

UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI



FACULTATEA DE MINE

ING. DOROBANȚU SILVIU

TEZĂ DE DOCTORAT

REZUMAT

**PERFECTIONAREA METODELOR DE MONITORIZARE ȘI MODELARE 3D A
CARIERELOR**

CONDUCĂTOR ȘTIINTIFIC:

PROF. UNIV. DR. ING. DR. HC. NICOLAE DIMA

PETROȘANI

2020

Mulțumiri:

Doresc să aduc mulțumiri Domnului Prof. univ. dr. Hc. Nicolae DIMA pentru sprijinul acordat pe toată perioada pregătirii academice, redactării și finalizării acestei teze de doctorat precum și comisiei de doctorat pentru bunăvoința și timpul acordat citirii și evaluării acestei teze.

Totodată, doresc să adresez mulțumiri comisiei de îndrumare din cadrul Universității din Petroșani, membrilor Departamentului de Inginerie Minieră, Topografie și Construcții și a Domnișoarei Director de Departament Conf. univ. dr. ing. Larisa Ofelia FILIP.

Cuvinte cheie: *Metode geodezice, exploatare miniere, monitorizare, volume, UAV, GNSS, modelare 3D*

Scopul Tezei de doctorat este acela de a utiliza și perfecționa metodele topo-geodezice și fotogrammetrice de măsurare, în vederea monitorizării exploatărilor la zi, în general, și a Carierei T.M.K. – UAT Reșița, în particular.

Monitorizarea și modelarea 3D a unui obiectiv nu poate fi realizată decât pe baza unor măsurători topo-geodezice de precizie ridicată, dar și pe baza tehnologiilor UAV (drone), rezultând astfel o imagine de ansamblu a unei anumite zone de studiu.

Obiectivele propuse sunt următoarele:

- Realizarea măsurătorilor topo-geodezice, pe baza tehnologiilor satelitare în vederea realizării rețelei geodezice de sprijin din zona studiată;
- Realizarea ridicărilor planimetrice a zonei studiate, în vederea realizării planului de situație a zonei studiate;
- Realizarea măsurătorilor nivelitice, în vederea calculelor volumetrice ale stocurilor de material;
- Utilizarea tehnologiilor fotogrammetrice, în vederea perfecționării măsurătorilor geodezice;
- Realizarea modelului 3D al Carierei TMK Reșița, pe baza măsurătorilor topo-geodezice și fotogrammetrice realizate;

În vederea realizării obiectivelor propuse au fost utilizate tehnologii geodezice moderne, și anume:

- Sisteme GNSS – Global Navigation Satellite System – GPS Leica 1200 și GPS Leica GS08;
- Tehnologia UAV: Drona DJI Phantom 4;

- Stații totale de precizie ridicată: Stația totală Leica 1200 și Stația totală Leica TS02;
- Software de specialitate în vederea prelucrării datelor din teren: AutoCAD, ArcGIS, Agisoft, Pix4D.

➤ **Realizarea măsurătorilor topo-geodezice, pe baza tehnologiilor satelitare, în vederea realizării rețelei geodezice de sprijin din zona studiată**

După cum este cunoscut, toate măsurătorile geodezice și topografice sunt efectuate pe suprafața fizică topografică a Pământului, cu care ia contact în mod direct.

Prelucrarea acestor măsurători urmărește în principal determinarea pe suprafața terestră a unor puncte **geodezice de sprijin** de prim ordin (ordinul I), pe suportul cărora urmează a se determina punctele de ordinul II, III, IV, V și în continuare a punctelor de detalii necesare la întocmirea planurilor topografice.

Metodele de prelucrare aplicate în determinarea punctelor geodezice sunt: triangulația, trilaterăția, și poligonometria sau combinații între acestea.

Rețeaua de triangulație de stat este alcătuită din lanțuri de triunghiuri, organizate, în funcție de distanțele dintre ele, pe ordine de mărime și pe baza preciziei de determinare. Triangulația de ordine I-IV reprezintă rețeaua de triangulație de stat, denumită triangulație superioară, iar rețeaua de triangulație de ordin V reprezintă triangulația de ordin inferior.

Punctele triangulației de ordinul V îndelesc ordinul IV, având laturile de 1-5 km, astfel încât să asigure o densitate de un punct la 50 ha. Pentru lucrări cu caracter special (baraje, metrouri, obiective industriale mari), apar rețele de triangulație cu forme speciale, care sunt lucrate separat de triangulația de stat, dar care pot avea puncte de racordare cu aceasta. Precizia unor astfel de rețele locale este mult mai bună decât precizia rețelei geodezice de stat.

