



**MINISTERUL EDUCAȚIEI
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ
DOMENIUL DE DOCTORAT: MINE, PETROL ȘI GAZE**

**TEZĂ DE DOCTORAT
-- REZUMAT --**

**Conducător științific:
Prof.univ.dr.ing. Nicolae DIMA**

**Doctorand:
ing. Gheorghe Marian VANGU**

Petroșani
-- 2023 --



**MINISTERUL EDUCAȚIEI
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ
DOMENIUL DE DOCTORAT: MINE, PETROL ȘI GAZE**

**TEZĂ DE DOCTORAT
“SISTEM INFORMAȚIONAL GEOGRAFIC DESTINAT ACTIVITĂȚII
MINIERE”**

**Conducător științific:
Prof.univ.dr.ing. Nicolae DIMA**

**Doctorand:
ing. Gheorghe Marian VANGU**

Petroșani
-- 2023 --

Prezenta lucrare de cercetare reprezintă o analiză a posibilităților de proiectare, implementare și utilizare a unui sistem informațional geografic destinat domeniului minier, cu aplicabilitate în cadrul întreprinderilor miniere care desfășoară exploatarea la zi. Sistemul implementat constituie un instrument de management care facilitează accesul rapid la date și care asigură gestionarea eficientă a activităților miniere.

Procesul de cercetare a debutat prin studierea aspectelor teoretice care au stat la baza conturării situației actuale a utilizării GIS în minerit. Ulterior s-a continuat cu proiectarea, elaborarea, testarea și validarea metodologiilor de lucru și a unui model de date necesar implementării unui sistem de tip GIS dedicat exploatărilor miniere de suprafață, acesta fiind principalul obiectiv urmărit de autor.

Rezultatele practice ale prezentei lucrări, obținute ca urmare a derulării studiului de caz, se materializează în obținerea: unui ortofotoplan digital de înaltă rezoluție al zonei de studiu, modelul digital de elevație și modelul bazei de date aferentă implementării unui sistem GIS în cariera de calcar Bistrița – Vâlcea, carieră aflată în administrarea Societății Naționale a Sării SALROM S.A. – Sucursala Exploatarea Minieră Rm. Vâlcea.

Lucrarea “SISTEM INFORMAȚIONAL GEOGRAFIC DESTINAT ACTIVITĂȚII MINIERE” reprezintă rezultatul preocupărilor și desfășurării activităților de cercetare ale subsemnatului în perioada 2016 – 2023 ca student al Școlii Doctorale din cadrul Universității din Petroșani, domeniul Mine, Petrol și Gaze. Din punct de vedere practic, principalul obiectiv urmărit îl constituie obținerea unui sistem informațional geografic destinat gestionării eficiente a activităților din exploatarea miniere la zi. Obiectivele parțiale sunt reprezentate de: realizarea unui zbor pentru achiziția datelor fotogrametrice, prelucrarea datelor și obținerea suportului grafic de tip raster (ortofotoplan), generarea modelului bazei de date, precum și elaborarea, testarea și validarea metodologiilor de lucru. Studiul de caz a fost desfășurat în cadrul carierei de calcar Bistrița – Vâlcea, ceea ce a permis aplicarea practică a tehnologiilor topografice și fotogrametrice, evaluarea gradului de aplicabilitate a acestora, precum și evidențierea elementelor de noutate, a avantajelor și dezavantajelor metodelor aplicate.

Motivația temei are la bază pregătirea teoretică a subsemnatului, precum și experiența acumulată de-a lungul timpului. Fiind absolvent al Universității din Craiova, Facultatea de Științe Economice, specializarea Informatică Economică, iar ulterior urmând cursurile Facultății de Agronomie, specializarea Măsurători Terestre și Cadastru din cadrul aceleiași Universități, precum și cursurile de master Topografie Minieră Informatizată și Cadastru din cadrul Facultății de Mine, Petrol și Gaze, Universitatea din Petroșani, mi-am îndreptat atenția către un domeniu de activitate care îmbină aspecte ale domeniilor studiate și care are potențial de dezvoltare viitoare, și anume Sistemele Informaționale Geografice.

