

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

О.А.Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы

Терекова Аружан Уринбасаровна
Жұмағалиева Динара Берікқызы

1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық
өзгерісін талдау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07304– Геокеңістіктік цифрлық инженерия

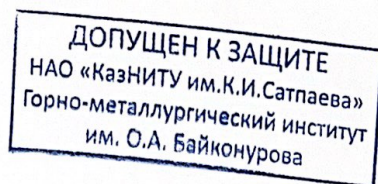
Алматы 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Маркшейдерлік іс және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі,

т.ғ.к., қауымд. профессор

Г.Мейрамбек

"06" 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының
ландшафтық өзгерісін талдау»

6B07304 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия
білім беру бағдарламасы

Орындағандар:

Жұмағалиева Динара Берікқызы
Терекова Аружан Уринбасаровна

Пікір беруші:
Доктор PhD, қауым. профессор
Сәтбаева А.А.
"02" 2025 ж.



Ғылыми жетекші:
Доктор PhD, профессор
Жақыпбек Ы.
"23" 2025 ж.

Алматы 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

О.А.Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Маркшейдерлік іс және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі

Г.Мейрамбек

"22" 06 2025 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Терекова Аружан Уринбасаровна

Жұмағалиева Динара Берікқызы

Тақырыбы: «1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының
ландшафтық өзгерісін талдау»

Академиялық істер жөніндегі проректор 2025 жылғы "29" 01 №26 П/Ө
бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі "2" маусым 2025 жыл

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: 1994-2024 жылдар аралығындағы
Landsat 4-5, 8 ғарыштық суреттері, ArcGIS бағдарламасы

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

- а) Каспий теңізінің физикалық-географиялық орналасу ерекшелігін зерттеу
- б) 1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгеруін талдау

в) Қашықтықтан зондтауда қолданылатын бақылау индекстері NDVI және NDWI
жұмыс жасау

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):
NDVI және NDWI индекстері негізінде Каспий теңізі жағалауының өзгеру
картасы

Жұмыс презентациясы: 15 бет ұсынылған.

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 20 атаулардан

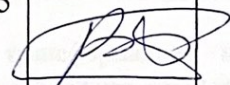
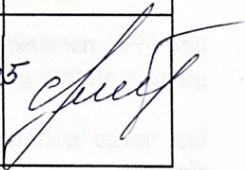
Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

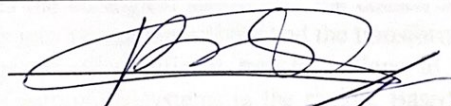
Бөлімдердің атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертулер
Каспий теңізі аумағына жалпы сипаттама	08.04.2025	-
Таңдалған аймақтың рельефтік жағдайын зерттеу әдістемесі	30.04.2025	-
1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгеруін талдау	20.05.2025	-

Аяқталған дипломдық жұмыс үшін, оған қатысты дипломдық жұмыс бөлімдердерінің кеңесшілері мен норма бақылаушыларының қойған

қолдары

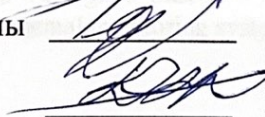
Бөлімдердің атаулары	Ғылыми жетекші, кеңесшілер, (аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы))	Қол қойылған күні	Қолы
Каспий теңізі аумағына жалпы сипаттама	PhD, профессор Жакыпбек Ы	23.05.2025	
Таңдалған аймақтың рельефтік жағдайын зерттеу әдістемесі	PhD, профессор Жакыпбек Ы	23.05.2025	
1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгеруін талдау	PhD, профессор Жакыпбек Ы	23.05.2025	
Норма бақылаушы	Т.Ғ.К., қауымдастырылған профессор Мадимарова Г.С.	26.05.2025	

Ғылыми жетекші



Жакыпбек Ы.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Тересова А.У.

Жұмағалиева Д.Б.

Күні

" 26 " 08 2025 ж

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Терекова Аружан Уринбасаровна Жұмағалиева Динара Берікқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Дипломдық жұмыс «1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгеруін талдау»

Научный руководитель: Ырысжан Жакыпбек

Коэффициент Подобия 1: 4.5

Коэффициент Подобия 2: 1.7

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 3

Интервалы: 0

Белые Знаки: 307

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 05.06.2022

Бағдатұлы О
проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Терекоева Аружан Уринбасаровна Жұмағалиева Динара Берікқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Дипломдық жұмыс «1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгеруін талдау»

Научный руководитель: Ырысжан Жакыпбек

Коэффициент Подобия 1: 4.5

Коэффициент Подобия 2: 1.7

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 3

Интервалы: 0

Белые Знаки: 307

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, являются законными и не являются плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 05.06.2022.



Заведующий кафедрой

СЫН – ПІКІР

Дипломдық жұмысқа

Терекова Аружан Уринбасаровна
Жұмағалиева Динара Берікқызы

6B07304 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия

Тақырыбы: 1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгерісін талдау

Орындалды:

а) слайдтық бөлім 15 парак

б) түсініктеме 72 бет

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жұмыс соңғы 30 жыл аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгерістерін зерттеу қарастырылған. Дипломдық жұмыста жерді қашықтықтан зондау және спутниктік деректерді негізінде индекстері талданып, зерттелетін аймақтағы өсімдік жамылғысы мен су объектілерінің қалай өзгерістерін бақылаған. Дипломдық жұмыс дұрыс құрылымдалған, мақсаттар мен міндеттер нақты тұжырымдалған. Кемшілігі мәтіндегі кейбір грамматикалық және стилистикалық қателіктер кездеседі.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Ізденушінің жұмысын және презентациясын жан-жақты талдай отырып, Терекова Аружан Уринбасаровна және Жұмағалиева Динара Берікқызының дипломдық жұмысы барлық стандарттық талаптарға мен жұмыстың тақырыбына сәйкес толықтай қарастырылып, жоғары деңгейде орындаған. Жалпы жұмысты 98 - «өте жақсы» деп бағалаймын.

Рецензент

**Доктор PhD, ГЖЖК кафедрасының
қауым. профессоры,
«ХБК» ЖШС**

«27» мамыр 2025 ж.

А.А. Алтаева



Ғылыми жетекшінің пікірі

Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрлерінің атауы)

Терекова Аружан Уринбасаровна
Жұмағалиева Динара Берікқызы
(оқушының аты жөні)

6B07304 – «Геокеңістіктік цифрлық инженерия»

(БББ атауы мен шифрі)

Тақырыбы: 1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгерісін талдау

Дипломдық жұмыста 1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізінің солтүстік-шығыс жағалауындағы ландшафтық өзгерістерге талданған. Зерттеу өсімдіктер мен су объектілерінің динамикасын бағалау үшін жерді қашықтықтан зондтау деректері негізінде NDVI және NDWI индекстерін қолдана отырып отыз жылдық өзгерістеріне мониторинг жасалған.

Дипломдық жұмыста жағалау аймағының экожүйесіндегі өзгерістерге әсер еткен негізгі табиғи және антропогендік факторларды анықтап, оның экологиялық тұрақтылық, шөлейттену және ландшафтың өзгерісін бағалайды.

Спутниктік суреттерді талдау ландшафт құрылымындағы ұзақ мерзімді өзгерістерді сандық сипаттауға мүмкіндік берді. Жұмыс нәтижелері Каспий теңізі жағалауының ландшафтық айтарлықтай өзгергендігін және жыл сайын қуаңшылыққа ұшырау салдарынан мал азықтарының жоқ болып бара жатқандығы анықталған. Сондықтан осындай бақылау жұмыстарының маңыздылығы арта түсуде.

Жұмыс тақырыптың өзектілігін, ойластырылған әдіснаманы және зерттеу құралдарын сенімді меңгергендігін көрсетеді.

Дипломдық жобаны 100 %-ға өте жақсы деп бағалай отырып, иелері Жұмағалиева Динара Берікқызы мен Терекова Аружан Уринбасаровнаны бакалавр академиялық дәрежесіне лайықты деген ойдамын және жұмысын қорғауға жіберуге ұсынамын.

Жетекші
ҚазҰЗТУ, МІЖГ кафедрасының
профессоры, Доктор PhD
«02» маусым 2025ж.



Ы. Жакыпбек

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста 1994–2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгерістері талданды. Зерттеу объектісі ретінде Каспий теңізінің солтүстік-шығыс жағалауы таңдалып, Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) технологияларының көмегімен NDVI және NDWI индекстерінің көпжылдық динамикасы қарастырылды.

Жұмыс барысында өсімдік жамылғысы мен ылғалдылық деңгейінің өзгеруіне әсер ететін климаттық және антропогендік факторлар анықталып, теңіз жағалауының экологиялық тұрақтылығына баға берілді. Ғарыштық суреттерді талдау арқылы вегетациялық белсенділік пен су айдындарының өзгерістері сандық көрсеткіштермен сипатталды.

Зерттеу нәтижелері Каспий жағалауының ландшафтық құрылымының елеулі трансформацияға ұшырағанын және табиғи экожүйелердің осалдығын көрсетті. Қашықтықтан зондтау технологияларының негізінде болашақта тұрақты мониторинг жүйесін әзірлеу ұсынылады.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе проведён анализ ландшафтных изменений побережья Каспийского моря за период 1994–2024 годов. В качестве объекта исследования выбрано северо-восточное побережье Каспия, где с использованием технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) были исследованы многолетние изменения индексов NDVI и NDWI.

В рамках исследования выявлены климатические и антропогенные факторы, повлиявшие на изменение растительного покрова и уровня увлажнённости, а также дана оценка экологической устойчивости прибрежных территорий. Анализ спутниковых снимков позволил количественно охарактеризовать изменения вегетационной активности и водных объектов.

Результаты исследования свидетельствуют о значительных трансформациях в ландшафтной структуре и уязвимости природных экосистем побережья. На основе данных ДЗЗ предлагается разработать систему устойчивого экологического мониторинга.

ANNOTATION

This thesis analyzes the landscape changes along the Caspian Sea coast between 1994 and 2024. The research focuses on the northeastern coast of the Caspian Sea, utilizing remote sensing (RS) technologies to assess the long-term dynamics of NDVI and NDWI indices.

The study identifies climatic and anthropogenic factors affecting vegetation cover and moisture levels and evaluates the ecological stability of the coastal zone. Satellite image analysis provided quantitative insights into vegetation activity and the transformation of water bodies.

The research findings reveal significant transformations in the landscape structure and highlight the vulnerability of natural ecosystems in the region. Based on remote sensing data, the study recommends developing a sustainable environmental monitoring system.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	7
1 Каспий теңізі аумағына жалпы сипаттама	8
1.1 Зерттелетін аймақтың физикалық-географиялық орналасу ерекшелігі	8
1.2 Каспий теңізі жағалауының жалпы ландшафттық-экологиялық жай-күйі	14
1.3 Аймақтың климаттық ерекшеліктері және олардың ландшафттық процестерге әсері	21
2 Таңдалған аймақтың рельефтік жағдайын зерттеу әдістемесі	28
2.1 Каспий теңізі жағдайын ЖҚЗ әдісімен зерттеу	28
2.2 Ландшафттың өзгеруін зерттеудің әдістемесін таңдау	31
2.3 Жер және су ресурстарына мониторинг жүргізудегі геоақпараттық бағдарламалық технологиялардың маңыздылығы	35
3 1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафттық өзгеруін талдау	44
3.1 Қашықтықтан зондтауда қолданылатын бақылау индекстері NDVI және NDWI	44
3.2 Өсімдік жамылғысының 1994-2024 жылдар аралығында өзгеру тенденциялары (NDVI)	52
3.3 Су ресурстарының 1994-2024 жылдар аралығында ауытқуларын анықтау (NDWI)	61
ҚОРЫТЫНДЫ	70
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	71

КІРІСПЕ

Қазіргі таңда табиғи ортада жүріп жатқан өзгерістердің ауқымы мен жылдамдығы адамзаттың қоршаған ортамен қарым-қатынасын қайта қарауға мәжбүр етуде. Бұл тұрғыда теңіз жағалаулары — экожүйелік тепе-теңдікті сақтау мен табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану мәселелерінде ерекше маңызға ие аймақтар. Соның ішінде Каспий теңізі жағалауы соңғы онжылдықтарда табиғи және антропогендік факторлардың ықпалынан айтарлықтай өзгерістерге ұшырап отыр.

Каспий теңізі — әлемдегі ең ірі тұйық су айдыны ретінде ерекше гидрологиялық және экологиялық жүйені құрайды. Оның су деңгейінің ауытқуы, жаға сызығының шегінуі немесе кеңеюі, маусымдық өзгерістер мен адам әрекеті салдарынан ландшафтық құрылымда күрделі әрі қайтымсыз өзгерістер орын алуда. Әсіресе 1994–2024 жылдар аралығындағы кезеңде теңіз деңгейінің төмендеуі айқын байқалып, бұл процесс жағалау аймақтарының табиғи ландшафттарына, биоалуантүрлілікке, топырақ жамылғысына, өсімдік түрлеріне және экономикалық қызмет түрлеріне тікелей әсер етті.

Каспий теңізінің су деңгейінің өзгерісі — тек Қазақстан үшін емес, бүкіл аймақ елдері үшін экологиялық, экономикалық және әлеуметтік маңызы бар күрделі мәселе. Ландшафтық өзгерістерді жан-жақты саралау, тарихи кезеңмен салыстырмалы түрде бағалау — болашақтағы табиғи апаттардың алдын алу, қоршаған ортаны қорғау және экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз етудің негізі. Сонымен қатар жаға сызығының өзгеруі нәтижесінде пайда болатын жаңа табиғи аумақтарды шаруашылыққа бейімдеу немесе оларды қорғау мәселелері де өзекті болып отыр.

Жұмыстың мақсаты - 1994–2024 жылдар аралығында Каспий теңізі жағалауының ландшафтық құрылымында орын алған өзгерістерді анықтау, картографиялық және қашықтықтан зондтау (remote sensing) деректері негізінде талдау жүргізу және өзгерістердің негізгі себептерін ғылыми тұрғыдан негіздеу.

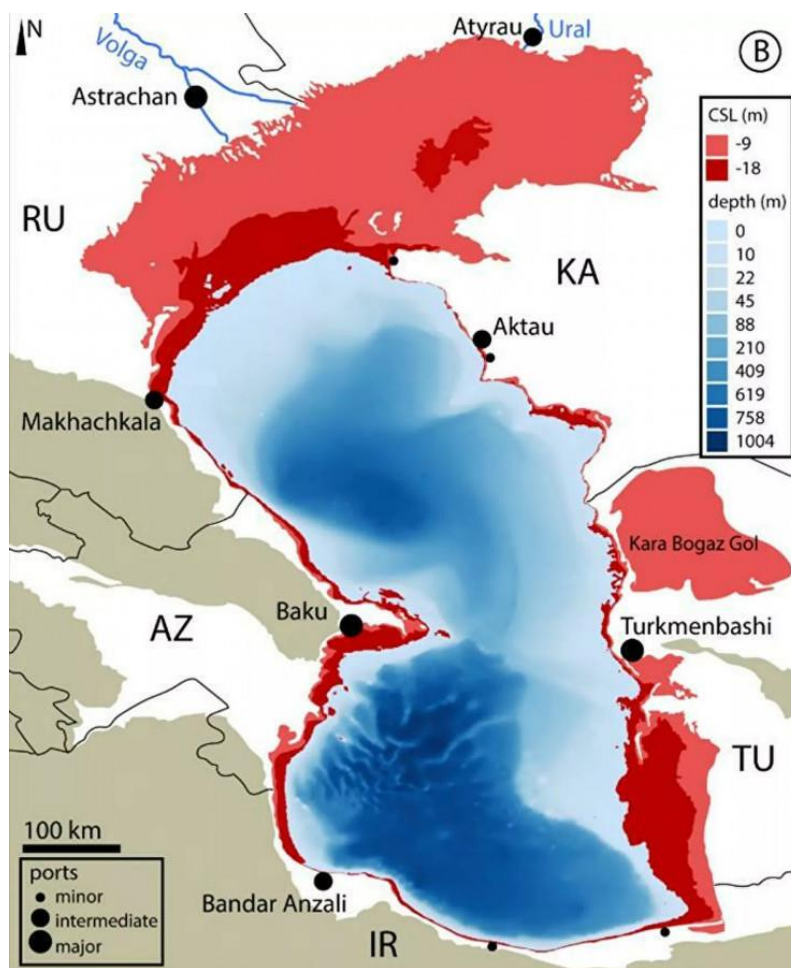
Зерттеу барысында алынған нәтижелер табиғи ресурстарды басқару, экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету және жағалаудағы инфрақұрылымды жоспарлау салаларында практикалық маңызға ие болуы мүмкін. Сонымен қатар жұмыс нәтижелері болашақта Каспий теңізі жағалауындағы ландшафтық өзгерістерді болжау, мониторинг жүргізу және бейімделу стратегияларын әзірлеу үшін негіз бола алады. Бұл әсіресе аймақтағы экологиялық тұрақтылықты сақтау мен табиғи ортаны қалпына келтіру шараларын ғылыми тұрғыдан негіздеуде маңызды.

1 Каспий теңізі аумағына жалпы сипаттама

1.1 Зерттелетін аймақтың физикалық-географиялық орналасу ерекшелігі

Каспий теңізі - Еуразия материгінің дәл орталығында орналасқан, әлемдегі ең ірі тұйық су айдыны болып есептеледі. Оның жалпы ауданы шамамен 371 000 км², ал ұзындығы 1200 км-ге жуық, ені 200–300 км аралығында өзгереді. Теңіз бес мемлекеттің — Қазақстан, Ресей, Әзербайжан, Түрікменстан және Иранның аумақтық шекараларында орналасқан. Бұл географиялық орналасу Каспий теңізіне геосаяси, экономикалық және экологиялық тұрғыдан айрықша маңыз береді. Каспий тек табиғи ресурс көзі ғана емес, сонымен қатар аймақтық ынтымақтастық пен қайшылықтардың өзегі болып табылады [1].

Қазақстан Республикасы Каспий теңізінің шығыс жағалауына ие және бұл жағалау Атырау мен Маңғыстау облыстарының аумағында орналасқан (1-сурет). Қазақстандық жағалаудың ұзындығы шамамен 2 340 шақырымды құрайды, бұл Каспий теңізіне шекаралас мемлекеттердің арасындағы ең ұзын жағалау болып табылады. Бұл көрсеткіштің өзі Қазақстанның теңіз экожүйесін қорғау мен ресурстарын басқарудағы жауапкершілігін арттыра түседі [2].



1 – сурет – Каспий теңізі аумағы [3]

Ғалымдардың көпшілігі Каспий жер сілкінісі мен жер қыртысының қозғалысы нәтижесінде пайда болды деп санайды. Геологтардың айтуынша, 59-60 миллион жыл бұрын Каспий теңізі, сондай-ақ Азов, Қара және Жерорта теңізі орналасқан аумақта ежелгі Тетис мұхиты болған. 5-7 миллион жыл бұрын ол кішігірім су қоймаларына бөлінді. Каспий қазіргі шекараларында 1,8 миллион жыл бұрын қалыптасқан. Каспий теңізінде бірнеше ірі шығанақтар мен көптеген аралдар орналасқан. Шығыс бөлігінде ірі шығанақтарға Маңғышлақ, Қара-Боғаз-Гол, Түрікменбашы (бұрынғы атауы – Красноводск) және Түрікмен шығанақтары жатады. Батыс жағалауында Кизляр, Аграхан, Қызыл-Агач шығанақтары мен әйгілі Баку шығанағы орналасқан. Оңтүстік бөлігінде – таяз сулы лагуналар жүйесі кездеседі.

Каспий теңізінде аралдар көп болғанымен, олардың басым көпшілігі шағын, жалпы ауданы 2 мың км²-ден аспайды. Солтүстік бөлігінде, әсіресе Еділ өзенінің атырауына жақын маңда, ұсақ аралдар өте көп. Бұл аймақта салыстырмалы түрде ірі аралдар – Кулалы, Морской, Тюлений және Чечень аралдары кездеседі. Батыс жағалауында – Апшерон архипелагы орналасқан, ал одан оңтүстікте Баку архипелагының аралдары созылып жатыр. Шығыс жағалауында, солтүстіктен оңтүстікке қарай созылған жіңішке әрі ұзынша Огурчин аралы орналасқан. Каспий теңізінің солтүстік жағалауы – аласа, жазықты әрі өте еңіс болып келеді. Бұл аймақ сгондық және нагондық құбылыстардың әсерінен жиі өзгеріске ұшырайды, соның нәтижесінде кең көлемді құрғаған алқаптар (осушкалар) қалыптасады. Солтүстік бөлікте аллювиальды-дельталық жағалау типі жақсы дамыған. Мұнда Еділ (Волга), Жайық (Орал) және Терек өзендерінің дельталары орналасқан. Аталған өзендер арқылы теңізге терригенді шөгінді материалдар көп мөлшерде тасымалданады. Әсіресе Еділдің дельтасы ерекше көзге түседі, мұнда көлемді қамысты батпақты алқаптар таралған, олар биоалуантүрлілік пен экожүйелік тұрақтылық үшін маңызды рөл атқарады. Батыс жағалауы негізінен абразиялық (бұзылу) сипатта болып келеді. Алайда Апшерон түбегінен оңтүстікке қарай бұл жағалау аккумулятивті, яғни шөгінділер арқылы түзілген жағалау пішіндері басым. Бұл бөлікте пересыптер (күмды жағалау бөгеттері) мен косалар (күм-мұнды тілімшелер) көптеп кездеседі. Жағалау пішіндерінің бұл түрлері теңіз ағыстары мен толқын әрекеттерінің нәтижесінде қалыптасады. Оңтүстік жағалауы – төмен және аз тілімделген, көбінесе лагуналар мен тұйық сулы жүйелерге ұласатын, батпақтану белгілері бар аймақ ретінде сипатталады. Шығыс жағалауы – негізінен шөлді, жазықты және аласа болып келеді. Бұл бөліктің жер бедері күмды шөгінділерден түзілген. Ландшафт құрылымы қуаңшылық климат жағдайында қалыптасқан, сондықтан топырақтың құнарлығы төмен, өсімдік жамылғысы сирек.

Жалпы алғанда, Каспий теңізі жағалаулары геоморфологиялық тұрғыдан әртүрлі болып келеді және олардың әрқайсысы климаттық жағдайлар мен гидрологиялық процестерге байланысты ерекшеленеді. Жағалау аймақтарының бұл әркелкілігі экожүйелердің әртүрлілігіне, сондай-ақ табиғи ресурстарды игеру мен қорғау стратегияларына тікелей әсер етеді.

Каспий теңізі өзінің физика-географиялық жағдайлары мен түп бедерінің ерекшеліктеріне байланысты шартты түрде үш бөлікке бөлінеді: Солтүстік Каспий, Орта Каспий және Оңтүстік Каспий.

Солтүстік Каспий — өте таяз бөлік болып саналады. Бұл аймақ толықтай шельф аумағында орналасқан және орташа тереңдігі 4–5 метрден аспайды. Жағалауы аласа болғандықтан, тіпті теңіз деңгейінің аз ғана ауытқуы су айдынының ауданының айтарлықтай өзгеруіне алып келеді. Осыған байланысты теңіздің солтүстік-шығыс бөлігіндегі шекаралар ұсақ масштабтағы карталарда жиі пунктир сызықтармен беріледі. Ең терең тұстары – шартты түрде Орта Каспиймен шектесетін аумақтарда кездеседі және тереңдігі шамамен 20 метрді құрайды. Бұл шартты шекара Чечень аралы мен Маңғыстау түбегіндегі Тюб-Караған мүйісі арасын жалғайтын сызық бойынша жүргізіледі.

Орта Каспийдің түбінде Дербент ойысы ерекшеленеді, мұндағы ең үлкен тереңдік 788 метрге жетеді. Орта және Оңтүстік Каспий арасындағы шекара Апшерон шегі арқылы өтеді. Бұл шек Чиров аралынан (Апшерон түбегінен шығысқа қарай) Түрікменстандағы Куули мүйісіне дейінгі сызықпен сипатталады және мұндағы ең үлкен тереңдік 180 метрге дейін барады.

Оңтүстік Каспий – теңіздің ең терең және ең көлемді бөлігі. Мұнда теңіз суының шамамен $\frac{2}{3}$ бөлігі шоғырланған. Орта Каспийде шамамен $\frac{1}{3}$ бөлігі болса, Солтүстік Каспийге тереңдіктің таяз болуына байланысты бар болғаны 1%-дан аз бөлігі ғана тиесілі.

Жалпы алғанда, Каспий теңізінің түп бедерінде шельфтік аймақтар басым. Мұндай жазық шельфтер Солтүстік Каспийдің бүкіл аумағын және теңіздің шығыс жағалауын бойлай созылып жатқан кең белдеуді қамтиды. Материктік еңіс (континенттік шеткі аймақ) ең айқын түрде Дербент ойысының батыс шетінде және Оңтүстік Каспий ойысының айналасында байқалады.

Шельфтік аймақтардың шөгінді жыныстары – терригенді және ракушкалы құмдар, оолитті құмдардан құралған. Ал терең сулы аймақтарда түпті жабатын шөгінділер – алевроит пен лайлы жыныстардан тұрады, олардың құрамында кальций карбонаты мөлшері жоғары. Кейбір жерлерде неоген дәуіріне жататын жыныстар ашық күйде кездеседі.

Кара-Богаз-Гол шығанағында минералды тұздардың ішінде мирабилит (натрий сульфаты) шоғырланады. Ал теңіздің оңтүстік бөлігіндегі аралдар мен жағалау маңында жиі кездесетін лайлы жанартаулардың атқылауы нәтижесінде жаңа мүйістер, қайраңдар және ұсақ аралдар түзіледі. Бұл геодинамикалық үдерістердің нәтижесінде кейбір түзілістер уақыт өте келе теңіз толқындарымен шайылып, қайтадан пайда болып отырады.

Геоморфологиялық тұрғыдан теңіздің жағалау аймағы әртүрлі бедерлік формалармен сипатталады. Атырау облысының аумағы негізінен Жайық өзенінің дельталық жазықтарымен ерекшеленсе, Маңғыстау облысында үстіртті, тастақты шөлейт рельеф басым. Жағалаудың көп бөлігі жазықты, ойпанды аймақтарға жатады және көптеген учаскелері теңіз деңгейінен төмен орналасқан. Соның ішінде Қарақия ойысы –132 метр абсолюттік биіктігімен Қазақстан мен ТМД аумағындағы ең төмен нүкте ретінде ерекшеленеді. Тектоникалық

тұрғыдан алғанда, Солтүстік Каспий аумағында Шығыс Еуропа платформасының бір бөлігі болып табылатын Каспий маңы синеклизасының оңтүстік бөлігі орналасқан. Бұл синеклиза оңтүстігінде Астрахан-Ақтөбе тектоникалық зонасымен шектеледі. Бұл зона девон және төменгі пермь дәуірлеріне жататын карбонатты жыныстардан тұрады. Олар вулкандық жыныстардың негізінде жатыр және құрамында мұнай мен табиғи жанғыш газдың ірі кен орындары бар.

