«6D070500- математикалық және компьютерлік модельдеу»
мамандығы бойынша
философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған
Лес Айдана Қасымқызының
«Гельмгольц потенциалының әдістерімен жерасты геофизикалық өрістерді модельдеу»
тақырыбы бойынша ұсынылған
диссертациялық жұмысына ғылыми кеңесшінің

ПІКІРІ

А.Қ. Лестің «Гельмгольц потенциалының әдістерімен жерасты геофизикалық өрістерді модельдеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы жерасты геофизикалық өрістерін зерттеудің заманауи математикалық әдістерін дамытуға бағытталған және өзінің ғылыми әрі қолданбалы маңыздылығымен ерекшеленеді. Кен орындарын барлау, қорын бағалау және пайдалы қазбаларды өндіру үдерістері тарихи тұрғыдан ұңғылау әдістеріне негізделіп келгені белгілі. Ғылым мен техниканың дамуына байланысты геофизикалық зерттеу әдістері біртіндеп жетілдіріліп, бастапқыда тау жыныстарының жылу өткізгіштігіне негізделген термикалық тәсілдер қолданылды. Кейіннен физика мен математиканың қарқынды дамуы нәтижесінде акустикалық және электромагниттік толқындарға негізделген әдістер кеңінен енгізілді. Ұңғымалардың тереңдеуі геологиялық ортаның қасиеттерін тікелей зерттеуді қиындатқандықтан, ұңғыма ішінде акустикалық, электромагниттік және γ-сәулелік тіркеуіш құралдар пайдаланыла бастады. Бұл құралдар арқылы алынған сигналдарды өңдеу сандық интерпретация мен күрделі математикалық модельдеуді талап етті. Осыған байланысты толқындардың шексіз немесе жартылай шексіз ортада таралу заңдылықтарын сипаттайтын математикалық модельдерді құру өзекті ғылыми мәселеге айналды.

Потенциалдар теориясының қалыптасуы классикалық механикадағы бүкіләлемдік тартылыс заңын негіздеген И. Ньютонның еңбектерінен бастау алады. Кейіннен бұл теория электромагниттік өрістерді сипаттауда кеңінен қолданылып, К. Гаусс, Ж. Лагранж, П. Лаплас, Дж. Грин, С.Л. Соболев сияқты ғалымдардың еңбектерімен дамытылды. Ньютон потенциалы математикалық физиканың негізгі шеттік есептерін, соның ішінде Дирихле және Нейман есептерін шешудің тиімді құралы ретінде орнықты. Сонымен қатар, потенциалдар теориясы жалпыланған функциялар теориясының қалыптасуына және енгізу теоремаларының дамуына елеулі ықпал етті.

Қазіргі кезеңде теориялық және қолданбалы маңызы жоғары екінші ретті эллиптикалық теңдеулер үшін қойылатын шеттік есептерді шешуде көлемдік және беттік потенциалдар әдістері кеңінен қолданылады. Осы тұрғыдан алғанда, Гельмгольц потенциалына негізделген әдістерді жерасты геофизикалық өрістерін модельдеуге бейімдеу, олардың сандық және аналитикалық қасиеттерін зерттеу, сондай-ақ күрделі геологиялық орта жағдайында қолдану мүмкіндіктерін кеңейту – өзекті ғылыми мәселе болып табылады.

А.Қ. Лестің диссертациялық зерттеудегі жаңалықтары:

1. $R^n, n \geq 3$ кеңістігінде Гельмгольц теңдеуінің іргелі шешімі табылып және n жұп болғанда іргелі шешімнің асимптотикалық түрі анықталды.
2. Кез келген k^2 оң санға Гельмгольц потенциалының

$$u(x) = \int_{\Omega} \varepsilon(|x-y|, -ik) f(y) dy$$

Гельмгольц теңдеуімен

$$-\Delta_x u - k^2 u = f(x)$$

және келесі шекаралық шартпен

$$N[u]|_{x\in\partial\Omega} = -\frac{u(x)}{2} + \int_{\partial\Omega} \left[\frac{\partial\varepsilon(|x-y|,-ik)}{\partial n_y} u(y) - \varepsilon(|x-y|,-ik)\frac{\partial u}{\partial n_y}\right] dS_y$$
$$= 0, \quad x \in \partial\Omega$$

эквивалентті екені дәлелденді.

3. Көп өлшемді $R^n, n \geq 3$ кеңістігінде Зоммерфельд есебін құру және $suppf = \Omega$, Ω – шенелген облыс болғанда Зоммерфельд есебінің Гельмгольц потенциалына эквивалент екені дәлелденді.
4. Шексіз жартылай цилиндрде $D = \Omega \times (x_3 > 0)$, мұнда Ω - R^2 кеңістігіндегі шенелген облыс, Гельмгольц теңдеуінің

$$-\Delta_x u - k^2 u = f(x)$$

Бүйірлік мөлдір шекаралық шарты және оның $x_3 \to \infty$ болғанда түрінің табылды. Бұл есеп терең ұңғымадағы геофизикалық өрістердің қасиеттерін анықтауда қолданылады.

5. Берілген көп айнымалы жалпы элиппстік потенциалдың тығыздығын табудың қажетті және жеткілікті шарты табылды.
6. Екі өлшемді Гельмгольц теңдеуі үшін потенциалдық шекаралық шарты бар есептің шешімі сандық түрде жүзеге асырылды.

Диссертацияның зерттеу нәтижелері негізінде 3 ғылыми жұмыс жарияланды. Оның ішінде 2 мақала Web of Science және Scopus базаларына енген жоғары рейтингті *Journal of Inverse and Ill-posed Problems*., *Eurasian Mathematical Journal* ғылыми журналдарында, ал 1 мақала ҚР Ғылым және Жоғары Білім министрлігі Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған журналдарда жарияланды. Сонымен қатар диссертация нәтижелері бірнеше елімізде және шетелде өткен халықаралық ғылыми конференциялар мен ғылыми семинарларда баяндалып, талқылаулардан өтті. Диссертациялық жұмыс № AP08856042 «Эллиптикалық және параболалық теңдеулер үшін көп өлшемді Коши есебінің спектрлік талдауы» 2020-2022; ҚР БҒМ жаратылыстану ғылымдары саласындағы іргелі зерттеулерді гранттық қаржыландыру жобасы шеңберінде орындалды.

Қорытындылай келе А.Қ. Лестің «Гельмгольц потенциалының әдістерімен жерасты геофизикалық өрістерді модельдеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы Философия докторы (PhD) дәрежесін беруге қойылған барлық талаптарға сай және оның авторы «6D070500- математикалық және компьютерлік модельдеу» мамандығы бойынша Философия докторы (PhD) дәрежесін алуға лайықты деп есептеймін.

Ғылыми кеңесші,
физика-математика ғылымдарының докторы,
ҰҒА академигі, профессор Калменов Т. Ш.