

**Нурмангалиева Мая Болтовнаның
«8D05401 –Математика» мамандығы бойынша философия докторы
(PhD) дәрежесін алу үшін «Потенциалды өрістерді қоздырушы массалар
жағына жалғастыру туралы математикалық геофизиканың кері есебін
шешудің тиімді сандық әдістері» тақырыбындағы диссертациясына**

АНДАТПА

Зерттеу тақырыбының өзектілігі.

Бұл жұмыс Фредгольмның бірінші текті интегралдық теңдеулерін шешудің сандық әдістерін зерттеуге әкелетін потенциалды өрістердің қоздырушы массалар жағына жалғастыру туралы геофизиканың кері есебін шешуге арналған.

Потенциалды өрістердің қоздырушы массалар жағына жалғастыру туралы кері есебі минералдық аномалияларды интерпретациялау кезіндегі маңызды қадам болып табылады.

Ұзақ жылдар бойы жаңа кен орындарын өндіру және барлау, Қазақстан үшін өзекті мәселелердің біреуі болып табылады. Қазақстанның геологиялық саласын дамыту үшін терең геологиялық-минералогиялық карталау арқылы аумақты геологиялық зерттеуді қамту аса маңызды болып табылады. Сондай-ақ ескі таусылып бара жатқан кен орындардың орнына жаңа кен орындарын барлау мәселесі де өзекті.

Кен орындарды геологиялық зерттеу дәрежесі жер қойнауын игеру бойынша тиімді басқару шешімдерін қабылдаудың маңызды ақпараттық негізі болып табылады. Осы саладағы зерттеулердің қазіргі жағдайы жер қойнауы туралы ақпараттың толық емес, бөлшектенуімен сипатталады. Бұл ең алдымен оны алудың дискретті сипатына байланысты. Осындай толық емес мәліметтерді түсіндіру негізінде инженерлік болжау стратегиялық дұрыс емес және экономикалық тиімсіз шешімдер қабылдауға, геологиялық барлау тиімділігінің төмендеуіне және өндірістік төтенше жағдайлардың туындауына әкелуі мүмкін.

Бұл жұмыстың бірегейлігі әзірленген бағдарламалық модуль жер бетіндегі геологиялық мәліметтерді, кіріс деректер ретінде геофизикалық өлшемдерді және геохимиялық анализды пайдалана отырып, математикалық геофизиканың кері есептерінің теориясын қолдану негізінде жұмыс істеуінде. Белгілі бір пайдалы қазба кен орнының нақты деректері үшін потенциалды кен орындарының алаңдаушы массаға қарай жалғасуының кері есебінің бағдарламалық модулі қолданылады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты: кен орындардағы химиялық элементтердің кеңістікте таралуын зерттеудегі аномалияларды анықтау есебін шешудің тиімді сандық әдістерін әзірлеу және зерттеу.

Зерттеу міндеттері:

- Геофизиканың кері есебінің потенциалды өрістердің қоздырушы массаларға қарай жалғасуы туралы қойылуын зерттеу;

- Математикалық геофизиканың кері есебін бірінші текті Фредгольм интегралдық теңдеуінің шешіміне келтіру;
- Бірінші текті Фредгольм интегралдық теңдеуін шешудің жуықтау әдістерінің тиімділігін зерттеу және салыстыру;
- Қарастырылған әдістердің жинақтылығы мен дәлдігін зерттеу;
- Алынған сандық нәтижелерді талдау және сынақ мысалдарын пайдалана отырып, математикалық геофизика мен геохимияның кері есептерін сандық шешу үшін әзірленген әдістерінің тиімділігін бағалау;
- Бірінші текті екі өлшемді Фредгольм интегралдық теңдеуінің сандық шешімін алу;
- Кен орындарын терең болжау және барлау модельдеу үшін жасырын кен орындарындағы ауытқуларды интеллектуалды анықтау әдістеріне негізделген географиялық ақпараттық жүйенің бағдарламалық модулін әзірлеу;
- Жасырынған кен объектілерін анықтау мақсатында нақты кен орнын цифрлық модельдеу үшін қолданбалы бағдарламалар кешені түрінде әзірленген модульді пайдалану.

Зерттеу әдістері. Диссертациялық жұмыста интегралдық теңдеулер аппаратының көмегімен потенциалды өрістердің қоздырушы массалар жағына жалғастыру туралы математикалық геофизиканың кері есебі зерттеліп, бірінші текті Фредгольм интегралдық теңдеуіне келтірілді. Бұл интегралдық теңдеудің оң жағындағы функциясы жер бетіндегі мәліметтердің көп саны үшін анықталады. Бірінші текті Фредгольм интегралдық теңдеуін жуықтап сандық шешу үшін келесі әдістер қолданылды: А.Н.Тихоновтың регуляризация әдісі, түйіндес теңдеулер теориясына негізделген екі сатылы әдіс, Г.Н. Положий әдісі, конструктивті «сүйемелдеу» әдісі, базисі Лежандр вейвлеттері түрінде алынған Бубнов-Галеркин әдісі. Жартылай интервалдардағы вейвлеттер түріндегі базистермен проекциялық әдістердің жинақталуын дәлелдеу үшін априорлық бағалау әдісі қолданылады.

