



TEZĂ DE DOCTORAT

-REZUMAT-

POSSIBILITĂȚI DE PERFEȚIONARE A METODELOR TOPOGRAFICE DE MĂSURARE ÎN LUCRĂRI MINIERE

Conducător științific: Prof. Univ. Dr. Ing. Vereș Ioel

Doctorand: Ing. Balázs Csaba

2024

CUPRINS

Introducere.....	5
CAPITOLUL 1	STADIUL ACTUAL AL
CERCETĂRILOR.....	7
1.1. Evoluția măsurătorilor topografice realizate cu UAV	7
1.2. Contribuții semnificative în desfășurarea măsurătorilor topografice realizate cu UAV.....	7
1.3. Beneficiile și provocările măsurătorilor realizate cu UAV până în prezent	7
1.4. Opinii pro și contra în domeniu	8
1.5. Cadrul legal de utilizare al sistemelor UAV în măsurători.....	8
1.6. Utilizarea dronelor la măsurători realizate în subteran.....	8
1.7. Pașii necesari în achiziția și prelucrarea datelor folosind sisteme UAV	9
1.7.1. Realizarea planului de zbor.....	9
1.7.2. Post procesarea datelor.....	9
1.7.3. Metoda de prelucrare a datelor din norul de puncte și interpretarea acestora prin realizarea planului de situație	9
1.7.4. Concluzii	9
CAPITOLUL 2	FOLOSIREA SISTEMELOR UAV
.....	11
2.1. Monitorizarea haldelor și barajelor utilizate în exploatarea resurselor minerale.....	11
2.1.1. Introducere	11
2.1.2. Descrierea metodei de lucru în teren.....	11
2.1.3. Descrierea metodei de postprocesare	11
2.1.4. Metode de comparație ale erorilor obținute	12
2.1.5. Calculul volumului barajului.....	12
2.1.6. Rezultate obținute.....	12

2.2. Integrarea UAV-urilor în monitorizarea comportării în timp a construcțiilor și realizarea planurilor suport pentru monitorizarea utilizării terenurilor	12
2.2.1. Introducere	12
2.2.2. Avantajele utilizării UAV în monitorizarea comportării în timp a construcțiilor și a utilizării terenurilor	13
2.2.3. Descrierea metodei de lucru în teren.....	13
2.2.4. Descrierea metodei de prelucrare a datelor	13
2.2.5. Concluzii	13
CAPITOLUL 3	STUDIU DE CAZ.....
3.1. Verificări la Pilierul de Exploatare E36.....	14
3.1.1. Introducere	14
3.1.2. Planul de zbor.....	14
3.1.3. Post procesarea datelor.....	14
3.1.4. Realizarea secțiunilor și verificarea datelor	14
3.1.5. Interpretarea datelor	15
3.1.6. Rezultatele obținute.....	15
3.2. Verificări la Conul de Scufundare	15
3.2.1. Introducere	15
3.2.2. Lucrările de teren	15
3.2.3. Post procesarea datelor.....	15
3.2.4. Rezultate obținute.....	15
3.2.5. Concluzii	16
CAPITOLUL 4	CONCLUZII ȘI REZULTATE
ORIGINALE	17
4.1. Concluziile tezei doctorale:.....	17
4.2. Recomandări pentru viitor:	18
4.3. Concluzii finale:.....	19

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE 20

Introducere

Într-o eră marcată de progrese tehnologice excepționale, vehiculele aeriene fără pilot (UAV) au adus o transformare profundă în domeniul măsurătorilor topografice. Lucrarea explorează impactul și beneficiile UAV-urilor în acest domeniu, cu un accent pe aplicațiile lor în minerit, atât în medii subterane, cât și la suprafață. Măsurătorile topografice sunt esențiale în ingineria civilă, arhitectură, minerit și gestionarea terenurilor. Utilizarea UAV-urilor a devenit populară datorită avantajelor considerabile privind eficiența, precizia și costurile reduse. UAV-urile permit realizarea măsurătorilor cu o acuratețe și rapiditate care depășesc metodele tradiționale, facilitând colectarea de date precise într-un timp mai scurt.

Un aspect fundamental al lucrării este analiza evoluției tehnologice a UAV-urilor utilizate în măsurătorile topografice. Progresele tehnologice din ultimele decenii au avut un impact profund asupra modului de realizare a măsurătorilor topografice. Dezvoltarea senzorilor avansați, cum ar fi camerele cu rezoluție înaltă și tehnologia LiDAR (Light Detection and Ranging), a permis UAV-urilor să colecteze date cu un grad de precizie și acuratețe fără precedent. Aceste tehnologii permit crearea de modele digitale de teren extrem de precise, esențiale pentru proiectele de infrastructură și gestionarea resurselor naturale. Tehnologia LiDAR oferă o măsurare detaliată a distanțelor prin măsurarea timpului de întoarcere a unui puls laser, generând modele 3D ale terenului cu o acuratețe impresionantă.

