

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

**TEZĂ DE DOCTORAT**



**Conducător științific:**

**PROF. UNIV. DR. ING. RADU MIHAI SORIN**

**Doctorand:**

**CHEZAN MIHAELA CECILIA**

**PETROȘANI**

**2021**

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

## **TITLUL TEZEI:**

**PERFEȚIONAREA TEHNICILOR ȘI**  
**METODELOR DE TRASARE ȘI CONTROL A**  
**INSTALAȚIILOR DE TRANSPORT MINIER**

**Conducător științific:**

**PROF. UNIV. DR. ING. RADU MIHAI SORIN**

**Doctorand:**

**CHEZAN MIHAELA CECILIA**

**PETROȘANI**

**2021**

## REZUMAT

Obiectivele principale ale tezei de doctorat pot fi prezentate în sinteză în:

1. Analiza instalațiilor de transport minier utilizate în exploatarea minieră subterană și la zi.

Au fost prezentate instalațiile de transport pe orizontală, verticală și pe înclinare, cu accent pe elementele geometrice ale acestora și condițiile de stabilitate impuse pentru o bună funcționare.

2. Aspecte privind stadiul actual al geodeziei și topografiei în domeniul minier.

S-au prezentat elementele de poziționare a punctelor care formează baza de sprijin: suprafețe și sisteme de referință națională și local, corelarea acestora.

3. Rețele topografice de sprijin folosite la monitorizarea stabilității instalațiilor de transport minier și contribuțiile aduse în studiul acestora referitoare la: eroarea internă a punctului final în poligonul suspendat, rețeaua de apropiere în exploatarea minieră la zi și triangulația minieră.

Teza de doctorat cuprinde 4 mari capitole care tratează noțiuni teoretice dar și practice privind „Perfecționarea tehnicilor și metodelor de trasare și control a instalațiilor de transport minier”.

Capitolul 1 al tezei de doctorat este intitulat: „Noțiuni generale de transport minier” și face referiri la analiza instalațiilor de transport minier utilizate în exploatarea minieră subterană și la zi”.

În acest prim capitol sunt tratate instalațiile de transport pe orizontală, pe verticală și pe înclinare. Accentul cade pe elementele geometrice ale acestor instalații de transport și pe condițiile de stabilitate care se impun pentru o bună funcționare a acestora.

Sunt precizate noțiuni teoretice privind: „Transportoarele cu raclete”, „Transportoarele cu bandă”, și „Transportul pe calea ferată” (cu accent pe prezentarea lor generală și calea ferată subterană”.

Transportul pe verticală este și el clasificat, sunt amintite principalele tipuri de mașini de extracție, (mai precis: „Mașinile de extracție cu tobe” și „Mașinile de extracție cu roți motoare”), și nu în ultimul rând sunt prezentate coliviile și schipurile.

Pentru funcționarea corectă a instalațiilor miniere este necesar ca, periodic să fie verificate poziționările lor în spațiu, folosind metode și tehnici topografice, care să ofere precizii superioare.

În capitolul al 2-lea intitulat: „Aspecte privind stadiul actual al geodeziei și topografiei în domeniul minier” s-au prezentat cinci subcapitole intitulate: generalități, evoluția măsurătorilor terestre în secolul precedent și în secolul actual, echipamente topografice moderne utilizate în mineritul subteran, elemente de poziționare și rețele geodezice.

În subcapitolul de generalități, s-au prezentat noțiuni precum: definiția geodeziei dată de Helmert sau de Federația Internațională de Geodezie, activitățile de bază ale geodeziei și domeniile cu care aceasta știință colaborează.

Definiția geodeziei a fost dată de Helmert în 1880, în cartea sa „Teoria matematică și fizică a geodeziei”. „Geodezia este știința măsurării și reprezentării formei Pământului”. Geodezia a experimentat o mare evoluție în ultima jumătate a secolului XX.

Geodezia furnizează rezultatele măsurătorilor și calculelor, referința geometrică pentru celelalte științe care studiază dinamica planetei și factorii care o influențează. Nu putem vorbi despre geodezie fără a ne baza pe unele științe auxiliare, ar fi cartografia și fotogrammetria.

