

2. **Monitoring ice movement:**

○ The developed technological scheme for monitoring ice movement based on remote sensing data enables effective tracking of ice mass dynamics, which is essential for risk management associated with ice conditions.

3. **Practical guidelines for supervised classification:**

○ The creation of guidelines for supervised classification methods for ice condition monitoring provides a valuable methodological basis for emergency services, navigational, and oil companies. These methods are particularly useful for work in the northeastern Caspian Sea, where ice conditions significantly affect operational safety and efficiency.

4. **Impact of ice conditions on marine topography:**

○ The study of ice conditions' impact on seabed topography revealed the need for careful selection of interpolation methods for depths and cell sizes in constructing digital seabed models. Proper selection of these parameters ensures a more accurate seabed representation, essential for navigation and marine research.

5. **Creation of an ice classification library:**

○ The development of a specialized library for classifying different ice types enhances the accuracy of ice condition analysis and interpretation, which is critical for applications including scientific research, industry, and maritime safety.

These conclusions underscore the importance and effectiveness of implementing modern geospatial technologies and analytical methods for monitoring and managing ice conditions. These developments not only improve the accuracy and efficiency of existing methods but also provide new tools for research and practical applications in various fields.

**Structure and Volume of the Dissertation**

The dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, and a bibliography. It is presented on 110 typed pages, contains 15 tables, 61 figures, and a bibliography with 133 references.

## **АНДАТПА**

6D071100 – Геодезия мамандығы бойынша философия докторы (PhD)  
ғылыми дәрежесін алу үшін дайындалған диссертациялық жұмысқа

**Камза Анжелика Таласқызы**

### **КАСПИЙ ТЕҢІЗІНДЕГІ МҰЗ ҚОЗҒАЛЫСЫН ҚАШЫҚТАН ЗОНДТАУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ АРҚЫЛЫ МОНИТОРИНГТЕУ ӘДІСНАМАСЫН ЖЕТІЛДІРУ**

Бұл диссертациялық зерттеу Каспий теңізіндегі мұз қозғалысын қашықтан зондтаудың заманауи технологияларын қолдана отырып мониторингтеу мәселесіне арналған. Солтүстік Каспий қайраңында көмірсутектерді барлау және өндіруге қызығушылықтың артуына байланысты мұнай компаниялары көптеген техникалық және экологиялық қиындықтарға тап болуда. Бұл қиындықтар аймақтың табиғи ерекшеліктеріне байланысты, олар бұрғылау жұмыстарын жоспарлау және орындау, сондай-ақ теңіздегі құрылымдарды жобалау мен пайдалану процесіне елеулі әсер етеді.

Теңіздегі құрылыстардың жұмысын айқындайтын басты факторлардың бірі – маусымдық температураның айтарлықтай ауытқуы: жазда ауа температурасы 40°C-қа дейін жетіп, қыста -30°C-қа дейін төмендеуі мүмкін. Мұндай экстремалды жағдайлар теңіздегі операциялардың қауіпсіздігі мен тиімділігін қамтамасыз ету үшін нақты және жаңартылған мұздық жағдайлар картасын талап етеді. Мұз жүктемесі теңіздегі құрылыстар мен құбырлар үшін айтарлықтай қауіп төндіреді, себебі мұз қозғалып, құрылымдар алдында жиналу, оларды басып озу немесе іргетастарынан ығыстыру қауіпін тудырады.

#### **Зерттеудің мақсаты мен міндеттері**

Зерттеудің негізгі мақсаты – қашықтан зондтау деректерін пайдалана отырып, мұз қозғалысын мониторингтеу технологиясы мен әдістемесін әзірлеу. Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

- Теңіз мұзының қозғалысын мониторингтеу үшін қолданыстағы әдістер мен деректерді талдау.
- Геокеңістіктік талдау моделін пайдалана отырып, мұзды жабынды аумақты анықтау үшін жағалау сызығын картаға түсіру технологиясын жетілдіру.
- Қашықтан зондтау деректерін пайдаланып, мұз құрылымдарын анықтауға арналған бақыланатын классификация әдістерін оңтайландыру.
- Қашықтан зондтау деректеріне негізделген мұз қозғалысын болжау үшін геокеңістіктік талдау моделін әзірлеу.

#### **Зерттеу әдістері**

Зерттеу міндеттерін орындау үшін ENVISAT, Aqua MODIS және Sentinel 1A сияқты әртүрлі спутниктік платформалардың деректерін талдау арқылы қашықтан зондтау әдістері қолданылды. Геокеңістіктік талдау, кескін сегментациясы және бақыланатын классификация әдістері де қолданылды. Сонымен қатар, климаттық

және метеорологиялық факторлардың әсерінен мұз динамикасын ескеретін математикалық модельдер жасалды.

### **Нәтижелер**

Зерттеу көрсеткендей, бірнеше спутниктік платформаның деректерін біріктіретін кешенді тәсіл ақпараттың бір дереккөзінен толық алынбауының шектеулерін жеңеді. Көпуақытты спутниктік деректерді біріктіру әдістемесі мұз жағдайын қалпына келтіруде жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді.

