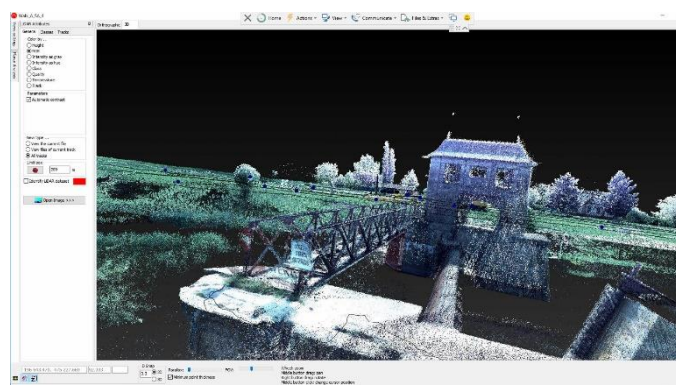


Fig. 4.128 Vizualizarea norilor de puncte ajustați pe GCP în funcție de timp (Șmuleac A., 2019)

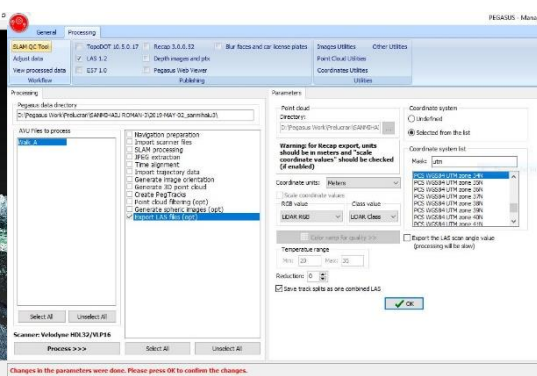


Fig. 4.129 Exportul fișierului LAS (Șmuleac A., 2019)

Procesarea datelor LiDAR în ArcGIS – Leica Pegasus: MapFactory, Rezultate obținute din procesarea datelor vor fi prelucrate în continuare cu programul GIS, utilizând modulul MapFactory, care este un modul de lucru în ArcGIS, folosit de la colectarea datelor și până la extracția finală.

Achiziția de date cu MapFactory, Leica Pegasus MDA aflat pe tabletă, care folosește programul 'Radmin', ajută ca pe durata achiziției de date, să se realizeze o configurare, unde să fie observate date cu privire la numărul de sateliți, starea INS, setarea cadrelor (fram-ului) pentru poze, vizualizarea în timp real a imaginilor înregistrate de cele cinci camere și datele LiDAR achiziționate de la cele două sisteme Velodyne [442].

NovAtel Inertial Explorer pentru vizualizarea traiectoriei, Programul NovAtel [417] Inertial Explorer este folosit pentru procesarea brută a datelor GNSS, respectiv IMU pentru a grăbi observațiile senzorului în vederea creării unei traiectorii de mers, ce poate servi pentru a crea referințe geodezice pentru imagine și pentru datele de tip cloud. Acest modul de post-procesare raportează precizia estimată a traiectoriei.

Post-procesare semi-automată cu MapFactory, programul Leica Pegasus: AutoP leagă imaginile de înalt dinamism și scanările de tip cloud pentru a reda 'un output' calibrat al datelor de imagine, precum și nori de puncte ce pot fi utilizați și vizualizați împreună cu Leica Pegasus: Viewer și Leica Pegasus: MapFactory.

Verificare rapidă a datelor cu Leica Pegasus: Viewer, Leica Pegasus: Viewer permite afișarea și navigarea prin imaginile procesate, precum și prin norii de puncte. Leica Pegasus: Viewer este de tip 'Open source' unde se pot transmite datele rapid.

Extragerea de elemente și supravegherea digitală cu MapFactory, Leica Pegasus: MapFactory permite utilizarea de imagini stereoscopice și a norilor de puncte pentru a măsura și extrage din datele achiziționate prin ArcGIS sau AutoCAD.

Instrumentele semi-automate sunt disponibile pentru extragerea rapidă a informațiilor. După ce obiectele sunt măsurate (vectorizate), datele pot fi exportate în diferite formate, inclusiv AutoCAD.

