

UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
ȘCOALA DOCTORALĂ

TEZĂ DE DOCTORAT

Titlul tezei :

***„Aplicații ale calculului variațional în Minerit și
Geotehnică,,***

Conducător de doctorat :

Prof.univ.dr.ing.Iosif KOVACS

Doctorand :

mat.Pricope Sorin

Petroșani

2018

CUPRINS

Cap.I.NOȚIUNI INTRODUCTIVE. STADIU ACTUAL DE CERCETARE ȘI APLICARE A CALCULULUI VARIAȚIONAL ÎN MINERIT ȘI GEOTEHNICĂ.....3

1.1. Calculul variațiilor.....	4
1.2. Diferențiala slabă sau diferențiala Gâteaux.....	6
1.3. Lemele fundamentale ale calculului variațional.....	9
1.4. Ecuația Euler-Poisson.Condițiile lui Legendre.....	15
1.5. Funcționale depinzind de mai multe funcții.....	18
1.6. Probleme de extremum condiționat.....	20
1.7. Ecuația Euler-Ostrogradski.....	23
1.8. Probleme variaționale cu condiții suplimentare.....	25
1.9. Probleme izoperimetrice.....	29
1.10. Metode directe in calcul variațional.....	31
1.11. Elemente de teoria elasticității și calculul variațional.....	49
1.11.1.Aplicații ale calculului variațional in elatostatică.....	57
1.11.2. Metoda lui Ritz.Principiul metodei.....	72
1.11.3.Bară simplu rezemata.....	78
1.11.4. Bară incastrată la ambele capete.....	80
1.11.5.Studiul torsiunii barelor elastice.....	81

Cap.II CERCETAREA ȘI APLICAREA A CALCULUI VARIAȚIONAL ÎN MINERIT ȘI GEOTEHNICĂ CHIMISMUL ROCILOR, VARIAȚIA UNOR PARAMETRI AI ROCILOR.....85

2.1.1.Aspecte geotehnice ale rocilor din Valea Jiului, perimetrele Petrila, Lonea-Răscoala și Paroșeni.....	86
2.1.2.Rocile din perimetrele Petrila, Lonea-Răscoala și Paroșeni.....	95
2.1.3.Studiul variației chimismului rocilor-argile în perimetrele Petrila, Lonea-Răscoala.Argumentare metodă.....	99
2.1.4.Determinarea calcului variațional a chimismului argilelor din perimetrele Petrila, Lonea-Răscoala.....	107

2.2.Determinarea variației parametrilor de densitate specifică aparentă, rezistență de rupere la compresiune, de rezistență de rupere la tracțiune, de coeziune la rocile din perimetrele Petrila, Lonea-Răscoala și Paroșeni.....	112
--	-----

2.2.1.Determinarea variației densității specifice aparente pentru rocile din perimetrele Petrila, Lonea-Răscoala și Paroșeni.....	112
---	-----

2.2.2. Determinarea variației coeficientului de rezistență la compresiune la rocile din perimetrele Petrila, Lonea-Răscoala și Paroșeni.....	123
2.2.3. Determinarea variației coeficientului de rezistență la rupere de tracțiune la rocile din perimetrele Petrila, Lonea-Răscoala și Paroșeni.....	131
2.2.4. Determinarea variației coeficientului de coeziune la rocile din perimetrele Petrila, Lonea-Răscoala și Paroșeni.....	140

Cap.III REZULTATELE CERCETĂRII ȘI APLICĂRII ALE CALCULUI VARIAȚIONAL, CU AJUTORUL MATRICILOR FUNCȚIONALE ȘI REGRESIILOR MATEMATICE ÎN MINERIT ȘI GEOTEHNICĂ.....147

Cap.IV CERCETĂRI PRIVIND APLICAȚII SPECIALE ALE CALCULULUI VARIAȚIONAL ÎN MINERIT.....159

4.1.Cercetări privind aplicații ale calculului variațional la studiul riscului profesional în minerit.....	160
--	-----

4.1.1.Morbiditatea în sectorul minier.....	160
--	-----

4.2.Modele pentru studiul influenței gradului de solicitare asupra fiabilității, folosind produsul de convoluție.....	172
---	-----

4.3.Ecuația diferențială a grinzii continue pe reazem elastic aplicată la studiul susținerilor mecanizate miniere.....	178
--	-----

4.4.Modele variaționale bazate pe teoria câmpurilor pentru studiul pieței echipamentelor miniere.....	182
---	-----

Bibliografie.....	201
-------------------	-----

motto: "Matematica este un mijloc și nu un scop, în cercetarea științifică în inginerie"

dixit : prof.univ.dr.ing.Iosif Kovacs

Dacă pe plan mondial aplicațiile unor capitole avansate de matematică în diferite domenii ale ingineriei a înregistrat o dinamică explozivă în ultimii ani, în industria minieră, cunoscută ca reticentă la progres și în același timp avidă de înnoire tehnologică, dar grevată de dificultăți intrinseci endemice și inerente, rezultate spectaculoase apar mai sporadic, susținerea scientizantă din partea mediului academic fiind puternic resimțită.