Una din activitățile de bază ale geodeziei o constituie stabilirea poziției unor puncte sau a unor corpuri 3D situate pe suprafața Pământului, pe apă sau în spațiu, dar și în subteran. Poziționarea se realizează printr-o serie de coordonate care fac parte unui anumit sistem, care variază în timp, materializat în prezent printr-un sistem geodezic. În acest sistem geodezic poziția este oferită cu ajutorul latitudinii și longitudinii geodezice, la care se mai adaugă și altitudinea elipsoidală.

S-a făcut o trecere în revistă a evoluției măsurătorilor terestre din secolul precedent până la cel actual.

După perioada de progres a științelor măsurătorilor terestre, în Evul Mediu apare o perioadă de stagnare semnificativă și de regresie. S-au tratat probleme cu privire la forma (sfericitatea Pământului) și raza Pământului. În secolul al XI-lea, Al-Biruni (973-1048) a măsurat raza Pământului printr-o procedură nouă apoi a repetat măsurătoarea în Occident. Potrivit acestuia, rezultatele obținute au fost similare cu cele obținute de echipele înțelepților din Bagdad. Raza Pământului dată de Al-Biruni a fost de 12.851.369 coate (1 cot reprezintă măsura de lungime egală cu 0,42 metri). Descoperirile Evului Mediu au culminat cu descoperirea Americii. Sfântul Tomas de Aquino (1227-1274) a afirmat că Pământul trebuie să

fie sferic. Părintele Isidor din Sevilla a proiectat una dintre primele hărți ale Evului Mediu. Această hartă este prima hartă tipărită cunoscută. În această hartă, cunoscută sub numele de „T în O”, sunt reprezentate cele trei continente care erau cunoscute la acea vreme, înconjurate de oceanul primitiv. Litera „T” a fost privită de autorii medievali ca fiind o reprezentare a crucii lui Hristos, întărind și mai mult ideea dependenței lumii materiale de ordinea divină. Astfel, această hartă cuprinde o reprezentare atât a lumii materiale, cât și a celei celeste. În secolul al XVI-lea a fost revizuit conceptul despre dimensiunea Pământului. În acea perioadă, cartograful flamand, Gerhard Kremer a făcut reduceri succesive în dimensiunea Mării Mediterane și a întregii Europe, care a avut ca efect creșterea dimensiunii pământului. Importanța operațiunilor geodezice realizate de arabi este evidentă. Mai multe secole au trebuit să treacă pentru ca aceste operațiuni să fie repetate în Europa, și în special în Franța, leagănul geodeziei moderne. În opoziție clară cu gândirea creștină, cultura musulmană privilegia științele geografice. Sfânta carte numita Coran a sfătuit necesitatea de a observa Pământul și cerurile, pentru a găsi în ele dovezile credinței musulmanilor. Prin urmare, este de înțeles că, noua gândire musulmană s-a orientat în favoarea cunoașterii științifice. La rândul lor, cunoașterea geografiei ar permite musulmanilor să învețe exact itinerariul necesar pentru a ajunge la Cetatea Sfânta: Mecca. Lucrările geodezice grecești, cu măsurătorile circumferinței terestre, au fost continuate de înțelepții arabi ai Bagdadului (secolul al IX-lea), care, presupunând sfericitatea Pământului, au venit să introducă noi metodologii în observațiile lor. Mai multe măsurători ale meridianului de 1° au fost efectuate între râurile Tigru și Eufrat, pentru a confrunța calculele făcute de greci. Valoarea atribuită măsurării arcului se acceptă ca având valoarea de:  $56 \frac{2}{3}$  mile. Integrarea Occidentului în operațiuni de dimensionare a Pământului a fost, fără îndoială, favorizată de traducerea continuă a textelor arabe, care în acest fel au reamintit teoriile clasicilor greci. Un alt factor esențial pentru dezvoltarea cunoștințelor geografice a fost inventarea tiparului, chiar dacă tiparul a fost inventat în China în anul 593. Olandezul Laurens Coster, considerat ulterior inventatorul tiparului, în secolul XIV a fost primul care a utiliza un tipar de lemn.