Pentru suprafețe mai mici se apelează, după caz, la drumuire sau chiar la radieri, pentru determinarea rețelei de sprijin topografică.

Punctele ce constituie rețeaua de sprijin pot fi considerate vârfuri ale unor triunghiuri, iar din gruparea acestora pot rezulta forme diferite de rețele sau de canevas: poligon cu punct central, patrulater, lanțuri de triunghiuri, de patrulatere sau combinații din acestea. Coordonatele punctelor pot fi determinate, dacă într-o astfel de rețea sunt

măsurate toate unghiurile triunghiurilor, lungimea și orientarea unei laturi (în unele cazuri a două laturi).

➤ **Realizarea ridicărilor planimetrice a zonei studiate, în vederea realizării planului de situație a zonei studiate**

Pe baza ridicărilor topografice pot fi realizate lucrările de proiectare, măsurare, calcule și raportarea grafică a unei porțiuni de teren.

Ridicările planimetrice au ca scop realizarea de reprezentări ale terenului (planuri, profile) prin mijloace topografice, legate de aparatura și metodele specifice.

Orice ridicare topografică, indiferent de suprafață, scară, precizia urmărită, este executată în cadrul unei rețele de sprijin.

➤ **Realizarea măsurătorilor nivelitice, în vederea calculelor volumetrice ale stocurilor material**

- Calcule și verificări de volume;
- Verificarea prin metode topografice cu stația totală a volumului straturilor;
- Măsurători pentru determinarea volumelor;
- Trasarea cotelor pe măsura executării excavațiilor;
- Modelare 3D a reliefului curent și predicția reliefului viitor;
- Verificare volumetrică prin metode topografice a excavațiilor;

➤ **Utilizarea tehnologiilor fotogrammetrice, în vederea perfecționării măsurătorilor geodezice**

Dacă fotogrammetria clasică se ocupă cu determinarea în timp și spațiu a obiectelor fixe, mobile sau deformabile și cu reprezentarea lor fotografică, grafică sau numerică (prin coordonate), pe bază de fotografii speciale numite fotogramme. Fotogrammetria UAV reprezintă o alternativă la metodele utilizate în domeniul fotogrammetriei clasice, care se ocupă cu înregistrarea aeriană a datelor din teren, cu ajutorul unor vehicule aeriene fără pilot, denumite drone, ce zboară la înălțimi mici și mijlocii. Pe baza tehnologiei UAV pot fi obținute date de pe zone întinse, într-un timp relativ scurt, chiar și în zonele greu accesibile sau imposibil de ajuns, în condiții de siguranță ridicate.

În vederea realizării unui ortofotoplan cu zona studiată sunt fixate ținte la sol ce apoi sunt măsurate pe baza tehnologiei GNSS, ținte ce au rol în georeferențierea în sistemul național de proiecție stereografic 1970 a imaginilor fotogrammetrice, imagini ce rezultă în urma zborului cu drona.

Astfel sunt determinate coordonate ale țintelor de reper la sol pe baza tehnologiei GNSS, utilizând sistemul GPS prin conectare cu sistemul de stații permanente ROMPOS. Datele determinate cu GPS-ul pot fi descărcate și prelucrate cu software de specialitate.

➤ **Realizarea modelului 3D al Carierei, pe baza măsurătorilor topo-geodezice și fotogrammetrice**

Fotogrammetria digitală la distanță mică are aplicabilitate practică în domenii diverse, ca de exemplu: arheologie, medicină sau conservarea obiectivelor de patrimoniu, datorită metodelor de măsurare, fără un contact direct cu obiectul studiat, iar rezultatele sunt foarte precise și fiabile. Pe de altă parte, culegerea datelor este realizată într-un timp foarte scurt și nu implică costuri ridicate, iar imaginile sunt preluate și stocate, putând fi analizate și remăsurate oricând în viitor.

Achiziția datelor pe baza metodelor fotogrammetrice are ca scop obținerea unor informații referitoare la obiectele fizice și a mediului înconjurător de la distanță, fără a avea contact fizic cu acestea prin înregistrarea, măsurarea și interpretarea imaginilor fotografice metrice, numite fotogramme. Preluarea acestor fotograme este realizată cu ajutorul camerelor fotogrammetrice, amplasate la sol (fotogrammetria terestră), sau amplasate la bordul unor platforme aeropurtate.

