

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION
UNIVERSITÉ DE PETROSANI
ÉCOLE DOCTORALE

DOMAINE DOCTORAL

MINES, PÉTROLE, GAZ

THÈSE

**Recherche sur l'utilisation des instruments informatiques
dans le domaine des ressources minérales**

**Cercetări privind utilizarea instrumentelor informatice în domeniul
resurselor minerale**

Responsable scientifique :
prof. univ. dr. ing. *RADU Sorin Mihai*

Doctorant : Ing. TASHCHI EUGENE

Petrosani 2024

Scopul acestei lucrări este de a contribui la această abordare, prezentând cu exemple relevante și contribuții personale evoluția, extinderea și diversitatea utilizării instrumentelor IT în domeniul resurselor minerale, de la sarcina gestionării resurselor, la modele sofisticate de procese, fenomene și echipamente legate de industria minieră și prezentarea sistemelor și structurilor integrate ale tehnologiei informatice, cum ar fi inteligența artificială și internetul obiectelor.

A fost exemplificată legătura dintre cercetarea literaturii de specialitate, analiza fenomenologică, dezvoltarea modelului matematic și utilizarea resurselor computaționale pentru rezolvarea acestora prin tratarea diferitelor aspecte ale diferitelor scări și subdomenii ale ingineriei resurselor minerale. Lucrarea este structurată în trei părți respectând în ordine cronologică complexitatea și en trois parties, respectant un ordre chronologique, de complexitatea și creșterea contribuțiilor personale la dezvoltarea cunoștințelor în domeniul abordat.

Prima parte, intitulată **INFORMATICA ÎN DOMENIUL GESTIONĂRII RESURSELOR MINERALE** a fost realizată, pe baza obiectivelor și metodelor de gestionare a resurselor minerale, privind justificarea utilizării resurselor informatice și imagistice digitale rezultate din nevoile de gestionare a datelor, importanța acestora în strategia și tehnicile de prospecțiune, diferitele domenii posibile de aplicare a instrumentelor informatice în gestionarea datelor de prospecțiune, evaluări prospective, până la modelarea numerică a depozitului pentru dezvoltarea proiectelor miniere.

Aceasta corespunde primei etape de implicare a instrumentelor informatice în domeniul resurselor minerale, ca element suplimentar pentru a facilita executarea sarcinilor și rutinelor deja consacrate

Partea a doua, intitulată **IMPLEMENTAREA INSTRUMENTULUI IT ÎN SECTORUL MINIER** s-a axat pe aspecte ale unei etape ulterioare de dezvoltare a temei privind utilizarea instrumentelor informaționale în domeniul resurselor minerale, pe baza unei analize a perspectivelor digitalizării industriei miniere.

În acest context, problema Internet of Things (IOT) în sectorul minier a fost abordată ca element esențial al digitalizării industriei miniere pentru a o face mai durabilă. Au fost tratate sistemele informatice geografice (GIS), care, cu toate componentele lor: sisteme de

poziționare, sisteme de orientare și sisteme de navigație, au pătruns recent în multe domenii și fac acum parte din domeniul accesibil.

Acestea încep, de asemenea, să fie utilizate în minerit, datorită capacității acestor sisteme de a colecta, stoca, prelucra și utiliza informații de natură spațială și non-spațială.

Un alt subiect abordat în această parte printr-o sinteză și sistematizare a informațiilor și cunoștințelor disponibile, într-un set unitar de idei, a fost **ABORDAREA MECATRONICĂ A PROIECTĂRII SISTEMELOR MINIERE**, reprezentând un salt calitativ în proiectare, deoarece echipamentul este constituit ca un tot unitar care include subsisteme mecanice, hidraulice, electrice și informatice, devenind astfel mult mai flexibil și adaptabil la cerințele Industriei 4.0.

Au fost apoi prezentate aspectele inteligenței artificiale (IA) ca instrument fiabil pentru analiza datelor și luarea deciziilor atunci când se lucrează cu seturi de date mari sau repetate, specifice proceselor și tehnicilor miniere. Pe lângă aplicațiile robotice, IA este utilizată pentru recunoașterea modelelor utilizând învățarea automată (ML) și interacțiunea cu utilizatorul utilizând aplicații sau dispozitive inteligente. Munca intensă și activitățile miniere potențial periculoase necesită conectivitate și comunicare avansate incontestabile, pe lângă dispozitivele inteligente. Au fost abordate problemele specifice de comunicare în industria minieră, ceea ce este esențial deoarece afectează atât producția, cât și siguranța, care este necesară pentru transferul de date între personal și colectarea datelor de la mașini.