În mediul subteran, condițiile dificile și periculoase pentru operatori includ spații înguste, umiditate ridicată și lipsa luminii naturale. UAV-urile pot accesa aceste spații cu ușurință și pot colecta date precise fără a pune în pericol viața oamenilor. La suprafață, UAV-urile oferă o metodă rapidă și eficientă de a colecta date pe suprafețe mari, reducând semnificativ timpul și costurile comparativ cu metodele tradiționale de măsurare.

Aplicabilitatea practică a UAV-urilor în diferite domenii este esențială. În minerit, UAV-urile sunt utilizate pentru monitorizarea haldelor și barajelor, gestionarea volumelor de material extras și evaluarea stabilității taluzurilor. Aceste aplicații sunt importante pentru prevenirea accidentelor și optimizarea proceselor de extracție. UAV-urile oferă o metodă eficientă și sigură de colectare a datelor în medii dificile și periculoase. De asemenea, UAV-urile permit monitorizarea în timp real a activităților miniere și gestionarea resurselor eficient, contribuind la reducerea riscurilor și îmbunătățirea siguranței în mediile de lucru.

În industria minieră și în cariere, UAV-urile sunt utilizate pentru monitorizarea volumelor de material extras și evaluarea stabilității taluzurilor. Aceste operațiuni sunt esențiale pentru prevenirea accidentelor și optimizarea proceselor de extracție. Prin zborurile lor precise și capacitatea de a colecta date în timp real, UAV-urile contribuie la gestionarea eficientă a resurselor minerale și la asigurarea siguranței locurilor de muncă.

În domeniul construcțiilor civile, UAV-urile joacă un rol crucial în proiectele de infrastructură. Ele sunt folosite pentru inspecții detaliate ale șantierelor și măsurarea progresului construcțiilor cu o precizie ridicată. Datele obținute din aceste inspecții sunt esențiale pentru managementul proiectului, facilitând luarea deciziilor în timp real și optimizarea resurselor. Utilizarea UAV-urilor reduce semnificativ timpul și costurile

asociate cu măsurătorile manuale și inspecțiile pe teren, contribuind astfel la eficiența și succesul proiectelor de construcție. Prin eliminarea necesității de măsurători manuale și de inspecții fizice, UAV-urile permit o evaluare rapidă și detaliată a stării șantierelor și a progresului construcțiilor.

Scopul principal al utilizării UAV-urilor în măsurătorile topografice este de a asigura obținerea de date precise și detaliate într-un mod rapid și eficient. Atât în mediile subterane, cât și la suprafață, acestea minimizează riscurile pentru operatori și costurile operaționale asociate. Capacitatea UAV-urilor de a acoperi rapid zone extinse și de a efectua măsurători precise le face indispensabile pentru planificarea urbană, monitorizarea infrastructurii existente și gestionarea durabilă a resurselor naturale.

Obiectivele generale ale măsurătorilor realizate cu UAV în domeniul topografic sunt esențiale pentru progresul tehnologic și eficiența operațională în diverse industrii. UAV-urile aduc avantaje semnificative, contribuind la îmbunătățirea proceselor de colectare și analiză a datelor topografice. Acestea oferă date precise și detaliate, reduc timpul și costurile, cresc siguranța operatorilor și optimizează procesul de post-procesare a datelor. Prin aceste avantaje, UAV-urile devin instrumente esențiale în măsurătorile topografice moderne.

CAPITOLUL 1

STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRILOR

Capitolul 1 din această teză oferă o analiză detaliată a stadiului actual al cercetărilor în utilizarea vehiculelor aeriene fără pilot (UAV) în măsurătorile topografice. Acest capitol explorează evoluția tehnologică a UAV-urilor, contribuțiile semnificative ale acestora în diverse aplicații și provocările asociate, precum și opiniile pro și contra și cadrul legal de utilizare al acestor sisteme în măsurători.

1.1. Evoluția măsurătorilor topografice realizate cu UAV

Utilizarea dronelor în măsurătorile topografice a marcat o schimbare semnificativă în paradigma colectării datelor geospațiale. Inițial, tehnologia a fost folosită în principal în scopuri militare și de recunoaștere. Cu toate acestea, evoluția rapidă a echipamentelor și a software-ului a deschis noi orizonturi în domeniul cartografiei și topografiei. În anii 2000, primele experimente cu utilizarea dronelor pentru fotogrammetrie și aerofotografie au fost documentate în literatura de specialitate. Studiile au demonstrat potențialul UAV-urilor în realizarea hărților topografice de înaltă rezoluție, subliniind capacitatea dronelor de a colecta date precise și detaliate la costuri reduse și cu flexibilitate în planificarea și execuția misiunilor de măsurare.