Capitolul 6 – Concluzii generale, contribuții originale și evoluții viitoare cu privire la utilizarea tehnologiilor moderne

Scopul acestei lucrări este de a realiza o cercetare științifică necesară dezvoltării de hărți 3D integrate prin metode geospațiale, de realizare a unei baze de date prin scanări laser 3D terestre (fixe și mobile) și aeriene a obiectivelor luate în studiu NH Topolovău Mic, Coșteiu, Sânmihaiu Român, Sânmartinu Maghiar și SP Cruceni, cu tehnologii de ultimă generație pentru crearea realităților virtuale 3D.

Toate aceste obiective se află amplasate în județul Timiș, oferind astfel soluții unice în România (fiind singurul model de pe piața din România la ora actuală) de cartografiere mobilă pentru captarea rapidă a realității.

Diferențele dintre scanarea Leica Pegasus Backpack (MMS) [156] și măsurătorile GNSS sunt de aproximativ 2-3 centimetri la un nivel absolut, iar rezultatele relative sunt chiar mai bune (de ordinul milimetrilor 13-20 mm).

Cu un astfel de echipament, pe lângă viteză și acuratețe în obținerea datelor 3D, putem discuta de asemenea și de o economie de timp și cost de aproape 70% (sau chiar mai mult).

Avantajul efectuării măsurătorilor 3D este acela că, în momentul scanării, se va captura întreaga zonă, astfel încât orice detaliu uitat, poate fi obținut ulterior, fără a mai fi necesar o altă ieșire în teren pentru completare. Astfel, datele UAV și MMS pot fi combinate cu tehnologiile de cercetare existente, precum TS (Total Station), GPS și TLS, oferind un set mai complex de informații.

Contribuțiile originale pentru întregirea patrimoniului cultural, prin utilizarea tehnologiilor moderne de achiziție și prelucrare a datelor, au fost următoarele:

A. Utilizarea tehnologiei GNSS, Leica GPS1200 și Leica GPS GS08, pentru:

- ridicările topografice prin măsurători cinematice (RTK) utilizând tehnologia satelitară;
- realizarea rețelelor geodezice prin măsurători statice necesare efectuării scanărilor 3D;
- achiziția datelor RiNNEX de stațiile de referință ale OCPI pentru procesarea datelor;
- procesarea și compensarea datelor brute (RAW Data) și obținerea coordonatelor finale în sistemul de proiecție Stereografic 1970;
- prelucrarea datelor folosind programul Leica Infinity;
- procesarea datelor folosind programul Leica Geo Office Combined;
- realizări de planuri de situație pe baza măsurătorilor satelitare;
- exportul fișierelor de măsurători (Fieldbook Report).

B. Echipamentul UAV (en. Unmanned Aerial Vehicle), Phantom 4 Pro, pentru:

- zborurile aeriene pentru obiectivele luate în studiu (NH Coșteiu, NH Topolovău Mic, NH Sânmihaiu Român și NH Sânmartinu Maghiar și SP Cruceni);
- ortomozaicarea imaginilor aeriene cu ajutorul programelor AgiSoft și Pix4D;
- preluarea punctelor de control de la sol (GCP) determinate cu Leica GS08 plus;
- introducerea punctelor de control (GCP) în programul AgiSoft;
- georeferențierea imaginilor UAV și transformarea coordonatelor;
- obținerea ortofotoplanului pentru amenajările hidrotehnice și hidroameliorative;
- verificarea georeferențierii și a erorilor de georeferențiere în AutoCAD;
- diseminarea punctelor cloud cu programul CloudCompare;
- generarea raportului de calitate, oferit de programele de specialitate;
- verificarea corectitudinii măsurătorilor pe baza GCP;
- verificarea datelor colectate cu ajutorul tehnologiei GNSS;
- extragerea norilor de puncte 3D din imaginile fotogrammetrice;
- realizarea fișierului de coordonate de tip COO sau TXT;
- realizarea modelului TIN pe baza punctelor diseminate în CloudCompare;
- realizarea curbelor de nivel și modelului digital de suprafață al terenului (DSM);

- alte lucrări de fotogrammetrie inginerescă utilizând tehnologia UAV pentru amenajările hidrotehnice și hidroameliorative.