Солтүстік Каспийдің оңтүстік-батысынан Донецк-Каспий зонасының палеозойлық қатпарлы құрылымдары (немесе Карпинский қыраты) Каспий маңы синеклизасына қарай жылжыған. Бұл құрылымдар жас платформалардың іргетасының көтеріңкі бөліктерін білдіреді: батыста – Скиф платформасы, шығыста – Тұран платформасы. Бұл екі платформа Каспий теңізінің түбінде солтүстік-шығыс бағыттағы Аграхан–Гурьев жарылысымен (сол жақ ығыспалы жарылым) бөлінген. Орта Каспий негізінен Тұран платформасының құрамына кіреді. Алайда оның оңтүстік-батыс шеті, Дербент ойысын қоса алғанда, Үлкен Кавказдың қатпарлы жүйесінің Терек–Каспий шеткі прогибінің жалғасы болып табылады. Бұл өңір юр дәуірінен бастап қазіргі уақытқа дейінгі шөгінді жыныстар қабаттарымен жабылған. Аталған шөгінділердің жергілікті көтерілімдерінде мұнай мен газдың мол кен орындары орналасқан. Апшерон шегі Орта Каспий мен Оңтүстік Каспий арасын бөліп тұрған құрылым ретінде қарастырылады. Ол кайнозой дәуіріне жататын қатпарлы құрылымдардың – Үлкен Кавказ бен Копетдаг таулары жүйесінің байланыстырушы буыны болып табылады.

Оңтүстік Каспий ойысы – Каспий теңізінің ең терең бөлігі және тектоникалық тұрғыдан алып қарағанда мұхиттық немесе өтпелі типтегі жер қыртысында орналасқан. Бұл ойыс 25 км-ден асатын қалыңдықтағы кайнозой дәуірінің шөгінді жыныстарымен толтырылған. Аталған ойыста ірі мұнай және газ кен орындары мол шоғырланған, сондықтан бұл өңір Каспий аймағындағы басты көмірсутек ресурстарының орталығы болып есептеледі.

Қазақстандық жағалау бөлігінің жер бедері негізінен жазықты және ойпаң сипатта. Каспий маңы ойпатының едәуір бөлігі теңіз деңгейінен төмен орналасқан. Ең терең нүктелердің бірі — Қарақия ойысы, ол теңіз деңгейінен 132 метр төменде жатыр және ТМД аумағындағы ең төмен орналасқан нүкте болып саналады. Жағалау аймағында сазды, құмды, шөлді ландшафттар кеңінен таралған. Бұл рельеф формалары жел эрозиясына бейім, ал кейбір бөліктерінде дефляциялық ойыстар мен сорлар бар. Каспий маңы ойпаты мен Маңғыстау үстірті аралығында орналасқан бұл аймақ — геологиялық тұрғыдан да қызықты құрылым. Каспий маңы ойпаты — палеозой, мезозой және кайнозой эраларында қалыптасқан, көне теңіз шөгінділерінен құралған жазық. Ол солтүстіктен оңтүстікке қарай еңіс болып келеді және мұнда ұсақ өзендер мен уақытша ағын сулардың құрғақ арналары жиі кездеседі. Миоцен дәуірінің соңына дейін Каспий теңізі ежелгі Тетис мұхитының шеткі теңізі ретінде қалыптасты (олигоцен дәуірінен бастап — Паратетис деп аталатын реликті мұхиттық алаптың бір бөлігіне айналған). Бұл кезеңде теңіз қазіргі аумағынан әлдеқайда кең көлемде

таралған және Паратетис жүйесіндегі басқа су айдындарымен, соның ішінде Қара теңізбен байланысты болған. Плиоцен дәуірінің басында Каспий теңізі Қара теңізбен болған байланысын жоғалтты. Осы уақыттан бастап Солтүстік және Орта Каспий аймақтары құрғап, олардың орнына палео-Еділдің аңғары қалыптасты. Бұл ежелгі Еділ өзенінің дельтасы қазіргі Апшерон түбегі маңында орналасқан. Осы дельтада жиналған қалың терригенді шөгінділер кейіннен Әзербайжан мен Түрікменстандағы мұнай мен жанғыш газ қорларының негізгі шоғырланған қабаттарына айналды. Кеш плиоцен дәуірінде, атап айтқанда Акчагыль трансгрессиясы кезінде Каспий теңізінің аумағы едәуір кеңейіп, әлемдік мұхитпен уақытша байланыс қайта орнады. Бұл трансгрессия теңіз суының қазіргі теңіз табанынан бөлек, оған іргелес жатқан жерлерді де су басуына алып келді. Төрттік кезеңде теңіз деңгейінің ауытқуы айқын байқалды — бұл кезеңде бірнеше рет трансгрессиялар (теңіз деңгейінің көтерілуі) мен регрессиялар (теңіз деңгейінің төмендеуі) алмасып отырған. Ең ірі трансгрессиялар қатарына Апшерон, Баку, Хазар және Хвалын трансгрессиялары жатады. Әр кезеңде Каспий теңізінің аумағы мен пішіні өзгеріп отырған, бұл оның жағалауындағы геоморфологиялық құрылымдарға және табиғи байлықтардың таралуына тікелей әсер етті. Каспий теңізінің оңтүстік жартысы — сейсмикалық белсенді аймақта орналасқан. Мұнда жиі жер сілкіністері тіркеледі. Мәселен, 1895 жылы Түрікменбашы (бұрынғы Красноводск) қаласында 9 балдық күшті жер сілкінісі болған. Бұл — Каспий маңындағы ең ірі сейсмикалық оқиғалардың бірі ретінде тіркелген.

Аумақтың климаты шұғыл континенталды типке жатады. Мұнда жаз ұзақ әрі ыстық, ал қыс қысқа және салыстырмалы түрде жұмсақ өтеді. Жылдық жауын-шашын мөлшері өте төмен — 100–250 мм аралығында, бұл көрсеткіш булану деңгейінен әлдеқайда аз. Ал булану көлемі жылына шамамен 1000–1200 мм-ді құрайды. Бұл климаттық ерекшеліктер аумақтың шөлейттену үрдісін күшейтеді және су ресурстарының тапшылығын айқын көрсетеді [4].

Топырақ жамылғысы да осы климаттық және геоморфологиялық жағдайларға байланысты ерекше сипат алады. Жағалау бойында сортаң, тақыр, құмды және механикалық құрамы жеңіл топырақтар кең таралған. Бұл топырақтар әдетте шөл және шөлейт аймақтарға тән, құнарлылығы төмен, әрі ауыл шаруашылығына қолайсыз. Соған қарамастан, мұнда өнеркәсіп, әсіресе мұнай-газ секторы жақсы дамыған. Бұл фактор топырақтың деградациясына және антропогендік әсердің күшеюіне алып келуде.

Өсімдіктер жамылғысы негізінен шөлейт және шөл флорасына жатады. Мұнда жусан, сораң, бұйырғын, жыңғыл сияқты құрғақшылыққа бейімделген ксерофитті өсімдіктер басым. Бұл өсімдіктер экожүйенің тұрақтылығын сақтауда үлкен рөл атқарады, алайда соңғы жылдары антропогендік әрекеттер — мұнай өндіру, қала құрылысы, инфрақұрылымдық кеңею, сондай-ақ климаттың өзгеруі нәтижесінде теңіз деңгейінің ауытқуы — өсімдіктер мен жануарлар әлеміне теріс ықпал етуде.

Каспий теңізіне 130-дан астам өзен құяды, олардың ішіндегі ең ірілері:

- Жайық (Урал) – Қазақстан аумағынан;

- Еділ (Волга) – Ресейден;
- Кура – Әзірбайжаннан;
- Сефидруд – Ираннан.

Каспий - ағынсыз теңіз, яғни одан ешбір өзен немесе су арнасы шықпайды. Сондықтан теңіз деңгейі табиғи және антропогендік факторларға байланысты жиі ауытқып отырады. Соңғы жылдары теңіз деңгейінің төмендеуі айқын байқалып отыр.

Табиғи-географиялық аймақтарға бөлінуі бойынша:

Каспий теңізі шартты түрде үш бөліктен тұрады:

1. Солтүстік Каспий – таяз, орташа тереңдігі 4–6 м. Биологиялық өнімділігі жоғары, бірақ экологиялық тұрғыдан осал.
2. Орталық Каспий – тереңдігі орташа, тұздылығы жоғарырақ.
3. Оңтүстік Каспий – ең терең бөлігі (1000 м-ден асады), жылы, тұздылығы ең жоғары [3].

Қазақстандық жағалау бөлігінде Каспийге құятын басты өзен – Жайық (Урал) өзені. Ол арқылы тұщы су теңізге түсіп, солтүстік-шығыстағы экожүйенің салыстырмалы тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Каспий жағалауындағы батпақты, тұщы және ащы көлдер, құм массивтері, сулы-батпақты алқаптар – биологиялық әртүрлілікке бай. Атап айтқанда, бұл аймақ бекіре тұқымдас балықтардың мекені, сонымен қатар қызғылт қоқиқаз, шағала, аққу, қаз сияқты сирек кездесетін құстардың маусымдық аялдамасы болып саналады.

Каспий маңы аумағы экологиялық тұрғыдан әлсіз және тұрақсыз жүйе ретінде саналады. Бұл жерде судың көтерілуі мен тартылуы жиі байқалатын табиғи құбылыс. Мысалы, 1994–1995 жылдары теңіз деңгейі тарихи шарықтау шегіне жеткен болса, кейінгі жылдары ол біртіндеп төмендей бастады. 2020 жылдан бастап теңіз деңгейінің елеулі төмендеуі NASA спутниктік бақылаулары арқылы расталды. Бұл жағдай теңіз экожүйесіне үлкен қауіп төндіреді және жағалау инфрақұрылымына, жер асты суларына, тұщы су көзіне, ауыл шаруашылығы мен балық шаруашылығына елеулі кері әсер етеді [3].

Экологиялық тұрғыдан алғанда, Каспий маңы аумағы ерекше қорғалуы тиіс территория болып табылады. Мұнда бекіре тұқымдас балықтар, сирек кездесетін сүтқоректілер мен су құстары мекендейді. Қазақстан Каспийдің солтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан Қашаған, Теңіз, Қарашығанақ сияқты әлемдік деңгейдегі мұнай және газ кен орындарын игеруде. Бұл ресурстар ел экономикасы үшін стратегиялық маңызға ие болғанымен, табиғи ортаны қорғау шаралары да соған сәйкес күшейтілуі тиіс [4].

Каспий теңізінің қазақстандық жағалауы - табиғи, экономикалық және экологиялық тұрғыдан күрделі әрі маңызы зор аумақ. Оның географиялық ерекшеліктері мен климаттық жағдайлары бұл аймақтағы жер бедері, топырақ, өсімдік жамылғысы және экожүйелерге тікелей әсер етеді. Сондықтан бұл аймақты кешенді түрде зерттеп, табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану мен қоршаған ортаны қорғау шараларын үйлестіру - Қазақстан үшін стратегиялық міндет болып табылады.

Қазақстандық Каспий теңізі жағалауы еліміздің энергетикалық, көліктік және ресурстық әлеуетінің басты орталықтарының бірі.

- Мұнда әлемге танымал Қашаған, Теңіз, Қарашығанақ сияқты ірі мұнай-газ кен орындары орналасқан.

- Ақтау теңіз порты – еліміздің халықаралық теңіз қатынасын қамтамасыз ететін маңызды көлік-логистикалық хаб.

- Туризм, балық шаруашылығы, тұз өндірісі және көлік инфрақұрылымы жағалау бойындағы негізгі шаруашылық бағыттар қатарында.

Каспий теңізі жағалауы — физикалық-географиялық жағынан алуан түрлі, табиғи ресурстарға бай, стратегиялық маңызы жоғары аймақ. Жазықты жер бедері, қуаң климат, ерекше биота мен бай қорлар бұл өңірдің даму әлеуетін арттырса, сонымен қатар экологиялық және әлеуметтік тәуекелдермен қатар жүреді. Теңіз жағалауының географиялық ерекшеліктерін ескере отырып, табиғатты ұтымды пайдалану, ресурстарды басқару мен экожүйені қорғау — негізгі басымдықтардың бірі болуы тиіс.

1.2 Каспий теңізі жағалауының жалпы ландшафттық жай-күйі

Каспий теңізі - Еуразия құрлығының орталық бөлігінде орналасқан, дүние жүзіндегі ең ірі тұйық су айдыны. Оның жағалауы бес мемлекетке – Қазақстан, Ресей, Әзербайжан, Түрікменстан және Иранға тиесілі. Қазақстан Каспий теңізінің солтүстік-шығыс бөлігін алып жатыр және оның жағалау сызығы шамамен 2 340 шақырымды құрайды, бұл теңіз жағалауының ең ұзын учаскесі болып табылады [1]. Қазақстандық бөліктегі Каспий маңы аймағы негізінен Атырау және Маңғыстау облыстарының аумағына кіреді. Бұл өңірдің табиғи жағдайы мен ландшафттық құрылымы ерекше, әрі өте нәзік экожүйеге ие.

Каспий теңізінің жағалауындағы жер бедері негізінен Каспий маңы ойпаты мен Үстірт қыратының аумағына жатады. Солтүстік және солтүстік-шығыс бөліктері – жазықты, ойысты болып келеді және теңіз деңгейінен төмен орналасқан. Мысалы, Қаракия ойысы –132 метр абсолюттік биіктікте орналасып, Қазақстан мен бүкіл ТМД аумағындағы ең төмен жатқан жер болып саналады [2].

Бұл аймақ тектоникалық тұрғыдан белсенді емес, дегенмен өзінің палеогеографиялық даму барысында бірнеше рет теңіз трансгрессиясы мен регрессиясы сатыларынан өткен. Аталған геологиялық үдерістер қазіргі ландшафттық құрылымның қалыптасуына айтарлықтай әсер еткен.

Топырақты географиялық аудандастыру жұмыстары Г.В. Добровольский ұсынған ғылыми қағидаларға сүйене отырып, топырақ географиясының отандық дәстүрлері негізінде жүргізілді. Каспий маңы аймағының топырақтық аудандарға бөлінуі 1983 жылы жарық көрген КСРО-ның Топырақ-географиялық аудандастыру картасына (масштабы 1:8 000 000) негізделген. Бұл картаны Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская және Н.Н. Розова құрастырған. Кейінгі

жылдары Google Earth ғарыштық суреттері және басқа да заманауи деректер негізінде аталған картаға кейбір нақтылаулар мен түзетулер енгізілді.

Каспий маңы өңірі географиялық аудандастырудың жоғарғы деңгейі бойынша екі белдеуге бөлінеді – суббореальді және субтропиктік. Бұл белдеулер өз іштерінде әртүрлі топырақтық облыстарды, аймақтар мен фациялар жиынтығын қамтиды. Екі белдеуде де шөл және жартылай шөл аймақтары кездеседі. Олар жылу режимінің айырмашылығымен ерекшеленеді: суббореальды белдеудің топырақтары қыс мезгілінде қатып қалатын болса, субтропиктік белдеуде топырақ мұз қатпайды (фациальдық ерекшелік). Аудандастырудың келесі деңгейінде (төменгі деңгей) жазықтар мен таулы аймақтар бөлінеді. Жазықтықтағы аумақтар топырақ аймақтары мен провинцияларға, округтерге бөлінсе, таулы жерлерде тік топырақ белдеулері бар фрагменттер немесе дақтар анықталады (2-сурет).



2-сурет – Каспий маңындағы топырақ түрі [1]

Жазық провинциялар (аймақтар) жер жамылғысының жалпы морфологиялық және топырақтық ерекшеліктеріне қарай бөлінген, ал провинцияларды округтерге бөлу кезінде жер бедері мен топырақ түзуші

жыныстар негізгі негіз ретінде алынған. Жер бедері мен басым литологиялық құрамдардың қысқаша атаулары PGR (топырақ-географиялық райондау) картасының жалпы шартты белгілерінде көрсетілген.

Суббореальды белдеудің шөлейт және шөл топырақтары аймағында Каспий маңы провинциясына тән ашық қоңыр (каштан) және қоңыр топырақтар, сондай-ақ Арал–Каспий провинциясына тән сұр-қоңыр топырақтар таралған. Бұл провинциялар құрамына әртүрлі жер бедері бар округтер кіреді, мысалы: теңіздік және аллювиалды жазықтар, үстірттер, тау етектері. Сонымен қатар, әр округке топырақ түзілуіне әсер ететін әртүрлі жыныстар тән (мысалы, 8 округ — Каспий маңы провинциясында, 2 округ — Арал–Каспий провинциясында).

Субтропиктік белдеуде, ылғалдылық жағдайларының айқын саралануына байланысты, құрғақ аумақтармен қатар, ауданы шектеулі екі ерекше аймақ бөлінеді: ксерофитті орманды және ылғалды орманды аймақтар. Бұл аймақтарда тиісінше қоңыр топырақты және сарғылт топырақты жерлер кездеседі, әрқайсысына бір-бірден провинция сәйкес келеді.

PGR картасының контурындағы индекстер жазық аумақтар үшін округтерді, ал таулы аймақтар үшін провинцияларды білдіреді. Классикалық үлгідегі PGR карталарымен салыстырғанда, бұл индекстер (және карта аңызы) біршама ықшамдалып, жеңілдетілген. Мұнда рим цифры географиялық белдеуді, бас әріп топырақтық аймақты, ал жазық аумақтарда араб цифры — округті, таулы аумақтарда әріптік белгі — таулы топырақ провинциясын көрсетеді. Классикалық PGR карталарындағыдай екі бөлек кестенің орнына, бұл картада барлық ақпарат бір ғана кестелік аңызда біріктірілген (3-сурет).



3-сурет – Каспий маңы аумағының топырақ-географиялық аудандастыру картасы [3]

Каспий маңы аймағының топырақ-географиялық аудандық картасы (PGR) бұрынғы КСРО-ның 1983 жылғы картасымен салыстырғанда біршама жаңаша негізде жасалды. Жаңа картада әсіресе құрғақ аумақтарда — ірі құм массивтері, сазды және теңіздік тұзды батпақтар, Еділ мен Теректің атыраулары сияқты қосымша аудандар бөлініп, олардың жер жамылғысының құрамы мен тұздану дәрежесі ескерілді (мысалы, шырша топырақтарының картасы, 1995 ж.).

Иран аумағындағы Гиркан ормандары мен шалғынды-батпақты өсімдіктер қауымдастығының таралу аймағы болып табылатын глейлі топырақтар ылғалдың молдығы мен тіпті шамадан тыс болуына байланысты айтарлықтай өзгерістерге ұшыраған. Бұл аймақтармен шектесіп жатқан Атрек провинциясы — сероземдер, таулы жазықтарда таралған шалғынды-серозем топырақтары және ортағасырлық оазистерге тән көне суармалы топырақтар сияқты сипаттарымен мүлде контраст тудырады. Иранның таулы бөліктері негізінен құрғақ, мұнда Жерорта теңізі субтропиктеріне тән сероземдер, сұр-қоңыр және қоңыр топырақтар басым. Жоғары биіктіктерде олар таулы шалғынды-дала топырақтарына, бастапқы (примитивті) топырақтарға, түрлі жыныстарға, шөгінді жамылғылар мен басқа да топырақсыз формацияларға, сонымен қатар ойпаттар мен бассейндердегі тұзды және сортаң топырақтарға ауысады.

Каспий маңы аймағын физикалық-географиялық аудандастыру Н.А. Гвоздецкийдің жетекшілігімен құрылған физикалық география және ландшафттану кафедрасы қызметкерлерінің әдістемелік ұстанымдарына негізделген (КСРО-ның физика-географиялық аудандастырылуы, 1968; Таулы аймақтарды ландшафттық картаға түсіру және физикалық-географиялық аудандастыру, 1972). Бұл карта жасау барысында басты қағида — күрделілік принципі болды, яғни географиялық қабықты саралау кезінде аумақтың ландшафттық құрылымын ескере отырып, аудандастырудың аймақтық және азондық факторларын бір мезгілде және бірдей ескеруге негізделді.

Картаны құруда ақпарат көзі ретінде әртүрлі масштабтағы картографиялық және әдеби дереккөздер, Google Earth платформасындағы ғарыштық суреттер мен ішінара жүргізілген маршруттық бақылаулар қолданылды. Аудандастыру барысында Н.А. Гвоздецкий мен Г.С. Самойлованың редакциясымен 1986 жылы жасалған, 1:8 000 000 масштабтағы КСРО-ның физикалық-географиялық аудандастыру картасы негізге алынып, заманауи ландшафттық құрылым мен ауқымды нақтылау бойынша толықтырылды. Сонымен қатар, Қазақстан (2006), Әзірбайжан (1963) және Дағыстан Республикасының (1999) физикалық-географиялық аудандастыру карталары пайдаланылды. Бұл карталар әртүрлі масштаб пен таксономиялық бірлікте орындалғандықтан, оларды бір жүйеге келтіру қажеттігі туындады.

Ұсынылған картада физикалық-географиялық аудандастырудың негізгі бірліктері ретінде физикалық-географиялық елдер, облыстар, провинциялар мен округтер бөлінді. Каспий маңы аймағының ландшафттық құрылымын сипаттау үшін геологиялық, геоморфологиялық, топырақтық, геоботаникалық және ландшафттық карталар (мысалы, Әзірбайжан КСР-інің ландшафттық картасы,

1975; КСРО Ландшафттар картасы, 1989; Кавказдың ландшафттық картасы, 1979; ҚР Ұлттық Атласы, 2006) қолданылды [5].

Картаның аңызы ландшафттық құрылымның ерекшеліктерін кестелік түрде бейнелейді: жазық аймақтардағы ландшафттардың аймақтық және интразоналық үйлесімдері мен таулы аумақтардағы физикалық-географиялық аудандардың биіктік белдеулік құрылымдары көрсетілген (4-сурет).



4-сурет - Қазақстан, Теңіз ауданындағы Каспий жағалауы. Авторы
Личагин М. [4]

Каспий теңізінің жағалауы - ерекше экологиялық маңызға ие, табиғи және антропогендік факторлардың ықпалында тұрған күрделі аймақ. Мұндағы ландшафттық құрылымның тұрақтылығына қауіп төндіріп тұрған басты факторлар: климаттың өзгеруі, теңіз деңгейінің ауытқуы, өнеркәсіптік ластану және биологиялық әртүрліліктің төмендеуі. Осыған байланысты теңіз жағалауын кешенді экологиялық мониторингтен өткізу, тұрақты табиғатты пайдалану принциптерін енгізу және экожүйені қалпына келтіру шараларын қабылдау – бүгінгі күннің басты міндеттерінің бірі. Каспий теңізі табиғи ресурстарға өте бай және алуан түрлі. Ең алдымен, бұл өңірде көмірсутек қорлары мол, оларды Ресей, Қазақстан, Әзербайжан және Түрікменстанның мұнай-газ компаниялары қарқынды игеріп келеді. Теңіз шельфінде ашылған ең ірі мұнай және табиғи газ кен орындарының қатарына мыналар жатады:

- Қазақстандық секторда – Қашаған;
- Әзербайжан секторында – Азери-Чыраг-Гюнешли және Шах-Дениз;

- Өзербайжан мен Түрікменстан шекарасында – Кяпаз (өзербайжанша атауы) / Сердар (түрікменше атауы);

- Ресейлік секторда – В. Филановский атындағы, Ю. Корчагин атындағы, Хвалынское, Сарматское, Ракушечное кен орындары.

Кара-Богаз-Гол шығанағында минералды тұнба тұздардың аса ірі қоры шоғырланған. Бұл жерде мирабилит (глаубер тұзы) молынан өндіріледі. Шығанақтың суы Каспий теңізімен салыстырғанда 30 есе тұзды, бұл тұз өндірісі үшін ерекше маңызға ие. 1980 жылы шығанақты теңізбен жалғайтын бұғазды бөгеп тастау мақсатында бөгет салынған, алайда 1992 жылы бөгет жарылып, бұғаз қайта ашылды.

Каспий теңізінде және оған құятын өзендердің сағаларында 100-ден астам балық түрі тіршілік етеді. Өнеркәсіптік маңызы бар негізгі түрлер:

- Теңіздік балықтар – майшабақ, килька, бұқалықтар, әсіресе бекіре тұқымдастар (Каспий – әлемдегі ең ірі бекіре мекендеу аймақтарының бірі болып табылады. Алайда соңғы жылдары шектен тыс аулау мен популяцияның азаюына байланысты олардың аулауына қатаң шектеулер енгізілген);

- Тұщы су балықтары – тұқы тұқымдастар, алабұға;

- Арктикалық мигранттар (трансформацияланған түрлер) – ақ балық пен албырттар (лосось тұқымдастар).

- Каспий теңізінің су айдынында белсенді кеме қатынасы жүргізіледі. Ең ірі теңіз порттары төмендегідей:

- Өзербайжанда – Баку, Дюбенди, Сумгайыт, Сангачалы, Алят, Ленкорань, Астара;

- Иранда – Астара, Бендер-Энзели, Чалус, Бабольсар, Нека, Бендер-Торкемен;

- Қазақстанда – Ақтау, Баутино (Форт-Шевченко), Құрық және Атырау (Жайық өзенінің сағасында);

- Ресейде – Махачкала (жүк айналымы – 5 млн тонна), Астрахань және Оля (екеуінің жүк айналымы – 2,5 млн тонна, Еділ өзенінің сағасында орналасқан), Дербент. Жалпы жүк айналымы – 8,1 млн тонна (2020 ж.);

- Түрікменстанда – Түрікменбашы, Хазар, Экерем (Окарем), Гарабогаз.

Каспий теңізінің жағалауы-бес елдің жағалауы бойымен мыңдаған шақырымға созылған ерекше және алуан түрлі ландшафт кешені. Бұл аймақтың ландшафттық мозаикасы геологиялық, климаттық және гидрологиялық факторлардың әсерінен, сондай-ақ ежелгі және қазіргі шөгінді процестердің, тектоникалық қозғалыстардың және теңіз деңгейінің ауытқуының әсерінен қалыптасты. Жағалау өте алуан түрлі рельефке ие: мұнда ойпатты жағалау жазықтары да, қырлары мен жартастары бар жартасты жерлер де кездеседі. Ең ұзын және кең жазық ландшафттар солтүстік-шығыс жағалауында орналасқан, онда жағалаулар біртіндеп Каспийдің жартылай шөлді және шөлді жазықтарына ауысады (5-сурет).



5-сурет – Каспий теңізі жағалауының геоморфологиялық картасы
(Леонтьев бойынша, 1965)

Жоғарыдағы 5-суреттің негізгі сурет сипаттамасы мынау: Теңіз рельефі: 1 – новокаспий; 2 – верхнехвалынская; 3 – нижнехвалынская; 4 – Хазар жазығы; 5 – ежелгі Каспий теңіз террасаларының кешені; 6 – Қара богаз-Гола заманауи тұзды жазығы. Флювиалды: 7-ірі өзендердің жайылмалары, қазіргі атыраулар мен төгілулер; 8-хвалынские; 9-Хазар террасалары, атыраптар мен төгілулер; 10 – пролювиалды және флювиогляциалды ежелгі Каспий жазықтары. Эол: 11-Эол құмдары; 12-бар туберкулездері; 13-ағынсыз ойпаттар. Денудациялық: 14-аридті-денудациялық үстірттер; 15-эрозиялық-денудациялық биіктіктер; 16-лесс шөгінділерімен бірдей; 17-төмен таулар (а-интрузияларды бөлшектеу арқылы пайда болған, б-тұзды тектоникамен байланысты); 18-балшық жанартаулары; 19-аридті-денудациялық төмен таулар, мезозойидтар; 20-аридті-денудациялық және эрозиялық-денудациялық төмен таулар, Альпі; 21-эрозиялық-денудациялық мезокайнозойлық орта таулар; 22-гляциалды өңделген биік таулар; 23-кайнозойлық жанартау таулары

Мұнда сортаңды учаскелердің уақытша немесе кеуіп жатқан су айдындарымен, тұзды топырақтармен және құрғақшылық пен тұздануға төзімді сирек өсімдіктермен ауысуы жиі байқалады. Бұл аймақтар теңіз деңгейінің өзгеруіне және климаттық ауытқуларға әсіресе сезімтал, өйткені су деңгейі

жоғарылаған кезде олар тез су басады, ал төмендеген кезде олар шөлейттенуге бейім.