1.2. Contribuții semnificative în desfășurarea măsurătorilor topografice realizate cu UAV

O serie de personalități și cercetători au devenit figuri de referință în dezvoltarea și promovarea utilizării dronelor în măsurătorile topografice. Printre aceștia se numără Dr. Michael S. Gebre, Dr. Stuart Blundell și Dr. Jonathan Li, care au contribuit semnificativ la avansarea acestui domeniu. Studiile și cercetările lor au evidențiat avantajele utilizării UAV-urilor, inclusiv eficiența, precizia și siguranța în colectarea datelor. Progresele tehnologice, cum ar fi dezvoltarea senzorilor avansați și a tehnologiei LiDAR (Light Detection and Ranging), au permis UAV-urilor să colecteze date cu un grad de precizie și acuratețe fără precedent, facilitând crearea de modele digitale de teren extrem de precise.

1.3. Beneficiile și provocările măsurătorilor realizate cu UAV până în prezent

Utilizarea UAV-urilor aduce numeroase beneficii în măsurătorile topografice:

- **Eficiență și rapiditate:** UAV-urile permit realizarea măsurătorilor într-un timp semnificativ mai scurt comparativ cu metodele tradiționale.

- **Precizie și acuratețe:** Dezvoltarea senzorilor avansați, cum ar fi camerele de înaltă rezoluție și tehnologia LiDAR, a permis UAV-urilor să colecteze date extrem de precise.
- **Siguranță:** UAV-urile pot accesa zone periculoase sau dificil de atins pentru operatori umani, cum ar fi medii subterane și terenuri accidentate, reducând riscurile pentru personalul de teren.
- **Versatilitate:** UAV-urile pot fi utilizate într-o varietate de aplicații, inclusiv monitorizarea haldelor și barajelor, evaluarea stabilității taluzurilor și monitorizarea progresului construcțiilor.

În ciuda acestor avantaje, utilizarea UAV-urilor prezintă și provocări, cum ar fi influența condițiilor meteorologice asupra zborurilor și a acurateții datelor, reglementările stricte privind utilizarea UAV-urilor și problemele de securitate cibernetică legate de protejarea datelor colectate și prevenirea accesului neautorizat.

1.4. Opinii pro și contra în domeniu

În cadrul acestei secțiuni, sunt prezentate diverse opinii pro și contra privind utilizarea UAV-urilor în măsurătorile topografice. Opiniile pro evidențiază avantajele semnificative ale UAV-urilor, cum ar fi eficiența operațională, reducerea costurilor și creșterea siguranței. Pe de altă parte, opiniile contra subliniază provocările și limitările, cum ar fi dependența de condițiile meteorologice, necesitatea unor reglementări stricte și riscurile de securitate cibernetică. Discuțiile se concentrează pe echilibrarea beneficiilor și provocărilor pentru a maximiza utilizarea eficientă a UAV-urilor în măsurători.

1.5. Cadrul legal de utilizare al sistemelor UAV în măsurători

Utilizarea UAV-urilor este reglementată strict în multe țări, iar respectarea acestor reglementări este esențială pentru a asigura operarea sigură și legală. În România, utilizarea dronelor în măsurătorile terestre este reglementată de Autoritatea Aeronautică Civilă Română (AACR) și alte autorități relevante. Persoanele fizice sau juridice care doresc să utilizeze UAV-uri în scopuri comerciale trebuie să obțină licențe și autorizații specifice. Reglementările includ restricții privind altitudinea maximă de zbor și distanța față de aeroporturi și alte zone restricționate. Este esențial să se respecte drepturile de confidențialitate și proprietate, precum și să se asigure securitatea datelor colectate.

1.6. Utilizarea dronelor la măsurători realizate în subteran

Utilizarea dronelor în măsurătorile subterane reprezintă o evoluție semnificativă în domeniul topografiei. Aceste drone sunt adaptate pentru a opera în medii subterane și sunt echipate cu senzori și echipamente speciale pentru a colecta date precise. Primele teste privind utilizarea dronelor în măsurătorile subterane au avut loc în mine și peșteri din întreaga lume. În România, utilizarea dronelor în măsurătorile subterane este în continuă evoluție, cu un interes crescut în industria minieră. Companii miniere și instituții de cercetare

explorează potențialul utilizării dronelor în cartografierea și monitorizarea minelor și a galeriilor subterane.

1.7. Pașii necesari în achiziția și prelucrarea datelor folosind sisteme

UAV

Realizarea măsurătorilor topografice cu UAV-uri implică mai mulți pași esențiali, de la planificarea zborurilor și colectarea datelor în teren, până la post-procesarea și interpretarea acestora.

1.7.1. Realizarea planului de zbor

Planificarea zborului este crucială pentru a asigura acoperirea completă și detaliată a zonei de interes. Acest proces include determinarea rutei de zbor, stabilirea altitudinii și vitezei UAV-ului, precum și selectarea echipamentului de senzori adecvat. Utilizarea software-urilor de planificare a zborurilor, cum ar fi Agisoft Metashape și Pix4D, permite crearea de planuri de zbor precise și eficiente.

1.7.2. Post procesarea datelor

După finalizarea zborurilor, datele colectate sunt transferate pentru procesare. Procesarea datelor include triangulația aeriană, alinierea imaginilor și generarea de modele digitale de teren (DTM) și ortofotoplanuri. Utilizarea punctelor de control terestru (GCP) este esențială pentru a corela și ajusta datele, asigurând acuratețea acestora. Software-urile avansate, cum ar fi Agisoft Metashape și Pix4D, sunt utilizate pentru post-procesarea datelor, oferind rezultate precise și fiabile.