C. Echipamentul TLS (*en. Terrestrial Laser Scanner*), **Leica C10**, pentru:

- scanări 3D pentru obiectivele de patrimoniu, atât în interior cât și în exterior;
- alinierea norilor de puncte și prelucrarea punctelor cloud cu Leica Cyclone;
- realizarea modelelor 3D pentru obiectivele de patrimoniu;
- reconstrucția suprafețelor 3D cu ajutorul modulului CloudWorx pentru AutoCAD;
- realizarea unui tur virtual și crearea unui link cu ajutorul programului Leica TruView;
- lucrări de monitorizare de înaltă rezoluție și precizie.

D. Tehnologiei ultra modernă mobilă de scanare MMS (*en. Mobile Mapping System*), **Leica Pegasus Backpack**, pentru:

- scanări 3D pentru obiectivele de patrimoniu, în interior și exterior;
- amplasarea unei stații de referință proprii, pentru culegerea datelor RiNNEX;
- analiza calitativă a datelor pe baza graficelor de calitate și interpretarea lor în IE;
- vizualizarea datelor 3D direct în Google Earth;
- vizualizarea norilor de puncte direct pe imaginile stereografice;
- opțiune avansată de vizualizare 3D, opțiunea de PARALAXĂ;
- aplicarea filtrului KALMAN pentru obținerea norilor de puncte 3D;
- posibilitatea ajustării norilor de puncte în funcție de timp sau poziție, pe GCP;
- posibilitatea de exportare a norilor de puncte de tip LAS, RECAP sau COE.

În cadrul prezentei teze, au fost realizate și operații comune pentru cele două tipuri de echipamente de scanare, terestră (Leica C10), și mobilă (Leica Pegasus Backpack), în cadrul căruia cu ajutorul programului Cyclone au fost realizate următoarele:

- modelarea țevelor, conductelor sau conectori pentru amenajările studiate;
- obținerea modelului TIN / Mesh pentru amenajările hidrotehnice și hidroameliorative;
- calcularea volumelor în mod 3D pentru amenajările hidrotehnice și hidroameliorative;
- realizarea profilelor transversale și longitudinale și extragerea elementelor pentru CAD;
- extragerea punctelor 3D la nivelul solului (DTM);
- ascunderea unor elemente scanate pentru a putea facilita realizarea planurilor;
- realizarea de straturi de lucru, care se vor regăsi automat și în fișiere de tip CAD;
- extragerea polilinelor și poligoanelor 3D, colorarea, înghețarea sau ascunderea norilor;
- crearea curbilor de nivel pentru amenajările hidrotehnice și hidroameliorative;
- utilizarea unei platforme GIS, și anume programul Map Factory;
- realizarea planurilor de situație necesare proiectării;
- realizări de zboruri virtuale 3D cu ajutorul Modulului Fly pentru navigare lină;
- opțiuni avansate de măsurare a rețelelor de canale cu „Virtual Surveyor”;
- scanarea și obținerea datelor 3D în timp real, într-un interval de timp scurt;
- realizarea unui tur virtual cu vizualizare 360 de grade;
- exportul datelor în diferite formate ca și LAS, E57, RECAP, COE etc.;
- vizualizarea norilor de puncte și suprapunerea acestora peste imaginile stereografice;
- opțiuni avansate de „Virtual Surveyor” împreună cu opțiunea de „SmartPick Point”.

Având în vedere cele de mai sus, există posibilități de monitorizare/urmărire în timp, a unor obiective de patrimoniu supuse degradării (de exemplu, Ecluza de Sânmihaiu Român), prin realizări de scanări multiple și compararea datelor.