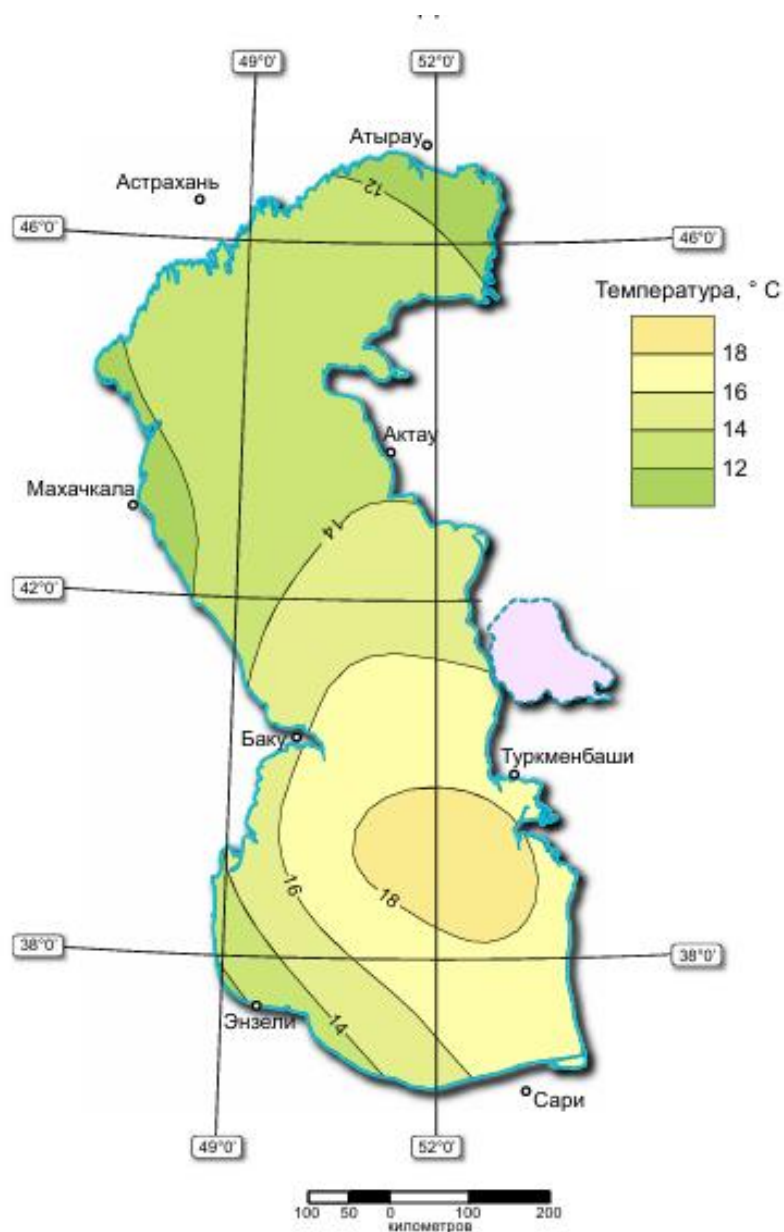
Каспийдің солтүстік бөлігінде, әсіресе Еділ мен Орал атырауының аудандарында ландшафт басқа ерекшеліктерге ие болады. Мұнда батпақты ойпаттар, қамыс пен қамыс қопалары, көлдер мен су жолдарының күрделі желісін құрайтын арналар басым. Бұл жағалаудағы Дельта кешендері жоғары биоөнімділікпен және ландшафтқа төзімділікпен ерекшеленеді, бірақ сонымен бірге өзен ағынының режиміне өте тәуелді. Иран мен Әзірбайжан шекараларына жақын оңтүстік пен оңтүстік-батыста ландшафт қиылысады: жағалаулар көтеріліп, жартастар, жартастар, жағалаудағы таулар мен жиектер пайда болады. Жер бедері бөлшектеніп, Каспий теңізі деңгейінің ежелгі тербелістерімен және аймақтың тектоникалық белсенділігімен байланысты террассалық формалар байқалады [3].

Каспий теңізі жағалауының ландшафтына тән ерекшелігі - оның өзгергіштігі. Теңізде ағын жоқ және климат пен өзеннің қоректенуіндегі шамалы өзгерістерге жауап береді, бұл жағалау аймағында көрінеді: ол трансформацияға, су тасқынына, эрозияға және жинақталуға бейім. Осыдан формалардың байлығы пайда болады-лагундардан, сағалардан және құм өрімдерінен шығанақтарға, құрғақ сағаларға және жоталар мен қорғандар түріндегі ежелгі жағалау сызықтарының қалдықтарына дейін. Сонымен қатар, адамның іс-әрекеті маңызды ландшафт қалыптастырушы фактор болып табылады: өнеркәсіптік және көлік объектілері жағалау бойында белсенді дамып келеді, бұл табиғи құрылымның өзгеруіне және ландшафттардың табиғи тепе-теңдігінің бұзылуына әкеледі.

1.3 Аймақтың климаттық ерекшеліктері және олардың ландшафттық процестерге әсері

Каспий теңізінің солтүстік-шығыс жағалауы, яғни қазіргі Атырау және Маңғыстау облыстары қамтылатын аймақ, климаттық жағынан шөл және шөлейт зоналарға жатады. Географиялық орнына қарай бұл өңір Атлант мұхиты мен Арктикадан алыс орналасқан, сондықтан да мұхиттық климаттың жұмсартушы әсері өте әлсіз сезіледі. Сонымен қатар, жауын-шашынның аз мөлшері, жоғары температура және буланудың артуы табиғи-ландшафттық процестерге тікелей әсер ететін негізгі климаттық факторлар болып табылады.

Аймақ климаты айқын континенттік сипатқа ие. Жаз айларында температура +40°C-тан асып кетуі мүмкін, ал қыс мезгілінде –20°C-қа дейін төмендейді. Бұл – жоғары термиялық амплитуда. Осындай температура айырмашылығы топырақтың термиялық құрылымына әсер етеді: жазда топырақ қатты кебеді, қыста жарылады, бұл эрозиялық процестерге жол ашады (6-сурет).



6-сурет – Каспий теңізі аумағының жылдық орташа ауа темпеарурасы, 2024 жыл [5]

Каспий теңізі мен оның жағалаулары үстіндегі ауаның температуралық режимі географиялық орналасуымен, атмосфералық айналымымен, жағалау аймағының рельефімен анықталады. Теңіздің солтүстіктен оңтүстікке қарай созылуы Солтүстік және Оңтүстік Каспийдің температуралық режимінің айтарлықтай айырмашылығына әкеледі. Теңіз салыстырмалы түрде төмен ендіктерде орналасқандықтан, орташа тәуліктік температураның 0 С арқылы өтуі тек Каспийдің солтүстігінде байқалады. Сондықтан теңіздің және оның жағалауының көп бөлігінде қыстың басталуы үшін орташа тәуліктік ауа температурасының 5 С арқылы тұрақты ауысуы қабылданады. Каспийдің шығыс және солтүстік-шығыс жағалауларының күрт континентальды климаты теңіздің батысына қарағанда ауа температурасының жылдық амплитудасын анықтайды. Таяз су учаскелерінде ауа температурасының маусымаралық айырмашылықтары

орталық терең су аймақтарына қарағанда көбірек көрінеді. Ашық теңіздің үстінде жылдың көп бөлігінде (тамыздың аяғынан сәуірге дейін) орташа ауа температурасы жағалауға қарағанда жоғары.

Ауа температурасының жылдық айналымы: орташа, минималды, максималды, 0.25 және 0.75 квантиль мәніне ие. Каспий теңізіндегі су температурасы кеңістіктік ендік бойынша айтарлықтай өзгеріске ұшырайды, бұл әсіресе қыс мезгілінде айқын байқалады. Қыста солтүстіктегі мұз жиегі маңында су температурасы $0...+0,5^{\circ}\text{C}$ шамасында болса, оңтүстікте $+10...+11^{\circ}\text{C}$ деңгейіне дейін жетеді. Осылайша, теңіз суының температура айырмасы 10°C шамасын құрайды. Ал тереңдігі 25 метрден аспайтын тайыз бөліктерде жылдық температуралық амплитуда $25\text{--}26^{\circ}\text{C}$ -қа дейін жетуі мүмкін.

Орта есеппен, батыс жағалаудағы судың температурасы шығыс жағалауға қарағанда $1\text{--}2^{\circ}\text{C}$ жоғары, ал ашық теңіз аймақтарында жағалауға қарағанда $2\text{--}4^{\circ}\text{C}$ жоғары болады. Бұл ерекшеліктер теңіздік ландшафтың жылу режимі мен булану процестеріне, сондай-ақ жағалау сызығының өзгерісіне әсер етеді.

Жылдық циклдегі жоғарғы екі метрлік қабаттағы горизонталды температура құрылымының сипатына қарай үш негізгі кезеңді бөліп көрсетуге болады. Қазаннан наурызға дейінгі аралықта су температурасы Оңтүстік және Шығыс Каспийде көтеріледі, бұл әсіресе Орта Каспий өңірінде жақсы байқалады. Бұл мезгілде температура градиенті айқын екі ендік белдеу қалыптасады:

- Солтүстік және Орта Каспий арасындағы шекаралық аймақ;
- Орта және Оңтүстік Каспий арасындағы аумақ.

Ақпан–наурыз айларында, солтүстіктегі мұз фронтына жақын аймақта су температурасы 0-ден $+5^{\circ}\text{C}$ -қа дейін көтеріледі. Ал Апшерон шегіндісі маңындағы оңтүстік фронтальдық аймақта температура $+7\text{--}10^{\circ}\text{C}$ -қа дейін артады.

Осы кезеңде Оңтүстік Каспийдің орталық бөлігінде орналасқан сулар ең аз салқындайды. Бұл аймақ квазистационарлық термиялық ядро қалыптастырып, жылу балансының және термоградиенттік процестердің теңіз ландшафттарына әсерін күшейтеді. Мұндай ерекшеліктер су айналымы, булану, тұз мөлшері және биологиялық өнімділік сияқты ландшафтық процестерге тікелей ықпал етеді.

Қысқы маусымның ұзақтығы солтүстіктен оңтүстікке қарай азаяды. Ол солтүстік-шығыста ең ұзақ, 5 айға дейін. Солтүстік-батыста-4 ай. 5^С температураның ауысуы 10 қараша - 1 желтоқсан аралығында болады. Орташа Каспийде температурасы 5^С-тан аспайтын кезең 2.5-3 айға созылады, шығысқа қарай төмендейді. Қыс желтоқсанның бірінші-екінші онкүндігінде батыс және солтүстік-шығыс жағалауларында, қаңтардың бірінші жартысында Апшерон және Челекен түбектерінде болады. Апшерон табалдырығының оңтүстігінде температура 5^С-тан төмен түспейді [5].

Жағалау мен теңіз үстіндегі орташа ауа температурасының максималды мәндерінің басталу уақыты да әртүрлі. Жалпы алғанда, жағалаудағы аудандар мен таяз суларда жазғы ең жоғары деңгейге жету шілде айында болады. Ашық теңізде максимумның басталуы кеш, бірақ шамалы. Тек орта және Оңтүстік

Каспийдің орталық терең су аудандарында максималды температура тамыз айында болады. Каспий маңы өңірінің климаты құрғақ континенттік сипатта болып келеді. Бұл жағдай теңіз экожүйесіне және жағалаулық ландшафттық процестерге айтарлықтай әсер етеді. Каспий теңізінің гидрометеорологиялық режимі — температуралық өзгерістердің күрт ауытқуы, жауын-шашын мөлшерінің аздығы және жел режимінің тұрақсыздығымен ерекшеленеді. Мұндай климаттық жағдайлар теңіз деңгейінің ауытқуына, жаға сызығының өзгеруіне, тұздану процестеріне және биотоптардың деградациясына алып келеді.

Сонымен қатар, соңғы онжылдықтарда теңіз экожүйесіне қарқынды антропогендік әсер байқалуда. Бұл, ең алдымен, көмірсутек шикізаты кен орындарын белсенді игеру және балық аулау шаруашылығының шектен тыс дамуы нәтижесінде туындады. 1980-жылдары Каспий теңізі әлемдік бекіре тұқымдас балықтардың 80%-ына дейінгісін қамтамасыз еткен болса, соңғы кезеңдерде қаскөйлікпен аулау, браконьерлік және экологиялық жағдайдың нашарлауы салдарынан бекіре тұқымдастар жойылу қаупіне ұшырады. Бұл жағдай тек балықтарға ғана емес, сонымен қатар құстар мен Каспий итбалығы секілді теңіз жануарларына да теріс ықпал етті.

Каспий теңізінің ландшафтына әсер еткен маңызды экологиялық факторлардың бірі – грекбез *Mnemiopsis leidyi* гребневигінің (1998–1999) кездейсоқ интродукциясы болды. Бұл жыртқыш түр, болжам бойынша, теңіз танкерлерінің балласт суларымен бірге енген. *Mnemiopsis leidyi* Каспийдің төменгі тұздылығына және температуралық жағдайына тез бейімделіп, табиғи жауларының болмауы, кең азық спектрі және жоғары көбею қабілеті арқасында басқа балық түрлерін ығыстырды. Ол планктонмен қоректенетін балықтардың бәсекелесіне айналып, олардың уылдырықтарын және шабақтарын жеп, ихтиофаунаның күрт төмендеуіне және балық шаруашылығының құлдырауына алып келді. 1998–2002 жылдары бұл гребневиктің жаппай көбеюі Каспий экожүйесінде экологиялық апат деңгейіне жетті.

Көпжылдық зерттеулер *Mnemiopsis leidyi*-дің экожүйенің барлық трофикалық деңгейлеріне — фитопланктоннан бастап Каспий итбалығына дейін — теріс әсер еткенін көрсетті. Осыған байланысты Каспий маңы елдері бұл инвазиямен күресу үшін биологиялық әдістерді қарастырды. 2000-жылдардың басында *Beroe ovata* атты гребневикті Каспийге жасанды түрде интродукциялау ұсынылды. Ресей зертханаларында *Beroe ovata*-ның Каспийдің химиялық құрамына бейімділігі зерттеліп, оның бейімделу және көбею қабілетіне оң баға берілді. Алайда бұл жоба іс жүзінде жүзеге аспады.

Дегенмен, 2019–2020 жылдары *Beroe ovata* Каспий теңізінің әртүрлі бөліктерінен кездейсоқ табылып, ол да балласт суларымен енген болуы мүмкін деген болжам жасалды. Кейінгі жылдары бұл түр Каспийдің оңтүстік және орта бөліктерінде жиі байқалып, *Mnemiopsis leidyi* санының азаюымен қатар келді. Алдағы уақытта *Beroe ovata* мен *Mnemiopsis leidyi* арасындағы экологиялық тепе-теңдік Каспий теңізінің экожүйесінің болашақ эволюциясын анықтайтын маңызды факторға айналмақ.

Каспий теңізі — құстардың жаһандық миграциялық жолында орналасқан маңызды аймақ. Жыл сайын бұл өңір арқылы 6 миллионнан астам су құстары мен батпақты-бұтақты мекен ететін құстар көшіп өтеді. Осыған байланысты Жайық атырауы, Қызылағаш, Солтүстік Челекен және Түрікменбашы шығанақтары Рамсар конвенциясы аясында халықаралық маңызы бар сулы-батпақты алқаптар ретінде қорғалады. Сонымен қатар, теңізге құятын өзендердің атырау бөліктері ерекше өсімдіктер қауымдастығымен ерекшеленеді.

Жалпы алғанда, Каспий теңізінде 1,8 мыңға жуық жануар түрі тіркелген, оның ішінде 415-і омыртқалы жануарлар. Бірақ жағалауға жақын орналасқан аймақтарда экологиялық жағдай тұрақсыз. Тек теңіздің орталық бөлігінде ғана экологиялық тепе-теңдік салыстырмалы түрде сақталған. Сондықтан Каспий маңы мемлекеттері алдында теңіз ортасын ластанудан қорғау және бірлескен табиғатты қорғау стратегиясын әзірлеу секілді маңызды міндеттер тұр.

Бүкіл Каспийдің үстіндегі ауаның меншікті ылғалдылығы барлық айларда ашық теңіз бағытында жағалаудан артады. Теңіз бетіндегі температураның оңтүстікке қарай өсуі су буының көбеюіне әкеледі, ең Үлкен мәндер жылы Оңтүстік Каспийдің орталығында байқалады. Температура сияқты, солтүстік пен оңтүстік арасындағы ылғалдылықтың контрасты әсіресе қыста теңіздің меридиандық бағытта созылуына байланысты айқын көрінеді. Теңіздің батыс жағалауындағы ауа Шығысқа қарағанда ылғалды, мұнда іргелес жартылай шөлдердің құрғау әсері айтарлықтай әсер етеді. Жағалаудан ашық теңізге дейінгі ылғалдылықтың көлденең градиенті қыстан жазға дейін жыл бойына өседі, теңіздің шығыс бөлігінде оның мөлшері Орталық Азияның құрғақ желінің әсерінен үлкен болады.

Бір жыл ішінде жауын - шашынның көп бөлігі суық мезгілде (қараша-наурыз) түседі. Осы кезеңде теңіздің оңтүстік бөлігінде жауын-шашын солтүстікке қарағанда едәуір көп түседі. Жазда жауын-шашын өрісіндегі кеңістіктік гетерогенділік жауын-шашынның өзі сияқты айтарлықтай аз болады. Сонымен қатар, солтүстік-батыс, солтүстік, солтүстік-шығыс жағалауларының жазық жағалауларында және Ленкоран ойпаты аймағында жылы мезгілдің жауын-шашыны, әсіресе жазғы жауын-шашын да жылдық мөлшерге айтарлықтай үлес қосады, кейде суық кезең үшін мөлшерден асып түседі. Жылдық жауын-шашынның жазғы максимумы, континентальды тип деп аталады, жазғы кезеңде конвекцияның жылынған астыңғы бетінен жоғары белсенділенуіне байланысты. Ең қарқынды жазғы нөсер суық атмосфералық фронттардың өтуімен және циклондардың артқы жағында суық ауа енген кезде түседі. Шығыс жағалауының көп бөлігі әсіресе жазғы жауын-шашынның жетіспеушілігімен сипатталады.

Суық мезгілде қар түріндегі жауын-шашын негізінен Каспийдің солтүстігінде ғана түседі, оңтүстікке қарай қар мен жаңбыр ауысады.

Атмосфералық қысым өрісінің конфигурациясы Каспий теңізінің үстіндегі жел режимін анықтайды. Жыл бойы теңізде белгілі бір айналым жағдайларына байланысты желдің дауыл жылдамдығы байқалады. Жалпы алғанда, дауылды желге әкелетін атмосфералық қысым өрісінің екі негізгі түрін ажыратуға болады

(неғұрлым егжей-тегжейлі жіктеулер 6 немесе одан да көп типті береді). Каспий теңізінің батысы мен шығысында үштен екісін құрайтын I типті жағдайлар үшін жоғары қысым аймақтары қалыптасады.

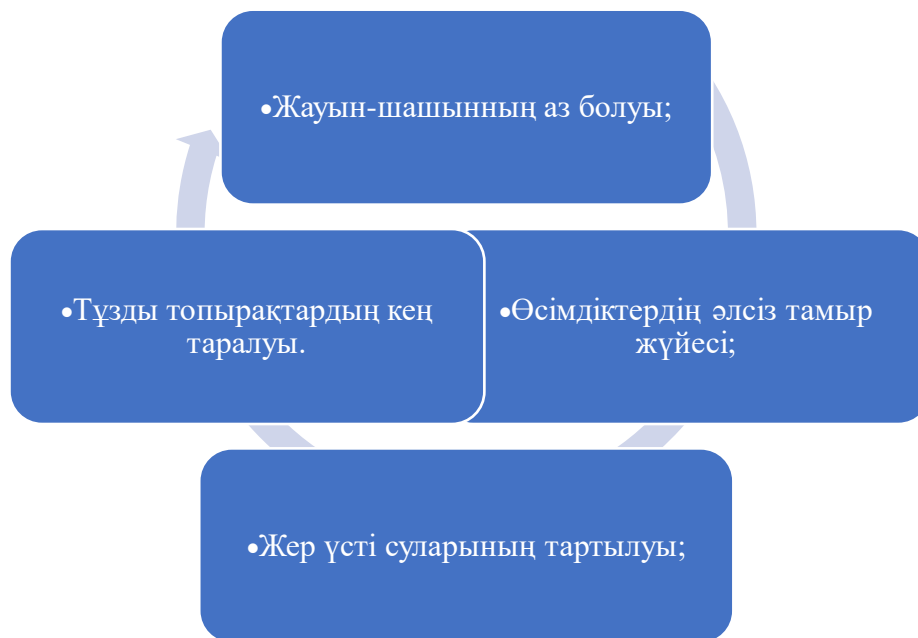
Жел көбінесе солтүстік-шығыстан соғады, орташа жылдамдығы – 5–7 м/с, кейде 15–20 м/с-қа дейін жетеді. Бұл эолдық процестердің, яғни құмның жылжуы, шаңды дауылдар мен дефляцияның негізгі қозғаушы күші. Атап айтқанда, Маңғыстау облысында жиі болатын шаңды дауылдар ауыл шаруашылығына да, инфрақұрылымға да айтарлықтай зиян келтіреді [5].

Ландшафттық процестерге әсері

А) Шөлейттену

Климаты құрғақ, ылғалдылығы төмен бұл аймақта шөлейттену — табиғи құбылыс. Алайда климаттық өзгерістер мен антропогендік факторлар әсерінен бұл процесс жеделдеп, жаңа аумақтарды қамтуда.

Шөлейттенудің басты себептері (7-сурет):



7-сурет – Каспий аумағындағы шөлейттену себептері (авторлармен жасалған)

Ә) Топырақтың тұздануы

Теңізбен шектесетін аумақтарда буланудың жоғары болуы және жерасты суларының минералдануы салдарынан топырақ химиялық тұздарға қанығып, егіншілікке жарамсыз болып қалуда. Бұл әсіресе Атырау облысында кең таралған.

Б) Эолдық процестер

Құрғақ климат пен өсімдіктердің аз болуы құмды және шаңды дауылдардың жиілеуіне әкеліп соқты. Бұл құбылыстар жолдарды, теміржол желілерін, қоныстарды құм басып қалу қаупін туғызады. Маңғыстау және Қарақия ойыстарында бұл процесс әсіресе қауіпті.

В) Гидрологиялық тапшылық

Құрғақ климат өзендердің су деңгейін төмендетіп, көлдер мен саздақтардың тартылуына әсер етеді. Бұл экожүйенің биологиялық тепе-теңдігін бұзады. Су көздерінің азаюы салдарынан флора мен фаунаының түрлік құрамы да қысқарып барады.

Г) Өсімдіктер жамылғысының сиреуі

Климаттық жағдайлар (жоғары температура, аз жауын-шашын және т.б.) өсімдіктердің түрлік құрамын шектейді. Тек қана құрғақшылыққа төзімді өсімдіктер – сексеуіл, жыңғыл, жүзгін секілді шөлдік флора өкілдері ғана өсіп келеді. Бұл өсімдіктер ландшафтты тұрақтандырушы рөл атқарғанымен, топырақты толық қорғай алмайды (1-кесте).

Кесте 1 - Климаттық көрсеткіштер мен олардың ландшафтқа әсері

Көрсеткіш	Мәні	Ландшафттық әсері
Орташа жылдық температура	+10...+12°C	Топырақтың құрғауы, биологиялық белсенділіктің төмендеуі
Жазғы температура (макс)	+40°C дейін	Құрғақшылық, ылғал тапшылығы
Қысқы температура (мин)	–20°C дейін	Топырақ жарықтары, жел эрозиясы
Жылдық жауын-шашын мөлшері	100–250 мм	Өсімдіктер сиреуі, шөлейттену
Булану мөлшері	1000–1200 мм	Топырақ тұздануы, ылғал тапшылығы
Желдің жылдамдығы	5–20 м/с	Құм көшкіні, дефляция

**пайдаланылған әдебиеттер негізінде авторлармен құрастырылды*

Аймақтың климаттық ерекшеліктері ландшафтық жағдайларға тікелей әсер етеді. Орташа жылдық температураның +10...+12 °C аралығында болуы топырақтың құрғауына және биологиялық белсенділіктің төмендеуіне ықпал етеді. Жазда температура +40 °C-қа дейін жетіп, ылғал тапшылығы мен құрғақшылыққа себеп болады. Қыста –20 °C-қа дейін төмендейтін аяз топырақта жарықтар мен эрозия туындатады. Жылдық жауын-шашынның 100–250 мм шамасында болуы өсімдіктердің сиреуіне және шөлейттенуге жағдай жасайды. Сонымен қатар булану мөлшерінің жоғары (1000–1200 мм) болуы топырақтың тұздануына әкеледі. Жел жылдамдығы 5–20 м/с болғанда құм көшкіндері мен дефляциялық процестер күшейеді.

Каспий теңізіне қазіргі таңда төніп тұрған ең үлкен экологиялық қауіп теңіздің өте тез жылдамдықта тартылып бара жатқандығы.

2 Таңдалған аймақтың рельефтік жағдайын зерттеу әдістемесі

2.1 Каспий теңізі жағдайын ЖҚЗ әдісімен зерттеу

Каспий теңізінің қазіргі жағдайын бақылау және бағалау мақсатында заманауи әрі сенімді әдістердің бірі ретінде Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) технологиялары кеңінен қолданылуда. Ғарыштық суреттерді дешифрлеу және талдау нәтижелері арқылы теңіз жағалауының ландшафтық өзгерістерін, су ресурстарының көлемін, биологиялық өнімділік пен антропогендік факторлардың әсерін кешенді түрде анықтауға мүмкіндік бар. Осы деректерге сүйене отырып, Каспий теңізінің экологиялық ахуалын ғарыштық мониторинг арқылы үнемі бақылап отыру жүйесін әзірлеу ұсынылады [6].