1.7.3. Metoda de prelucrare a datelor din norul de puncte și interpretarea acestora prin realizarea planului de situație

Norul de puncte generat prin reconstrucția 3D a punctelor din imaginile aliniat formează baza pentru modelul 3D al suprafeței studiate. Procesul de prelucrare include utilizarea algoritmilor de optimizare, cum ar fi metoda celor mai mici pătrate (Least Squares Method), pentru a ajusta parametrii de proiecție și rotație. Aceste date sunt utilizate pentru realizarea planurilor de situație și a hărților topografice detaliate.

1.7.4. Concluzii

Acest capitol oferă o imagine cuprinzătoare asupra stadiului actual al cercetărilor în utilizarea UAV-urilor în măsurătorile topografice. Progresele tehnologice și contribuțiile semnificative ale cercetătorilor au demonstrat avantajele considerabile ale UAV-urilor în ceea ce privește eficiența, precizia și siguranța în colectarea datelor topografice. În ciuda provocărilor și limitărilor, utilizarea UAV-urilor continuă să evolueze, deschizând noi

orizonturi în domeniul topografiei și oferind soluții inovatoare pentru diverse aplicații. Reglementările stricte și respectarea cadrelor legale sunt esențiale pentru a asigura operarea sigură și legală a UAV-urilor, contribuind la avansarea continuă a acestui domeniu.

..

CAPITOLUL 2

FOLOSIREA SISTEMELOR UAV

Capitolul 2 al tezei explorează utilizarea sistemelor UAV (vehicule aeriene fără pilot) în monitorizarea haldelor și barajelor, precum și în monitorizarea comportării în timp a construcțiilor și a utilizării terenurilor. Acesta este un domeniu în care UAV-urile au adus inovații semnificative, oferind soluții mai eficiente și precise comparativ cu metodele tradiționale.

2.1. Monitorizarea haldelor și barajelor utilizate în exploatarea resurselor minerale

2.1.1. Introducere

Monitorizarea haldelor și barajelor este esențială pentru siguranța infrastructurii și protecția mediului. Haldele reprezintă depozitele de steril și deșeuri minerale rezultate din procesele de extracție și prelucrare a minereurilor, în timp ce barajele sunt construcții hidrotehnice majore utilizate pentru gestionarea resurselor de apă, producția de energie hidroelectrică și protecția împotriva inundațiilor. Integrarea UAV-urilor a revoluționat modul în care aceste structuri sunt monitorizate.

2.1.2. Descrierea metodei de lucru în teren

Metoda de lucru în teren cu UAV-uri implică mai multe etape critice. Inițial, se realizează un plan de zbor detaliat, care include determinarea traseului UAV-ului, stabilirea punctelor de control la sol (GCP) și asigurarea că toate echipamentele sunt calibrate corespunzător. Planificarea detaliată este esențială pentru a asigura acuratețea datelor colectate.

Zborurile UAV-urilor sunt efectuate la altitudini variabile, în funcție de obiectivele monitorizării și de caracteristicile terenului. De exemplu, în cazul haldelor, UAV-urile sunt utilizate pentru a colecta date topografice detaliate, care sunt ulterior folosite pentru a crea modele digitale ale terenului și pentru a evalua stabilitatea structurii. În cazul barajelor, UAV-urile monitorizează atât integritatea structurii, cât și nivelurile de apă și eventualele scurgeri.

2.1.3. Descrierea metodei de postprocesare

Postprocesarea datelor colectate de UAV-uri implică utilizarea unor software-uri avansate de fotogrammetrie și modelare 3D. Datele sunt prelucrate pentru a genera modele digitale ale terenului, hărți topografice și ortofotoplanuri de înaltă rezoluție. Aceste

produse finale sunt esențiale pentru analiza detaliată și pentru luarea deciziilor informate în managementul haldelor și barajelor.

Un aspect important al postprocesării este calibrarea și ajustarea datelor pentru a elimina erorile și pentru a asigura acuratețea rezultatelor. Utilizarea GCP-urilor este crucială în acest sens, deoarece acestea permit corelarea datelor UAV cu sistemele de referință geospațiale existente.

2.1.4. Metode de comparație ale erorilor obținute

Compararea erorilor obținute din măsurătorile UAV cu cele din metodele tradiționale este esențială pentru validarea și îmbunătățirea tehnologiilor UAV. În acest sens, sunt utilizate diferite metode statistice și algoritmi de optimizare pentru a evalua precizia și fiabilitatea datelor. Eroarea medie pătratică (RMSE) și ajustarea prin metoda celor mai mici pătrate sunt doar două dintre metodele utilizate pentru a evalua și minimiza erorile.