Tematica abordată în prezenta lucrare , care pornește de la nevoile industriei și posibilitățile unele neglijate ale matematicii , fie că vorbim de instrumente analitice sau numerice în rezolvarea acestei crize cognitive, este oportună și actuală.

În această lucrare de cercetare mi-am propus să utilizez și să dezvolt ca aplicație, calculul variațiilor, cu ajutorul matricilor funcționale formate din datele experimentale culese. În cazul nostru aceste date experimentale au fost analizele chimice ale unor eșantioane rezultat al unor prospecțiuni efectuate în perimetrele Lonea-Râșcoala, Petrila și Paroșeni. Apoi determinarea unor parametri de greutate specifică aparentă, coeficientul de rezistență la compresiune, coeficientul de rezistență la tracțiune și coeziunea pentru diferite tipuri de roci : gresii, paragresii, argile și conglomerate.

Am reușit să dezvolt un model matematic care să caracterizeze chimismul rocilor din perimetrele mai sus indicate, prin aplicarea unor modele matematice am stabilit legi de variație, cu ajutorul unor regresii matematice, inclusiv coeficientul de încredere stabilit.

Au fost situații unde acest coeficient de încredere a fost destul de mic, asta personal interpretând-o ca rezultat al unor prelucrări eronate a eșantioanelor-probelor culese ca urmarea unor prospecțiuni în perimetrele Lonea-Râșcoala,Petrila și Paroșeni.

În această teză de doctorat am aprofundat aceste metode și detaliat, metoda în sine putând fi utilizată și în alte domenii : genetică, studii sociale, economie, inginerie etc.

Prin prezenta teză de doctorat, doresc să prezint metode de lucru atât în stilul clasic al calcului variațional, rolul și utilizarea lor în Minerit, Geotehnică și Geofizică, cât și utilizarea mai rapidă și mai convenabilă a matricilor funcționale de tipul $f(n,m)$, care pot fi disjuncte direct în n matrici funcționale de tipul $f(1,m)$. Dacă mărimea de determinat sau legea de variație nu este satisfăcător pusă în evidență, se poate recurge și la transpunerea matricei funcționale inițiale și apoi să se recurgă la disjungerea în m matrici funcționale de tipul $f(1,n)$, care apoi prelucrate cu diferite programe sau subprograme, vizualizează anumite grafice care prelucrate apoi, ne vor indica legea de variație, rata de încredere și raza ortonormată la grafic(norul de dispersii), legi de variație reprezentate prin relații de regresie de diferite tipuri : polinomiale, logaritmice, exponențiale , liniare, etc. . Se pot utiliza pentru

aceste prelucrări : MathCad, MathLab sau mult mai lejer și convenabil pentru un inginer, cunoscutul Microsoft Office Excel 2007.

Aportul și noutatea, care doresc să o aduc în cadrul acestei teze de doctorat, este utilizarea mai ales în domenii considerate prea puțin "cuantificabile" a matricilor funcționale, determinate prin inserarea pe linii și coloane, a valorilor experimentale, pe care în funcție de ce aspect voi dori să abordez, sau mai concret, căruia dintre parametrii avuți în experiment, îi doresc determinarea legii de variație, prin disjungerea în matrice funcționale monoliniare $f(1,m)$, voi putea determina atât legea de variație, maximul sau minimul, adică extremumul acestei legi de variație, rata de încredere, raza ortonormată la grafic(norul de dispersii).

Marele avantaj este că această metodă, îmi permite includerea în această matrice funcțională a tuturor parametrilor, îmi permite vizualizarea și definirea matematică a întregului fenomen abordat în totalitate !!! Mai mult decât atât această metodă îmi indică și tendința crescător sau descrescător, convexitatea(determin maximul) sau concavităatea graficului(determin minimul).

Această matrice funcțională nu este restricționată de nimic, ca număr de linii sau coloane și această metodă se va putea aplica în orice domeniu : resurse naturale, economie, sociologie, genetică, agricultură, tehnică etc..

Prelucrarea datelor rezultate din analiza eşantioanelor provenite din forajele de cercetare din câmpurile miniere menționate prin analiza variațională este utilă pe de o parte pentru a indica corelațiile între aceleași tipuri de rocă din bazine diferite, iar prin prelucrări ulterioare - cum ar fi Kriging- să se poată estima valorile acelor parametri în zone care nu au fost cercetate prin foraj.

Un alt domeniu abordat în lucrare a fost cel al analizei de risc profesional în minerit, mai ales cel legat de morbiditatea profesională. Rezultatele analizei sunt utile pentru corelarea diferitelor fișe ocupaționale din punct de vedere al analizei de risc profesional, putând conduce la realizarea unor amendamente la metodele normate curent utilizate.

Pentru a ilustra valoarea analizei bazate pe metodele variaționale în soluționarea unor probleme de natură tehnică , economică și multidisciplinară din domeniul mineritului și al geotehnicii, în care se pune problema optimizării unor procese descriptibile matematic prin funcționale, am aplicat calculul variațiilor și instrumentele conexe la trei categorii diferite de probleme.