O importantă contribuție o reprezintă evidențierea posibilităților de valorificare de către proiectanți, arhitecți, topografi sau instituții interesate (Primărie, ANIF, Administrația Bazinală de Apă, Electrica SA, etc) a datelor rezultate în urma măsurărilor efectuate, acestea fiind:

- realizarea exportului de date 3D: DWG, DXF, RECap, E57, PTX, PTS, LAS etc.;
- realizarea curbelor de nivel la diferite echidistanțe utilizând Cyclone;
- realizarea profilelor transversale, pe baza norilor de puncte;

- exportul datelor: CAD (DWG și DXF), LAS, XYZ;
- extragerea stâlpilor de curent, curbura firelor de curent sau înălțimea stâlpilor, etc;
- oferirea de date concrete pentru silvicultură;
- se pot realiza calcule volumetrice;
- date reale pentru Cadastru General;
- exportat de date cu extensiile: CAD, LAS, XYZ, PTX, PTS, E57 etc.;
- relevee datorită opțiunii de scanare atât în exterior și interior (Fused SLAM);
- redate cu ușurință fațadele clădirilor cu ajutorul programului CloudWorx;

6.3. Recomandări pentru cercetările viitoare

Cu ajutorul scannerelor moderne 3D se pot realiza cu succes urmărirea în timp a construcțiilor, respectiv a barajelor hidrotehnice naturale sau artificiale și obținerea de date 3D în timp real cu posibilitatea evaluării și luării unor decizii rapide, unde datele cele mai precise și cu cele mai mici erori au fost obținute cu echipamentul de scanat 3D, modelul Leica C10 luând în comparație echipamentul Leica Pegasus Backpack.

De asemenea date de un real folosii se pot obținute prin scanarea albiilor râurilor, cu ajutorul rucsacului Leica Pegasus Backpack, lucru posibil de realizat prin utilizarea unei bărci pe cursul râului. Tehnologia UAV (Dornele) pot fi folosite cu precădere pentru monitorizarea versanților, a alunecărilor de teren, pentru monitorizarea eroziunii solului sau monitorizarea exploatarea agricole.

Pe lângă realitatea virtuală mai putem vorbi astăzi de “Virtual Surveying”, adică măsurători virtuale, ce vor fi realizate ‘din birou’ (în această cercetare am folosit tehnică de prelucrarea virtuală a norilor de puncte) pe baza norilor de puncte și a imaginilor stereografice obținute, în cazul modelului Leica Pegasus sau a unui tur virtual și crearea unui link de vizualizare (TruView) în cazul scannerului Leica C10, cu posibilități de extragere a coordonatelor, a elementelor de detaliu, direct de pe imaginile stereografice, aflarea unei distanțe sau a unei vizionări în mod 360 de grade, oferă o perspectivă largă asupra obiectivului scanat.

În concluzie, măsurătorile realizate cu echipamentul ScanStation Leica C10, necesită timp mai îndelungat cu etape asemănătoare cu utilizarea unei stații totale, timp de staționare diferit pentru fiecare punct de stație și calculat în mod automat de instrument în funcție de GRID-ul ales și de distanța maximă la care se realizează scanarea, dar cu rezultate uluitoare, cu precizii ridicate de ordinul milimetrilor, 0-6 mm, în timp ce utilizarea rucsacului Leica Pegasus Backpack necesită un timp foarte scurt pentru realizarea scanărilor, ce implică de asemenea montarea unei stații de referință pentru colectarea datelor RiNNEX, scanare ce poate fi realizată, prin mersul pe jos sau de pe o mașină, cu o viteză maximă de 20 km/h, unde rezultatele sunt de calitate ridicată, datorită tehnologiilor moderne de colectare și prelucrare a datelor: ARTK, INS, IMU, ZUPT, SLAM.

Datele prezentate în această lucrare de doctorat sunt originale și au fost realizate în perioada studiilor doctorale și constituie viitorul pentru obținerea de date într-un timp scurt și de bună calitate prin posibilitatea comparării rezultatelor și prin folosirea în mod obligatoriu a punctelor de control la sol (GCP).