2.1.5. Calculul volumului barajului

Unul dintre obiectivele principale ale utilizării UAV-urilor în monitorizarea barajelor este calculul precis al volumului acestora. Aceasta implică colectarea datelor topografice detaliate și utilizarea algoritmilor de modelare 3D pentru a determina volumul structurii. Aceste informații sunt esențiale pentru managementul resurselor și pentru planificarea lucrărilor de întreținere și reparație.

2.1.6. Rezultate obținute

Rezultatele obținute din utilizarea UAV-urilor în monitorizarea haldelor și barajelor sunt remarcabile. UAV-urile au demonstrat o capacitate excelentă de a colecta date precise și detaliate, de a reduce timpul și costurile asociate cu măsurătorile tradiționale și de a îmbunătăți siguranța operatorilor. În plus, modelele digitale și hărțile topografice generate de UAV-uri sunt esențiale pentru analiza și gestionarea eficientă a acestor structuri.

2.2. Integrarea UAV-urilor în monitorizarea comportării în timp a construcțiilor și realizarea planurilor suport pentru monitorizarea utilizării terenurilor

2.2.1. Introducere

Integrarea UAV-urilor în monitorizarea comportării în timp a construcțiilor și a utilizării terenurilor reprezintă o altă aplicare importantă a acestei tehnologii. UAV-urile oferă o soluție eficientă și precisă pentru colectarea datelor necesare pentru evaluarea stării construcțiilor și pentru planificarea utilizării terenurilor.

2.2.2. Avantajele utilizării UAV în monitorizarea comportării în timp a construcțiilor și a utilizării terenurilor

Utilizarea UAV-urilor în monitorizarea construcțiilor și a terenurilor aduce numeroase avantaje, printre care se numără:

- **Eficiență și rapiditate:** UAV-urile permit realizarea măsurătorilor într-un timp scurt și cu un efort redus comparativ cu metodele tradiționale.
- **Precizie și acuratețe:** UAV-urile sunt echipate cu senzori avansați, care permit colectarea de date extrem de precise și detaliate.
- **Siguranță:** UAV-urile pot accesa zone periculoase sau dificil de atins pentru operatori umani, reducând riscurile asociate cu inspecțiile tradiționale.
- **Versatilitate:** UAV-urile pot fi utilizate într-o varietate de aplicații, inclusiv inspecții structurale, evaluarea stabilității terenului și monitorizarea progresului construcțiilor.

•

2.2.3. Descrierea metodei de lucru în teren

Metoda de lucru în teren pentru monitorizarea construcțiilor și a terenurilor cu UAV-uri implică planificarea detaliată a zborurilor, similar cu metoda descrisă anterior. UAV-urile sunt echipate cu camere de înaltă rezoluție și senzori LiDAR pentru a colecta date detaliate despre starea structurilor și a terenului.

2.2.4. Descrierea metodei de prelucrare a datelor

Prelucrarea datelor colectate de UAV-uri pentru monitorizarea construcțiilor și a terenurilor implică utilizarea unor software-uri specializate de fotogrammetrie și modelare 3D. Datele sunt procesate pentru a genera modele digitale ale structurilor și hărți topografice detaliate, care sunt utilizate pentru analiza stării construcțiilor și pentru planificarea utilizării terenurilor.

2.2.5. Concluzii

Utilizarea UAV-urilor în monitorizarea construcțiilor și a terenurilor a demonstrat multiple avantaje, inclusiv creșterea eficienței și preciziei măsurătorilor, reducerea costurilor și îmbunătățirea siguranței operatorilor. UAV-urile au devenit instrumente esențiale în gestionarea modernă a infrastructurii și a resurselor terenurilor, oferind soluții inovatoare pentru provocările din aceste domenii.

CAPITOLUL 3

STUDIU DE CAZ

Capitolul 3 din această teză prezintă studii de caz detaliate care demonstrează utilizarea UAV-urilor pentru verificarea și monitorizarea structurilor miniere, în special la pilierul de exploatare E36 și la conul de scufundare. Aceste studii evidențiază avantajele utilizării UAV-urilor în medii complexe și periculoase, oferind soluții eficiente și precise pentru colectarea și analiza datelor.

3.1. Verificări la Pilierul de Exploatare E36

3.1.1. Introducere

Verificarea pilierilor de exploatare în saline joacă un rol crucial în detectarea exfolierilor, fisurilor, crăpăturilor și deformărilor plastice cauzate de presiunile la care aceștia sunt supuși, având ca scop prevenirea accidentelor miniere și asigurarea stabilității structurale a întregului complex. Până în prezent, la Salina Ocna Dej, aceste măsurători au fost realizate anual sau o dată la doi ani. Utilizarea UAV-urilor pentru efectuarea acestor măsurători reprezintă o noutate atât pentru această salină, cât și în România.

3.1.2. Planul de zbor

S-a utilizat drona DJI Phantom 4 Pro Plus, modificată pentru utilizare în subteran. Condițiile dificile din subteran, cum ar fi curenții de aer puternici și lipsa semnalului satelitar, au impus o manevrare atentă și utilizarea mai multor acumulatori pentru realizarea măsurătorilor. În 2020, zborul a durat aproximativ o oră și jumătate, iar în 2024, măsurătorile au decurs mai ușor datorită unei intensități reduse a curentului de aer.