Жағалау сызығын картаға түсіру және мұзды классификациялау үшін тарихи және жаңа деректерді қолдана отырып, жаңа технологиялық шешім әзірленіп, сынақтан өтті. Теңіз түбінің сандық моделінің параметрлерін оңтайландыру мұз жабынының әсерінен болатын топографиялық өзгерістерді визуализациялау мен талдаудың дәлдігін айтарлықтай жақсартты.

Sentinel-3, MODIS, ENVISAT және SAR жүйелері сияқты платформалардан қосымша ақпаратты енгізу арқылы деректер спектрін кеңейту бақылау жиілігін және әртүрлілігін арттырды. Бұл тәсіл мұз қозғалысын болжау дәлдігін арттырудың негізгі факторына айналды, мониторингтеу процедураларын сандық және сапалық жақсартуға алып келді.

Алайда талдау нәтижелері қолданыстағы мұз қозғалысы модельдерінің толық автоматтандырылмағанын және қателерді түзету үшін мамандардың араласуын талап ететінін көрсетті. Сондықтан диссертацияда жасанды интеллект пен машиналық оқыту алгоритмдерін әрі қарай дамыту қажеттілігі және деректерді тексеру процедураларын күшейту, қолмен басқаруды азайту және жүйе автономиясын арттыруға назар аудару негізделген.

### **Ғылыми жаңалығы**

Зерттеудің ғылыми жаңалығы келесі тармақтарды қамтиды:

1. Қашықтан зондтау деректерінде мұз құрылымдарын анықтау үшін сегментацияға негізделген бақыланып классификация әдісі жетілдірілді, бұл анықталған объектілердің геометриялық дәлдігін арттырды.

2. Қашықтан зондтау деректеріндегі объектілердің кеңістіктік-уақыттық өзгерістеріне негізделген мұз қозғалысын мониторингтеу технологиясы әзірленді, бұл мұз дрейфі аймақтарын анықтауға мүмкіндік берді.

3. Қашықтан зондтау материалдарына негізделген мұз қозғалысын болжау үшін теңіз мұзын зерттеуге арналған геокеністіктік талдау моделі әзірленді.

### **Негізгі ғылыми қағидалар**

Келесі ғылыми қағидалар ұсынылады:

1. Мұз құрылымдарын картаға түсіру және олардың нақты шекараларын анықтау мультиспектрлік және гиперспектрлік деректерді қолдану арқылы жүзеге асады. Кескін сегментациясы мұз бен судың әртүрлі түрлерінің шағылысу айырмашылықтарына, сондай-ақ радиолокациялық деректерде байқалатын мұз бен судың диэлектрлік қасиеттері мен бетінің кедір-бұдырлығына негізделеді.

2. Мұз дрейфі аймақтарын анықтау және оның динамикасын бақылау уақыт өте келе пиксель қарқындылығын автоматты түрде анықтау, қозғалыс

векторын және  $x$  пен  $y$  осьтері бойынша жылдамдық компоненттерін есептеу үшін оқытылған модельді қолдану арқылы жүзеге асырылады.

3. Мұз қозғалысының динамикасы мен бағытын болжау біріктірілген көпуақытты деректер, уақыттық қатарларды талдау және мұз массаларын кейіннен динамикалық модельдеу арқылы Кригинге интерполяция әдісін қолдану арқылы жүргізіледі.

### **Практикалық маңыздылығы**

Бұл жұмыстың практикалық маңыздылығы келесідей:

- Зерттелген аймақтағы мұз жамылғысының аумағын анықтауға мүмкіндік беретін геокеңістіктік талдау моделін қолдана отырып, жағалау сызығын картаға түсіру технологиясын жетілдіру.
- Қашықтан зондтау деректеріне негізделген мұз қозғалысын мониторингтеу үшін технологиялық схеманы әзірлеу.
- Солтүстік-шығыс Каспий теңізіндегі төтенше жағдайлар қызметі, навигациялық және мұнай компаниялары пайдалана алатын мұз жағдайын бақылауға арналған бақыланатын классификация әдістерін қолдану бойынша практикалық нұсқауларды жасау.
- Мұз жағдайының теңіз түбінің топографиясына әсерін зерттеу, теңіз түбінің цифрлық моделін құру үшін тереңдік интерполяциясы әдістері мен ұяшық өлшемдерін таңдауды негіздеу.
- Мұз түрлерін классификациялауға арналған кітапхананы құру.

### **Дәлелділігі мен сенімділігі**

Ғылыми қағидалардың, қорытындылар мен ұсыныстардың дәлелділігі мен сенімділігі 2000-2022 жылдар аралығындағы көптеген бастапқы деректермен, сондай-ақ болжау нәтижелерінің нақты деректермен жақсы сәйкестігімен расталады. Автордың үлесіне теңіз мұзының қозғалысын мониторингтеу саласында отандық және халықаралық тәжірибені зерделеу және талдау, жағалау сызығын картаға түсіру технологиясын жетілдіру, мұз құрылымдарын қашықтан зондтау деректерінен анықтау үшін бақыланатын классификация әдістерін пайдалана отырып мұз жамылғысының аумағын анықтау, сондай-ақ мұз қозғалысын болжауға арналған математикалық модельдерді зерттеу кіреді.