În secolul al XIX-lea se înregistrează progresul geodeziei practice. Cuvântul geoid apare pentru prima dată pentru a desemna figura fizică a pământului. Geodezia devine un suport esențial pentru reprezentările cartografice ale fiecărei țări. Deși rămân în liniile generale metodele secolului al XVIII-lea: triangulație, astronomie sferică, gravimetrie și măsurarea timpului, observațiile se fac cu instrumente mult mai precise și cu o rigoare extremă în metodologia utilizată. Rețelele geodezice au început să fie configurate în conformitate cu criteriile lanțurilor principale de-a lungul meridianelor și paralelelor.

Sfârșitul secolului a fost marcat de marile lucrări de măsurare a arcelor meridiane efectuate de geodezi împreună cu astronomi, pentru a determina parametrii aceluia elipsoid care are cea mai bună aproximare cu pământul fizic. Cei mai importanți elipsoizi au fost elipsoidul lui Struve, elipsoidul lui Bessel și elipsoidul lui Clarke. Gauss (1803-1807) a fost unul dintre cei mai mari matematicieni din toate timpurile și a conceput în 1808 metoda înălțimilor egale pentru a determina simultan longitudinea și latitudinea. Gauss a recunoscut în 1828 modelul elipsoidal nu este valabil în cazul în care se dorește să se obțină o mai mare precizie, precizând faptul că, abaterea de la verticală fizică, materializată de instrument și verticală definită de sistemul elipsoidal nu mai putea fi ignorată. Acest lucru duce la necesitatea de a lua în considerare o altă suprafață care se potrivește cel mai bine forma reală a Pământului. În ciuda acestui lucru, primele lucrări și rețele geodezice compensate cu metoda celor mai mici pătrate (Legendre 1806, Gauss) au tratat abaterile de la verticală ca erori aleatorii și nu ca erori sistematice. Determinarea geoidului ar fi fost preocuparea generală a specialiștilor până la mijlocul secolului XX și principalul obiectiv al geodeziei. Determinarea geoidului rămâne o problemă esențială a geodeziei și chiar și astăzi, importanța sa a fost crescută din nou datorită apariției și dezvoltării tehnicilor GPS și a utilizării sistemelor de referință globale tridimensionale. În secolul al XX-lea, conceptul de geodezie clasică a dispărut și a apărut noțiunea de geodezie spațială, care a folosit în mare măsură bazele matematice care au fost deja stabilite pentru geodezia tradițională. Cu noile tehnologii, apar noi posibilități de măsurare și datorită tehnicilor spațiale putem determina forma Pământului sau putem determina coordonatele punctelor de pe suprafața Pământului. Geodezia spațială se bazează pe observații ale punctelor din afara suprafeței Pământului, care nu trebuie să fie vizibile. Lansarea satelitului Sputnik-1 în 1957 a dat startul unei ere a sateliților artificiali, deschizând o nouă frontieră de explorare. A urmat utilizarea sateliților în diverse aplicații pentru interesul comunității mondiale. Tehnologia a avansat dramatic iar unul dintre domeniile în care acest progres s-a manifestat în mod special este cel al aplicațiilor care privesc științele Pământului, în special studiul formei și dimensiunile Terrei. Lansarea primilor sateliți artificiali a fost un alt pas important în geodezie. În cadrul grupurilor de sisteme de geodezie spațială ies în evidență: Constelația NAVSTAR și Constelația GLONASS (Global Satellite Navigation System) Ambele constelații au fost create de departamentele de apărare americane și, respectiv, ruse. Această poziționare are loc pe un sistem de referință inerțial cartezian, care în cazul utilizării constelației americane NAVSTAR corespunde sistemului WGS-84 iar în cazul utilizării constelației ruse Glonass corespunde sistemului PZ-90. Aplicațiile acestor sisteme de poziționare prin satelit sunt foarte variate. Măsurătorile de altimetrie obținute de la sateliți,

adăugate la datele gravimetrice obținute la suprafață sunt cele mai inovatoare observații la nivel global. Una dintre principalele aplicații ale gravimetriei în domeniul geodeziei este determinarea altitudinilor geopotențiale pentru reprezentarea formei reale a Pământului și definirea formei reale a suprafețelor de nivel, în special a geoidului și definirea curburii câmpului gravitațional.