Concluziile și contribuțiile aduse prin această lucrare au aplicabilitate directă privind **metodele geospațiale**, în contextul realizării unei baze de date GIS **pentru amenajările hidrotehnice și hidroameliorative** (construcții hidrotehnice, amenajări de irigații și desecare - drenaj, rețele de alimentare cu apă, canalizare, stații de epurare, stații de pompare) și **conservării patrimoniului cultural și istoric**.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Abdelhafiz, A., 2009. Integrating Digital Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning, Ph.D Dissertation, Nr 23, Braunschweig, ISBN 3-926146-18-4.
- [2] Aicardi I., Dabove P., Lingua M.A., Piras M. (2017), Integration between TLS and UAV photogrammetry techniques for forestry applications, p. 41-47, revista iForest, Biogeosciences and Forestry, doi: 10.3832/ifor1780-009, [View Article]
- [64] Dabove P, Manzano AM (2014), GPS and GLONASS mass-market receivers: positioning, performances and peculiarities. *Sensors* 12: 22159-22179.
- [72] Didulescu C., Savu A., Badea C. B., Badea G., Bădescu G. (2011), Modeling and Visualization Objects from Point Cloud Data Surveyed With Terrestrial Laser Scanner. Recent researches in manufacturing engineering Proceedings of the 3rd WSEAS International Conference on Manufacturing Engineering, Quality and Production Systems (MEQAPS'11), Braşov, Romania.
- [87] Gerald F. Marshall (2004), Handbook of Optical and Laser Scanning, Marcel Dekker, Inc.
- [118] Herban, I.S., Vilceanu, C.B. (2011), 3D modeling using terrestrial Leica C 10 Scanstation. *Sci. Bull. Politehnica Univ. of Timisoara, Trans. Hydrotech*, 2, 95-98.
- [120] Herban, I.S., Vilceanu, C.B. (2012), Terrestrial Laser Scanning Used for 3D Modeling. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology and mining Ecology Management, 2, 795.
- [156] Leica Pegasus Backpack Technical Sheet.
- [160] Leucuta, G. C., Man, T. E., Pelea, G. N., Tamas, M., Balaj, C. (2016), Current situation and future perspective of land reclamation (hydroameliorations) arrangements in Banat. Case study: Teba-Timişat drainage arrangement. *Lucrări Ştiinţifice Management Agricol*, 18(1), pp. 145.
- [173] M. Lo Bruto, A. Borruso, A. D'Argenio (2012), UAV System for photogrammetric data acquisition of archeological sites, DOI: 10.1260/2047-4970.1.0.7, January 2012, pp. 7-13.
- [180] Man T.E. (2002), Les travaux hydro amélioratifs dans le sud-ouest de la Roumanie (dép. de Timiş), Réunion PROG Agriculture durable, environnement et gestion durable des ressources, 11-15 mai 2002, Réunion IP Agriculture durable et ressources hydriques: comparaison européenne, 14-25 mai 2002, Université des Sciences Agricoles du Banat Timişoara, Faculté d'agriculture, Programme SOCRATES 210447-IC-1-2000-2-Ro Erasmus EPS1.
- [185] Man T.E. (2014), Drenaje vol. I şi II, Editura Orizonturi Universitare, Timişoara, 2014
- [186] Man T.E. (2015), Amenajările de îmbunătăţiri funciare în Banat, Institutul Naţional De Cercetare-Dezvoltare Pentru Pedologie, Agrochimie Şi Protecţia Mediului – ICPA Bucureşti, *Lucrările Congresului Ştiinţa solului Timişoara*.
- [215] Negrilă A. (2017), Tehnologii de culegere, prelucrare şi reprezentare a datelor spaţiale – prelucrarea şi integrarea datelor GNSS în GIS, p.55, Note de Curs.
- [232] Otiman P. I., Man T. E., Goşa V., Mateoc-Sîrb N. şi alţii (2006), Dezvoltarea rurală durabilă în România, Ed.Academiei Române, Bucureşti.
- [301] Şmuleac, A., Oncia, S., Popescu, C.A., Herbei, M., Şmuleac, L. (2013), Topographic surveys for the updating of soil improvement works in a teaching experimental station. *Research Journal of Agricultural Science*, 45(2), 279-286.
- [304] Şmuleac A., Nemeş I. (2016), Utilizarea metodelor satelitare pentru realizarea unei reţele geodezice de îndesire, *Scientific Bulletin of the Politehnica University of Timisoara - Seria Hydrotechnics On Transactions*, vol. 60(74), Fascicola 2, ISSN:1583-3380.
- [305] Şmuleac A., Popescu C.A., Bârliba C., Popescu G., Şmuleac L. (2016), Deciphering The Enigma Of The Drainage Slope And Of The Road Dj582d Văliug-Lacul Gozna, Caras-Severin County, Romania, *Reserch Journal of Agricultural Science*, vol. 48, No 2 (2016), Ed. Agroprint.
- [306] Şmuleac A., Popescu C.A., Şmuleac L., Bertici R., Popescu G. (2016), Technical Considerations Regarding The Use Of GPS Technology To Improve Telecommunication Infrastructure, *Reserch Journal of Agricultural Science*, vol. 48, No 1 (2016), pg. 194-203, Ed. Agroprint.
- [307] Şmuleac, A., Nemeş, I. (2016), Topographical Surveys and Data Use to Monitor with the Lidar Method the Corridor Aerial Power Line 400 Kv in Parţa-Şag Locality, Timiş County.
- [308] Şmuleac, A., Herbei M.V., Popescu C.A. (2019), Metode modern de achiziţie şi prelucrare a datelor topogeodezice, Ed. Mirton, Timişoara, ISBN 978-973-52-1840-9, Colecţia Paideia.
- [312] Şmuleac A., Man T. E., Herban I. S., Şmuleac L. (2017), The multiplication of the geodesy