3.1.3. Post procesarea datelor

Postprocesarea datelor a implicat utilizarea unui număr mare de key points și tie points pentru alinierea imaginilor, din cauza condițiilor de luminozitate scăzută și a aberației cromatice. Metoda minimizării erorilor prin ajustare de fascicul a fost utilizată pentru a asigura acuratețea modelului 3D. Norul de puncte a fost generat prin reconstrucția 3D a punctelor din imaginile aliniate, formând baza pentru modelul 3D al suprafeței studiate.

3.1.4. Realizarea secțiunilor și verificarea datelor

Secțiunile orizontale au fost realizate la diferite cote, iar contururile acestora au fost utilizate pentru a analiza modificările survenite în timp. Suprapunerea contururilor din 2020 și 2024 a evidențiat diferențele și deformările pilierului de exploatare. De asemenea,

contururile obținute au fost comparate cu datele din arhiva salinei pentru a verifica acuratețea și stabilitatea pilierului.

3.1.5. Interpretarea datelor

Interpretarea datelor a implicat analiza secțiunilor realizate și compararea acestora cu datele din arhiva salinei. Modificările survenite în timp au fost identificate prin suprapunerea contururilor din 2020 și 2024. Diferențele observate au evidențiat zonele cu potențial risc și necesitatea intervențiilor pentru asigurarea stabilității structurale.

3.1.6. Rezultatele obținute

Rezultatele au demonstrat capacitatea UAV-urilor de a colecta date precise și detaliate în condiții dificile. Măsurătorile realizate cu UAV-uri au permis monitorizarea continuă a stabilității pilierului de exploatare, reducând riscurile pentru operatori și asigurând o evaluare precisă a stării structurale.

3.2. Verificări la Conul de Scufundare

3.2.1. Introducere

Conul de scufundare reprezintă o zonă critică pentru monitorizarea deformărilor și mișcărilor terenului. UAV-urile oferă o soluție eficientă pentru colectarea datelor necesare evaluării acestor fenomene, asigurând o monitorizare detaliată și precisă.

3.2.2. Lucrările de teren

Lucrările de teren au implicat zboruri sistematice deasupra conului de scufundare, colectând date topografice detaliate. Flexibilitatea și manevrabilitatea UAV-urilor au permis acoperirea completă a zonei de interes și colectarea unor date comprehensive. Imaginile și datele colectate au fost procesate pentru a genera modele digitale de teren și hărți topografice.

3.2.3. Post procesarea datelor

Postprocesarea datelor a inclus alinierea imaginilor, generarea norilor de puncte și crearea modelelor digitale de teren. Datele au fost prelucrate pentru a obține modele 3D precise, care au fost utilizate pentru evaluarea deformărilor și a mișcărilor terenului. Procesarea a implicat utilizarea software-urilor specializate de fotogrammetrie și modelare 3D.

3.2.4. Rezultate obținute

Rezultatele obținute au demonstrat eficiența UAV-urilor în monitorizarea conului de scufundare. Modelele 3D și hărțile topografice au evidențiat schimbările survenite în timp,

permițând identificarea zonelor critice și evaluarea riscurilor asociate. UAV-urile au oferit o metodă rapidă și precisă de monitorizare a deformărilor terenului, contribuind la gestionarea eficientă a resurselor și la prevenirea accidentelor.

3.2.5. Concluzii

Utilizarea UAV-urilor pentru monitorizarea conului de scufundare a demonstrat numeroase avantaje, inclusiv eficiența în colectarea datelor, precizia ridicată și capacitatea de a accesa zone dificile și periculoase. Modelele 3D și hărțile topografice generate au fost esențiale pentru evaluarea detaliată a deformărilor și pentru luarea deciziilor informate privind gestionarea terenului.

CAPITOLUL 4

CONCLUZII ȘI REZULTATE ORIGINALE

4.1. Concluziile tezei doctorale:

Această teză doctorală s-a concentrat pe utilizarea echipamentelor UAV pentru realizarea măsurătorilor topografice atât în mediul subteran, cât și la suprafață. Studiul a demonstrat că utilizarea dronelor aduce avantaje semnificative în ceea ce privește eficiența, precizia și siguranța în colectarea datelor topografice. Concluziile principale ale acestei cercetări sunt prezentate în continuare.

Utilizarea UAV-lor pentru măsurători topografice a redus considerabil timpul necesar pentru colectarea datelor comparativ cu metodele tradiționale. UAV-urile pot acoperi rapid suprafețe mari și pot accesa zone greu accesibile pentru operatorii umani. În mediul subteran, unde accesul este adesea dificil și periculos, UAV-urile au demonstrat capacitatea de a colecta date precise fără a expune operatorii la riscuri.