Geodezia secolului XXI face un pas înainte cu ambițiosul proiect Galileo care a luat naștere în anul 2006. Galileo este inițiativa europeană de a dezvolta un sistem global de navigație prin satelit deținut de partea civilă, care oferă Europei independența față de sistemele actuale: GPS (SUA) și GLONASS (Federația Rusă). Există patru parametri caracteristici care servesc pentru a evalua performanța tuturor sistemelor globale de navigație prin satelit "GNSS": disponibilitatea semnalului (ceea ce presupune să existe întotdeauna cel puțin patru sateliți în vizibilitatea receptorului), continuitatea (emisia semnalului să nu sufere întreruperi), precizia (gradul de incertitudine a poziției furnizate de sistem) și integritatea (veridicitatea informațiilor furnizate de sistem, inclusiv alarma atunci când sistemul nu funcționează corect).

Au fost prezentate echipamente topografice moderne utilizate în minerit, cu accent pe mineritul subteran. În prezent, sunt disponibile următoarele echipamente și tehnologii: scanere laser, tehnologia GPS dar și alte sisteme și instrumente software sofisticate. Aceste aparate completează instrumentele tradiționale sau clasice de măsurare foarte utile în minerit: goniometrele, teodolitele, teodolitele tahimetre, nivelele, etc. Actuala generație de sisteme topografice moderne oferă topografului minier mijloace de producere a unor planuri de înaltă precizie și de manipulare eficientă a datelor măsurătorilor, pentru a oferi reprezentări 3D ale terenului supus măsurării. În plus, în minele subterane a început utilizarea echipamentelor de tunel "tunel-laser", în timp ce sistemele de nivelment cu laser au adăugat un nou nivel de precizie excavării de suprafață. În secolul actual s-a trecut la cartografierea digitală a minelor și la utilizarea pe scară largă a echipamentelor UAV (a dronelor). Ca parte a grupului suedez Hexagon, „Leica Geosystems” oferă sectorului minier atât echipamente de topografie, cât și sistemul său de management Jigsaw. Compania „Leica Geosystems” a lansat un sistem propriu de poziționare „JPS Jigsaw” (*Jigsaw Positioning System*), dezvoltat în colaborare cu „Locata”. Instrumentele disponibile pentru măsurători subterane includ și sistemul de monitorizare robotic Leica, sistem care poate furniza date topografice ale mediului înconjurător. Operate de la distanță dintr-un loc sigur, datele sunt colectate și transmise fără fir. Pentru prelucrarea datelor, Leica FieldPro oferă o interfață pentru a combina software-ul AutoCAD cu cel al stațiilor totale Leica. Compania „British Columbia” din Canada este specializată în monitorizarea tasării folosind scannerul Lidar ALS-70, cu o precizie verticală de 100 mm și este