Аэроғарыштық мониторинг жүйесінің артықшылықтары айқын:

- *Жоғары тиімділік*: спутниктік суреттер арқылы теңіз жағалауының кең көлемін жоғары дәлдікпен қамтуға болады;

- *Объективтілік*: алынған мәліметтер нақты әрі адам факторынан тәуелсіз, бұл Каспий теңізінің жағалауы мен акваториясындағы табиғи және антропогендік өзгерістерді нақты көруге мүмкіндік береді;

- *Уақыттық кезеңділік*: қазіргі спутниктік жүйелер апта сайын, тіпті күн сайынғы түсірілім жасауға мүмкіндік береді, бұл маусымдық өзгерістерді бақылауға қолайлы;

- *Деректердің біркелкілігі*: спутниктік кескіндер автоматтандырылған өңдеуге жарамды, олар біркелкі және стандартталған түрде ұсынылады;

- *Кең көлемде қамту мүмкіндігі*: ЖҚЗ технологиялары Каспий теңізі мен оның жағалауын түгел қамти отырып, кеңістіктік жағынан әртүрлі бөліктерінде бір мезетте зерттеу жүргізуге мүмкіндік береді;

- *Кешенділік*: бұл әдіс экожүйедегі көптеген күрделі мәселелерді, соның ішінде судың деңгейі, температура өзгерісі, мұнай ластануы мен жағалаудағы өзгерістерді бағалауға жол ашады.

Соңғы 50 жылда геоақпараттық технологиялар табиғи ресурстарды басқаруда кеңінен қолданыла бастады. Атап айтқанда, ЖҚЗ мәліметтері экожүйелердің кеңістіктік және уақыттық өзгерістерін нақты көрсетуге мүмкіндік беретін тиімді құрал ретінде қалыптасты. Бұл тәсіл Каспий теңізі экожүйесіне әсер ететін табиғи және техногендік факторларды анықтауда ерекше маңызға ие.

Ғарыш аппараттарынан алынған көпспектрлі суреттер теңіз суының, жағалаудағы өсімдіктердің және ластану белгілерінің спектрлік сипаттамаларын талдауға мүмкіндік береді. Түсірілімдердің кеңістіктік дәлдігі мен жиілігінің артуы Каспий теңізінің жағдайын тұрақты түрде бақылауға негіз болатын тұрақты мониторинг жүйелерін дамытуға жол ашты.

Қазіргі уақытта бұл мақсаттарға сәйкес Landsat-8, Sentinel-2, Terra/Aqua, SPOT және басқа да спутниктердің деректері кеңінен қолданылуда. ЖҚЗ деректерін қолдану барысында Каспий теңізінің жағалауының өзгеруіне қатысты екі негізгі мақсатты топ анықталады [7]:

- Жағалау сызығының өзгерісін, эрозияны, су басу аймақтарын бақылау үшін жоғары (бір пиксельге 5 м және одан да жақсы) рұқсаттағы суреттер;
- Маусымдық және экологиялық процестерді бағалау үшін жиілігі жоғары, кеңістіктік ажыратымдылығы орта немесе төмен суреттер (9-сурет).



9-сурет – Каспий теңізінің Google Earth жаһандық картасынан спутниктік көрінісі [8]

Ғарыштық мониторинг барысында 10–50 м аралығындағы орташа, 1–10 м аралығындағы жоғары және 1 м-ден төмен ультра-жоғары кеңістіктік дәлдіктегі суреттер қолданылады. Теңіз бен жағалаудың экологиялық жағдайын бақылау үшін 10–30 м аралығындағы ажыратымдылық кеңінен қолданылады [9].

Каспий теңізіне қатысты аэроғарыштық бақылау технологияларын енгізудің басты себептері келесідей:

- 1) Жағалаудағы және су айдындарындағы өзгерістерді бақылауда шығындарды азайту;
- 2) Экожүйеге әсер етуші факторларды уақытылы анықтап, алдын алу шараларын қабылдау;
- 3) Жер бетінде жүргізілетін экологиялық бақылау нәтижелерін растау және кеңейту;
- 4) Теңіз экожүйесіне әсер ететін антропогендік және техногендік процестерді бақылау.

Табиғи процестерді модельдеу үшін зерттелетін объектілердің геометриясын білу қажет. Соңғы жылдары есептеу техникасының дамуына байланысты цифрлық жер бедері модельдері (ЦЖБМ) кеңінен қолданыс тапты.

Егер зерттеліп отырған аймақ бойынша бізде белгілі бір жүйелі тордағы әрбір нүктенің биіктігі туралы мәліметтер болса, онда бұл аймақта цифрлық жер бедері моделі бар деп айтуға болады. Бұдан кейінгі мәселе — қолда бар цифрлық модельдің параметрлері (тор қадамының өлшемі мен биіктік деректерінің дәлдігі) нақты қолданбалы есептерді шешуге жарамды ма деген сұраққа келіп тіреледі.

Цифрлық модель - рельеф туралы мәліметтерді және кеңістіктегі әртүрлі сипаттамалардың өзгергіштігін көрсетудің нысаны болып табылады. Демек, бұл модель рельеф немесе жер бедерінің басқа да ерекшеліктері туралы нақты мәліметтер талап етілетін міндеттерде қолданылады. ЦЖБМ рельефке қатысты деректерді автоматтандырылған түрде ұсынуға, атап айтқанда гидрологиялық (және басқа да) модельдердің сандық нұсқаларында пайдалануға арналған. Бұл рельефтің ерекшеліктерін пайдаланатын есептер үшін мәліметтерді қолмен дайындау сияқты еңбек сыйымдылығы жоғары жұмыстардан арылуға мүмкіндік береді.

Цифрлық модельдермен жұмыс істеудегі алғашқы маңызды мәселе — географиялық байлану, тор қадамы, қолданылатын координаталар жүйесі мен биіктік туралы деректердің дәлдігі.

Теңіз деңгейінен биіктік ұғымы күрделі болып келеді, себебі бұл биіктік ауырлық күшінің (гравитациялық өріс пен центрден тепкіш потенциал қосындысы) әрқелкі өрісіндегі деңгейлік беттердің арасындағы қашықтықты білдіреді. Нөлдік деңгейлік бет ретінде геоид қабылданады. Геоид — теңіздер мен мұхиттардың тыныш күйдегі беті ретінде анықталады.

Геодезияда биіктіктерді жерүсті өлшемдер арқылы есептеу әдісі және Красовский эллипсоидынан бастап өлшенетін нормаль биіктіктер жүйесі қолданылады. Бұл жүйе Ресейде 1977 жылғы Балтық жүйесі ретінде мемлекеттік стандарт болып қабылданған.

Ал, эллипсоидальды биіктіктер — бұл жердің беткі нүктелерінің кейбір (кез келген) математикалық эллипсоид бетіне дейінгі геометриялық қашықтық ретінде қарастырылады.

Интернет желісінде цифрлық картографиялық мәліметтер әртүрлі форматта ұсынылған. Географиялық зерттеулер үшін DEM (Digital Elevation Model) форматы ерекше қызығушылық тудырады. Бұл формат — әрбір нүктесі географиялық координаталармен (ені, бойлығы) және биіктігімен сипатталатын матрица түріндегі мәлімет. Мұндай матрица негізінде биіктік изосызықтары бар карталар (contour maps), көлеңкелі рельеф карталары (shadow maps) және үш өлшемді рельефтік карталар немесе блок-диаграммалар (surface maps) құруға болады [10].

DEM форматтың ең кемі екі түрі бар: USGS DEM және GTOPO DEM. Бұл форматтағы әртүрлі масштабтағы карталар АҚШ-тың ғылыми және мемлекеттік мекемелерінің веб-сайттарында ашық түрде қолжетімді.

NOAA National Data Centers (www.ngdc.noaa.gov/ngdc.html) серверінде ETOPO5 деп аталатын бүкіл Жер шарын қамтитын 5 минуттық матрицалық деректер, сондай-ақ теңіз түбінің батиметриясы мен спутниктік альтиметрия

арқылы құрылған теңіз түбі бедері карталары ұсынылған. Алайда, бұл мәліметтерде Каспий теңізінің батиметриясы жоқ. Сонымен қатар, әртүрлі геофизикалық карталар да бар. Бұл деректерге еркін қол жеткізуге болады.

Сол серверде GLOBE жобасына қатысты DTED (Digital Terrain Elevation Data) форматындағы деректер де қолжетімді. Бұл форматтағы матрица 30 секундтық дәлдікпен ұсынылған және GTOPO30 форматына ұқсас. Бұл деректер де ашық түрде қолжетімді.

GLOBE жобасы (www.ngdc.noaa.gov/seg/topo/globe.shtml) - бұл 1 километрлік жиілікпен ұсынылатын жаһандық DEM ретінде жарияланған, сапасы тексерілген деп сипатталатын деректер жиыны. Алайда, шын мәнінде тор қадамы 1 км емес, 30 секунд. Бұл қадам Каспий өңірінде солтүстікте шамамен 0.61 км, ал оңтүстікте 0.75 км шамасында болады [11].

Осылайша, Каспий теңізінің жағдайын бақылауда ЖҚЗ технологиялары – тиімділігі мен дәлдігі жоғары, заманауи ғылыми және практикалық құрал болып табылады. Бұл тәсіл теңіздің экологиялық ахуалын кешенді түрде бағалауға, жағалаудағы өзгерістерді тіркеуге және табиғи ресурстарды тиімді басқаруға мүмкіндік береді.

2.2 Ландшафттың өзгеруін зерттеудің әдістемесін таңдау

Ландшафттың өзгеруі - ландшафттың антропогендік әсердің нәтижесінде немесе өзіндік даму процесінің әсерінен жаңа немесе бұрынғы қасиеттерін жоғалтуы. Қазақстан аумағында көптеген тұрақты және эфемерлі көлдер таралған. Көлдер әсіресе елдің солтүстік бөлігінде көп. Ең ірі көлдер: Каспий, Арал, Балқаш, Зайсан, Алакөл, Теңіз, Құсмұрын және т.б. Климаттық аудандастыру жазық елде айқын көрінеді, бұл ендік-зональдық ландшафт дифференциациясының қалыптасуының іргелі факторы болып табылады. Қазақстан жазықтарының шегінде орманды дала, дала және шөл ландшафттарының ендік типтерінің өзгеруі айқын көрінеді.

Қазақстан аумағындағы табиғи жүйелердің тұрақты дамуын қамтамасыз ету көптеген кешенді міндеттерді шешуді талап етеді. Соның бірі — табиғи-аумақтық кешендердің (ТАК) антропогендік әсерге ұшырау деңгейін кешенді бағалау. Бұл әсіресе Каспий теңізі жағалауы сынды аймақтарда маңызды, өйткені мұндағы табиғи жүйелер антропогендік жүктеменің жоғары қарқындылығына ұшыраған.

Қазіргі кезде антропогендік ландшафттарды анықтау мен бағалаудың түрлі ғылыми тәсілдері бар. Мысалы, Ф.Н. Мильков бұл ландшафттарды табиғи заңдылықтар негізінде дамитын құрамдас жүйе деп қарастырса, В.Б. Сочава оларды антропогендік модификациялар ретінде сипаттап, өзгерістердің қарқындылығы мен ұзақтығына ерекше мән береді. А.Г. Исаченко болса, мұндай жүйелер табиғи заңдылықтарға бағынатын, бірақ құрылымдық тұрғыда өзгеріске ұшыраған жүйелер ретінде сипатталады [12]. Ал В.А. Николаевтың пікірінше,

антропогендік әсер нәтижесінде табиғи ландшафттармен құрылымдық және функциялық жағынан тең келетін табиғи-антропогендік жүйелер қалыптасады.

Аталған көзқарастар әртүрлі болғанымен, ортақ тұжырымға сәйкес — антропогендік бұзылысқа ұшыраған кешендер табиғи заңдылықтарға сәйкес дамуын жалғастырады және табиғи ландшафттар аясында қалыптасады.

Бүгінде антропогендік ландшафттардың көптеген түрлері мен оларды сипаттайтын әртүрлі классификациялар бар. Олар ТАК-тың өзгеру дәрежесіне, әсер ету факторларына, бұзылу түріне, аумақтың қамтылуына, шаруашылық мақсаттары мен экономикалық құндылығына қарай бөлінеді. Алайда, бұл жіктеулер әртүрлі әдістемелік негіздерге сүйенгендіктен, бірегей бағалау мен салыстыруды қиындатады.

Осыған байланысты, Каспий теңізі жағалауындағы антропогендік өзгерістерді зерттеу барысында ландшафт құрылымының әртүрлілігі мен әсер ету түрлерін ескере отырып, антропогендік бұзылыстардың Қазақстан жағдайына бейімделген жіктеу жүйесін әзірлеу өзекті болып отыр.

Сонымен қатар, табиғи кешендердің деградациясын бағалау барысында тарихи-географиялық әдісті қолдану маңызды. Себебі ландшафттардың қазіргі жағдайын толық түсіну үшін олардың даму тарихына талдау жасау қажет. Аймақтың геожүйелік дамуының ретроспективасы, табиғи-экономикалық жүйелердің динамикасы мен қызмет ету тетіктерін білу — оларды тиімді басқару мен пайдалану стратегияларын жасауға негіз болады.

Антропогендік әсерлердің бағыты мен қарқындылығы табиғи кешендердің ішкі тұрақтылығына байланысты өзгеріп отырады. Сондықтан ландшафттарға әсер ету формаларын бағалауда бейімделген әдістемелік тәсілдер мен ғылыми негізделген принциптерді қолдану қажет.

Мысалы:

- Ландшафттық шекараларды есепке алу принципі — табиғи тұтастықты сақтау мақсатында нақты ТАК шегіндегі шаруашылық қызметтің әсерін саралауға мүмкіндік береді.

- Салыстырмалы-географиялық талдау принципі — әртүрлі уақыт кезеңдеріндегі немесе аумақтардағы жағдайларды салыстыру арқылы өзгеру үрдістерін бағалауға негізделеді.

- Болжамдық-динамикалық әдіс — бастапқы ландшафттардың антропогендік өзгерістерге қалай ұшырағанын және олардың даму бағытын болжауға бағытталған.

Осылайша, Каспий жағалауы сынды күрделі геоэкологиялық аумақтарда ландшафттық өзгерістерді ғылыми тұрғыда талдап, арнайы әдістемелерді қолдану - аймақтық тұрақты даму стратегияларының негізін құрайды.

Ландшафттық өзгерістерді зерттеу барысында бірқатар әдістемелік тәсілдер қолданылады. Олардың ішінде картографиялық, географиялық аналогия, ландшафттық-генетикалық қатарлар, функционалдық тәуелділіктер, сондай-ақ ландшафттық-индикациялық, салыстырмалы-динамикалық және кеңістіктік-морфометриялық әдістер ерекше орын алады.

Географиялық аналогия әдісі

Бұл әдіс белгілі бір аумақта зерттелген ландшафтық құбылыстар мен заңдылықтарды ұқсас табиғи жағдайлары бар басқа аймақтарға көшіру арқылы қолданылады. Яғни, бұрын толық зерттелген аумақтардағы тәжірибе мен нәтижелер жаңа зерттелетін аймақтағы процестерді болжау мен түсіндіруге негіз болады. Бұл әдіс ландшафтық үрдістердің типтік моделін жасауға көмектеседі.

Ландшафттық-генетикалық қатарлар әдісі

Бұл тәсіл ландшафттардың пайда болу, даму және өзгеру тарихын жүйелі түрде зерттеуге бағытталған. Генетикалық қатарлар арқылы табиғи кешендердің қалыптасу кезеңдері, морфологиялық құрылымы және олардағы өзгерістердің себеп-салдары анықталады. Әсіресе, антропогендік әсерден болған трансформацияны бағалауда тиімді.

Функционалдық тәуелділіктер әдісі

Бұл әдіс ландшафт компоненттері арасындағы өзара байланысты, яғни бір элементтің өзгерісі екінші элементке қалай әсер ететінін анықтауға арналған. Мысалы, климат пен топырақтың, өсімдік жамылғысы мен бедердің байланысын зерттеу арқылы экожүйелік тепе-теңдікті талдауға болады. Бұл тәсіл табиғи жүйелердің ішкі құрылымдық және энергетикалық өзара әрекеттесуін түсіндіруге көмектеседі.

Ландшафттық-индикациялық әдіс

Ландшафттық-индикация – табиғи немесе антропогендік өзгерістердің көрсеткіштері ретінде табиғи компоненттерді (өсімдіктер, топырақ, гидрография) пайдалану. Бұл әдіс арқылы белгілі бір фактордың әсерін (мысалы, ластану, эрозия, шөлейттену) сол факторға сезімтал индикаторлар арқылы анықтауға болады. Мысалы, белгілі өсімдіктердің таралуы арқылы топырақтың тұздану деңгейін бағалау.

Салыстырмалы-динамикалық әдіс

Бұл тәсіл белгілі бір аумақтың ландшафтық жағдайын уақыт бойынша салыстыруға негізделеді. Яғни, әртүрлі жылдардағы немесе кезеңдердегі деректерді салыстыру арқылы өзгерістердің қарқыны мен бағыты анықталады. Әдетте бұл әдіс қашықтықтан зондтау деректерімен, тарихи карталармен немесе бақылау деректерімен бірге қолданылады.

Кеңістіктік-морфометриялық әдіс

Бұл әдіс цифрлық биіктік модельдері (ЦБМ), ГАЖ және қашықтықтан зондтау деректері негізінде ландшафтық құрылымдардың морфологиялық сипаттамаларын (бедер, көлбеу, экспозиция, ассиметрия және т.б.) өлшеуге және талдауға бағытталған. Морфометриялық параметрлер арқылы жер бедерінің тұрақтылығы, эрозиялық қауіп және су жинау аумақтарының орналасуы секілді маңызды экологиялық аспектілер анықталады.

Картографиялық әдіс - ландшафттық өзгерістерді зерттеудегі ең тиімді әрі көрнекі құралдардың бірі болып табылады. Ол табиғи жүйелердің кеңістіктегі орналасуын, динамикасын және трансформациясын нақты көрсетуге мүмкіндік береді. Әртүрлі уақыттағы карталарды салыстыру арқылы өзгерістердің бағыты мен ауқымын дәл анықтауға болады [13].

Ландшафттардың деградациясын картаға түсіру жұмыстары далалық зерттеулер, мониторингтік бақылаулар, сондай-ақ спутниктік деректер, картографиялық материалдар және қор ақпарат көздерін кешенді пайдалануды қажет етеді. Бұл әдіс ландшафттың жалпы жағдайын, сондай-ақ антропогендік бұзылу деңгейін бағалауға мүмкіндік береді.

Картографиялық бағалау бірнеше масштаб деңгейінде жүзеге асырылады:

- Шағын масштабты карталар (1:500 000 - 1:5 000 000) — ландшафттың өзгеру сипатын, антропогендік әсер түрлерінің таралу аймақтарын және табиғи-аумақтық кешендердің (ТАК) жалпы трансформациясын сипаттайтын шолу карталары болып табылады.

- Орта және ірі масштабты карталар (1:50 000 - 1:200 000) — далалық зерттеулерге негізделіп, ТАК-тың тұрақтылығын, негізгі деградация түрлерін, әсер ету факторларын және қалпына келтіру әлеуетін егжей-тегжейлі сипаттайды [14].

Далалық зерттеулер келесі мүмкіндіктерді ұсынады:

- табиғи және антропогендік өзгерістерге ұшыраған аумақтарды картаға түсіру;

- ауыл шаруашылығы жерлері мен өндірістік, рекреациялық және басқа да объектілердің орналасуын нақтылау;

- әртүрлі антропогендік жүктеме жағдайларындағы табиғи және табиғи-антропогендік процестердің динамикасын сапалық және сандық тұрғыдан бағалау.

Зерттеу нәтижелерін толық әрі нақты көрсету үшін интеграцияланған бағалау шкалаларын қолдану тиімді. Бұл шкалалар табиғи жүйелердің өзін-өзі реттеу мүмкіндігін есепке ала отырып, сыртқы әсер күші жүйенің тұрақтылық шегінен аспаған жағдайда, оның жұмыс істеу қабілеті сақталатыны туралы қағидаға негізделуі тиіс.

Кейбір зерттеушілер ландшафттардың өзгеруін үш негізгі деңгейге бөліп қарастырады: төмен, орташа және жоғары. Алайда антропогендік әсерді бағалау барысында негізгі қиындық — әртүрлі сипаттағы және әртүрлі өлшем бірліктерімен (абсолюттік немесе салыстырмалы) өлшенетін факторларды біртұтас бағалау жүйесіне келтіру және олардың өзгеру деңгейін сапалық әрі сандық тұрғыдан нақтылау болып табылады.

Соңғы жылдары ғылыми әдебиеттерде табиғи-аумақтық кешендерге (ТАК) антропогендік әсердің қарқындылығын сандық бағалау әдістерін әзірлеу мәселесіне көп көңіл бөлінуде. Алайда, қазіргі уақытта әмбебап әдістеме әлі де қалыптасқан жоқ. Бұл мәселені шешу үшін, бір жағынан, қоршаған ортаның және оның жекелеген компоненттерінің жай-күйін сипаттайтын салыстырмалы сандық көрсеткіштер жүйесін жасау қажет.

Антропогендік бұзылыстарды бағалауда ең тиімді тәсіл — интегралды бағалау шкалаларын қолдану. Сонымен қатар, шкала құрастыруда мынадай қағида ескеру маңызды: кез келген табиғи жүйе сыртқы әсердің күші оның өзін-өзі реттеу мүмкіндігінен аспайынша тұрақты жұмыс істеу қабілетіне ие.

Осы ұстанымды негізге ала отырып, табиғи жүйелердің антропогендік өзгерістерін картаға түсіру кезінде мақсаты мен масштабына байланысты үштен алтыға дейінгі бұзылу дәрежесін ажыратуға болады. Бұлардың ішінде ең кең таралған алты деңгейлі шкала мынандай жіктеуді қамтиды:

1. бұзылмаған (табиғи күйі сақталған),
2. әлсіз бұзылған,
3. орташа бұзылған,
4. күшті бұзылған,
5. өте күшті бұзылған,
6. техногендік (толығымен өзгертілген) ландшафттар.

Табиғи жүйелердің антропогендік өзгерістерін бағалауда қолданылатын алты деңгейлі шкала бұзылу дәрежесін қысқаша былай сипаттайды: бұзылмаған – адам ықпалы жоқ, табиғи қалпы толық сақталған; әлсіз бұзылған – әсер аз, экожүйе тұрақты; орташа бұзылған – өзгеріс бар, бірақ негізгі табиғи функциялар сақталған; күшті бұзылған – табиғи құрылым едәуір өзгерген, қалпына келуі қиын; өте күшті бұзылған – деградация жоғары, табиғи процестер тежелген; техногендік – табиғи сипат толық жойылып, жасанды ортамен ауысқан.

2.3 Жер және су ресурстарына мониторинг жүргізудегі геоақпараттық бағдарламалық технологиялардың маңыздылығы

Қазіргі заманда табиғи ресурстарды тиімді пайдалану мен қоршаған ортаны қорғау - жаһандық маңызы бар мәселелердің бірі. Бұл бағытта жер және су ресурстарына мониторинг жүргізу өзекті міндетке айналды. Осы процесті тиімді жүзеге асыру үшін геоақпараттық бағдарламалық технологиялар мен Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) деректеріне негізделген тәсілдер кеңінен қолданылып келеді. Аталмыш технологиялар ресурстарды бақылау мен басқару жүйесінің маңызды құралына айналып отыр.

Мониторинг - бұл қоршаған орта мен қоғамдағы процестер мен өзгерістерді жүйелі түрде бақылау, бағалау және талдау. Бұл жүйе табиғи құбылыстарға немесе адам әрекеттеріне байланысты әртүрлі факторлардың әсерін есепке ала отырып, нақты қорытындылар жасауға мүмкіндік береді. Жерді қашықтықтан зондтау арқылы алынған спутниктік немесе аэрофототүсірілім материалдары мониторингті кең ауқымда және жоғары дәлдікпен жүргізуге жол ашады. Бұл деректер экожүйелердің жай-күйін, су қоймаларының деңгейін, топырақтың құнарлылығын, сондай-ақ климаттық немесе антропогендік өзгерістерді уақытылы бағалауға мүмкіндік береді.

Геоақпараттық жүйелер (ГАЖ) мен ЖҚЗ деректері табиғи ресурстарды зерттеуде, соның ішінде жер және су ресурстары саласында бірқатар артықшылықтарға ие:

- *Талдау мен шешім қабылдаудағы тиімділік* – кеңістіктік және уақыттық тұрғыда жоғары сапалы деректерді алу арқылы мониторинг нәтижелерін нақты бағалау мүмкіндігі туындайды;
- *Объективтілік пен дәлдік* – алынған деректер адам араласуынсыз автоматты түрде өңделіп, объективті ақпарат ұсынады;
- *Жоғары жиіліктегі мәліметтер алу* – спутниктік жүйелер күн сайын немесе апта сайын түсірілім жасап, өзгерістерді жедел бақылауға мүмкіндік береді;
- *Ауқымды аумақты қамту* – дәстүрлі жерүсті әдістеріне қарағанда, ЖҚЗ технологиялары үлкен аймақтарды бір уақытта зерттеуге жағдай жасайды;
- *Ретроспективті талдау* – архивтік деректер арқылы өткен кезеңдердегі табиғи немесе техногендік өзгерістерді салыстырмалы түрде зерттеу мүмкіндігі бар;
- *Автоматтандыру* – біркелкі әрі стандартталған форматтағы деректерді өңдеу арқылы мәліметтерді автоматтандырылған жүйелерде талдауға болады [15].

Мониторинг процесінде алынған спутниктік кескіндердің сапасы мен сенімділігіне әсер ететін бірқатар факторлар бар. Ең алдымен, кеңістіктік ажыратымдылық - басты техникалық сипаттама. Жоғары кеңістіктік ажыратымдылық объектілердің нақты геометриялық пішіндерін, шекараларын анықтауға мүмкіндік береді. Мысалы, егістік алқаптарын, су көздерін немесе орман жамылғыларын бөлу, олардың көлемін есептеу үшін жоғары рұқсаттағы кескіндер қажет.

Геоақпараттық технологиялардың тиімділігіне қосымша қолдау беретін мәліметтер қатарына топырақ және геологиялық карталар, сандық жер бедері модельдері, агрометеорологиялық ақпарат, аэрофототүсірілім материалдары, климаттық көрсеткіштер, дақылдардың биологиялық сипаттамалары, сондай-ақ агротехникалық шаралар туралы мәліметтер жатады. Бұл деректер жүйелі түрде біріктіріліп, геоақпараттық платформаларда өңделеді. Нәтижесінде, кешенді мониторинг жүргізуге және ресурстарды ұтымды басқаруға мүмкіндік туады.

Ғарыштан түсірілген фототүсірілімдер жер бетінің бейнелерін алу үшін орбиталық станциялар, автоматты спутниктер мен ғарыш аппараттары арқылы жүзеге асырылады. Бұл технология электромагниттік спектрдің көрінетін бөлігінде, жекелеген аймақтарында және инфрақызыл диапазонында бейнелер алуға мүмкіндік береді. Фототүсірілім түрі мен қолданылатын аппаратураға байланысты түсіру электромагниттік спектрдің түрлі аймақтарында орындалуы мүмкін. Түсірілімнің масштабы камераның фокустық қашықтығы мен түсіру биіктігіне байланысты. Ғарыштық камералар арқылы алынатын фототүсірілімдер жалпы ғарыштық спутниктердің 60%-дан астамын қамтиды. Бұл суреттердің спектрлік ауқымы инфрақызыл диапазонның көрінетін бөлігіне дейін (0,86 мкм) жетеді.