Cunoștințele tehnico-informatică dobândite în cadrul derulării cursurilor de Informatică Economică și în cadrul activității ulterioare îmi oferă capacitatea de proiectare și implementare a unui sistem informatic/informațional. Cu toate acestea, cunoștințele dobândite în domeniile „Măsurători Terestre și Cadastru” și „Topografie Minieră

Informatizată și Cadastru” au influențat ramura de aplicabilitate către care mi-am îndreptat atenția, și anume sistemele informatice/informaționale geografice din domeniul minier, sisteme care îmbină informațiile de localizare cu cele descriptive.

Prin îmbinarea cunoștințelor dobândite în cadrul acestor domenii de activitate (economie, tehnologia informației, geodezie, topografie, cadastru), precum și datorită unei experiențe de peste 15 ani în analiza și modelarea proceselor economice și de management, mi-am îndreptat atenția către studiul și cercetarea sistemelor informaționale geografice cu toate componentele și procesele obligatorii: analiza necesităților, proiectarea modelului de date (relațional sau nerelațional), analiza posibilităților de obținere sau producție a suportului grafic (de tip raster și de tip vector), implementarea modelului de date proiectat, testat și validat, exploatarea eficientă a sistemului obținut.

Importanța și relevanța temei sunt determinate de importanța hotărâtoare care se acordă eficientizării oricărei activități economice, mai ales în contextul unor resurse limitate (cantitativ și calitativ). În actualul context concurențial al economiei globale, performanța unei întreprinderi este condiționată și depinde de calitatea deciziilor luate de către managementul acesteia. Luarea celor mai bune decizii și adoptarea celor mai bune măsuri implică accesarea la un volum mare de informații și un proces complex de analiză și sinteză a acestora.

Stocarea unui volum mare și variat de date, dar mai ales prelucrarea acestora în vederea identificării alternativelor decizionale, face necesară proiectarea și implementarea unor sisteme suport de decizie, care să asiste managerul în adoptarea celor mai bune decizii. O categorie deosebită a sistemelor suport de decizie existente în prezent o reprezintă sistemele informaționale geografice, sisteme care permit definirea și utilizarea hărților tematice care facilitează analiza multicriterială.

Capacitatea de culegere, prelucrare și analiză a informației de care managementul întreprinderii (factorul uman) ar trebui să dispună este cu mult peste limitele umane. Pentru depășirea acestor limite, în procesul decizional sunt utilizate mijloace de prelucrare și de tehnologia informației, în special tehnologiile informaționale pentru suportul deciziei.

Caracterul limitat și utilizarea judicioasă a resurselor reprezintă un obiectiv strategic și în domeniul minier, în concordanță cu strategia minieră a României 2017-2035, ceea ce susține conceptul de dezvoltare durabilă. La nivel național se urmărește gestionarea eficientă și utilizarea optimă a resurselor minerale existente, astfel încât se impune necesitatea existenței și utilizării unor sisteme suport decizie dedicate domeniului minier. Dintre acestea, sistemele informatice geografice joacă un rol deosebit prin prisma ariei de aplicabilitate. Astfel, acestea își găsesc utilitatea pe durata ciclului de viață al unei exploatare miniere, de la prospectare și până la etapele de închidere a lucrărilor miniere și reabilitare a mediului înconjurător afectat de acestea.

Gradul de noutate al temei este cert și cuantificabil. Prezenta temă de cercetare este în concordanță cu tendințele și strategiile naționale aplicabile în domeniul Mine, Petrol și Gaze. Progresul tehnologic a facilitat pătrunderea și accesibilitatea noilor tehnologii

destinate domeniului minier (drone, produse fotogrametrice, sisteme informatice dedicate etc.), ceea ce permite elaborarea și utilizarea unor instrumente moderne de management al activităților din exploatarea minieră de suprafață.

Obiectivul fundamental al acestui studiu se concentrează asupra proiectării unui sistem informațional geografic care să integreze diverse informații, diverse tipuri de date necesare organizării și gestionării eficiente a activităților miniere, cu validarea metodelor de lucru în cadrul carierei de calcar de la Bistrița-Vâlcea.