unul dintre puținele scanere laser aeriene cu capacitatea de putere și capacitate multi-puls, necesare pentru aplicațiile miniere. Compania „Locata Corp” din Australia a inventat o nouă tehnologie care creează rețele locale de poziționare la sol. Acesta oferă capacitate de poziționare, navigație și sincronizare în stil GPS de înaltă precizie numită PNT, tehnologie care este complet independentă de semnalele prin satelit. Mineritul de suprafață a fost unul dintre primii care au adoptat cu entuziasm „Locata”. „Leica Geosystems” a dezvoltat primul receptor „GPS+Locata”, pentru utilizarea acestuia în mina de suprafață. Aceasta asigură poziționarea unor mașini cu precizie centimetrică, chiar și atunci când RTK GPS (metoda cinematică în timp real) eșuează complet. În topografia minieră accentul cade pe nevoia reală de echipamente de topografie tradiționale, care pot fi utilizate atât la suprafață cât și în subteran. Majoritatea producătorilor de echipamente de topografie din întreaga lume includ aceste tipuri de instrumente în portofoliul lor de produse. De exemplu, sistemele de poziționare Topcon oferă o serie de stații totale compacte cu „self tracking”, proiectate pentru operarea unor sarcini din topografia minieră precum: trasarea volumului de excavații, cu ajutorul unui singur om. Producătorul austriac de echipamente de supraveghere „Riegl” a pus la dispoziția topografilor scannerului laser VZ-6000. Sistemul de scanare aparținând furnizorului din Marea Britanie, „3D Laser Mapping”, utilizează scanere laser: Riegl VZ-4000, respectiv VZ-1000 pentru achiziția de date. Datele sunt prelucrate în software-ul „SiteMonitor” pentru a efectua măsurători topografice pentru determinarea stabilității minei. Cartografierea Laser 3D a achiziționat recent drepturile de a comercializa un scanner Lidar mobil, dezvoltat de o organizație australiană de cercetare CSIRO. Scannerul intitulat ZEB1 utilizează tehnologia robotică numită „localizare și cartare simultană” (SLAM). Topografia golurilor, cum ar fi băncile deschise, minele abandonate etc. este probabil cea mai periculoasă lucrare din agenda topografului de mine. Compania „Measurement Devices Ltd”(MDL), care face parte din grupul „Renishaw”, cu sediul în Marea Britanie, oferă o soluție cu sistemul său „C-ALS” („cavity laser self-scanning system”). Sistemul automatizat de măsurare și monitorizare a puțurilor „MS3”, dezvoltat de compania canadiană „Sight Power Inc.”, oferă o nouă modalitate de a măsura și studia puțuri. Trimble se concentrează, de asemenea, pe extinderea valorii și utilizării tehnologiei topografice în aplicațiile miniere. Trimble descrie soluția sa de imagistică aeriană „Ux5” drept un sistem complet de imagistică fără pilot, conceput special pentru topografi și profesioniști geospațiali. Potrivit companiei australiene, „Sandpit Innovation”, sectorul minier utilizează în prezent o combinație de topografie la sol și zboruri aeriene, cu utilizarea în curs a tehnologiei UAV, pentru a determina lunar sau în general, volumele de materiale. „Sandpit” s-a asociat cu „Lockheed Martin” pentru a dezvolta un serviciu avansat de conciliere numit „mineRECON”,



care utilizează imagini din satelit pentru a măsura materialele și a furniza rapoarte rapide despre volumul de materiale.

S-a insistat în continuarea tezei de doctorat asupra elementelor principale de poziționare, de la suprafețele de referință și sistemele de coordonate, la sistemele de referință și de coordonate (cu accent pe sistemul de referință național și de proiecția stereografică 1970), până la aspecte privind rețelele geodezice, funcțiile și clasificarea lor. În țara noastră, sistemul Național de referință convențional are la bază: elipsoidul Krasovski 1940, proiecția Stereografică 70 pentru poziționarea rețelelor geodezice în plan și geoidul ori quasigeoidul pentru altitudini sau cote. În ultimul timp a fost introdus și totodată extins în mod progresiv sistemul european EUREF, pe anumite etape, sub forma unor puncte, puncte care au fost reunite într-o rețea geodezică de ordin superior, respectiv poziționate satelitar cu precizie ridicată.

Capitolul 3 a fost intitulat: „Rețele topografice de sprijin. Eroarea internă a punctului final în poligonul suspendat. Rețeaua de apropiere în exploatarea minieră la zi. Triangulația minieră” și face referiri la următoarele subiecte: „Considerații asupra rețelelor topografice de sprijin pentru activitățile miniere”, „Eroarea medie și eroarea limita a mărimilor topografice măsurate direct”, „Eroarea internă a punctului final în poligonul suspendat”, „Rețeaua de apropiere la zi” și „Triangulația minieră”.

Pentru proiectarea și executarea construcțiilor miniere de la zi și din subteran, din cele mai vechi timpuri au fost necesare măsurători topografice. Însă din cauza schimbărilor intervenite, pe de o parte a crescut aria ridicărilor, iar pe de altă parte s-au mărit pretențiile față de precizia lor. Ridicările topografice deservește unor faze cronologice de lucru: delimitarea perimetrului de exploatare, determinarea formei geometrice de prezentare a zăcămintului, proiectarea și executarea lucrărilor miniere a construcțiilor și instalațiilor de la suprafață și subteran, exploatarea substanței minerale utile.