În cadrul elementelor de infrastructură critică, obiectivele industriale, în special cele miniere, se disting prin caracteristici particulare din punct de vedere al siguranței, vulnerabilității, gradului de risc și importanței, din punctul de vedere al cauzelor, consecințelor, amplitudinii și gravității evenimentelor adverse sau accidentale, al tipului de avarie.

Acesta este motivul pentru care a fost abordată problema necesității de a redefini securitatea sistemelor. Realizările actuale în domeniul cunoștințelor științifice și tehnologiilor aplicate industriei miniere au condus la definirea și implementarea conceptului de minerit inteligent, în care aplicarea tehnologiilor informaționale joacă un rol important. Mina modernă trebuie să fie o mină inteligentă care încorporează o cantitate mare de inteligență aplicată tuturor fazelor vieții sale.

Tehnicile informatice actuale permit accesul rapid la informații al unui număr mare de utilizatori. Se poate spune că transmiterea informațiilor este independentă de distanțele dintre utilizatori și sursa din care provin aceste informații. Ne-am ocupat de acest lucru în secțiunea Mina inteligentă. Următoarea etapă de evoluție, denumită uneori "minerit inteligent", implică – pe lângă schimbările organizaționale mai ample – integrarea rapidă a roboticii, automatizării și internetului obiectelor (IoT) în mediul operațional, astfel încât mineritul inteligent devine mai vulnerabil la riscurile cibernetice, despre care se discută în partea finală a celei de-a doua părți.

Ultima parte, METODE MODERNE DE MODELARE BAZATE PE INTELIGENȚĂ ARTIFICIALĂ APLICABILE STUDIULUI PROCESELOR MINIERE este dedicată prezentării modelelor dezvoltate de autor, cu privire la diferite aspecte ale problemei tratate în părțile anterioare.

În procesul de modelare pentru suportul decizional, modelarea bazată pe tehnologia informației (IT) și inteligența artificială (AI) joacă un rol din ce în ce mai important. Tehnologia informației este un termen umbrelă care include toate elementele tehnologice fizice și intangibile utilizate pentru a crea, stoca, schimba și utiliza informații în toate formele sale.

În domeniul suportului decizional, utilizarea tehnologiei informației a parcurs mai multe etape de evoluție, pornind de la metodele tradiționale de utilizare a tehnologiei informației, achiziția și stocarea datelor, furnizarea acestora către un program de calcul, prelucrarea și vizualizarea rezultatelor. Sistemele logice fuzzy (FUZZY) reprezintă un mediu de modelare care poate fi utilizat atât în dezvoltarea deciziilor strategice, cât și în gestionarea directă a proceselor în care informațiile sunt disponibile într-o formă cantitativă, dar non-numerică și în care relațiile deterministe dintre variabilele procesului nu sunt cunoscute cu precizie. Acesta este scopul subcapitolului **Utilizarea tehnicilor FUZZY în controlul inteligent al proceselor miniere**, unde a fost introdus conceptul de inteligență artificială distribuită (DAI), care se referă la studiul comportamental al colectivelor (grupurilor) inteligente, fiind produsul cooperării entităților numite agenți, care formează împreună un sistem multi-agent (MAS), bazat pe un exemplu conceptual. Următorul paragraf, **Sisteme multi-agent în modelarea proceselor miniere** care este dedicat prezentării fundamentelor teoretice, a cerințelor care trebuie aplicate în studiul proceselor

miniere impuse RN-urilor, finalizate cu un model personal **intitulat Model de optimizare a performanței mașinilor miniere folosind rețele neuronale.**

Modelul este util deoarece valorile rezistenței specifice la impact și consumul specific de energie de excavare pot fi deduse din măsurătorile parametrilor de forfecare pentru a putea prezice valorile probabile ale vitezei de alimentare, care influențează capacitatea de tăiere, a cuplului la arborele tamburului pentru alte condiții. care este limitată de puterea motorului de antrenare și de forța de alimentare, care este, de asemenea, limitată de puterea sistemului de acționare.

Paragraful **Simularea funcționării sistemului tehnologic de extragere** este dedicat prezentării unui model original folosind metoda Monte Carlo de simulare stocastică, implementată în software-ul MathCad. Exemplul dat în paragraf se referă la derocarea mecanizată în care extracția cărbunelui se efectuează cu o combină de abataj și deblocarea cu un transportor cu raclete.

Prin modificarea parametrilor, toți provenind de la capacitatea instantanee de tăiere $Q(t)$, care variază aleatoriu în jurul unei valori nominale, luând în considerare timpul de nefuncționare al sistemului în ceea ce privește timpul de debut și timpul de reparație într-un mod adecvat și prin repetarea simulării, se poate ajunge treptat la o variantă optimă.