- network by satellite methods for hidrotehnic node Topolovatu Mic, Timis County, Analele Universității din Oradea, Ed. Universității din Oradea, V. 29, pp. 261-268.
- [317] Șmuleac, A., Mihai, H., Popescu, G., Popescu, T., Popescu, C.A., Barliba, C., Șmuleac, L. (2019), 3D Modeling of Patrimonium Objectives Using Laser Technology. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture, 76(1), 106-113.
- [325] Șmuleac L., Anișoara I., Horablaga A., Șmuleac A. (2017), Study Regarding The Impact Of Anthropoc Activities On Water Quality Of Bega River, Analele Facultății din ORADEA
- [327] Șmuleac L., Cordan I., Imbrea F., Bănățean-Dunea I., Șmuleac A., Ienciu A., Bertici R., Dicu D., Lațo A., Pașcalău R., Bojinescu F.N. (2019), Influence Of Various Anthropoc Activities On The Quality Of Groundwater In Timis County, Proceedings of the “Multidisciplinary Conference on Sustainable Development”, Filodiritto Editore – Pceedings, Romania, PP. 952-959.
- [328] Șmuleac, L., A.Toth, A. Șmuleac, R. Pașcalău (2019), The impact of anthropic activities on Bega river, Research Journal of Agricultural Science, Vol. 51/2.
- [372] Zhang, L. (2005), Automatic Digital Surface Model (DSM) Generation from Linear Array Images, ETH Zurich, Zurich, Switzerland.
- [401] *** Global Mapper v.20, (2019), Blue Marble Geographics.
- [404] *** H.G. nr. 447/22.04.2003, Normele metodologice privind modul de elaborare si conținutul harților de risc natural la alunecări de teren, Monitorul Oficial al României, 07.05.2003.
- [417] *** <https://novatel.com>.
- [442] *** Velodyne (2014), Velodyne High Definition LiDAR.

CUPRINS

Glosar de termeni	8
Ghid de termeni	10
Lista de figuri	16
Lista de tabele	22
Un scurt istoric al progresului științific	23
PARTEA I-a – STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR ÎN DOMENIUL TEMEI	36
Capitolul 1 – Introducere și probleme generale	36
Capitolul 2 – Metode geospațiale de achiziție și prelucrare a datelor	94
PARTEA II-a – REZULTATLE CERCETĂRILOR PROPRII	
Capitolul 3 - Descrierea amenajărilor hidrotehnice și hidroameliorative luate în studiu	134
Capitolul 4 – Studii de caz	
4.1. Utilizarea tehnologiei GNSS pentru îndesirea rețelei geodezice prin măsurători satelitare pentru punctele de control GCP din amenajarea NH Topolovătu Mic	145
4.2. Achiziția si prelucrarea datelor GIS utilizând tehnologia UAV în amenajarea NH Coșteiu, NH Topolovătu Mic, NH Sânmihaiu Român, NH Sânmartinu Maghiar și Stația de pompare Cruceni	154
4.3. Achiziția si prelucrarea datelor GIS utilizând tehnologia TLS în amenajarea NH Coșteiu, NH Topolovătu Mic, NH Sânmihaiu Român și Stația de pompare Cruceni	165
4.4. Achiziția si prelucrarea datelor GIS utilizând tehnologia Mobilă de scanare LiDAR (MMS) în amenajarea NH Coșteiu, NH Sânmihaiu Român, NH Sânmartinu Maghiar și Stația de pompare Cruceni	191
4.5. Georeferențierea imaginilor UAV în amenajarea NH Coșteiu, NH Topolovătu Mic și NH Sânmihaiu Român	249
Capitolul V - Compararea datelor UAV, TLS și MMS achiziționate pentru realizarea modelului 3D	264
Capitolul VI - Concluzii generale, contribuții originale și evoluții viitoare cu privire la utilizarea tehnologiilor moderne	285