În concret mi-am propus analizarea oportunităților de proiectare, dezvoltare și implementare a unui sistem informațional geografic destinat gestionării și eficientizării activității miniere din cadrul carierei de calcar de la Bistrița-Vâlcea, sistem care trebuie să parcurgă toate etapele de realizare a unui GIS. Totodată au fost stabilite și obiectivele secundare, după cum urmează: elaborarea, testarea și validarea metodologiei privind derularea activităților de analiza necesităților, precum și de achiziție a datelor fotogrametrice; prelucrarea datelor și obținerea produselor fotogrametrice necesare; proiectarea, validarea și implementarea modelului conceptual de date și a bazei de date; implementarea modelului de date proiectat prin utilizarea unor produse software specializate; demonstrarea utilității sistemului prin prezentarea capacităților analitice ale acestuia.

Prezenta lucrare de cercetare a fost structurată în 7 capitole de conținut, la care se adaugă prefața, bibliografia parcursă pentru documentarea și redactarea lucrării și anexele cuprinzând diverse detalii tehnice ale aspectelor cercetate. Structura prezentei lucrări se prezintă după cum urmează:

Capitolul 1. Cariera de calcar Bistrița – Vâlcea are rolul de a prezenta contextul activităților de cercetare și prezentarea generală a locației. Totodată sunt prezentate aspecte privind importanța științifică a subiectului supus cercetării, stadiul actual al cunoașterii, obiectivele principale și secundare stabilite, suportul teoretic, științific și material, aspecte privind metodologia cercetării și ipotezele formulate.

Capitolul 2. Produse software utilizate în domeniul minier include prezentarea principalelor produse software utilizate în domeniul minier, raportat la categoria și aria de aplicabilitate a acestora. De asemenea acest capitol prezintă conceptul de sistem informațional geografic și poziționarea sistemelor de tip GIS în activitatea minieră.

Capitolul 3. Sisteme informaționale geografice (GIS) utilizate în minerit detaliază aspecte ale sistemelor de tip GIS, după cum urmează: prezentarea generală a conceptului, definirea și clasificarea sistemelor de tip GIS, aplicabilitatea extinsă a acestora, prezentarea beneficiarilor și a beneficiilor, trecerea în revistă a câtorva proiecte existente, prezentarea procesului de realizare, implementare și întreținere a unui GIS, prezentarea principalelor produse software de tip GIS existente, prezentarea conceptului de OpenGIS și concepte privind standardizarea și interoperabilitatea.

Capitolul 4. Proiectarea și realizarea bazei de date GIS pentru exploatarea minieră prezintă atât noțiunile și conceptele generale despre bazele de date, cât și particularizările

specifice bazelor de date spațiale, mai ales cu aplicabilitate în exploatările miniere. În cadrul acestui capitol au fost incluse noțiuni privind: contextul actual și necesitatea utilizării bazelor de date, definiții și funcții de bază, noțiuni privind personalul implicat, noțiuni despre arhitectura și proiectarea bazelor de date, baze de date clasice și baze de date spațiale utilizate în exploatările miniere. Au fost incluse modele conceptuale sau logice destinate domeniului minier și au fost prezentate principalele beneficii generate de exploatarea bazelor de date.

Capitolul 5. Aplicabilitatea dronelor în minerit are drept scop prezentarea tehnologiilor moderne utilizate pentru achiziția rapidă și precisă a datelor din teren. Astfel sunt prezentate: noțiuni generale privind vehiculele aeriene fără pilot (drona), diferențele conceptuale și constructive dintre dronă, vehicul aerian fără pilot la bord și sistem de zbor fără pilot la bord, aspectele legislative stabilite la nivel european și aspecte privind siguranța zborului. Totodată au fost detaliate aspecte privind posibilitățile și oportunitatea utilizării dronelor în minerit, senzori utilizați și beneficiile utilizării dronelor în exploatările miniere.