Cronologia și specificul fazelor de punere în valoare a unui zăcămint diferentiază caracterul ridicărilor și documentației topografice și se deosebesc:

- lucrări topografice necesare prospectării și explorării zăcămintului, proiectării unității miniere la nivel de ansamblu;

- lucrări topografice necesare executării construcțiilor; trasări de lucrări la zi și în subteran, controlul periodic al execuției și stabilității instalațiilor de transport minier;

- ridicarea în plan a construcțiilor, excavațiilor executate.

Această corelare se asigură prin încadrarea și reevaluarea tuturor datelor și ridicărilor succesive într-un sistem de referință unic, anume creat care din punct de vedere al preciziei trebuie să satisfacă cerințele celei mai pretențioase faze: executarea lucrărilor miniere de deschidere și de pregătire. Acest sistem unic de referință adoptat se realizează și se materializează în teren printr-o rețea de puncte de sprijin.

Precizia punctelor determină costul, durata realizării dar și aria de utilizare. Precizia rețelei poate fi caracterizată prin eroarea Ferrero, prin eroarea unghiurilor compensate, eroarea de coordonate, eroarea de poziție a punctelor, eroarea laturilor determinate indirect.

Subcapitolul intitulat: „Considerații asupra rețelelor topografice de sprijin pentru activități miniere” cuprinde: „Rolul rețelelor de sprijin în activitatea topografică minieră”, „Sistemul de proiecție”, „Sistemul de coordonate” și „Precizia punctelor”. „Precizia punctelor” face referiri la: „Eroarea limită de joncțiune a lucrărilor miniere subterane”, „Rețeaua de sprijin rațională” și „Precizia pe secțiuni și pe rețea”.

Subcapitolul intitulat: „Eroarea medie și eroarea limită a mărimilor topografice măsurate direct” tratează aspecte privind: „Evaluarea preciziei” (mai precis: „Intervalul de încredere al distribuției normale”, „Influența numărului real al măsurătorilor suplimentare asupra intervalului de încredere” „Confruntarea intervalelor de încredere în cazul unui număr redus de măsurători cu experiență practică” dar și „Eroarea medie a erorii medii, măsură a preciziei”) dar și considerații cu privire la: „Eroarea medie și eroarea limită”.

Subcapitolul denumit: „Eroarea internă a punctului final în poligonul suspendat” cuprinde: „Produsul de compoziție al distribuțiilor normale”, „Variabile unidimensionale derivate”, „Definirea domeniului erorilor medii interne cu ajutorul elipselor de coordonate”, „Influența erorilor unghiulare și de orientare”, „Influența erorilor de laturi” și „Influența geometriei poligonului asupra acumulării erorilor”.

Subcapitolul denumit: „Rețeaua de apropiere la zi” cuprinde noțiuni cu privire la: „Influența reliefului și acoperirii”, „Intersecția lineară și unghiulară combinată” și „Linii poligonale paralactice”.

Ultimul subcapitol intitulat: „Triangulația minieră” este un subcapitol complex care tratează noțiuni teoretice dar și aplicative cu privire la: „Precizia optimă și precizia maximă rațională a rețelei topografice miniere de sprijin la nivelul punctelor de triangulație”, „Suprafața de referință și planul de proiecție minier”, „Verificarea triangulației geodezice. Îmbunătățirea preciziei”, „Precizia limită a rețelelor de ordinul III și IV” și „Transcalcularea coordonatelor geodezice pe elementul de suprafață echipotențială”.

„Precizia optimă și precizia maximă rațională a rețelei topografice miniere de sprijin la nivelul punctelor de triangulație” cuprinde: „Precizia triangulației”, „Evaluarea acumulării erorilor în poligonul de referință”, (mai precis: „Acumularea erorilor de distanță” și: „Acumularea erorilor unghiulare și de orientare”), dar și: „Evaluarea acumulării erorilor în rețeaua de apropiere al poligonului de referință” ( mai precis: „ Rețeaua de apropiere sprijinită pe puncte de ordinul IV”, „Rețeaua de apropiere sprijinită pe puncte de ordinul V” și „Precizia necesară a rețelei de triangulație: precizia optimă. Compararea preciziei reale cu cea optimă”).