Este întotdeauna important să se împartă GCP-urile în teren în așa fel încât să fie acoperită atât zona de interes atât pe interior cât și la extremitățile acesteia și să poată constrânge norul de puncte pentru diminuarea erorilor.

La suprafață, dronele au oferit hărți și modele 3D de înaltă rezoluție, esențiale pentru diverse aplicații inginerie și științifice.

La barajul de la Runcu s-au realizat măsurători cu drona în galeria de golire cu scopul de a se întocmi profilele transversale care să permită proiectarea măririi acesteia și realizarea proiectului prin metoda de forare pușcare.

La monitorizarea haldelor, a barajelor, a carierelor dintr-o anumită zonă este necesară o atenție sporită pentru determinarea cât mai corectă a volumului rambleu/debleu pentru verificările din timp a totalului de minerale, agregate etc. aceste procedee de lucru ajută atât proiectanții cât și constructorii să afle stadiul real al lucrărilor și pot afla mai ușor zonele în care trebuie intervenit în cazul unor probleme.

Studiul a arătat că dronele echipate cu camere de înaltă rezoluție pot colecta date topografice cu o precizie foarte ridicată. În mediul subteran, unde condițiile sunt adesea dificile, dronele au reușit să obțină date precise care au permis crearea unor modele digitale detaliate.

Verificările au ajutat la înțelegerea fenomenelor de fisurare, dilatare și exfoliere a pilierilor de exploatare, un fenomen care trebuie avut în vedere și verificat periodic, căci dacă aceștia nu sunt poziționați corect din cauza fisurilor și dislocărilor de minerale se pot produce surpări ale întregului sistem minier asemănător cu zona conul de scufundare de la Salina Ocna Dej deasupra Minei Ferdinand.

Aceste verificări ajută prin crearea modelelor 3D, a norilor de puncta suprapuse să se investigheze mai ușor și mai sigur zonele în care trebuie intervenit.

Un avantaj major al utilizării dronelor în mediul subteran este reducerea riscurilor pentru operatorii umani. Dronile pot naviga în spații înguste și periculoase, eliminând necesitatea ca operatorii să intre în astfel de zone. Acest lucru a contribuit la creșterea siguranței și la reducerea accidentelor de muncă în mediul subteran.

Implementarea UAV-urilor în realizarea măsurătorilor topografice a demonstrat o reducere semnificativă a costurilor operaționale. Costurile asociate cu echipamentele tradiționale și timpul de lucru al operatorilor au fost reduse, făcând utilizarea dronelor o soluție economică pentru proiectele de măsurători topografice.

UAV-urile s-au dovedit a fi extrem de flexibile și adaptabile pentru diferite tipuri de măsurători și condiții de teren. În mediul subteran, dronile au fost modificate pentru a funcționa fără acces la sistemele de poziționare globală, utilizând tehnologii alternative pentru navigație. La suprafață, dronile au fost utilizate în diverse aplicații, de la monitorizarea progresului construcțiilor la evaluarea resurselor naturale.

Dronile utilizate la realizarea acestor cercetări au fost modificate din software pentru a putea fi utilizate în zone fără semnal de telefonie mobilă, acces la internet sau la sateliți. Aceste lucruri au condus către o desfășurare a activităților de cercetare mai profundă prin înțelegerea mecanismului de zbor mult mai flexibil, care permite capturarea informațiilor relevante utilizând programe de proiectare a traseelor de zbor.

Prin colaborări cu profesori universitari s-a realizat un *LISP* pentru programul Autocad care să permită extragerea din norul de puncte a informațiilor relevante care definesc elementele din teren și care la urma urmei stau la baza conturării planurilor de situație.

Tehnologiile avansate de colectare a datelor implementate pe drone au facilitat un proces de post-procesare mai eficient. Datele colectate au fost integrate cu ușurință în programe de software specializate pentru analiza și interpretarea rezultatelor. Acest lucru a permis o evaluare rapidă și precisă a informațiilor colectate și a îmbunătățit calitatea rezultatelor finale.

Teza a demonstrat că utilizarea UAV-urilor poate aduce îmbunătățiri semnificative în realizarea planurilor suport pentru proiectare, verificare și implementare.

4.2. Recomandări pentru viitor:

Se recomandă continuarea integrării tehnologiilor avansate, cum ar fi inteligența artificială și învățarea automată, pentru a îmbunătăți și mai mult precizia și eficiența UAV-urilor în colectarea datelor topografice.

Este esențială dezvoltarea unor protocoale stricte de siguranță pentru operarea acestora în mediul subteran și la suprafață, pentru a asigura protecția operatorilor și a echipamentelor.

Se încurajează colaborarea între inginerii de cadastru, dezvoltatorii de tehnologie și autoritățile de reglementare pentru a standardiza utilizarea UAV-urilor în măsurătorile topografice și pentru a maximiza beneficiile acestei tehnologii.

Investițiile în educația și formarea continuă a operatorilor de UAV și a specialiștilor în cadastru sunt esențiale pentru a asigura utilizarea eficientă și în siguranță a dronelor în diverse aplicații topografice.