În paragraful următor, **Modele pentru studiul influenței gradului de încărcare asupra fiabilității** am prezentat un model bazat pe teoria probabilistică a interferenței rezistență / sarcină (LSI), aplicată echipamentelor miniere subterane, luând valorile reale ale consumului specific de energie ca sarcină și valoarea sa nominală ca rezistență.

Pentru a evidenția efectul de suprasarcină datorat variațiilor aleatorii ale rezistenței la tăiere, este posibil să se estimeze atât creșterea valorii medii, cât și dispersia sarcinii, respectiv creșterea dispersiei și scăderea valorii sarcinii.

Pentru reprezentarea grafică a curbelor de etalonare, sunt necesare măsurători corelate pe termen lung ale acestor parametri.

În paragraful **Model de optimizare a performanței abatoarelor mecanizate complexe utilizând metoda IDEF**, am prezentat un model original bazat pe o aplicație creată folosind utilitarul EXCEL, pentru a efectua simularea, în care pentru a genera valori aleatorii cu o distribuție dată, funcțiile cumulative de distribuție BETA au fost alimentate cu o distribuție uniformă, cu n valori, obținându-se n realizări ale evenimentului.

După realizarea unui număr de n realizări ale evenimentului, se obține o distribuție statistică a valorilor probabile ale duratei ciclului, prin mediere, dependența celor mai probabile valori ale duratei ciclului în funcție de lungimea frontului, precum și determinarea performanța tăierii, respectiv durata ciclului de tăiere.

Stabilitatea versanților lucrărilor de suprafață, cu referire la fețele taluzurilor de lucru sau la depozitele de deșeuri de rocă (halde), este tratată în paragraful **Aplicarea instrumentului informatic la studiul stabilității taluzurilor**.

Stabilitatea unui terasament este în general exprimată prin factorul de stabilitate FS, care este raportul dintre factorii care se opun alunecării și cei care cauzează alunecarea.

Ele se explică în general prin forțe sau momente, care se exprimă prin integrarea valorilor locale, care la rândul lor depind de geometria terasamentului, suprafața de alunecare, gradul de discretizare și caracteristicile fizico-mecanice ale rocilor care alcătuiesc terasamentul.

Prin metoda dezvoltată, la baza analizei funcționale, s-a demonstrat că este posibilă estimarea factorului de stabilitate fără a impune a priori o formă a curbei de alunecare, din care aceasta rezultă împreună cu valoarea impusă a stabilității.

Problema tasării terenului sub influența mineritului subteran, care este importantă din punctul de vedere al protecției mediului, este tratată în paragraful **Aplicații ale calculului variațional la studiul tasării terenurilor în minerit**, prin aplicarea metodelor de calcul variațional bazate pe ecuația de difuzie rezultată din extremalizarea unei funcționale, făcând posibilă nu numai determinarea și prezicerea mai precisă a valorilor scufundării globale, ci și clarificarea aspectelor fenomenologice. pentru a testa validitatea ipotezelor sau metodelor bazate pe rezultate empirice.

În paragraful **Optimizarea ciclului de funcționare al instalațiilor de extracție miniere**, pe baza unui criteriu de optimalitate exprimat printr-o constrângere funcțională – consum minim de energie pe ciclu de extracție, echivalent cu pierderi minime de energie – și cinematice, geometrice și dinamice, pentru o instalație ipotetică, dar cu date apropiate de ceea ce poate exista în practică, aceste diagrame au fost determinate numeric și trasate, evidențiind aplicabilitatea și utilitatea abordării variaționale asistate de calculator la problemele de optimizare a echipamentelor de mare capacitate din industria minieră.

În paragraful **Optimizarea regimului de excavare a excavatoarelor cu rotor** calculul variațional a fost utilizat pentru a optimiza viteza de pivotare a brațului roții port cupe pentru a obține cel mai mic consum de energie de excavare, asigurând în același timp o productivitate constantă (umplerea completă a cupelor indiferent de poziția unghiulară a brațului), comparativ cu legea $1/\cos$ utilizată de sistemele existente.

Paragraful **Aplicații ale calculului variațional pentru a verifica sustenabilitatea unui proiect minier** pentru optimizarea ratei anuale de extragere a minereului, într-o carieră care face obiectul unui proiect minier, am dezvoltat și utilizat o aplicație de calcul în EXCEL pentru a reajusta valorile producției anuale și eșalonarea investițiilor pe an, astfel încât rata de amortizare a capitalului să fie egală cu cca. 10%, conform metodei Hotelling.