Astfel, am abordat problematica influenței regimului de lucru, al gradului de solicitare, al gradului de încărcare, al cererii, al efortului (ca variabile independente) asupra siguranței în funcționare, fiabilității, disponibilității, probabilității de defectare, gravității defectului, timpului de reparare (ca variabile dependente), și în final a gradului de utilizare intensiv și extensiv din cadrul teoriei fiabilității condiționate, sau cum mai este numită metoda stress-reliability interference (interferența solicitare-fiabilitate).

Astfel, folosind proprietățile produsului de convoluție și caracterul de funcțională al distribuțiilor statistice ale rezistenței (capabilității) și solicitării (gradului de utilizare) al unui sistem tehnic utilizat în minerit, am determinat , pe baza unei metodologii originale bazate pe

interferența solicitare- rezistență gradul de fiabilitate-nonfiabilitate al sistemelor tehnice în condiții de incertitudine.

Pentru utilajele miniere din subteran, metoda se poate aplica de exemplu luând ca încărcare valorile efective ale consumului specific de energie iar ca rezistență valoarea nominală a acestuia.

Pentru a evidenția efectul supraîncărcării datorată variațiilor aleatoare ale rezistenței la tăiere , se poate estima creșterea atât a valorii medii cât și a dispersiei încărcării, respectiv creșterea dispersiei și scăderea valorii medii a rezistenței, datorită oboselii sau avarierii unor componente , și aplicând această metodă se pot estima, procentual modificările fiabilității (respectiv a non fiabilității) , care la altă scară sunt estimatori ai indicelui de utilizare.

Pentru aceasta însă sunt necesare măsurători corelate, pe termen lung, ale acestor parametrii pentru a se trasa curbe de etalonare. Scopul celor prezentate aici este doar de a arăta pertinenta acestei metode la estimarea dependenței între solicitare și gradul de utilizare în timp a utilajului.

Un alt domeniu în care am aplicat elementele de calcul variațional și metodele numerice de rezolvare a ecuațiilor diferențiale neliniare este acela al contactului elastoplastic între secția de susținere mecanizată și rocile înconjurătoare.

Metodele clasice de analiză a susținerilor mecanizate consideră atât pe talpă cât și pe grindă o distribuție liniară . Această abordare presupune a considera atât talpa cât și grinda ca fiind elemente nedeformabile .

În realitate însă, acestea prezintă o deformare apreciabilă, comparabilă cu tasarea rocilor în zona de contact, iar pe de altă parte întreaga structură a secției de susținere nu este o fermă rigidă ci un cadru cu elemente cu rigidități diferite (elementele de metaloconstrucție și stâlpii respectiv cilindrii hidraulici).

Pentru a rezolva această problemă am dedus sistemul de ecuații pentru grinda continuă pe reazem elastic tip Winkler, pe care am rezolvat-o numeric, rezultând diagramele de eforturi pe grindă și diagrama presiunii de contact pe roca din vatră.Utilizând această metodă, printr-un proces iterativ, se poate construi talpa / grinda secției de susținere mecanizată sub forma unui solid de egală rezistență , care asigură maximum de rigiditate, la un consum minim de material.

Pentru a ilustra capacitatea metodelor variaționale de a modela procese și fenomene din domenii multidisciplinare conexe mineritului, am aplicat elementele de calcul variațional din teoria câmpurilor la analiza pieței mondiale a echipamentele pentru industria extractivă care sunt, ca destinație și funcționalitate asemănătoare, comercializate la prețuri relativ egale, rezultate dintr-o echilibrare naturală de lungă durată, dar cu un mix al producției și consumului pe zone geografice diferite.

Analiza prezentată este utilă, relevantă și oportună din mai multe puncte de vedere.

Din punct de vedere metodologic, este o primă încercare de a transpune și aplica metodele operaționale - variaționale ale economiei spațiale în studiul piețelor produselor

industriale destinate mineritului care fac obiectul marketingului B2B, produse industriale care ocupă o pondere importantă în schimburile economice (cca 100 miliarde \$ în 2015 cu o rată de creștere estimată de cca 8-10% pe an).

Din punct de vedere operațional, metoda poate fi utilizată în prognozele de piață, având în vedere dinamica schimbărilor în structura furnizorilor și consumatorilor dinamică care este așteptat să devină mai rapidă în următorii ani.

Din punct de vedere al cunoașterii – poate fi un element de abordare scientologică – reprezentând un pas înainte ca domeniul de aplicare a teoriei spațialității care a ceea ce numim marketing operațional și care a rămas captivă în domeniul economiei dezvoltării regionale și al piețelor produselor naturale către domenii actuale, specifice și cu dinamică revigorată.

Constituind un început, extinderea cercetării poate – pe baza unor date și fapte mai detaliate și cu un aparat matematic computațional mai puternic să conducă la elaborarea unui sistem expert de analiză-previziune care să inducă un suflu nou în domeniul B2B marketingului, rămas, încă, în remorca marketingului de consum.