Capitolul 6. Studiu de caz: Cariera de calcar Bistrița – Vâlcea include detalierea activităților desfășurate în procesul de cercetare, cu aplicabilitate concretă în cariera de calcar de la Bistrița-Vâlcea. Pentru îndeplinirea obiectivelor propuse, studiul de caz a urmărit 6 direcții majore de acțiune, după cum urmează:

- planificarea activităților și derularea procesului de analiză de detaliu a necesităților, pentru a asigura corespondența dintre cerințe și rezultate;
- efectuarea unui zbor fotogrametric pentru achiziția datelor din teren (cariera de calcar Bistrița-Vâlcea);
- prelucrarea datelor fotogrametrice și obținerea unui ortofotoplan aferent carierei de calcar de la Bistrița-Vâlcea;
- proiectarea modelului de date (baza de date GIS);
- implementarea modelului de date și exploatarea analitică a sistemului informațional geografic al carierei de calcar de la Bistrița-Vâlcea;
- publicarea proiectului sub forma unei componente web (de tip webgis), cu accesibilitate extinsă.

Capitolul 7. Rezultatele cercetării și propuneri de valorificare și diseminare a acestora prezintă rezultatele concrete obținute ca urmare a derulării studiului de caz, propunerile de valorificare a acestora, direcțiile viitoare de cercetare, precum și contribuția originală a autorului. Totodată, ca urmare a experiențelor practice de cercetare, au fost incluse recomandări de acțiune în cadrul exploatărilor miniere la zi din zonele montane.

Rezultatele cercetării

Ca urmare a desfășurării activităților de cercetare au fost obținute rezultate concrete, după cum urmează:

- metodologia privind proiectarea, dezvoltarea și implementarea bazelor de date destinate exploatărilor miniere;
- modele logice și conceptuale privind structurarea datelor existente în exploatările miniere și organizarea acestora în baze de date spațiale;

- metodologia de planificare și desfășurare a unui zbor fotogrametric într-o exploatare minieră la zi din zona montană;
- metodologia pentru implementarea unui sistem de tip GIS cu aplicabilitate în exploatarea miniere de suprafață;
- metodologia pentru procesarea fotogramelor și obținerea unui ortofotoplan;
- planificarea rutelor de zbor fotogrametric și salvarea acestora pentru zboruri ulterioare;
- listă puncte de control la sol, cu coordonate asociate;
- listă de recomandări și bune practici pentru realizarea unui zbor fotogrametric în zonă de munte;
- set de 1249 fotograme (1127 fotograme din zona de exploatare minieră și 122 fotograme din zona de depozitare și livrare produse);
- ortofotoplan (pentru două zone de interes);
- model digital de elevație;
- nor de puncte;
- model de date dedicat carierei de calcar de la Bistrița-Vâlcea;
- sistem informatic geografic destinat gestionării activităților din cariera de calcar de la Bistrița-Vâlcea;
- scenarii de lucru pentru exploatarea analitică a sistemului informatic geografic.

Contribuții personale

Din punct de vedere teoretic și practic lucrarea este un prim pas spre crearea unui ansamblu de metode, mijloace și unelte moderne de analiză și gestionare eficientă a activității din exploatarea miniere la zi, prin utilizarea tehnicilor moderne de scanare aeriană și integrare a informațiilor geografice.

Prezenta lucrare aduce contribuții practice în aplicarea tehnologiilor fotogrametrice în exploatarea miniere la zi din zona montană, precum și în ceea ce privește proiectarea unui model de date, crearea bazei de date, popularea cu valori și implementarea unui sistem informațional geografic specific carierei de calcar de la Bistrița-Vâlcea.

Raportat la tema de cercetare, autorul și-a arătat preocuparea privind analiza și evaluarea tehnologiilor fotogrametrice aplicabile în exploatarea miniere la zi din zona montană, precum și pentru proiectarea unui model de date specific, care permite integrarea informațiilor din surse diverse, cu scopul de a facilita și îmbunătăți deciziile de management. Scopul prezentei lucrări este de a elabora și valida o metodologie cu aplicabilitate practică pentru proiectarea și implementarea unui sistem de tip GIS, inclusiv pentru identificarea necesităților și asigurarea suportului grafic de tip raster. Astfel, prin aplicarea acestei metodologii în locații și condiții similare se asigură obținerea unor rezultate similare.