„Suprafața de referință și planul de proiecție minier” cuprinde: „O generalizare a preciziei limită pentru ultima treaptă. Limita deformărilor sistematice”, „Deformarea cauzată de convergența verticalelor”, „ Reducerea succesivă a suprafețelor de nivel, locul desfășurării măsurătorilor, la elipsoidul de referință și sferă Gauss” (tratând tematica de: ”Reducere pe elipsoid a mărimilor măsurate” și „Reducerea de pe elipsoid pe sfera Gauss”), dar și: „Planul de proiecție minier”.

Cu privire la subiectul:” Verificarea triangulației geodezice. Îmbunătățirea preciziei”, s-au tratat noțiuni legate de: „Verificarea rețelei de ordinul V”, „Verificarea rețelei de ordinul IV”, „Verificarea rețelei de ordinul III”, „Îmbunătățirea locală a preciziei de triangulație geodezică” și „Evaluarea preciziei mărite”.

Analiza „Preciziei limită a rețelelor de ordinul III și IV” cuprinde: „Expresia generală a diminuării preciziei în operația de îndesire” și „Diminuarea preciziei la îndesirea prin variația coordonatelor”.

Si nu în ultimul rând, „Transcalcularea coordonatelor geodezice pe elementul de suprafață echipotențială” face referiri la: „Transcalcularea coordonatelor Gauss – Krüger” și „Transcalcularea coordonatelor stereografice”.

Capitolul 4 este studiul de caz, fiind dat de: „Analiza măsurătorilor la determinarea indirectă a erorilor”. Aplicația practică cuprinde următoarele subcapitole: „Rolul poligonațiilor în ridicarea rețelelor topografice de sprijin pentru activitatea minieră”, „Variante de măsurare indirectă a distanțelor în poligonații”, „Corelația între distanță și precizii la măsurarea indirectă cu stadie orizontală” și „Corelația între distanță și precizii la măsurarea indirectă cu stadie orizontală”.

În regiunile miniere, metoda poligonației are un rol deosebit în ridicarea rețelei de sprijin datorită imposibilității sau neeconomicității aplicării metodelor ca: micro triangulația, intersecțiile. Prelungirea sistemului de referință, materializat în zona câmpului minier prin punctele triangulației de stat sau de bazin, amplasate în vârfurile dominante ale reliefului, până

la gurile galeriilor, puțurilor sau planelor înclinate prezintă particularități proprii. În general, se poate realiza în două faze: determinarea unor puncte apropiate prin metoda intersecțiilor și executarea unor poligoane între aceste puncte, a căror trasee cuprind incintele și gurile de acces spre subteran.

Sunt frecvente cazurile, când nu este posibilă crearea unor puncte apropiate, poligonația rămânând singura metodă de îndesire. Dar, măsurarea lungimii laturilor, în condițiile unui teren foarte accidentat și acoperit, cu respectarea cerințelor de precizie, este o operație deosebit de dificilă.

Metoda directă se exclude în general, datorită numărului mare de portee necesare pentru a crea porțiuni drepte, măsurabile direct, datorită acumulării erorilor la măsurarea propriu zisă a lungimilor, înclinărilor și în special datorită randamentului scăzut.

Determinarea indirectă poate fi realizată fie prin relații geometrice între o mărime măsurată direct și distanța căutată, fie fizic, cu ajutorul undelor optice sau electromagnetice. Primul procedeu utilizează aparate optico-mecanice (fir invar, ruletă oțel, stadie orizontală sau verticală, teodolit, tahimetru, etc), cel de-al doilea telemetre electronice, reprezentând un nou mijloc auxiliar al geodeziei.

Grupa de aparate electronice dă erori de măsurare de ordinul  $\pm 5 \text{ cm} + (2 \cdot 10^{-6} d) \div \pm 1 \text{ cm} + (2 \cdot 10^{-6} d)$  pentru un consum de timp extrem de mic. În acest fel telemetrele dau, la o economicitate ridicată o precizie de măsurare suficientă pentru aproape toate operațiile geodezice. Vom reține numai variantele de măsurare care asigură o precizie de cel puțin 1:10000. Sub această limită de precizie nu se poate coborî la măsurarea laturilor în poligonații care au drept scop crearea unor rețele de sprijin.

Teza de doctorat cuprinde și concluzii, bibliografia, lista figurilor și lista tabelor.