ABREVIERI

Termen	Definiție
2D / 3D	2 dimensiuni (x, y) / 3 dimensiuni (x, y, z)
ARTK	Metoda NovAtel de a rezolva ambiguitățile și utilizarea de minimum 5 sateliți GPS, de preferat 7 (<i>en. Advance Real Time Kinematic</i>)
ALS	Scanner laser aeropurtat (<i>en. Airborne Laser Scanner</i>)
BIM	Model de informație privind clădirile
C10	Leica ScanStation C10
CAD	Proiectare asistată de calculator (<i>en. Computer Aided Design</i>)
DSM	Model digital de suprafață (<i>en. Digital Surface Model</i>)
DTM	Model digital de teren
LAS / E57	Formate de schimb de nori de punct
GCP	Puncte de control la sol (<i>en. Ground Control point</i>)
GDOP	Diluția geometrică a preciziei
GIS	Sistemul de informații geografice
GNSS	Sistemul global de navigație prin satelit (<i>en. Global Navigation Satellite System</i>)
GPS	Sistem de poziționare globală
GRID	Caroiaj - Rețea de pătrățele înscrisă pe un desen, pe o hartă etc. pentru a servi la reproducerea acestora la o altă scară (sursa DEX)
GSD	Distanța de probă finală (<i>en. GSD - Ground Sample Distance</i>)
HDS	Măsurători de înaltă definiție (<i>en. High Definition Survey</i>)
IMU	Unitate de măsurare inerțială, care este un dispozitiv electronic care măsoară și raportează forța specifică a corpului, viteza unghiulară și, uneori, câmpul magnetic care înconjoară corpul, folosind o combinație de accelerometre și giroscopae (<i>en. Inertial Measurement Unit</i>)
INS	Sistemul de navigație inerțial (<i>en. Inertial Navigation System</i>)
KF	Algoritm care utilizează o serie de măsurători observate în timp, conținând zgomotul statistic și alte inexactități și produce estimări ale variabilelor necunoscute care tind să fie mai mult exacte decât cele bazate numai pe o singură măsurare (<i>en. Kalman Filter</i>)
LASER	Amplificarea luminii prin emisia simulată de radiație
LiDAR	Detectarea și măsurarea luminii (<i>en. Light Detection and Ranging</i>)
MESH	Rețea de poligoane interdependente
MMS	Sistem de cartografiere mobilă (<i>en. Mobile Mapping System</i>)
Point Cloud	Un set de puncte 3D reprezentând o suprafață, formă sau obiect
RMS	Rădăcina medie pătrată (<i>en. Root mean square</i>)
RTK	Măsurători cinematice GNSS în timp real (<i>en. Real Time Kinematik</i>)
SFM	Structură din mișcare (<i>en. Structure From Motion</i>)
SLAM	Localizare Simultană și Mapare care se folosește în navigație, cartografia robotică și odometria pentru realitatea virtuală (<i>en. Simultaneous Localization and Mapping</i>)
Stereografic1970	Proiecția cartografică oficială a României
Textură	Tratamentul care constă în plasarea unei imagini pe o plasă
TLS	Scanner Terestru cu Laser (<i>en. Terrestrial Laser Scanner</i>)
TS	Stație totală (<i>en. Total Station</i>)
UAV	Vehicul aerian fără pilot (<i>en. Unmanned Aerial Vehicle</i>)
WRM	Managementul resurselor de apă (<i>en. Water Resource Managemnet</i>)