### **Жарияланымдар және бекітулер**

Диссертациялық жұмыс негізінде келесі сегіз мақала жарияланды:

- Scopus Q2 деректер базасындағы *Geodesy and Geodynamics* рейтингтік журналында бір мақала.
- Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті (БҒСБК) ұсынған журналдарда үш мақала.
- Халықаралық конференциялар, форумдар және конгрестер материалдарында төрт мақала.

Классификация әдістемесі «Ионосфера институты» ЖШС-де қолданылды, ал мұз түрлерінің кітапханасы Каспий теңізіндегі мұз жағдайын қашықтан

зондтау деректері негізінде зерттеу үшін пайдаланылды. Зерттеу нәтижелері оқу үдерісіне енгізілді, бұл тиісті құжаттармен расталады.

### **Қорытындылар**

Мұз қозғалысын мониторингтеу қашықтан зондтау әдістерін қолдану арқылы жүзеге асырылуы тиіс, бұл зерттеу аймағын кеңінен қамтуға мүмкіндік береді. Бір платформа арқылы алынған суреттердің болмауына байланысты ENVISAT, Aqua MODIS және Sentinel 1A спутниктерінің деректерін бірге пайдалану қажет. Тиімді мониторингтеу үшін көпұақытты деректерге негізделген әдістеме мен технология әзірленді. Мұзды анықтау үшін Sentinel-3, MODIS, Landsat және SAR платформалары сияқты басқа спутниктік деректер арқылы қосымша тексеру қажет.

Жүргізілген зерттеулер мен әзірлемелер негізінде келесі қорытындылар жасалды:

#### **1. Жағалау сызығын картаға түсірудің технологиялық жетілдірілуі:**

- Геокеңістіктік талдау моделін енгізу жағалау сызығын картаға түсіру үдерісін айтарлықтай жақсартты, бұл мұз жамылғысының нақты аумағын анықтауға мүмкіндік берді. Бұл мұз жағдайындағы өзгерістерді неғұрлым егжей-тегжейлі және дәл бақылауға мүмкіндік береді.

#### **2. Мұз қозғалысын мониторингтеу:**

- Қашықтан зондтау деректері негізінде мұз қозғалысын мониторингтеу үшін әзірленген технологиялық схема мұз массасының динамикасын тиімді бақылауға мүмкіндік береді, бұл мұз жағдайларымен байланысты тәуекелдерді басқару үшін маңызды.

#### **3. Бақыланатын классификация бойынша практикалық нұсқаулар:**

- Мұз жағдайын бақылауға арналған бақыланатын классификация әдістерін пайдалану бойынша нұсқаулар жасау төтенше жағдайлар қызметі, навигациялық және мұнай компаниялары үшін құнды әдістемелік негіз береді. Бұл әдістер әсіресе мұз жағдайлары операциялардың қауіпсіздігіне және тиімділігіне айтарлықтай әсер ететін Каспий теңізінің солтүстік-шығыс бөлігінде жұмыс істеуге пайдалы.

#### **4. Мұз жағдайларының теңіз топографиясына әсері:**

- Мұз жағдайларының теңіз түбінің топографиясына әсерін зерттеу тереңдік интерполяциясы әдістерін және теңіз түбінің цифрлық моделін құрудағы ұяшық өлшемдерін мұқият таңдауды қажет ететінін көрсетті. Бұл параметрлерді дұрыс таңдау теңіз түбінің неғұрлым дәл көрінісін қамтамасыз етеді, бұл навигация және теңіз зерттеулері үшін маңызды.

#### **5. Мұзды классификациялауға арналған кітапхананы құру:**

- Мұз жағдайлары туралы деректерді талдау мен түсіндіру дәлдігін арттыратын әртүрлі мұз түрлерін классификациялауға арналған арнайы кітапхананы әзірлеу ғылыми зерттеулерде, өнеркәсіпте және теңіз қауіпсіздігінде маңызды рөл атқарады.

Бұл қорытындылар мұз жағдайын бақылау және басқару үшін заманауи геокеңістіктік технологиялар мен талдау әдістерін енгізудің маңыздылығы мен тиімділігін көрсетеді. Бұл әзірлемелер қолданыстағы әдістердің дәлдігі мен тиімділігін ғана жақсартып қоймай, зерттеулер мен түрлі салалардағы практикалық қосымшаларға арналған жаңа құралдарды да ұсынады.

#### **Диссертацияның құрылымы мен көлемі**

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, үш бөлімнен, қорытындыдан және әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс 110 бет машинкамен басылған мәтіннен тұрады, 15 кесте, 61 сурет, және 133 әдебиеттер тізімі бар.