Фототүсірілім – ғарыштан түсірудің ақпараттық маңызды түрі, ал алынған суреттердің 18х18 см өлшемі адамның көру физиологиясына сәйкес келеді және тұтас бейнені бір уақытта шолу мүмкіндігін береді. Мұндай түсірілімдерді

пайдалану үшін жоғары дәлдікті (0,1 мм және одан да жоғары) бақылау нүктелерімен топографиялық байланысы бар фотосуреттер (фотосистемалар) немесе фотокарталар жасалады. Фото тізбектерді орнату үшін арнайы жоспарланған ғарыштық спутниктер қолданылады. Бұл спутниктерден алынған материалдар космофототехникада, космофотомаптар құрастыруда пайдаланылады және географиялық координаттармен оңай сәйкестендіріледі [16].

Жылулық инфрақызыл түсірілім – қазіргі таңда кеңінен қолданылатын технология, ол Жерді зерттеу мен табиғи және антропогендік нысандарды бақылауға үлкен мүмкіндік береді. Термобейнелеу арқылы метеорологиялық спутниктерден алынған суреттерде мұхиттардың беткі жылу құрылымы анық көрінеді, су динамикасы мен ағындардың бағыты бейнеленеді. Мысалы, NASA мәліметтер орталығында термобейнелеу нәтижелері SST (теңіз бетінің температурасы) карталары түрінде сақталады және пайдаланушыларға ұсынылады. 1980-жылдардың басынан бастап AVHRR радиометрінің көмегімен күн мен түннің, тәуліктік, апталық және айлық орташа температуралық мәндері негізінде теңіз бетінің кеңістіктік температуралық карталары (9, 18 және 54 км рұқсатымен) жасалып, Жердің жылу өрісінің ұзақ мерзімді динамикасын зерттеуге және болжамды модельдер құруға пайдаланылып келеді. Жылулық түсірілім жаһандық су айналымын, бұлттар мен аэрозольдердің әрекеттесуін, энергия балансының өзгерісін және климатты зерттеуде маңызды рөл атқарады. Сонымен қатар, теңіз мұзының температурасы мен құрлықтағы қар мен мұз жамылғысын анықтау мүмкіндігі де осы тәсілмен жүзеге асырылады.

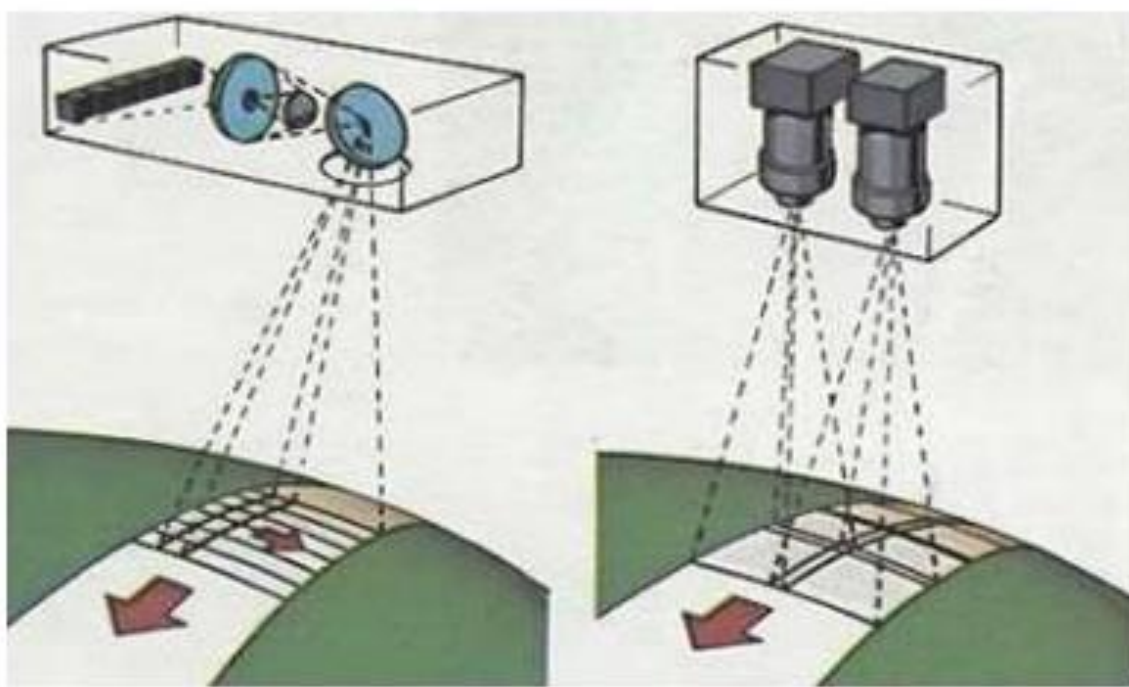
Геологиялық зерттеулерде термобейнелеу құрылымдық-тектоникалық және литологиялық картаға түсіру үшін қолданылады. Жылулық инфрақызыл диапазондағы бейнелеу арналарының санын арттыру арқылы тау жыныстарының минералдық құрамын, олардың жылулық инерциясын, ылғалдылығын, шағылыстыру қабілетін және басқа да қасиеттерін зерттеуге болады. Бұл факторлар әртүрлі тау жыныстарының жылулық бейнелерде түрлі фототонмен немесе түспен көрінуіне ықпал етеді. Аймақтағы жылу өрістерін зерттеу арқылы жер астындағы геологиялық құрылымдар туралы ақпарат алуға болады. Мұндай термобейнелеу пайдалы қазбаларды іздеу, тектоникалық құрылымдарды анықтау, мұнай, газ және руда кен орындарын тікелей іздеу жұмыстарына қолданылады. Дегенмен, тығыз өсімдік жамылғысы жер бетінің жылулық қасиеттерін анықтауға кедергі келтіруі мүмкін, алайда ол өсімдіктердің жағдайын бағалауға тиімді құрал болып табылады.

Термобейнелеу технологиясы су айдындарын, әсіресе қалалық аумақтардағы су басу мен батпақтану аймақтарын анықтауда, ауыл шаруашылығы алқаптарының жағдайын бақылауда, оның ішінде дақылдардың ауру ошақтарын табу, мелиорациялық жұмыстар мен суару процестерін қадағалауда кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, бұл әдіс арқылы топырақтың ылғалдылығын, көктемгі кезеңдегі кебу үдерісін, өндеуге дайындығын және суармалы жерлердің жағдайын тиімді түрде бақылауға болады. Жылулық инфрақызыл суреттер орман жамылғысының түрлік құрамын зерттеуге де

мүмкіндік береді. Мәселен, TISI (Thermal Infrared Spectral Index) – өсімдіктердің физиологиялық жағдайын бағалаудың сенімді көрсеткіші ретінде қолданылады.

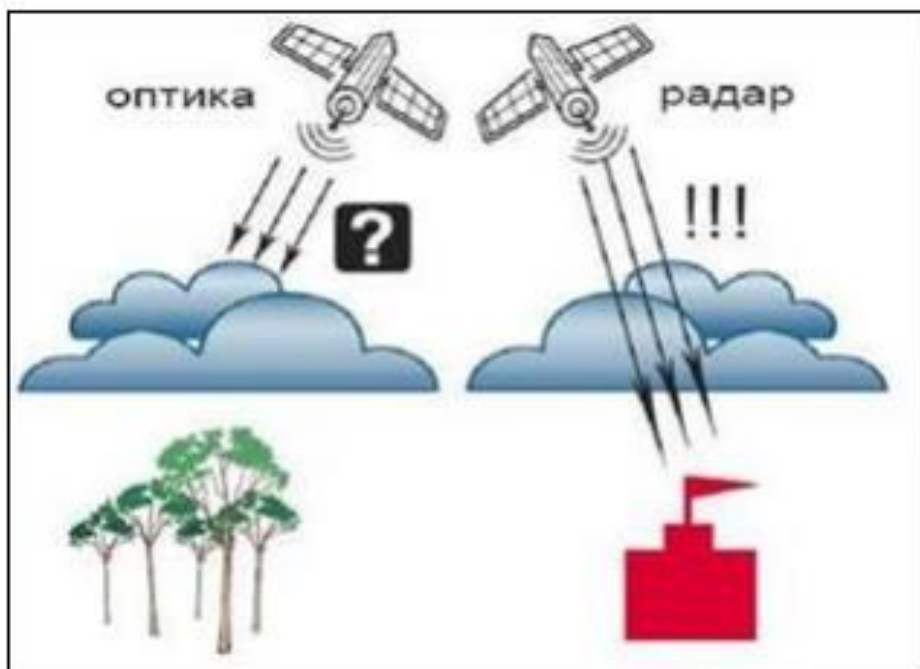
Қашықтан зондтауда кең таралған сканерлеу әдісі аэроғарыштық фототүсірілімдермен салыстырғанда елеулі артықшылықтарға ие. Фотографиялық түсірілімдер тек көрінетін және жақын инфрақызыл диапазонмен (0,4–0,9 мкм) шектелсе, сканерлеу технологиясы күн радиациясының кең спектрін – ультракүлгіннен бастап (0,3 мкм), термиялық инфрақызыл диапазонға (14 мкм) дейін қамти алады. Сканерлер өздеріне түскен электромагниттік сәулеленуді электрлік сигналдарға айналдырып, оларды аналогтық немесе сандық форматта магниттік таспаға жазады. Көп арналы сканерлеу кезінде ландшафттық нысандардың табиғи сәулеленуі бірнеше спектрлік арналарда бір уақытта тіркеліп, кең ауқымды спектрлік ақпарат алынады. Өртүрлі толқын ұзындықтарындағы бейнелер бір мезетте магниттік таспаға жазылады, бұл түсіру барысында сәуленің оптикалық сүзгілер арқылы өтуімен байланысты [16].

Сканердің магнитудасы – ол түсірілетін жолақтың ені мен ажыратымдылық деңгейін сипаттайды. Бұл параметрлер сканердің қандай дәлдікпен және қандай көлемдегі аумақты түсіре алатынын анықтайды. Дәлдігі жоғары сканерлерде бұл бұрыш $\pm 5^\circ$ шамасында шектеледі, ал кең ауқымды зерттеулерге арналған сканерлердің магнитудасы $\pm 50^\circ$ -қа дейін жетуі мүмкін. Магнитуда неғұрлым жоғары болса, түсірілетін аумақ соғұрлым кең болады, бірақ ажыратымдылығы соған сәйкес өзгеруі мүмкін. Осы параметрлерді ескере отырып, сканерлеу жүйелері жер бедерін, атмосфералық жағдайларды, климаттық өзгерістерді және басқа да маңызды геоақпараттық мәліметтерді жинау мен өңдеу салаларында кеңінен пайдаланылады (9-сурет).



9- сурет – Жер бетін сканерлеудің әдістері [16]

Радарлық немесе радиолокациялық бейнелеу – қашықтықтан зондтаудың маңызды әдістерінің бірі болып табылады. Бұл әдіс белсенді қашықтықтан зерттеу технологияларына жатады, онда электромагниттік толқындар қолданып, жердегі объектілерді анықтау жүзеге асырылады. Радарлар жер бетінде орналасқан әртүрлі нысандарды, соның ішінде тұрғылықты, шерттерді және түбірлерге байланысты объектілерді анықтауға мүмкіндік береді және түрлі бағыттардағы жер бедерін жан-жақты бейнелеуге арналған. Кейбір радар жүйелері ерекше мақсаттар үшін, мысалы, қозғалысты бақылау, қауіпті жағдайларды анықтау және сапалы жерлерді зерттеу үшін қолданылады. Радиолокациялық технологиялар әсіресе планеталардың беткі қабатын бақылауда тиімді, себебі олар ауа райының күрделі жағдайларына – тығыз бұлттарға, тұманға және түнгі уақытта да кедергісіз жұмыс істей алады, өйткені олар белсенді түрде сигналдар шығарады. Радарлық түсіру әдетте ұшақтар мен жасанды жер серіктеріне орнатылған бүйірлік шолу радиолокаторлары арқылы жүзеге асады. Бұл жүйелер электромагниттік спектрдің радиодиапазонын пайдалана отырып, нысаннан шағылған радиосигналдарды қабылдайды. Түсіру принципі объектіден нормаль бағытта қайтарылған радиосигналды арнайы генератор шығарып, оны қабылдағыш тіркейді, ал сигналдың объектіге дейінгі қашықтыққа байланысты қайту уақыты арқылы нысанның орналасуы анықталады (10-сурет).



10-сурет – Оптикалық және радарлы түсірудің ерекшеліктері [16]

Зондирлеуші импульстің объектке дейін және кері өтуінің әр түрлі уақытын бекітетін радиолокатордың жұмыс істеу принципі РЛ-суреттерді алу үшін пайдаланылады. Сурет жол бойымен жүгіретін жарық дағымен қалыптасады. Объекттен одан кейін, арнайы кинокамерамен біріктірілген

электронды-сәулелі түтікшемен бекітілгенге дейін шағылыс сигналын өту уақыты соғұрлым көп болады. Бұл технологиялар радарлық системаларда объектілердің бағытын, тағы да маңызды сипаттарын анықтау үшін пайдаланылады.

Қашықтан басқару деректерінің бірнеше артықшылықтары бар, олар:

- алынатын ақпараттың жоғары шынайылығы мен объективтілігі;
- түсірілімдерді ұсыну жеделдігі;
- берілген аумаққа ақпарат алудың жоғары мерзімділігі;
- ақпарат алудың жер үсті тәсілдерімен салыстырғанда үлкен аумақтық

камту;

- көлемді ретроспективті талдауды орындауға мүмкіндік беретін мұрағаттық деректер;

- болжау және болып жатқан өзгерістерді бағалау үшін пайдалану.

Ғарыштық қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) арқылы алынған мәліметтер — жер және су ресурстарын тиімді басқаруға бағытталған мониторингтің заманауи және жоғары дәлдіктегі ақпарат көзі. Алайда бұл суреттердің өзі тек бастапқы дерек болып табылады және оларды тиімді қолдану үшін арнайы геоақпараттық бағдарламалық құралдарда өңдеу қажет. Мұндай бағдарламалар мәліметтерді визуализациялау, классификациялау, талдау және картаға түсіру сияқты бірқатар маңызды функцияларды орындайды. Бүгінгі таңда ең кең тараған және ғылыми ортада жиі қолданылатын бағдарламалық кешендерге *ArcGIS*, *QGIS*, *ENVI*, *ERDAS Imagine*, *Google Earth Engine* және *Snap (ESA)* жатады. Бұл платформалар жер бетіндегі өзгерістерді автоматты түрде анықтау, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDWI (Normalized Difference Water Index) және басқа да спектралды индекстер арқылы топырақтың ылғалдылығы, су айдындарының аумағы, өсімдік жамылғысы және эрозия қаупі сияқты параметрлерді есептеуге мүмкіндік береді [17].

Қазіргі кезде ғарыштан алынатын ЖҚЗ (жерді қашықтықтан зондтау) деректерін талдау және өңдеу үшін көптеген мамандандырылған бағдарламалық платформалар қолданылады. Бұл құралдар әртүрлі мақсаттағы геоақпараттық және экологиялық зерттеулерде кеңінен қолданылады. Олардың ішінде *ENVI*, *ERDAS Imagine*, *ArcGIS*, *QGIS*, *Google Earth Engine* және *ESA SNAP* платформалары ерекше орын алады.

ENVI (Environment for Visualizing Images) және *ERDAS Imagine* — ЖҚЗ деректерін кәсіби деңгейде өңдеуге арналған жетекші коммерциялық бағдарламалар қатарына жатады. Олар спутниктік суреттердің көпканалды құрылымымен жұмыс істей алады және радиометриялық, геометриялық түзету, атмосфералық коррекция, спектралдық анализ, вегетациялық индекстерді есептеу (NDVI, SAVI, EVI және т.б.), уақыт бойынша өзгерістерді салыстыру (Change Detection) және объектілерді автоматты классификациялау (Supervised және Unsupervised Classification) сияқты маңызды функцияларды атқарады. Мысалы, *ENVI* бағдарламасы гиперспектралдық суреттермен (*AVIRIS*, *Hyperion*) және SAR деректерімен жұмыс істеуге мүмкіндік береді, бұл оны

экологиялық мониторинг, су сапасын бағалау, орман жамылғысының өзгеруін бақылау сияқты міндеттер үшін маңызды құралға айналдырады.

ArcGIS және QGIS – бұл геоақпараттық жүйелер (ГАЖ) негізінде жұмыс істейтін платформалар. Олар кеңістіктік талдау, қабаттық деректерді біріктіру, картографиялық визуализация, геостатистикалық өңдеу, ауқымды мәліметтер базасын басқару және геокодтау секілді функцияларды қамтамасыз етеді. ArcGIS — ESRI компаниясының өнімі және кең функционалдылығымен ерекшеленеді, әсіресе геобақылау, модельдеуді автоматтандыру (ModelBuilder), Python тіліндегі скрипттер арқылы кеңейту мүмкіндігімен құнды. Ал QGIS — ашық кодты және ақысыз бағдарлама. Ол әртүрлі кеңейтілімдер (плагиндер) арқылы функционалдылығын үнемі жетілдіріп отырады, сондықтан оқу-зерттеу жұмыстарында, экологиялық сараптамаларда және кеңістіктік деректермен жұмыс істеуді үйренуде кең қолданылады.

Google Earth Engine (GEE) – бұл бұлттық технологиялар негізінде жұмыс істейтін заманауи геоаналитикалық платформа. Ол NASA Landsat, ESA Sentinel, MODIS, NOAA және басқа да спутниктік жүйелерден алынған үлкен көлемдегі архивтік және ағымдағы деректермен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. GEE платформасында Python немесе JavaScript тілдерінде код жазу арқылы автоматты мониторинг жүйелері құруға болады. Бұл әсіресе жер бетінің өзгерістерін, су ресурстарының динамикасын, ауылшаруашылық жерлерінің жағдайын, орман кесу немесе топырақтың эрозиясын бақылауда тиімді. Мысалы, Google Earth Engine арқылы NDVI уақыттық қатарын талдап, ауылшаруашылық өнімділіктің өзгерісін немесе шөлдену үдерісін сандық бағалауға болады.

ESA Sentinel Application Platform (SNAP) — Еуропа ғарыш агенттігінің Sentinel миссияларынан алынған деректерді өңдеуге арналған арнайы бағдарлама. Бұл платформа Sentinel-1 (радарлық суреттер), Sentinel-2 (оптикалық көпспектрлі деректер) және Sentinel-3 (экологиялық мониторинг) сияқты миссиялардан алынған деректерді тиімді өңдеу мен интерпретациялауға мүмкіндік береді. SNAP құралдары арқылы су бетінің температурасын, хлорофилл концентрациясын, тұздық құрамды, жағалау сызығының өзгеруін, су тасқыны немесе құрғақшылықтың таралуын бақылауға болады. Сондай-ақ, SNAP бағдарламасы атмосфералық және радиометриялық түзетулер, интерферометриялық радарлық талдау (InSAR) жүргізу үшін де пайдаланылады.

Қорытындылай келе, ғарыштық деректерді тиімді пайдалану үшін тек ақпаратты алу ғана емес, оны өңдеуде дұрыс бағдарламалық құралдарды таңдау шешуші рөл атқарады. ENVI, ERDAS Imagine сияқты платформалар спектралдық және радиометриялық дәлдікті қамтамасыз етсе, ArcGIS және QGIS кеңістіктік визуализация мен талдауға қолайлы. Ал Google Earth Engine және SNAP бұлттық есептеулер мен нақты уақыттағы мониторинг мүмкіндіктерін береді.

Бұл бағдарламалық экожүйелердің интеграциясы кеңістіктік дәлдік, уақыттық тұрақтылық, және мультиспектралды сараптама арқылы жер және су ресурстарын басқару мен жоспарлаудың ғылыми негізін құрайды. Каспий теңізінің экологиялық жағдайы мен су ресурстарын мониторингтеу – қазіргі

заманғы геоақпараттық технологияларды пайдалану арқылы шешуді қажет ететін күрделі мәселе. Каспийдің кең аумағы, оның экожүйесінің күрделілігі және антропогендік әсерлердің жоғары деңгейі спутниктік деректерді өңдеуде, талдауда және мониторингте арнайы бағдарламалық құралдарды қолдануды талап етеді. Осы тұрғыдан қарағанда ENVI және ERDAS Imagine бағдарламалары Каспий теңізінің су сапасын, биологиялық ресурстарын және ландшафттық өзгерістерін талдауда аса маңызды роль атқарады. Мысалы, осы бағдарламалар көмегімен су бетіндегі ластануларды спектралды талдау арқылы анықтап, су температурасының өзгерістерін уақыт бойынша мониторингтеуге болады. Бұл су қоймасында тіршілік ететін өсімдіктер мен жануарлар түрлерінің жағдайын бағалауға, браконьерлік және мұнай өндіру салдарынан туындайтын экологиялық қауіптерді бақылауға мүмкіндік береді.

ArcGIS және QGIS платформалары Каспий теңізінің географиялық және экологиялық ақпараттарын кеңістіктік негізде үйлестіруге арналған. Мысалы, Каспийдің солтүстік және оңтүстік бөліктеріндегі су деңгейінің маусымдық өзгерістерін, жағалаудағы ластану ошақтарын, балық шаруашылығын жүргізетін аймақтарды картаға түсіруге, және халықаралық конвенциялар негізінде қорғалатын аймақтарды белгілеуге болады. Бұл платформалар көп деңгейлі деректерді интеграциялап, экологиялық мониторингтің нәтижелерін визуализациялауда, сондай-ақ су айдындарының жай-күйін бағалауда тиімді құрал ретінде қолданылады. Сонымен қатар, Каспийдің су ресурстарын басқару үшін әртүрлі сценарийлерді модельдеуге де кеңінен пайдаланылады, мысалы, су тасқынының ықтимал салдарын алдын ала болжау және залалдарды азайту шараларын әзірлеу.

Google Earth Engine платформасы Каспий теңізінің экожүйесінің ұзақмерзімді мониторингі үшін таптырмас құрал болып табылады. Бұл бұлттық сервис үлкен көлемдегі деректерді жылдам өңдеуге және нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік береді. GEE арқылы Каспийдегі су деңгейінің өзгерісі, су құрамындағы ластанулар, сонымен қатар инвазивті түрлердің (мысалы, *Mnemiopsis leidyi* гребневиктерінің) таралуы күнделікті мониторинг жүргізіле алады. Python және JavaScript тілдерінде жазылатын автоматтандырылған скрипттер экологиялық индикаторларды есептеп, жергілікті басқару органдарына уақтылы ақпарат береді. Бұл тәсіл су айдындарының динамикасын нақты және тез бақылап, тиісті шаралар қабылдауға мүмкіндік жасайды.

ESA Sentinel Application Platform (SNAP) бағдарламасы Каспий теңізінің спутниктік радиолокациялық суреттерін өңдеу үшін арнайы жасалған. Бұл бағдарлама арқылы бұлтты ауа райы жағдайында да теңіздің су бетінің өзгерістерін анықтау, оның ішінде мұнай ластануы, су асты құрылымдарының күйін бағалау және су беті температурасының маусымдық өзгерістерін бақылау мүмкіндігі бар. SNAP бағдарламасының көмегімен мұнай өндіру саласындағы антропогендік әсерлерді, экологиялық апаттардың ықтимал ошақтарын уақытында анықтау және табиғи ресурстарды сақтауға бағытталған шараларды жүзеге асыру мүмкіндіктері айтарлықтай артады.

Жоғарыда аталған бағдарламалық құралдар кешенді түрде қолданылғанда Каспий теңізінің су сапасын тұрақты бақылау және экожүйенің жағдайын сақтап қалу бағытында ғылыми негізделген шешімдер қабылдау мүмкін болады. Мысалы, спутниктік суреттерді ENVI немесе ERDAS Imagine-де спектралдық анализ арқылы зерттеп, алынған мәліметтерді ArcGIS немесе QGIS арқылы кеңістіктік картаға түсіріп, Google Earth Engine платформасында автоматты бақылау жүйесін құруға болады. SNAP бағдарламасымен радиолокациялық деректерді қосу су бетінің нақты жағдайын және ластану көлемін дәл анықтауға көмектеседі.

Қазақстан мен басқа да Каспий маңы елдері үшін бұл технологиялар су ресурстарын тиімді басқару, экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз ету және климаттық өзгерістерге бейімделу үшін шешуші маңызға ие. Зиянды браконьерлік, мұнай өндіру, индустриялық қалдықтар мен инвазивті түрлердің таралуы Каспий теңізінің экожүйесіне үлкен қауіп төндіреді, сондықтан жоғары технологиялық мониторинг жүйелері нақты және уақтылы деректерді ұсыну арқылы табиғатты қорғау мен тұрақты даму мақсаттарына жетуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, қазіргі таңда Каспий теңізінің мониторингі үшін жасанды интеллект пен машиналық оқыту технологияларын интеграциялау да маңызды болуда. Мысалы, спутниктік суреттердегі өзгерістерді автоматты түрде анықтайтын алгоритмдер экологиялық аномалияларды, ластанудың жаңа ошақтарын немесе су деңгейінің күтпеген өзгерістерін уақтылы хабарлай алады. Бұл технологиялар геоақпараттық жүйелер мен дәстүрлі мониторинг әдістерін толықтырып, Каспий теңізінің экожүйесін қорғауда тиімділікті арттырады. Мұндай инновациялық тәсілдер су ресурстарын басқару саясатын жаңартып, өңірдегі экологиялық қауіпсіздікті нығайтуға бағытталған кешенді шараларды әзірлеуге мүмкіндік береді.

Осылайша, Каспий теңізінің су және жер ресурстарына мониторинг жүргізу саласында геоақпараттық бағдарламалық технологиялардың маңыздылығы күннен күнге артып келеді. Олардың көмегімен алынған деректер экологиялық жағдайды бағалап, антропогендік әсерлерді азайтуға, биоалуантүрлілікті сақтауға және табиғатты қалпына келтіру жұмыстарына ғылыми негізделген шешімдер қабылдауға жол ашады. Бұл бағдарламалық жүйелерді одан әрі жетілдіру және үйлестіру – Каспий теңізінің тұрақты дамуы мен қорғалуын қамтамасыз етудің басты кепілі болып табылады.

3 1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгеруін талдау

3.1 Қашықтықтан зондтауда қолданылатын бақылау индекстері NDVI және NDWI

Қашықтықтан зондтау технологияларында қолданылатын спектралдық индекстер — Жер бетінің табиғи компоненттеріндегі өзгерістерді сандық және кеңістіктік тұрғыда бағалауға арналған негізгі құралдардың бірі. Олардың ішіндегі ең жиі қолданылатындары – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) және NDWI (Normalized Difference Water Index) индекстері. Бұл көрсеткіштер қазіргі таңда жер және су ресурстарын экологиялық, аграрлық және климаттық тұрғыдан зерттеуде үлкен ғылыми және практикалық мәнге ие.