4.3. Concluzii finale:

Teza demonstrează că utilizarea UAV-urilor în realizarea măsurătorilor topografice, atât în subteran, cât și la suprafață, reprezintă o soluție inovatoare și eficientă pentru colectarea datelor precise necesare în diverse domenii. Prin îmbunătățirea preciziei, reducerea costurilor și creșterea siguranței, dronele au potențialul de a revoluționa modul în care sunt efectuate măsurătorile topografice, contribuind semnificativ la progresul tehnologic și la dezvoltarea infrastructurii moderne.

Pentru a realiza anumite lucrări mai repede, mai bine, la un nivel mai ridicat de precizie suntem nevoiți să intervenim și să apelăm la noua tehnologie ba chiar mai mult de atât pe viitor se dorește să se creeze un program de prelucrare a datelor pe bază de inteligență artificială, pentru a reduce erorile care pot apărea la diferitele etape ale procesului care trebuie urmat.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. Marian Dacian-Paul - *Intocmirea planurilor topografice* - Editura Universitas, Petrosani 2019
2. Colomina, I., & Molina, P. - *Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing (2014), 92, 79-97.
3. Costachel Aurel - *Cartografia cu baze de topografie* - Litografia Invatamantului, Bucuresti 1955
4. Dima Nicolae, Herbei Octavian, Veres Ioel - *Topografie generala si elemente de topografie miniera* - Editura Universitas, Petrosani 2005
5. Donisă Ion, Grigore Mihai, Tövissi Iosif – *Aerofotointerpretare geografică* – Editura Didactică și Pedagogică București, 1980
6. Ionescu P., Rădulescu M. – *Topografie generală și inginerească* - Editura Didactică și Pedagogică București, 1975
7. Balázs Csaba, Vereş Ioel, Fissgus Klaus Gerhart - *Realization of a situation plan using the drone (uav) as photogrammetric equipment* - Annals of the University of Petrosani, Mining Engineering, 21 (2020), pag. 231-251, Universitas publishing house, Petroșani 2020, ISSN 1454-9174
8. <https://github.com/agisoft-llc/metashape-scripts>
9. Sanna Marttila, Andrea Botero - *Bees, drones and other Things in public space: Strategizing in the city* - Strategic Design Research Journal, 9(2): 75-88 May-August 2016, 2016 Unisinos – doi: 10.4013/sdrj.2016.92.03
10. <https://forums.autodesk.com/t5/visual-lisp-autolisp-and-general/select-3d-points-by-polylines/m-p/9493579/highlight/true#M399352>, Prof. Univ. Giovanni Anzani, Prof. Univ. Universitatea de studii din Florența, Departamentul de Arhitectură
11. Stanescu E., Munteanu A., Seibulescu C. - *Constructia barajelor de pamant si anrocamente* - Editura Tehnica, Bucuresti 1969
12. Fissgus Klaus Gerhart – *Fotogrammetrie* - Editura Universitas, Petrosani, 2011
13. Marian Dacian Paul - *Urmărirea comportării terenurilor și construcțiilor afectate de exploatarea subterana* - Editura Universitas, Petrosani 2021

14. Gheorghe-Gavrilă Hognogi, Ana-Maria Pop, Alexandra-Camelia Marian-Potra, Tania Someșfălean - *The Role of UAS–GIS in Digital Era Governance. A Systematic Literature Review* – Sustainability 2021, 13, 11097. <https://doi.org/10.3390/su131911097>

15. Wenang Anurogo, Muhammad Zainuddin Lubis, Hanah Khoirunnisa, Daniel Sutopo Pamungkas Aditya Hanafi, Fajar Rizki, Ganda Surya, Arini Dewi Lestari Situmorang, Dirgan Timbang, Perdi Novanto Sihombing, Catur Agus Lukitasari, Novita Ayu Dewanti - *A Simple Aerial Photogrammetric Mapping System Overview and Image Acquisition Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)* - Journal of applied geospatial information Vol 1 no 1 2017

16. Onica Ilie, Marian Dacian-Paul, Marina Ovidiu - *Monitorizarea si prognoza deformarii terenului de la suprafata Minelor Victoria si Cantacuzino: articol* - Editura Universitas, Petrosani 2021

17. Ersilia Oniga, Ana-Ioana Breabăn – *Aplicații utilizând nori de puncte laser scanner aeropurtate* - MatrixRom București, 2020

18. Ersilia Oniga – *Fotogrammetrie avansată* – MatrixRom București, 2019

19. Guțu Alexandru, Andrei Ovidiu – *Fotogrammetria terestră în cercetare și proiectare* – Editura Tehnică București, 1976

20. Toz G., Erdogan M. - *DEM (digital elevation model) production and accuracy modeling of dems from 1:35.000 scale aerial photographs* - The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing 2008

21. Vorovencii Iosif – *Fotogrammetrie* – MatrixRom București – 2010

22. Marian Dacian Paul - *Urmărirea topografică și analiza deformării suprafeței terenului afectat de exploatarea subterana* - Editura Universitas, Petrosani 2012