Ғылыми жаңалық. Диссертацияда келесі жаңа нәтижелер алынды:

- Мәліметтердің үлкен көлемін өңдеу есебін сандық шешу үшін түйіндес теңдеулер әдісінің алгоритмі жасалды;
- Базисі Лежандр вейвлеттері түрінде алынған Бубнов-Галеркиннің сандық проекциялау әдісінің алгоритмі жасалды;
- Галеркин-Бубнов әдісінің проекциялау операторының қасиеттері туралы лемма дәлелденді;
- Жартылай интервалдарда сәйкессіздікті бағалау леммасы дәлелденді;
- Бірінші текті Фредгольм интегралдық теңдеуін дискретизациялау арқылы алынған матрицаның элементтері мен оң жағында ауытқулар берілген кездегі шешімнің қателігі туралы теорема;
- Бірінші текті Фредгольм интегралдық теңдеудің бір өлшемді және екі өлшемді сандық шешімі алынды;

- Кен орындарында химиялық элементтердің кеңістікте таралуын зерттеу кезінде аномалияларды анықтау мәселесін шешудің математикалық моделі мен сандық әдісі әзірленді.

Қорғауға ұсынылатын негізгі ережелер (дәлелденген ғылыми гипотезалар және жаңа білім болып табылатын басқа тұжырымдар):

- мәліметтердің үлкен көлемін өңдеу есебін сандық шешу үшін түйіндес теңдеулер әдісінің алгоритмі жасалды;
- базисі Лежандр вейвлеттері түрінде алынған Бубнов-Галеркин әдістің алгоритмі жасалды;
- Бубнов-Галеркин әдісінің Лежандр вейвлеттері түріндегі базисі жартылай интервалдардағы сәйкессіздіктің априорлық бағасы алынды;
- бірінші текті Фредгольм интегралдық теңдеуін шешудегі қатенің бағасы алынды;
- бірінші текті екі өлшемді Фредгольм интегралдық теңдеуінің сандық шешімі алынды;
- алынған сандық нәтижелерге талдау жасалды және математикалық геофизика мен геохимияның кері есептерін сандық орындау әдістері әзірленді;
- жасырын кен орындарындағы ауытқуларды интеллектуалды анықтау, нақты кен орындарын терең болжау және барлау модельдеу әдістеріне негізделген географиялық ақпараттық жүйенің бағдарламалық модулі әзірленді.

Зерттеудің теориялық және практикалық маңыздылығы. Диссертация тақырыбы бойынша жүргізілген теориялық зерттеулер математикалық геофизиканың кері және қисынсыз есептердің сандық шешімдерін алу зерттеулеріне үлкен үлес қосады. Жұмыстың практикалық маңыздылығы мынада: осы диссертацияда ұсынылған бірінші текті Фредгольм интегралдық теңдеуін шешудің сандық алгоритмдері цифрлық деректерді геоақпараттық жүйеге түрлендіру үшін сервистік бағдарламаның негізі болып табылады.

Жұмысты сынау.

Негізгі зерттеу нәтижелері келесі конференцияларда ұсынылды:

- Сандық функционалдық талдау – 2021 конференциясы (Стамбул, Түркия, 22-24 қараша 2021 ж.);
- Қолданбалы математика және ақпараттың заманауи мәселелері (МПАМИТ) – 2021 (Ферғана, Өзбекстан, 2021 ж. 15–17 қараша);
- VII Дүниежүзілік түркі әлемі математиктерінің конгресі (TWMS Congress-2023);

Сондай-ақ профессор Б.Е. Кангужин бастаған әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университетінің механика-математика факультетінің математика кафедрасында және Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университетінің Халықаралық инженерлік мектебінің математика кафедрасының семинарларында баяндамалар жасалды.

Жарияланымдар. М.Б. Нурмангалиеваның диссертациялық зерттеуінің нәтижелері бойынша барлығы 4 ғылыми жұмыс жарияланды, соның ішінде:

ҚР Білім және ғылым саласындағы сапаны қамтамасыз ету Комитеті ұсынған басылымдарда – 1:

1. Темирбеков Н.М., Лось В.Л., Имангалиев Е.И., Байгереев Д.Р., Темирбекова Л.Н., Нурмангалиева М.Б. Регуляризациялау алгоритмдерін пайдалана отырып, геохимияның кері есептерін сандық модельдеуге негізделген географиялық ақпараттық жүйенің модулі // КазҰПУ вестник. Абай. Физика-математика сериясы. ғылым.- Алматы, 2021.- No3 (75).- 15-28 б. (орыс тілінде).