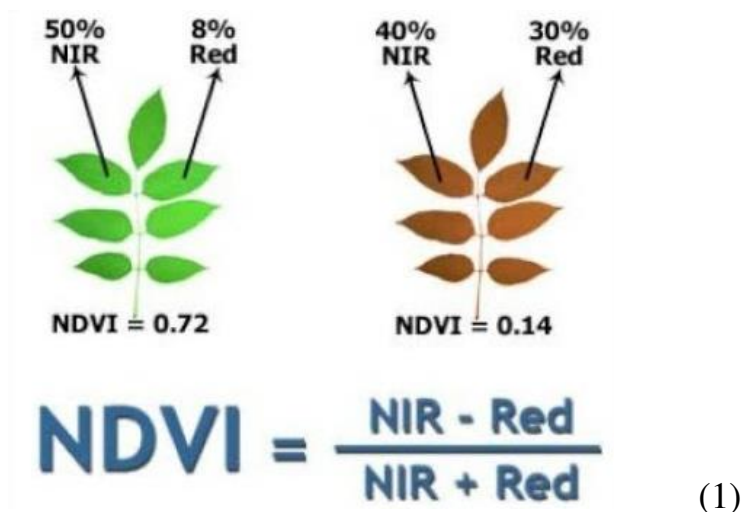
Қазіргі таңда жер және су ресурстарын мониторингтеу барысында қашықтықтан зондтау (ҚЗ) технологиялары кеңінен қолданылып келеді. Ғарыштық суреттерден алынатын мәліметтерді өңдеу және талдау үшін арнайы бақылау индекстері пайдаланылады. Солардың ішінде ең танымал әрі ғылыми дәлелденгені — *NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) және NDWI (Normalized Difference Water Index)* индекстері [18].

NDVI – Өсімдіктердің жағдайын бағалау құралы

NDVI индексі өсімдік жамылғысының белсенділігі мен тығыздығын анықтауда аса тиімді. Бұл индекс көмегімен:

- орман, шабындық, егістік алқаптарының жағдайы,
- құрғақшылық салдарынан өсімдіктердің әлсіреуі,
- топырақ эрозиясы мен тұздану әсерінен вегетацияның төмендеуі,
- шөлейттену үрдістері секілді құбылыстарды жоғары дәлдікпен анықтауға болады.

NDVI жерсеріктік суреттердің қызыл (Red) және жақын инфрақызыл (NIR) диапазондарындағы шағылысу көрсеткіштері негізінде есептеледі (11-сурет).


$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

11-сурет – NDVI есептеу формуласы [18]

Мұндағы NIR – жақын инфрақызыл спектрлік диапазондағы шағылысу, ал Red – қызыл диапазондағы шағылысу мәні.

NDVI мәні -1 мен +1 аралығында болады. Қалыпты жасыл жамылғысы бар аумақтарда бұл көрсеткіш +0.2 және одан жоғары болады. NDVI нөлге жақындаған сайын өсімдік жамылғысының сиректігі, ал теріс мәндер - өсімдіктер жоқ, тексу, мұз немесе тасты жерлер екенін білдіреді.

Өсімдіктер инфрақызыл жарықты жоғары шағылыстыратындықтан, NDVI арқылы оларды басқа объектілерден ажырату оңай. Бұл тәсіл Каспий теңізінің жағалауындағы өсімдіктердің деградациясын, шөлейттену шекараларын, жайылымдық жерлердің жай-күйін бақылау үшін өте тиімді.

NDVI — өсімдік жамылғысының тығыздығы мен фотосинтездік белсенділігін сипаттайтын индекс. Бұл көрсеткіш жер бетіндегі жасыл өсімдіктердің жай-күйін сандық тұрғыда бағалауға мүмкіндік береді. Индекс формуласы төмендегідей есептеледі [19]:

Каспий теңізінің жағалау аймақтарында NDVI көрсеткіші арқылы шөлейттену үдерісін, табиғи жайылымдардың тозуын, тұздану салдарынан өсімдіктердің жойылуын, вегетациялық маусымның ұзақтығын және ауыл шаруашылығы алқаптарының жағдайын бақылауға болады. Сонымен қатар NDVI жыл мезгілдері бойынша өзгерістерді анықтап, көпжылдық салыстырмалы анализ жасауға да мүмкіндік береді.

NDWI – Су нысандары мен ылғал деңгейін анықтаушы құрал

NDWI индексі су айдындарын, батпақтарды, ылғалды топырақтарды анықтау мен мониторингте қолданылады. Су объектілері спектрлік диапазонда инфрақызыл сәулені аз, ал жасыл спектрді көбірек шағылыстырады. Осы ерекшелікті пайдалана отырып, NDWI су бар немесе жоқ аймақтарды дәл бөлуге мүмкіндік береді. Бұл индекс төмендегі жағдайларда тиімді [19]:

- су деңгейінің өзгерістерін бақылау (көлдердің тартылуы немесе көбеюі),
- су тасқыны немесе уақытша су жиналу аймақтарын анықтау,
- теңіз жағалауындағы батпақтық және тұщы су ресурстарының шекарасын белгілеу.

Каспий теңізінің жағалау аймағында NDWI теңіз суының жағалауға әсер ету аумағын, құрғап қалған теңіз табанын, жағалаудағы су балансының өзгеруін анықтауға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе Каспий теңізі деңгейінің төмендеуі сияқты экологиялық өзекті мәселелерді ғылыми негізде бағалауда таптырмас құрал.

NDWI — жер үсті суларының бар-жоғын, көлдердің, өзендердің, батпақтардың және ылғал топырақтардың кеңістіктік таралуын анықтауға арналған индекс. Ол мына формула бойынша есептеледі:

$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)} \quad (2)$$

Мұндағы Green – жасыл спектрлік диапазондағы шағылысу, ал NIR – инфрақызыл диапазондағы шағылысу. Бұл индекс те -1 мен +1 аралығында болады. NDWI мәні 0.3 және одан жоғары болған жағдайда, ол жерде су немесе батпақ бар дегенді білдіреді.

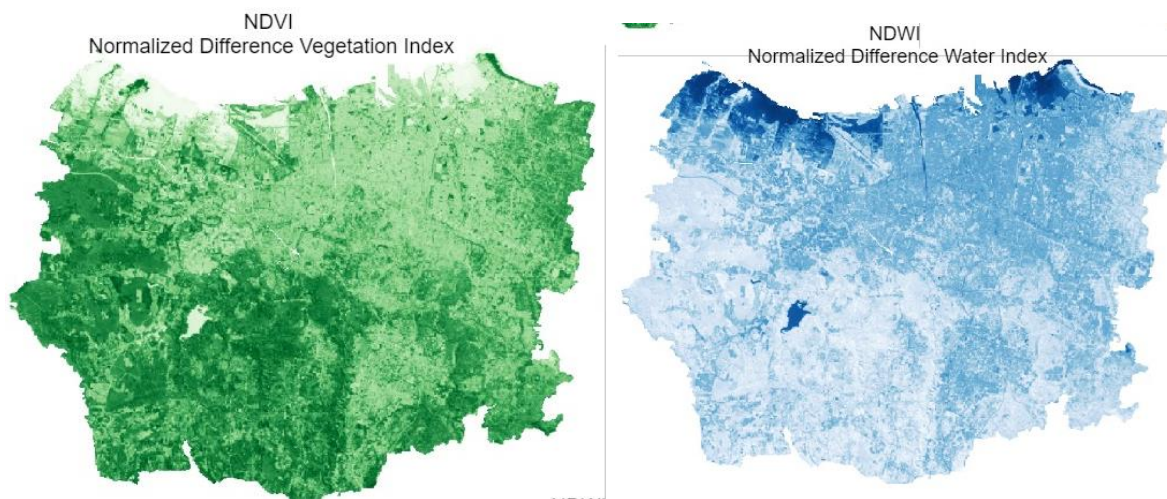
Каспий теңізі жағалауында NDWI көмегімен теңіз деңгейінің ауытқуын, су айдындарының тартылуын немесе ұлғаюын, жағалау шегінің өзгеруін нақты әрі автоматты түрде анықтауға болады. Бұл, әсіресе, теңіз суының шегінуі мен жағалау экожүйесінің трансформациясы сияқты процестерді сандық бағалау үшін аса маңызды.

NDVI және NDWI индекстерін бірге қолдану маңыздылығы

NDVI және NDWI индекстерін бірге пайдалану ландшафттық өзгерістерді кешенді бағалауға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл су-өсімдік қатынасының динамикасын, экожүйелік тепе-тендіктің бұзылу шектерін, табиғи ресурстардың деградациясын нақты анықтауға мүмкіндік береді. Мысалы, бір аумақта NDVI төмендеп, NDWI жоғарыласса, бұл – өсімдіктер жойылып, орнына су келген дегенді білдіреді (мысалы, су басқан шабындық). Ал екеуінің де төмендеуі – шөлейттену мен деградация жүріп жатқан аймақтың белгісі (12-сурет).

NDVI және NDWI индекстері — ғарыштық деректерді сандық, жылдам және автоматты түрде өңдеуге мүмкіндік беретін тиімді құралдар. Олар:

- уақыттық салыстырулар жасауға;
- көпжылдық динамиканы бақылауға;
- картаға түсіруге;
- табиғи және антропогендік факторлардың әсерін саралауға мүмкіндік береді.



12-сурет – NDVI мен NDWI көрсеткіштерінің айырмашылық нұсқасы [9]

Зерттеулер көрсеткендей, NDVI мен NDWI индекстерін қатар пайдалану арқылы ландшафттың экологиялық жағдайын кешенді бағалауға болады. Бұл индекстердің айырмашылығы олардың сезімталдық бағытында жатыр: NDVI – өсімдік жамылғысына, ал NDWI – ылғалдылық пен су айдындарына

бағытталған. Бұл индекстерді Каспий теңізінің жағалауын зерттеуде қолдану — су мен жер ресурстарының қазіргі жағдайын бағалауға ғана емес, сонымен қатар болашақтағы өзгерістерді болжауға мүмкіндік береді.

Каспий теңізінің жағалауында бұл индекстер арқылы келесі мәселелерді шешуге болады:

- шөлейттену процесінің аумақтық шекараларын анықтау;
- теңіз шегінің кейін шегінуінің экологиялық салдарын бағалау;
- жағалаудағы батпақты аумақтардың динамикасын қадағалау;
- өсімдіктердің деградация аймақтарын картаға түсіру.

Қашықтықтан зондтау индекстері — заманауи экологиялық және географиялық зерттеулердің сенімді құралдарының бірі. NDVI мен NDWI индекстерін дұрыс қолдану арқылы Каспий теңізінің жағалау аймақтарындағы табиғи өзгерістерді жүйелі бақылап, ландшафттық процестердің бағытын болжауға болады. Бұл әдістер кешенді мониторинг жүйесін құру, табиғи ресурстарды тиімді басқару және экологиялық қауіптердің алдын алу бағытындағы шешімдер үшін ғылыми негіз бола алады.

NDVI мен NDWI индекстерінен алынған мәндерді біз ArcGIS қосымшасы арқылы да ашуға мүмкіндігіміз бар. Яғни біз деректерді карта ретінде ашып оны өңдей аламыз. Мысалы ретінде:

Күні бойынша іздеу: 01 тамыз – 31 тамыз аралығы.

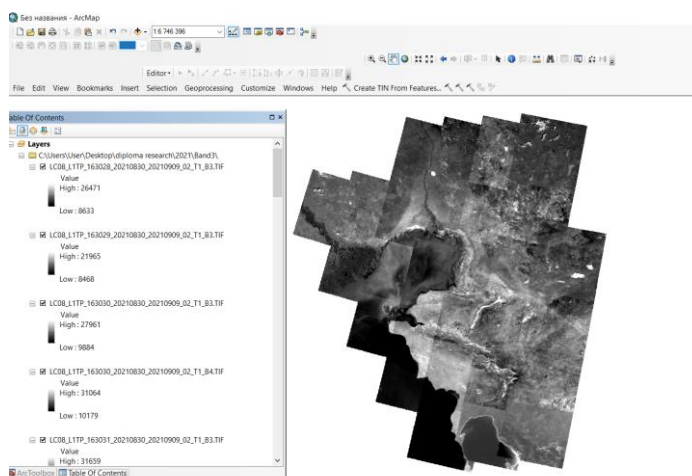
Бұлттылық: 0- 10%.

Спутниктік деректер: Landsat Collection 2 Level 1

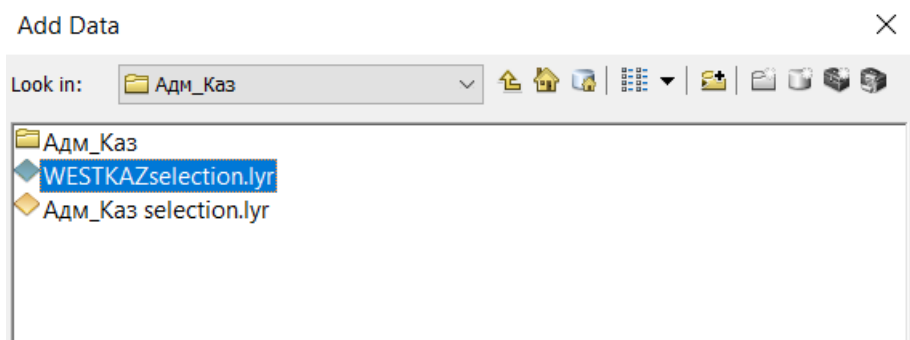
13-суреттен біз спутниктік фотоларды жүктеу, арнайы папкаларға сақтау (band3, band4, band5)

 BAND3	21.05.2025 3:23	File folder
 BAND4	21.05.2025 3:23	File folder
 BAND5	21.05.2025 3:23	File folder

13-сурет – Landsat аэрофотосуреттерін ArcGIS арқылы ашу (автормен жасалды)

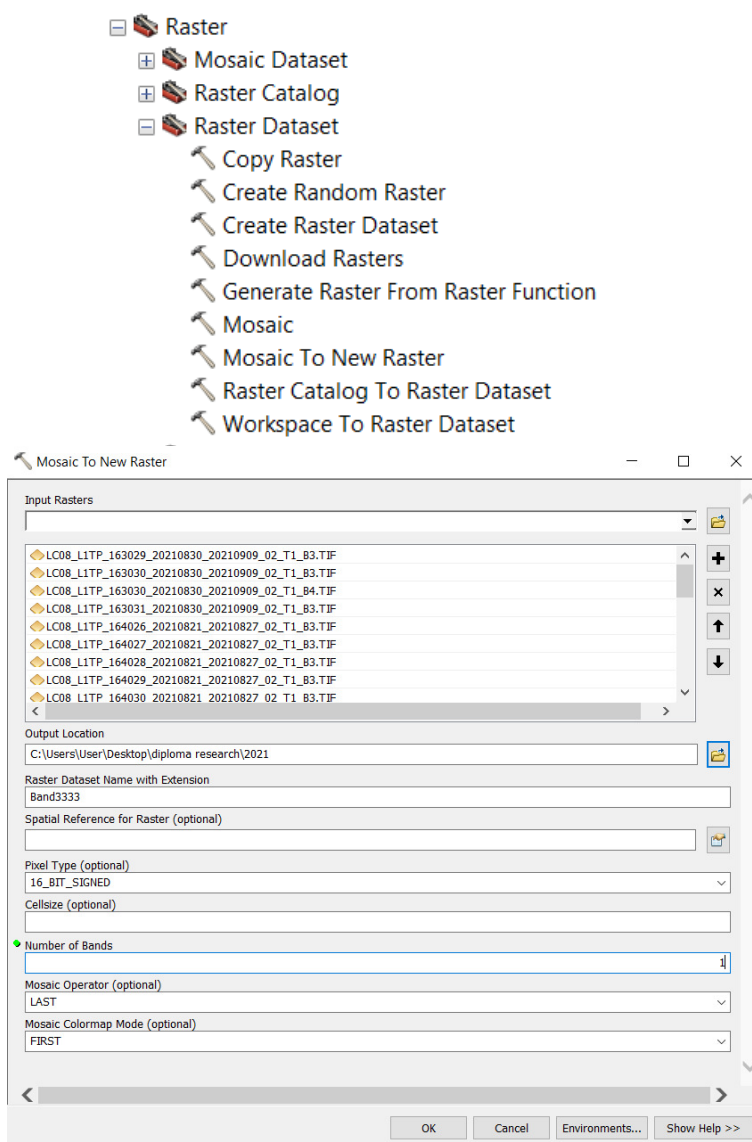


14-сурет – Атырау және Маңғыстау облыстарының шекараларын қосу барысы



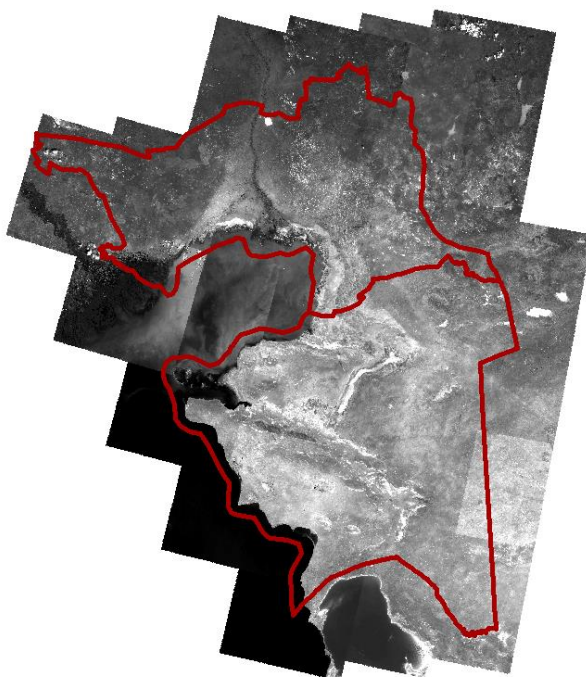
15-сурет – Таңдалған аумақтарға файлдар құру (автормен жасалды)

Ары қарай біз ArcToolBox→ Data Management Tools→Raster→Raster Dataset→Mosaic To a New Raster құралы арқылы суреттерді біріктіреміз, келесі параметрлерді орнатамыз.



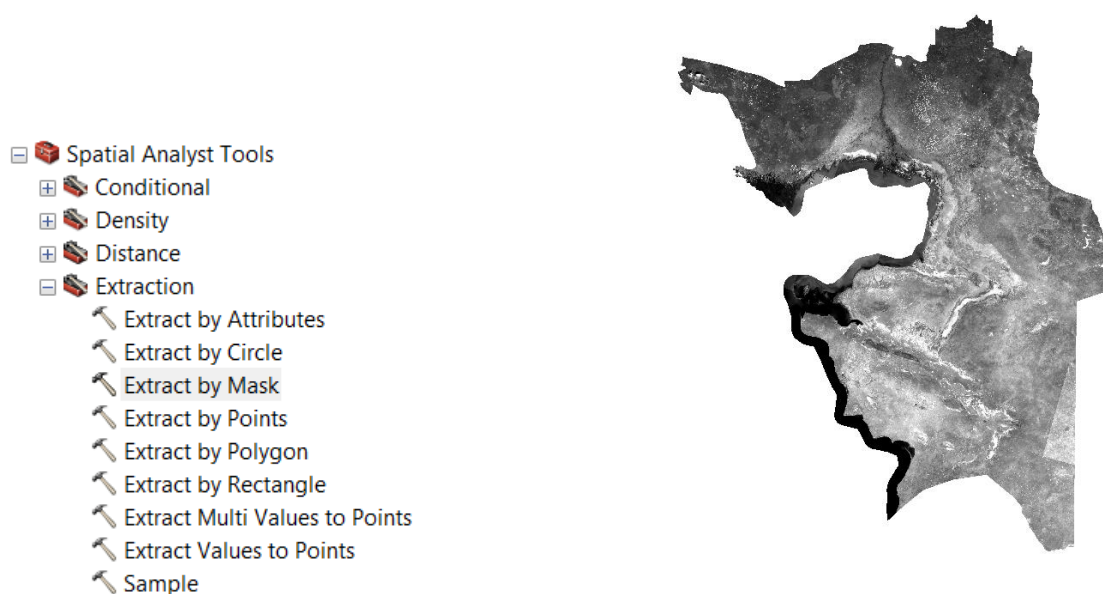
16-сурет – Параметрлерді орнату барысы (автормен жасалды)

Біріктірілген суреттер:



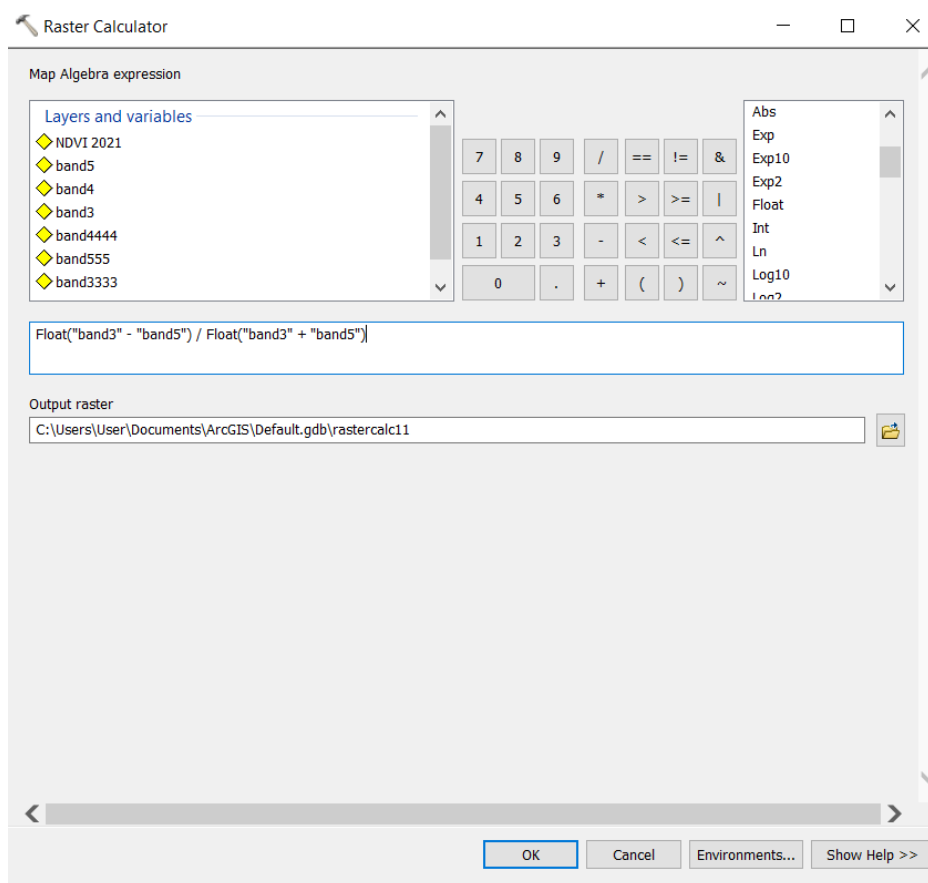
17-сурет – Өңірлерді біріктіру барысындағы карта суреті (автормен жасалды)

ArcToolBox→Spatial Analyst Tools→Extraction→Extract by Mask құралы арқылы суреттерді Атырау және Маңғыстау облыстарының шекаралары арқылы қиямыз, келесі параметрлерді орнатамыз.



18-сурет – келесі параметрлерді орындау нұсқасы (автормен жасалды)

Одан соң NDWI және NDVI формулалары арқылы индекстерді есептейміз.



19-сурет – формула арқылы индекстерді есептеу жолы (автормен жасалды)

NDVI индексі вегетациялық жамылғыны талдау үшін қолданылды, оның формуласы келесідей:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED}),$$

$$\text{Landsat 4-5 үшін NDVI} = (\text{B03} - \text{B04}) / (\text{B04} + \text{B03}) \quad (3)$$

$$\text{Landsat 8 үшін NDVI} = (\text{B05} - \text{B04}) / (\text{B05} + \text{B04}) \quad (4)$$

-1 до 0: water су

0 до 0.09: land жер

0.09 до 0.15 : vegetation(өсімдіктер)

0.15 – 0.5: shrubs (бұта)

0.6-1: healthy vegetation (жасыл өсімдіктер)

Өсімдіктерді талдаумен қатар NDWI — су объектілерінің нормаланған индексі есептеу де жүргізілді. Бұл көрсеткіш мына формула бойынша есептеледі:

$$\text{NDWI} = (\text{GREEN} - \text{NIR}) / (\text{GREEN} + \text{NIR}), [16].$$

$$\text{Landsat 4-5 TM NDWI} = (\text{B02} - \text{B04}) / (\text{B02} + \text{B04}) \quad (5)$$

$$\text{Landsat 8 NDWI} = (\text{B03} - \text{B05}) / (\text{B03} + \text{B05})$$

1.Өзендер, көлдер, тоғандар және басқа су объектілері сияқты ашық су беттері. (Water Surface - су беті)

$$NDWI = 0,2 - 1$$

2. Ылғалды беткейлері бар аймақтар. Бұл маусымдық су тасқынына немесе су деңгейінің өзгереді. (Humidity - ылғалдылық)

$$NDWI = 0 - 0,2$$

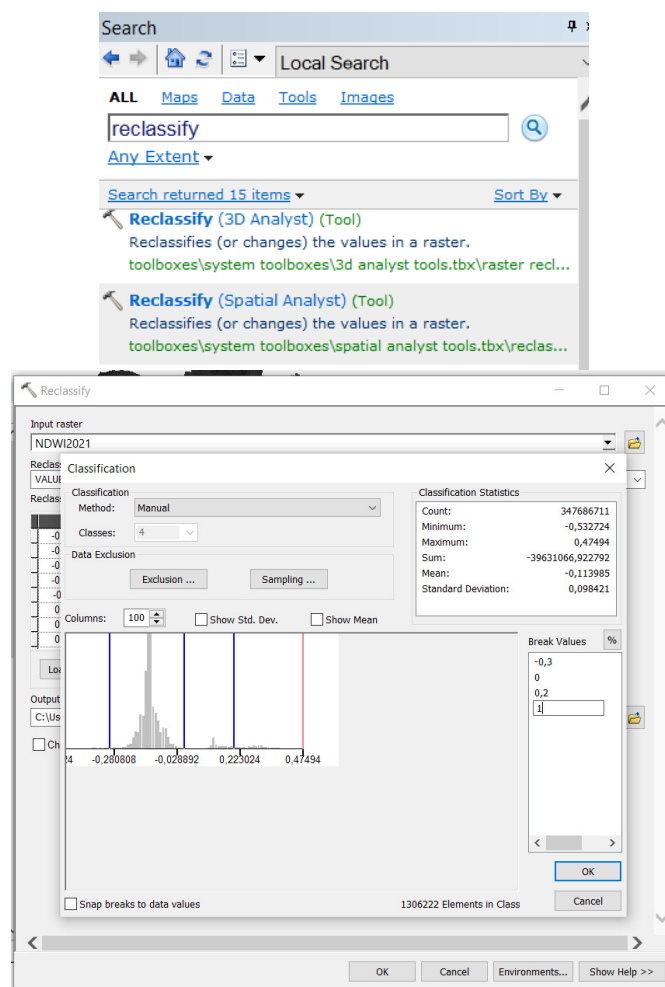
3. Орташа құрғақшылық жағдайларын немесе шөлдер немесе құрғақ жайылымдар сияқты сулы емес беттер. (Moderate Drought - орташа құрғақшылық)

$$NDWI = -0,3 - 0$$

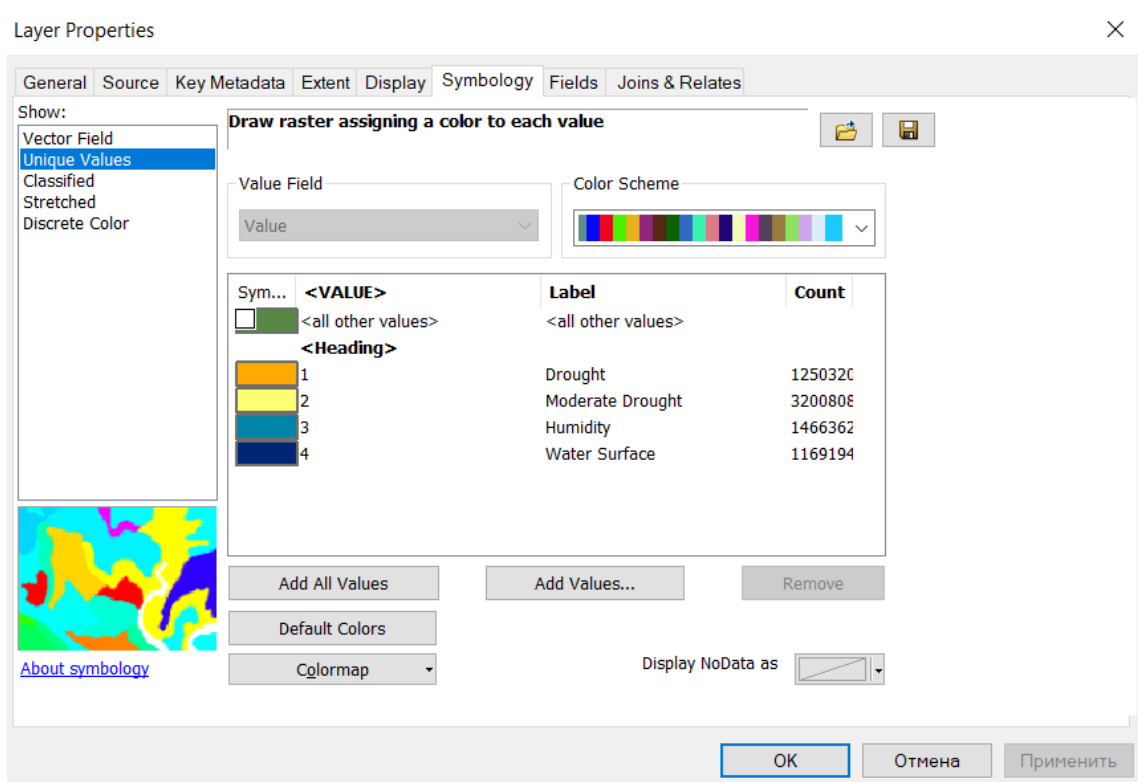
4. Құрғақшылықтың неғұрлым ауыр жағдайлары. Жер бетінде ылғалдың айтарлықтай жетіспеушілігі және өсімдік жамылғысының нашарлауы.