Contribuția originală a autorului se materializează și este susținută de rezultatele concrete obținute ca urmare a derulării studiului de caz, așa cum sunt descrise anterior. Elementele originale din cadrul lucrării se bazează pe patru direcții principale de cercetare:

- elaborarea și validarea practică a metodologiei de analiză a necesităților;

- asigurarea suportului grafic necesar prin utilizarea metodelor de scanare aeriană (fotogrametrice) pentru achiziția datelor:
 - elaborarea modelelor de planificare a activităților de teren și de birou, precum și a modelelor de stabilire a resurselor necesare;
 - elaborarea, aplicarea și validarea metodologiei de marcare și materializare a punctelor la sol pentru a asigura posibilitatea de georeferențiere ulterioară a suportului grafic (ortofotoplan);
 - stabilirea parametrilor optimi pentru zborul fotogrametric și de prelucrare a fotogramelor brute pentru îndeplinirea cerințelor minime de calitate a suportului grafic.
- proiectarea modelului de date dedicat (baza de date GIS);
 - proiectarea modelului de date specific carierei de calcar de la Bistrița-Vâlcea, cu respectarea cerințelor beneficiarilor finali;
 - aplicarea unor metode încrucișate de validare a necesităților și a modelului de date (aplicarea unor scenarii intermediare de exploatare a bazei de date).
- elaborarea și implementarea sistemului informațional geografic din punct de vedere al structurii, metodelor și mijloacelor de implementare software, cu aplicabilitate directă pe cariera de calcar Bistrița-Vâlcea.
 - validarea modelului proiectat prin implementarea practică în cadrul unui produs software specializat (ESRI-ArcGis);
 - stabilirea elementelor de interes și vectorizarea acestora pentru studiul de caz;
 - integrarea de date din surse diverse (publice sau private);
 - prezentarea modalităților de exploatare eficientă a sistemului informațional geografic;
 - derularea unor scenarii concrete de exploatare a sistemului de tip GIS.

Perspective privind extinderea cercetării

Având în vedere atât complexitatea activităților specifice domeniului minier, cât și aplicabilitatea largă a sistemelor informaționale geografice, prezenta lucrare de cercetare nu se consideră a fi exhaustivă. Activitățile de cercetare pot fi continuate, extinse și îmbunătățite. Dintre posibilele direcții de cercetare viitoare cu aplicabilitate în domeniul minier putem aminti:

- ajustarea și îmbunătățirea metodologiei de analiză și identificare corectă a necesităților;
- continuarea cercetărilor privind metodele de achiziție a datelor fotogrametrice din exploatarea miniere la zi, dar și extinderea cercetărilor privind aplicabilitatea în exploatarea subterane;
- cercetări privind factorii care influențează calitatea produselor fotogrametrice: capacitățile tehnice ale echipamentelor utilizate, densitatea punctelor de control la sol, metodologii și algoritmi de procesare fotogrametrică;
- realizarea de studii comparative privind utilizarea diverselor produse software utilizate pentru procesarea fotogrametrică (Agisoft Metashape, Pix4D, DJI Terra);

- cercetări privind aplicabilitatea, utilitatea și beneficiile aplicării unor tehnologii similare: fotogrametrie clasică, fotogrametrie din UAV, scanare laser 3D;
- extinderea și optimizarea modelului de date proiectat și specific exploatărilor miniere la zi;
- actualizarea bazei de date conform necesităților și cerințelor beneficiarilor finali;
- cercetarea aplicabilității metodelor în diferite tipuri de exploatări miniere: de suprafață, de adâncime/subteran, exploatări marine sau fluviale.

Direcțiile de cercetare amintite pot constitui o continuare a prezentei teme și a activităților de cercetare desfășurate, ceea ce poate duce la rafinarea și îmbunătățirea rezultatelor obținute.