Web of Science деректер базасында индекстелген халықаралық рецензияланған журналдарда – 2:

1. Temirbekov N., Imangaliyev Y., Baigereyev D., Temirbekova L. **Nurmangaliyeva M.** Numerical simulation of inverse geochemistry problems by regularizing algorithms // Cogent Engineering, Vol.9, Issue 1, 2022, pp. 1-21. <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.2003522> January - (2022), (WoS Journal Impact Factor JCR(2022) - 1.9, Engineering, Multidisciplinary category quartile- Q2).
2. Temirbekov N., Temirbekova L., **Nurmangaliyeva M.** Numerical solution of the first kind of Fredholm integral equations by projection methods with wavelets as the basis functions // TWMS J. Pure Appl. Math., V.13, N.1, 2022, pp. 105-118 <http://www.twmsj.az/Files/V.13%20N.1%202022/105-118.pdf> April - (2022), (WoS Journal Impact Factor JCR (2022)-3.8, category- Mathematics category quartile- Q1).

Scopus деректер базасында индекстелген халықаралық ғылыми-практикалық шетелдік конференциялар материалдарының жинақтарында – 1:

1. Temirbekov N., Temirbekova L., **Nurmangaliyeva M.** On effective methods of regularization with discretization of integral equations //AIP Conference Proceedings 2781, 020002 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0144856> June - (2023), (Scopus SJR=0,164 (Q4), CiteScore=0.7, Scopus Percentile=15 General Physics and Astronomy категориясы).

Жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс орыс тілінде қолжазба түрінде жазылған, титул парағынан, мазмұнынан, нормативтік сілтемелерден, кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған 77 пайданылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертацияның жалпы көлемі 89 бет, оның ішінде 20 иллюстрация, 3 кесте және А қосымшасы.

Кіріспеде тақырыптың өзектілігі мен жаңалығы, қорғауға ұсынылған ережелері, зерттеу жұмысының негізгі мақсаттары мен міндеттері көрсетілген. Кіріспеде диссертация тақырыбына қатысты жарияланымдарға шолу жасалды және зерттеу тақырыбының өзектілігі негізделді.

1-бөлімде Жердің геофизикалық өрістері мен гравизерттеу әдістері неізінде потенциалды өрістердің жалғасуының кері есебі зерттелді. Қойылған кері есеп бірінші текті Фредгольм интегралдық теңдеуіне келтірілді.

2-бөлімде бірінші текті Фредгольм интегралдық теңдеуін шешудің сандық әдістері қарастырылды: А.Н.Тихоновтың регуляризация әдісі, түйіндес теңдеулер теориясына негізделген екі сатылы әдіс, Г.Н. Положий әдісі, конструктивті «сүйемелдеу» әдісі. Сынақ есептері бойынша алынған сандық нәтижелерге салыстырмалы талдау жүргізілді.

3-бөлімде тағы бір сандық әдіс сипатталды, бірінші текті Фредгольм интегралдық теңдеуін шешуге арналған базисі Лежандр вейвлеттері түрінде алынған Бубнов-Галеркин проекциялау әдісі. Әдістің жинақтылығы зерттелініп, априорлық бағалаулар алынады. Сандық эксперимент жүргізілді. Бірінші текті Фредгольм интегралдық теңдеулерін Галеркин әдісімен шешу үшін вейвлеттерді қолдану өте жақсы нәтиже көрсетті. Сандық есептеулер Лежандр базистік функциялар ретінде пайдалану есептеу схемасында интегралдарды сандық немесе аналитикалық есептеуге оң әсер ететінін көрсетеді.

4-бөлімде жасырын кен орындарын анықтау және олардың терең орналасуын болжау үшін интеллектуалды әдістерді қолданатын геоақпараттық жүйенің бағдарламалық модулінің сипаттамасы берілген. Бұл модульдің жұмыс істеуі кіріс деректер ретінде геологиялық деректерді, геофизикалық өлшемдерді және геохимиялық анализды пайдаланатын математикалық геофизиканың кері есептерінің теориясына негізделген. Бағдарламалық модуль қоздырушы массаларға қарай жалғасуының кері есебін шешуіне негізделіп, шынайы пайдалы қазбалар кен орнының нақты деректеріне қолданылады.

Қорытындыда диссертациялық жұмыс барысында алынған негізгі нәтижелер көрсетілген.

А қосымшасында базисі Лежандр вейвлеттері түрінде алынған Бубнов-Галеркин әдісі бойынша есептеулерді жүзеге асыру үшін арналған Fortran тіліндегі бағдарлама коды берілген.