(Drought - құрғақшылық) $NDWI = -1 - -0,3$

Реклассификация жасау үшін Reclassify құралын қолданамыз, келесі параметрлерді орнатамыз.



20-сурет - Reclassify құралын қолдану барысы (автормен жасалды)



21-сурет – Негізгі параметрлерді көрсету (автормен жасалды)

Аталған кезең бойынша (01–31 тамыз) бұлттылығы төмен Landsat Collection 2 Level 1 спутниктік деректері ArcGIS платформасында өңделіп, NDVI және NDWI индекстері арқылы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгерістері айқын көрініс тапты. Карта түрінде ұсынылған деректер вегетациялық жамылғы мен су беттерінің кеңістіктік таралуын нақты бағалауға мүмкіндік берді. Бұл әдіс ландшафттағы динамикалық өзгерістерді талдауда жоғары дәлдік пен көрнекілік қамтамасыз ететін тиімді құрал болып табылады.

3.2 Өсімдік жамылғысының 1994-2024 жылдар аралығында өзгеру тенденциялары (NDVI)

Өсімдік жамылғысының 1994–2024 жылдар аралығындағы өзгеру тенденцияларын NDVI индексі арқылы талдау — табиғи және антропогендік факторлардың ландшафтқа ұзақ мерзімді әсерін бағалаудың тиімді тәсілдерінің бірі. Бұл кезең аралығында Қазақстанның түрлі өңірлерінде, соның ішінде Каспий теңізі жағалауы секілді климаттық және экологиялық тұрғыдан осал аумақтарда өсімдік жамылғысында айтарлықтай өзгерістер орын алғаны байқалады. NDVI көрсеткіштері жыл сайынғы вегетациялық белсенділіктің қарқынын сипаттай отырып, өсімдіктердің тығыздығы мен күйін кеңістіктік және уақыттық тұрғыда нақты бағалауға мүмкіндік береді [20].

Өсімдік жамылғысының ұзақ мерзімді өзгерістерін бағалау қазіргі заманғы экологиялық мониторинг пен табиғатты басқарудың маңызды бағыттарының

бірі болып табылады. Қоршаған орта жағдайының тұрақтылығы мен экожүйелердің саулығын анықтау үшін өсімдік жамылғысының жағдайы мен динамикасын дәл әрі жүйелі түрде бақылау қажет. Бұл мәселені шешуде қашықтықтан зондтау технологиялары ерекше рөл атқарады, себебі олар кең аумақтар бойынша өсімдіктің жай-күйін үнемі және дәл деректермен қамтамасыз ете алады. Осы технологиялардың негізінде қалыптасқан NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) индексы – өсімдіктердің фотосинтездік белсенділігін, тығыздығын және жалпы жай-күйін сандық тұрғыда сипаттайтын сенімді және кеңінен қолданылатын көрсеткіш болып табылады.

NDVI индексі спутниктік суреттердің қызыл және жақын инфрақызыл спектрлеріндегі сәуле шағылуын салыстыра отырып есептеледі. Өсімдіктер хлорофилге бай болғандықтан, олар қызыл жарықты жұтып, ал жақын инфрақызыл сәулелерді қарқынды шағылдырады. Осы сәулелер арасындағы айырмашылыққа негізделген NDVI мәні -1 мен $+1$ аралығында өзгеріп, өсімдіктің тығыздығы мен сауықтығын көрсетеді. Жоғары NDVI мәндері – қалың, сау және фотосинтездік белсенді өсімдік жамылғысын білдірсе, төмен мәндер – сирек, құрғақ немесе зақымдалған жамылғыға нұсқайтын индикатор. Сондықтан бұл индекс ормандар, шалғындар, егістіктер және басқа да өсімдік жамылғысы бар аудандардың жағдайын бағалауда және өзгерістерді уақыт бойынша бақылауда таптырмас құрал болып саналады.

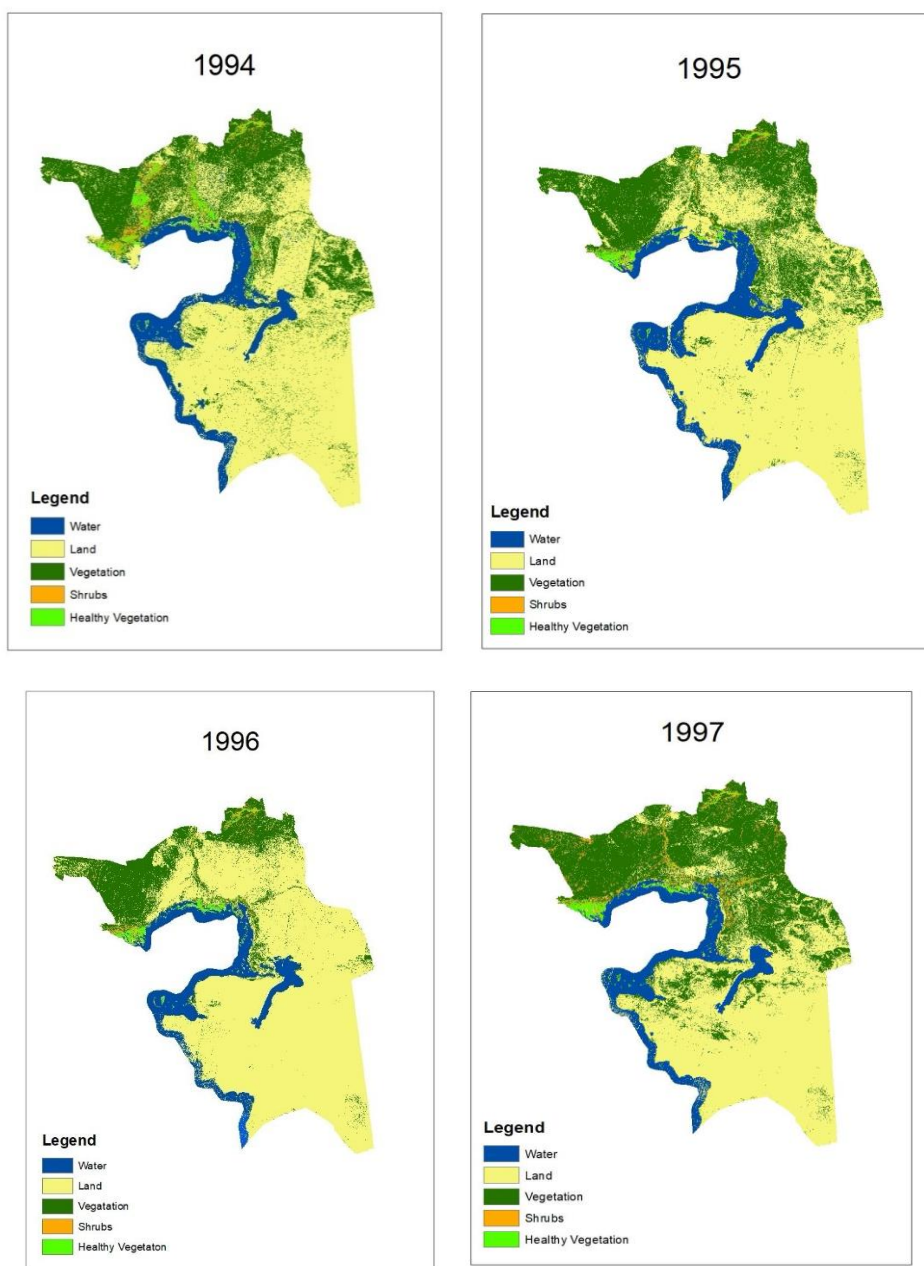
Ұзақ мерзімді NDVI деректерін талдау арқылы климаттық өзгерістердің, антропогендік әсерлердің, су режимінің ауытқулары мен топырақ жағдайының өсімдік жамылғысына қалай әсер еткенін анықтауға болады. Мысалы, құрғақшылық кезеңдерінде NDVI көрсеткіштері айтарлықтай төмендеп, өсімдіктің күйінің нашарлағанын білдірсе, жауын-шашынның мол болған жылдары өсімдік белсенділігі күшейіп, жоғары көрсеткіштермен сипатталады. Бұл мәліметтер табиғатты қалпына келтіру шараларын жоспарлауға, ауыл шаруашылығы мен орман шаруашылығын басқаруда стратегиялық шешімдер қабылдауға, сондай-ақ экологиялық тәуекелдерді болжауға негіз бола алады.

Сонымен қатар, NDVI индекстері кең аумақтарды мониторингтеуге мүмкіндік беріп, жергілікті деңгейден ұлттық және тіпті ғаламдық масштабқа дейін экологиялық жағдайды бағалауда маңызды рөл атқарады. Мысалы, Каспий теңізі аймағындағы өсімдік жамылғысының өзгерістерін зерттеу үшін NDVI қолдану бұл аймақтағы климаттық және антропогендік факторлардың әсерін дәл анықтауға септігін тигізеді. Сонымен бірге, табиғи ландшафттардың өзгеруін, шөлейттену үдерістерін, су тапшылығының экожүйелерге ықпалын бақылауға және тиісті шараларды қабылдауға жағдай жасайды.

Қорытындылай келе, өсімдік жамылғысының ұзақ мерзімді өзгерістерін бағалау және NDVI индексын қолдану қазіргі заманғы экологиялық мониторинг пен табиғатты басқарудың маңызды құралы болып табылады. Бұл әдіс экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз етуге, табиғи ресурстарды тиімді пайдалануға және климаттық өзгерістерге бейімделуге бағытталған кешенді шараларды әзірлеуде ғылыми негіз береді. Сондықтан NDVI индексі және

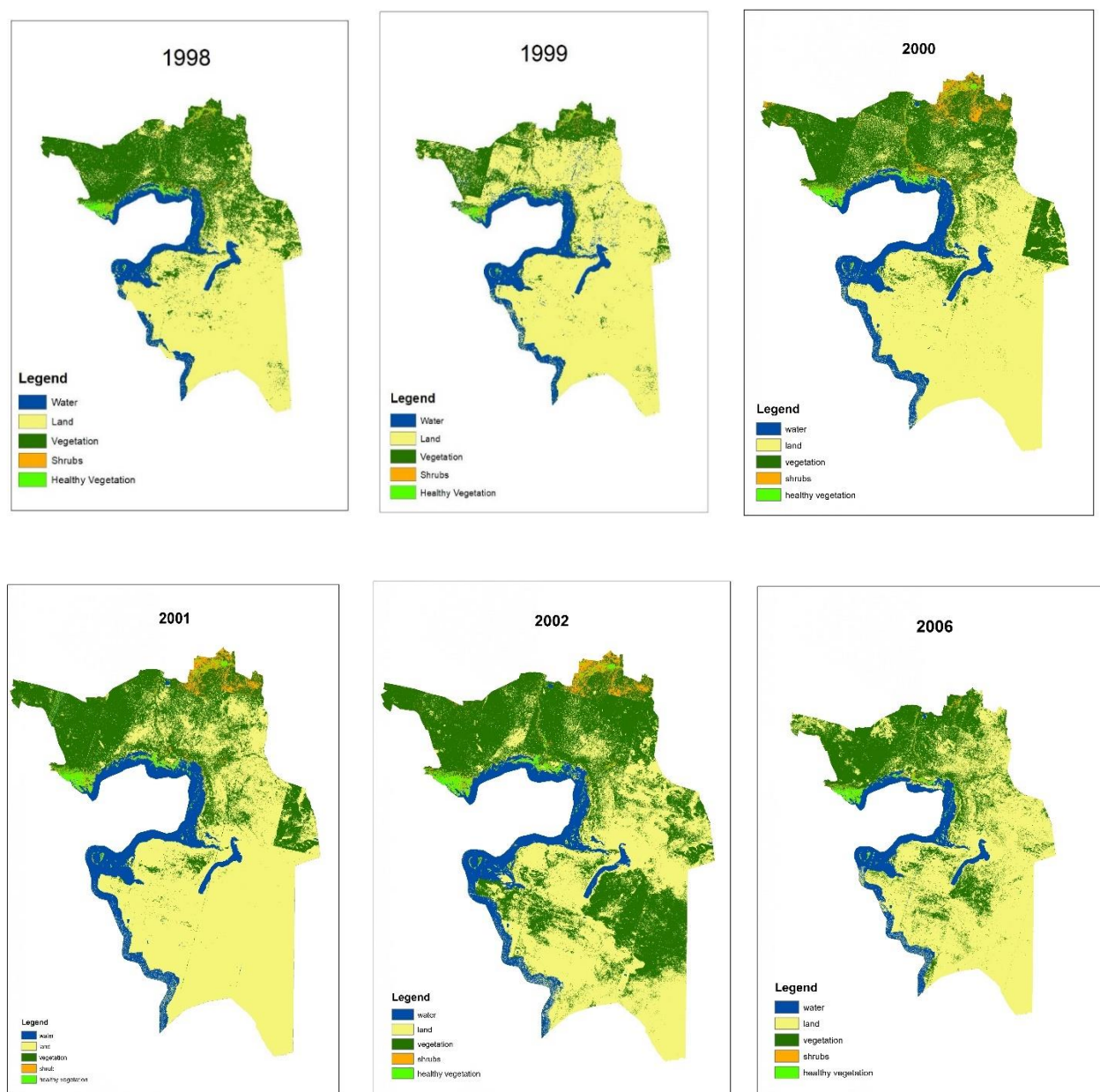
қашықтықтан зондау технологиялары болашақта да қоршаған ортаны сақтау және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуде маңызды рөл атқара бермек.

1994–2024 жылдар аралығындағы NDVI динамикасын талдау өсімдіктер жамылғысының кеңістіктік және уақыттық өзгеру үрдістерін анықтауға, сондай-ақ табиғи-климаттық және антропогендік факторлардың әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Бұл кезеңде орын алған климаттық тұрақсыздық, құрғақшылық, су ресурстарының тапшылығы және жерді ұтымсыз пайдалану өсімдік қабатының сапасы мен таралуына елеулі әсер еткен. Сондықтан NDVI негізінде алынған деректер ландшафтық өзгерістерді бағалауда және табиғи ресурстарды басқаруда шешуші рөл атқарады. Төмендегі 21-суреттен біз 1994-2000 жылдар аралығындағы NDVI көрсеткіштерін талдауымызға болады.



21-сурет – 1994-1997 жж. аралығындағы NDVI көрсеткіштері (авторлар суреті)

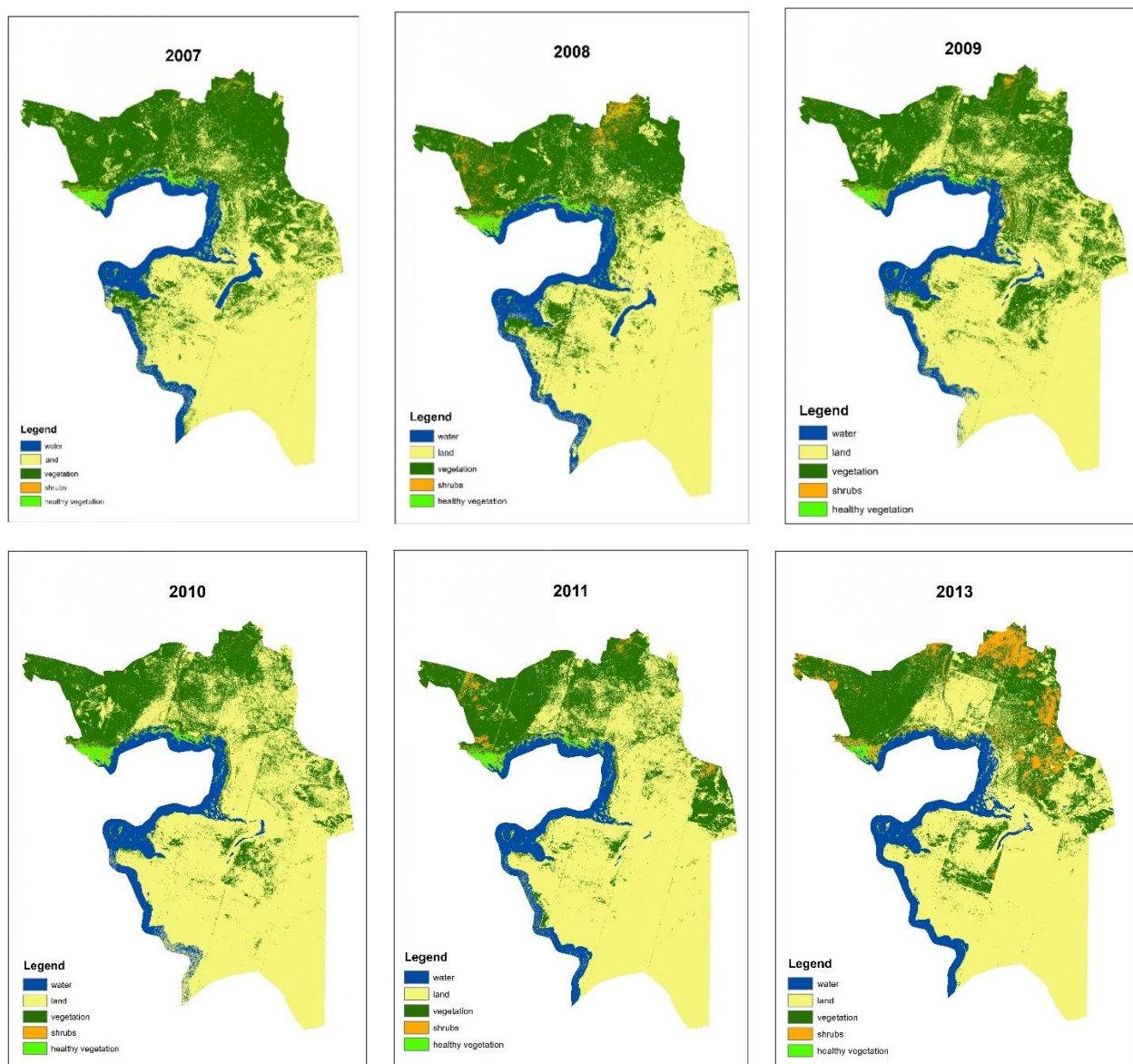
21-суреттен біз өсімдік жамлығысы бойынша 1994, 1995, 1997 жылдары Атырау облысының тұсында жоғары деңгейде екендігін байқай аламыз. 1996 жылы ғана өсімдік жамлығысының көлемі азайған. 22-суреттен 1998-2006 жылдар аралығындағы өзгерістерді байқауымызға болады.



22-сурет – 1998-2006 жж. NDVI көрсеткіштері (авторлар суреті)

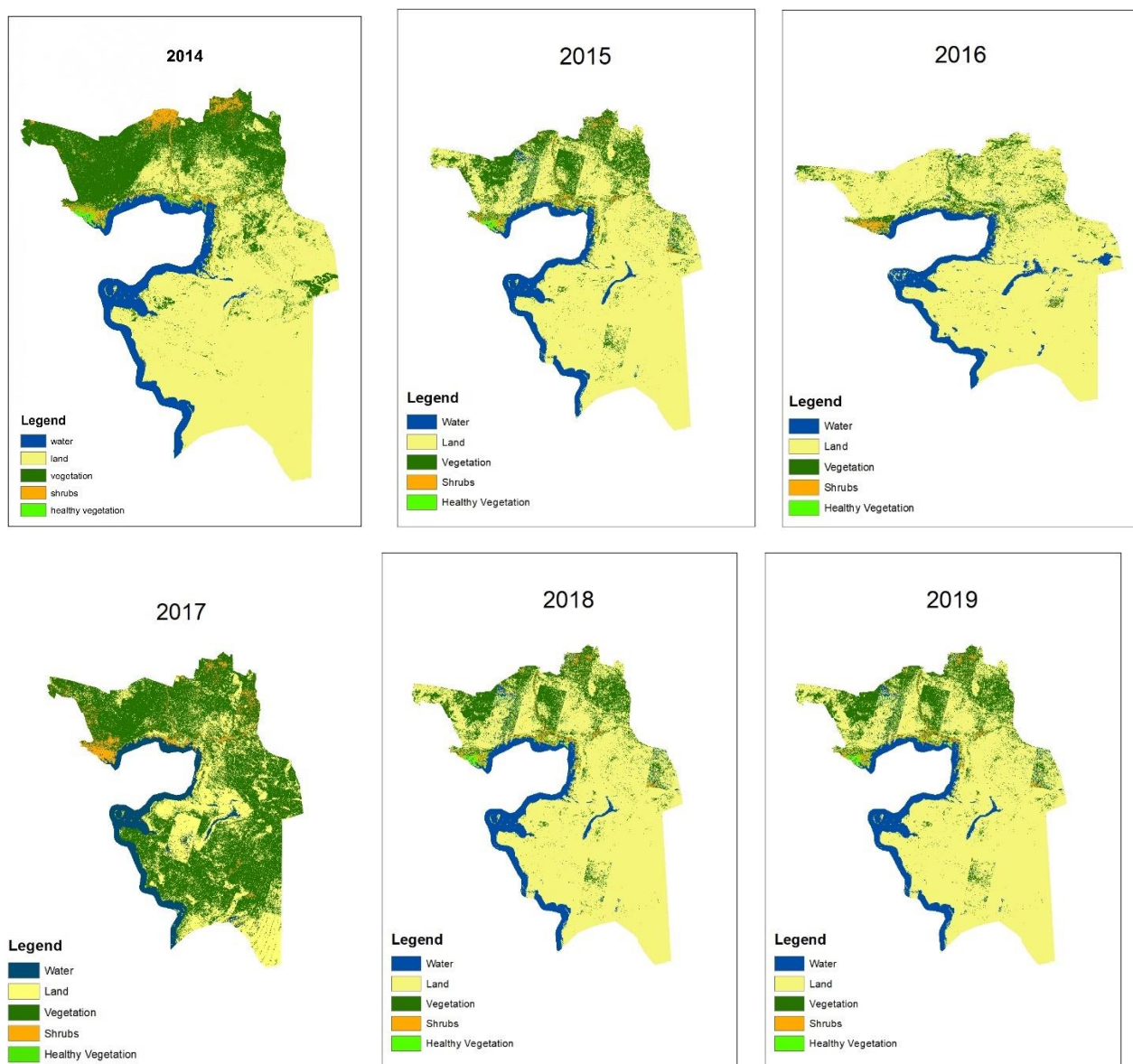
22-суретте Каспий теңізі жағалауындағы 1998-2000 жылы өсімдік жамлығысы қажетті нормада Атырау өңірінде байқалады. 1999-2001 жылдар бір-біріне ұқсас. Бұл жылдарда өсімдік жамлығысы көлемі әлдеқайда азайған. 2002 жылы өсімдік жамлығысы көлемі максимум деңгейге дейін жеткендігін Маңғыстау облысының көп бөлігінде өсімдік жамлығысының артқандығын көре аламыз. Ал 2003-2005 жылдар аралығындағы деректер болмауына

байланысты 2006 жылғы деректер қарастырылды. 2006 жылы 2002 жылмен салыстырғанда өсімдік жамылғысының көлемінің азаюы байқалады. Келесі 23-суреттен 2007-2013 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауындағы өсімдік жамылғысының өзгерісін байқай аламыз.