Elementele de noutate ale tezei sunt dedicate studiilor efective (modalități, programe elaborate, programe folosite, diferite metode și aplicații utilizate) a datelor geodezice și topografice și constau în:

- ✚ Metode de reprezentare 3D a lucrărilor miniere
- ✚ Utilizarea reprezentărilor 3D în procesele de monitorizare a activităților miniere
- ✚ Utilizarea tehnologiilor moderne de fotogrammetrie digitală (UAV) în vederea realizării ortofotoplanurilor, realizarea modelelor tridimensionale și calculul volumelor pe baza măsurătorilor din cariera
- ✚ Utilizarea metodelor moderne și a programelor de specialitate în vederea realizării obiectivelor propuse și compararea acestora pe baza indicatorilor de calitate
- ✚ Procesarea imaginii aeriene și obținerea norului de puncte util în vederea calculului de volume ale stocurilor

Pentru a atinge scopul propus prin această cercetare următoarele etape au fost parcurse:

- Au fost realizate măsurători topo-geodezice în teren, pe baza tehnologiilor satelitare, în vederea realizării rețelei geodezice de sprijin din zona studiată – cariera TMK Reșița;
- Au fost realizate ridicări planimetrice în cariera studiată, care au condus la realizarea planului de situație a zonei studiate;
- Au fost realizate măsurători nivelitice clasice, utilizate pentru calculul volumelor stocurilor de material;
- Comparativ cu metodele clasice de determinare a volumelor au fost utilizate și metode fotogrammetrice, iar rezultatele obținute au fost mult mai precise, în comparație cu metodele clasice de determinare a volumelor;
- Rezultatul final al acestei cercetări a constat în realizarea modelului 3D al Carierei TMK Reșița și determinarea cu precizie ridicată a volumelor stocurilor de material, pe baza măsurătorilor topo-geodezice și fotogrammetrice, metode care pot sta la baza unei monitorizări continue a acestei cariere.

Studiul de față a prezentat prelucrarea datelor fotogrammetrice, folosind 684 de imagini achiziționate pe baza unui sistem UAV DJI Phantom 4 și 25 de puncte de control GCP situate la sol, la altitudini diferite, pentru a obține o georeferențiere mai precisă, iar datele obținute din prelucrarea imaginilor aeriene, inclusiv a texturilor, a norului de puncte, obținând o precizie finală de ordinul milimetrilor.

Erorile procesului de georeferențiere, obținute în urma prelucrării datelor sunt de 7.56731cm pe XY și 1.87114cm pe Z.

Modelul 3D construit pe baza Norului de puncte Dens are o rezoluție de 4.53cm / pixeli, iar valoarea Modelului digital al terenului de 72,4cm / pen.

Din cele 684 de imagini și 25 de puncte de control GCP, au fost obținute 42.517.472 de puncte. Etapa finală a procesării datelor include generarea ortofotoplanurilor, imaginilor raster, formatelor TIN și DEM, precum și generarea norului de puncte.

Norul de puncte a fost prelucrat inițial cu programul CloudCompare, iar tratarea setului de date finale conținea un total de 1.534.957 de puncte, care au fost utilizate în continuare pentru efectuarea calculelor volumetrice.

Combinarea datelor 3D permite clasificarea norului de puncte și filtrarea acestuia pentru interpretare și modelarea exactă a obiectelor. La sfârșitul procesării, au fost efectuate exporturi de date în diferite formate, inclusiv Google Earth, fișiere LAS, fișiere XYZ care mai târziu ar putea fi procesate cu programe de specialitate precum: Google Earh, Autocad, TopoLT, Surfer, Global Mapper, CloudCompare.

Norul de puncte obținut în urma procesării a fost transcalculat din Sistemul WGS1984 în sistemul Stereografic 1970.

Măsurătorile topo-geodezice și fotogrammetrice au fost realizate pe o suprafață de 296.255 mp, cu 9 grămezi de zgură, cu următoarele volume: V1 cu o suprafață de 28930 mp și un volum de 379559,7 mc; V2 cu o suprafață de 81327mp și un volum de 1230304,2mc; V3 cu o suprafață de 4500mp și un volum de 19292,3mc; V4 cu o suprafață de 19100mp și un volum de 147758mc, V5 cu o suprafață de 9908mp și un volum de 96779,9mc, V6 cu o suprafață de 5807mp și un volum de 6883,2mc; V7 cu o suprafață de 2862m² și un volum de 7712,3mc, V8 cu o suprafață de 1980mp și un volum de 2952,2 m² și V9 cu o suprafață de 3484mp și un volum de 8430,4mc. Volumul total rezultat din prelucrarea datelor aerofotogrammetrice este de 1.899.915 mc răspândit pe o suprafață totală de 15.86565 Ha.