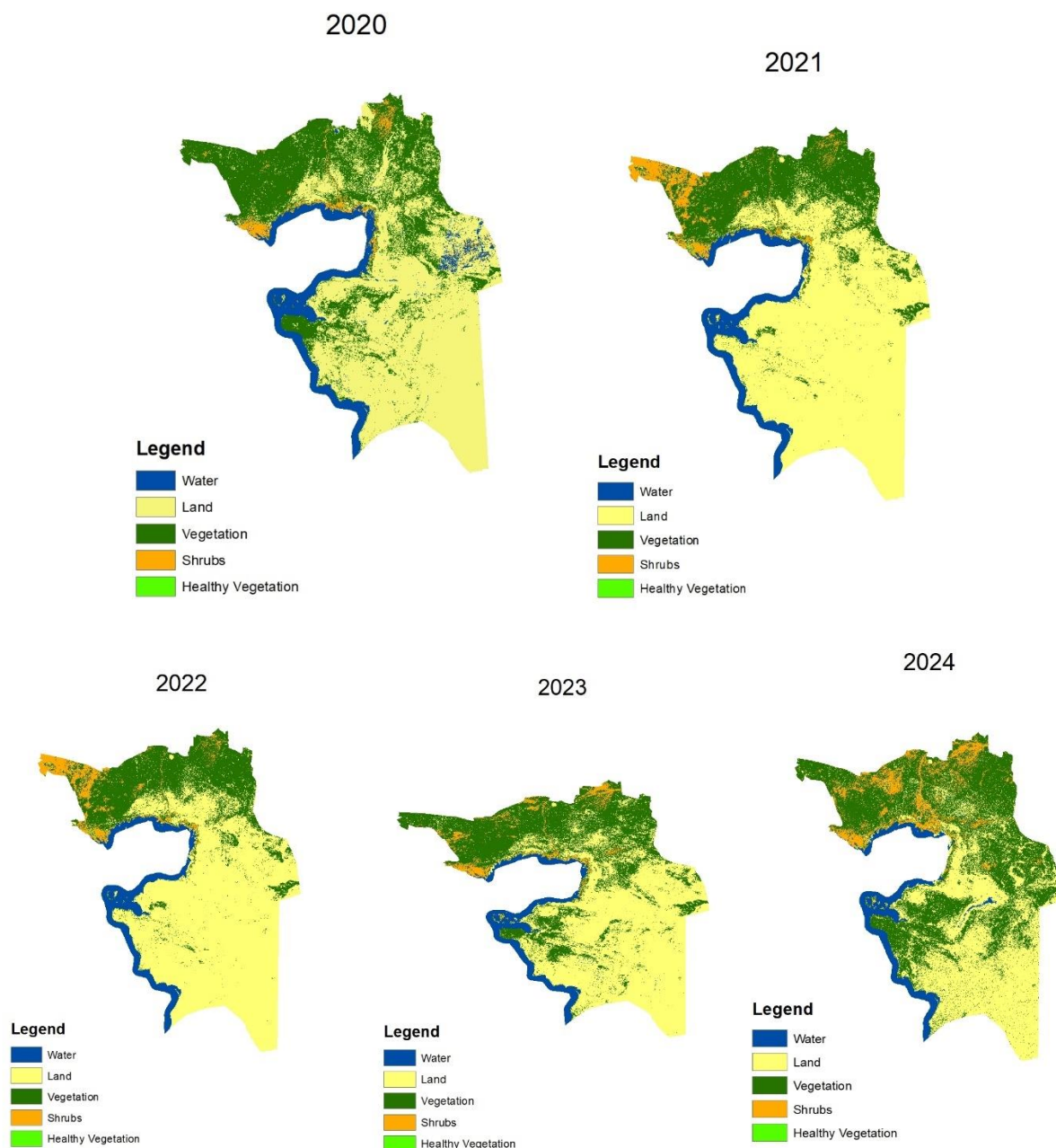
23- сурет – 2007-2013 жж. NDVI көрсеткіштері (авторлар суреті)

23-суреттен біз 2007-2008-2009 жылдардағы өсімдік жамылғысының көлемінің басым екендігін және ол 2010 жылдан ары қарай 2011-2013 жылдарға қарай азаюы болғандығын көре аламыз. 2012 жылғы мәліметтер болмауына байланысты ол талдау жасалған жоқ. Сонымен бірге 2013 жылғы көрсеткіште бұталы аумақтар көлемінің Атырау облысынан, Маңғыстау өңіріне қарай көбеюі барын байқай аламыз. 24-суретте өсімдік жамылғысы мен бұталы жерлер көлемінің 2014-2019 жылдар аралығы бойынша өзгерісіне талдау жасап, сипаттайтын боламыз.



24-сурет – 2014-2019 жж. NDVI көрсеткіштері (авторлар суреті)

2014 жылы өсімдік жамылғысы көлемі 2013 пен салыстырмалы түрде азайғанын 2015 жылы да азаюы барын және 2016 жылы жасыл көрсеткіштердің мүлдем азайып, құрғақшылық болуын көруімізге болады. Бірақ көрсеткіш 2017 жылы бірден жақсарып қарастырып отырған Каспий жағалауындағы екі облыс аумағының өсімдік жамылғысы көлемі 90 пайызға дейінгі аумақты қамтығанын көре аламыз. 2018 және 2019 жылдары көрсеткіште өткен 2017 жылғы көрсеткіштен 70 пайызға дейін жасыл түстің, яғни өсімдік жамылғысы көлемінің азайғандығын көре аламыз. Жалпы NDVI көрсеткіші бұл өсімдік жамылғысын көрсететіндіктен қарастырып отырған жағалауда орналасқан Маңғыстау өңірінің топырағы негізінен құмды және аздап тұзданған болып келеді. Яғни бұл жердегі өсімдік жамылғысының төмендеуі аймаққа жауатын жауын-шашынның көлеміне де тікелей байланысты болады. Келесі 25-суреттен 2020-2024 жж. аралығы бойынша NDVI көрсеткішін талдау жасаймыз.



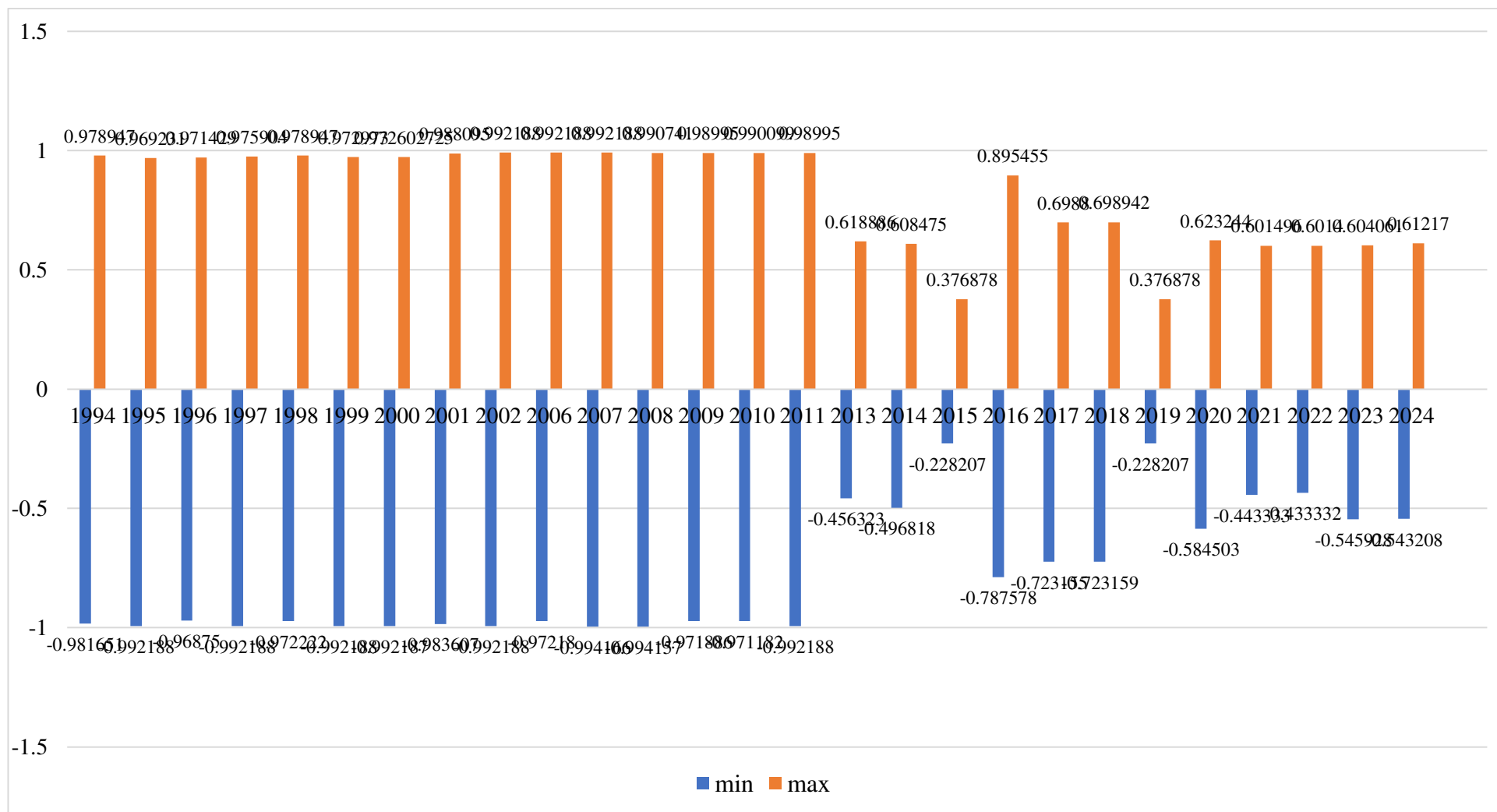
25-сурет – 2020-2024 жж. NDVI көрсеткіштері (авторлар суреті)

25-суреттен соңғы 5 жылдағы өзгерістердің әртүрлі мәнде болғандығы байқалады. Мысалы 2020 жылы 2019 жылмен салыстырғанда өсімдік жамылғысының көлемінің артуы, ал 2021 жылы Маңғыстау облысы бойынша өсімдік жамылғысының мүлдем азайып кеткендігі көрінеді. 2022 жыл 2021 жылдың көрсеткіштерімен бірдей дәрежеде және 2023 жылы өсімдік жамылғысы көрсетіші 2022 жылмен салыстырғанда көбеюін, 2024 жылы 2017 жылмен салыстырмалы түрде бірдей аумақтың 80 пайызын алып жатқандығын көре аламыз. Төмендегі 22-кестеден көрсеткіштер мәні мен 26-суретте сол мәндер бойынша тұрғызылған диаграмманы көре аламыз. Яғни карта бойынша көрсетілген мәндер сипаттамасы диаграммада анық байқалады.

Кесте 2 – 1994-2024 жж. бойынша NDVI алынған минималды және максималды мәндері (автормен құрастырылған)

Жылы	NDVI	
	min	Max
1994	-0,981651	0,978947
1995	-0,992188	0,969231
1996	-0,96875	0,971429
1997	-0,992188	0,975904
1998	-0,972222	0,978947
1999	-0,992188	0,972973
2000	-0,992187	0,972602725
2001	-0,983607	0,988095
2002	-0,992188	0,992188
2006	-0,97218	0,992188
2007	-0,994166	0,992188
2008	-0,994157	0,990741
2009	-0,971886	0,98995
2010	-0,971182	0,990099
2011	-0,992188	0,98995
2013	-0,456323	0,618886
2014	-0,496818	0,608475
2015	-0,228207	0,376878
2016	-0,787578	0,895455
2017	-0,723155	0,698988
2018	-0,723159	0,698942
2019	-0,228207	0,376878
2020	-0,584503	0,623244
2021	-0,443333	0,601496
2022	-0,433332	0,601414
2023	-0,545928	0,604061
2024	-0,543208	0,61217

2-кесте бойынша біз NDVI алынған 1994-2024 жылдар бойынша минималды және максималды мәндері бойынша диаграмма тұрғызамыз (26-сурет). Бұл мәндерден біз Каспий теңізінің Қазақстандық бөлігіндегі жағалауларындағы өсімдіктердің азайып және көбею мәндерін байқай аламыз.



26-сурет - NDVI алынған 1994-2024 жылдар бойынша минималды және максималды мәндері диаграммасы

26-сурет NDVI индексінің 1994–2024 жылдар аралығындағы минималды және максималды мәндері өсімдік жамылғысының кеңістіктік таралуы мен фотосинтездік белсенділігінің ұзақ мерзімді өзгерісін сипаттайды. Кестедегі мәліметтерге сүйенсек, бастапқы кезеңдерде (1994–2011 жж.) NDVI мәндері кең диапозонда таралған, бұл кезде максималды мәндер 0.97–0.99 аралығында болса, минималды мәндер -0.98–0.99 деңгейінде байқалады. Бұл кезеңде өсімдіктердің фотосинтездік белсенділігі жоғары болған, сонымен қатар шөлді, өсімдіксіз аумақтардың да кең таралғанын көрсетеді.

Алайда 2013 жылдан бастап NDVI мәндерінде күрт өзгеріс орын алғаны байқалады: максималды көрсеткіштер айтарлықтай төмендеп, 0.6 шамасында тұрақтайды, ал минималды мәндер біршама жақсарғанымен, абсолюттік теріс мәннен (-0.99) -0.2 және -0.7 деңгейіне дейін өскен. Бұл өсімдіктер жамылғысы тығыз әрі біркелкі болғанын білдірмейді, керісінше, кең аумақтағы деградация мен вегетациялық белсенділіктің әлсіреуін көрсетеді.

Мысалы, 2015 және 2019 жылдарында максималды NDVI тек 0.37 деңгейінде тіркелсе, бұл кезеңде өсімдік жамылғысының өте әлсіз, сирек және деградацияға ұшырағанын аңғартады. Сондай-ақ 2016 жылы салыстырмалы түрде өсімдіктер белсенділігі артып, NDVI мәні 0.89-ға дейін көтерілген.

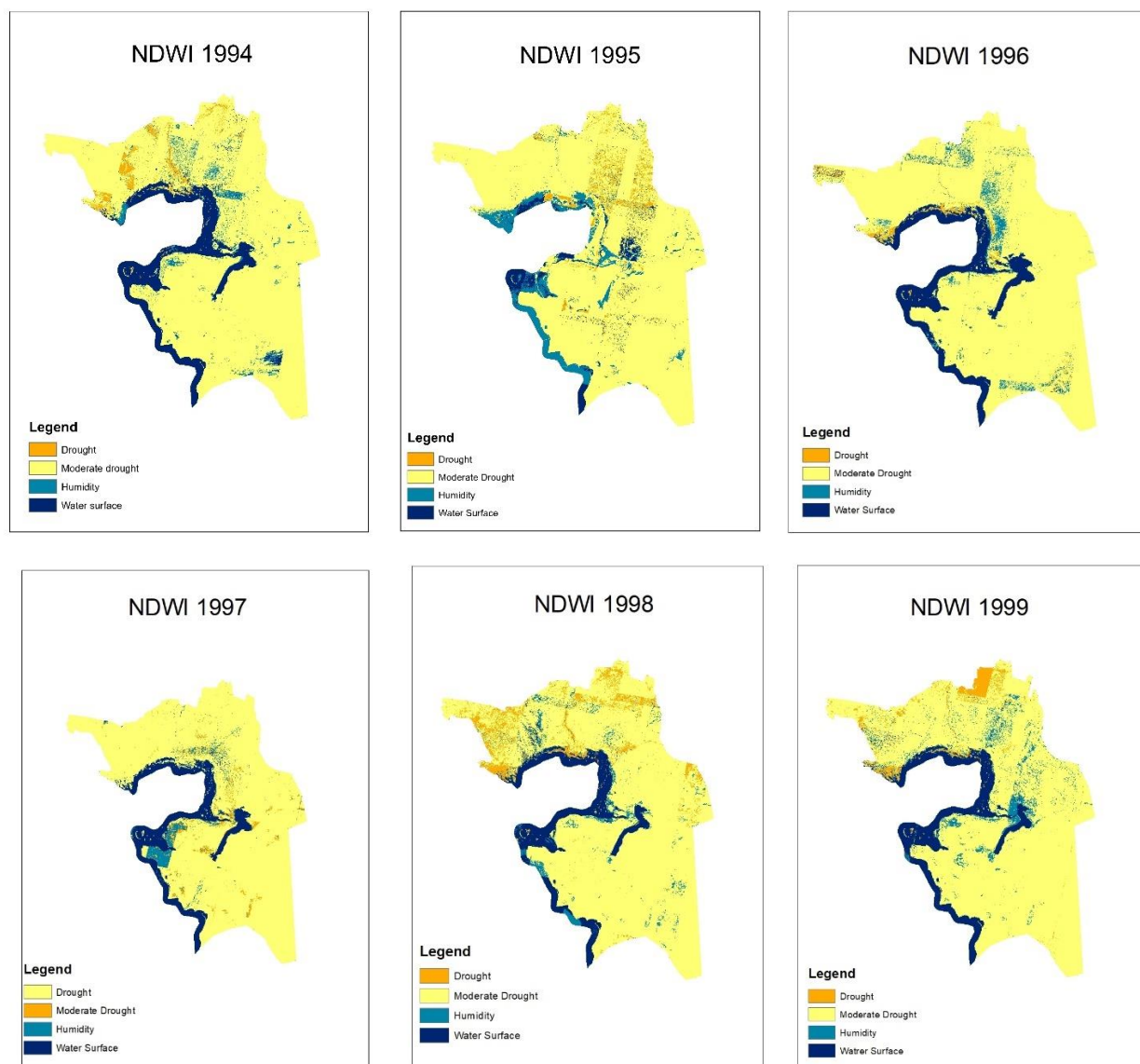
Жалпы тенденция бойынша, 1994–2011 жылдар аралығында NDVI жоғары мәндермен сипатталса, 2013 жылдан кейін бұл көрсеткіштер айтарлықтай төмендеген, яғни бұл кезеңде өсімдік жамылғысының нашарлауына, вегетация қарқындылығының азаюына және шөлейттену үдерісінің күшеюіне нақты дәлелдер бар. 2022–2024 жылдардағы максималды мәндер 0.60–0.61 аралығында сақталып, өсімдіктердің жағдайы тұрақтала бастағанын білдіруі мүмкін, алайда бұрынғы көрсеткіштермен салыстырғанда айтарлықтай төмен деңгейде қалуда.

Осы өзгерістер климаттың құрғақтануы, жер ресурстарының ұтымсыз пайдаланылуы, су тапшылығы мен антропогендік қысым салдарынан орын алған экожүйелік теңгерімнің бұзылуын көрсетеді. NDVI динамикасы өсімдіктердің деградациясын нақты көрсетіп қана қоймай, оларды қалпына келтіру шараларын жоспарлауға да негіз болады.

3.3 Су ресурстарының 1994-2024 жылдар аралығында ауытқуларын анықтау (NDWI)

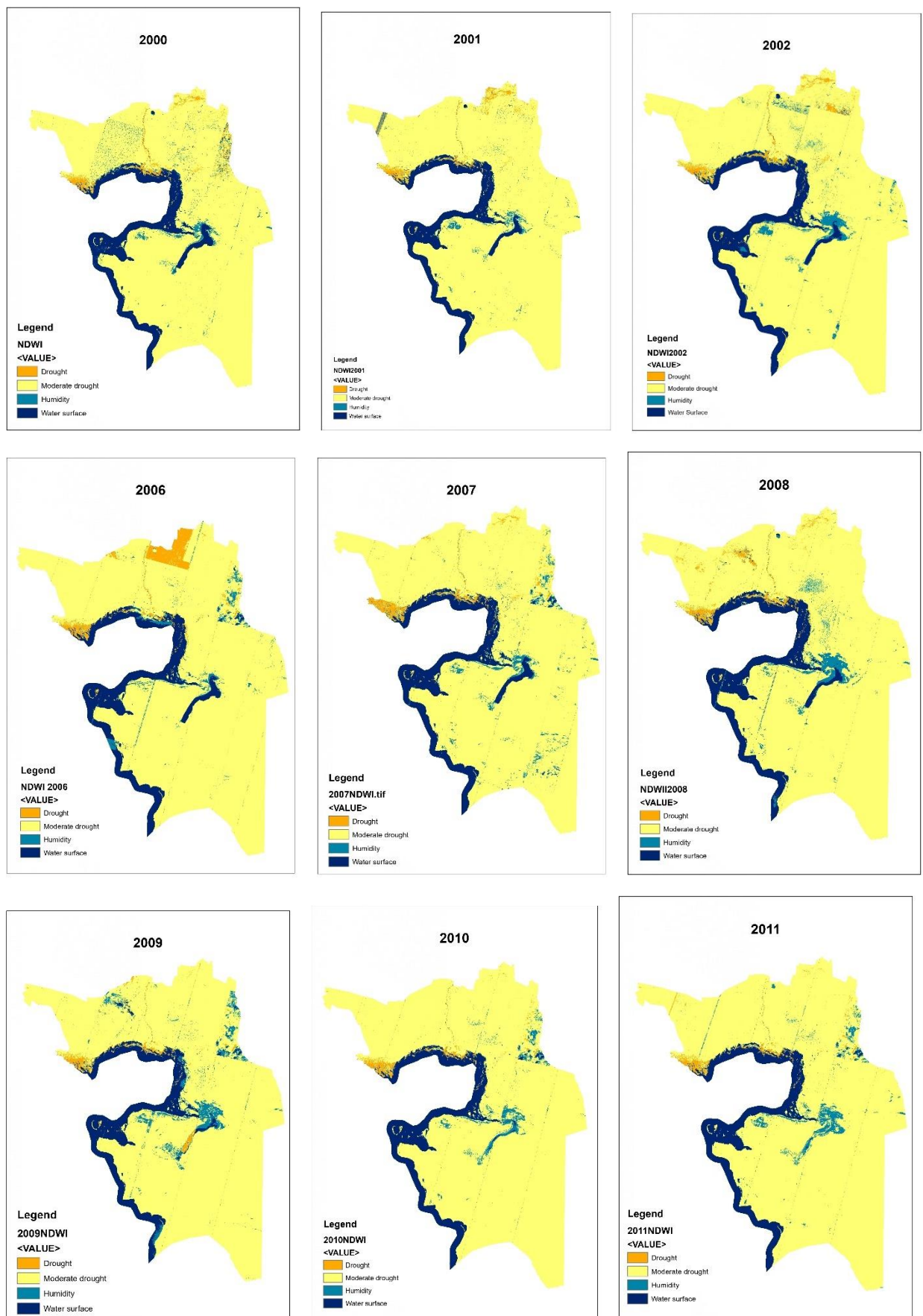
Су ресурстары кез келген аумақтың экологиялық тұрақтылығы мен экономикалық дамуы үшін стратегиялық маңызы бар табиғи жүйе компоненті болып табылады. Әсіресе климаттық өзгерістер үдеген және гидрологиялық тепе-теңдік бұзылған қазіргі жағдайда, су көздерінің жай-күйін тұрақты бақылап отыру қажеттігі артып отыр. Бұл міндетті тиімді шешудің заманауи тәсілдерінің бірі – қашықтықтан зондтау деректері негізінде спектралды индекстерді қолдану. Солардың ішінде NDWI (Normalized Difference Water Index) – жерүсті суларын, ылғалдану дәрежесін және уақыттық өзгерістерін бағалауға арналған сенімді индикатор [21]. NDWI көрсеткіші су мен құрғақ жер бетінің шағылысу

айырмашылығына негізделе отырып, су айдындарының нақты кеңістіктік шекараларын анықтауға мүмкіндік береді. 1994–2024 жылдар аралығындағы NDWI индексінің ауытқуларын зерттеу арқылы Каспий теңізі жағалауындағы су ресурстарының динамикасын, тартылу немесе ұлғаю үрдістерін және олардың ландшафттық құрылымға әсерін бағалауға болады. Бұл ақпарат табиғи ресурстарды ұтымды басқару, су тапшылығын болдырмау және экологиялық қауіптердің алдын алу шараларын негіздеуде маңызды рөл атқарады. Осы негізде біз 27-суретте NDWI индексінің 1994-1999 жылдар бойынша карта деректерін көре аламыз.



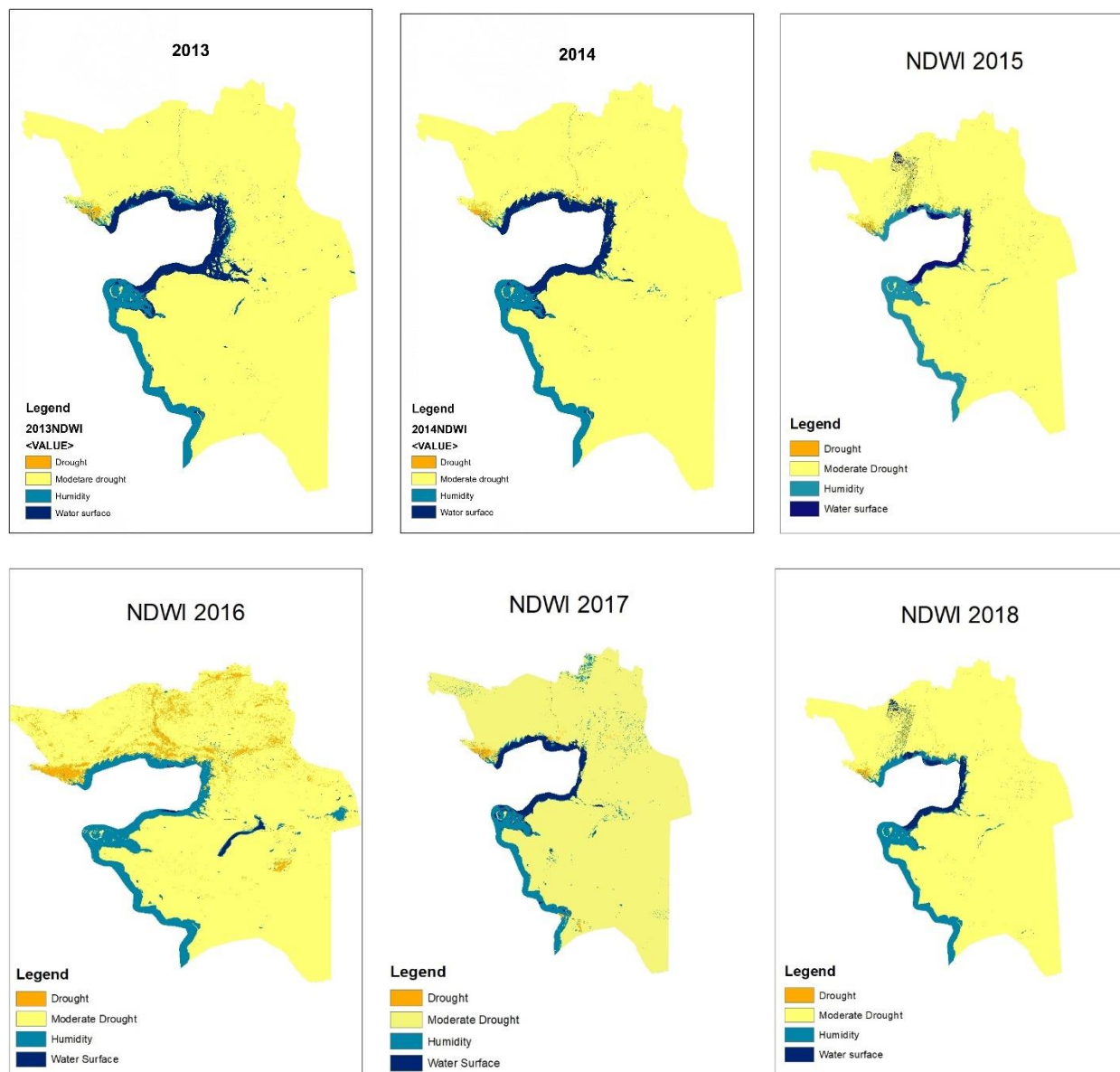
27-сурет – NDWI индексінің 1994-1999 жж. аралығындағы көрсеткіші

Жоғарыдағы 27-суреттегі мәліметтерге қарап 1994,1996 және 1999 жылдары топырақ ылғалдығы мен таңдалған аумақтағы су деңгейі жоғары екендігін, ал 1995, 1997, 1998 жылдардағы ылғалдылық пен су көрсеткіштері төмендігі байқалады. 28-суреттен біз келесі жылдар мәліметтерін көре аламыз.



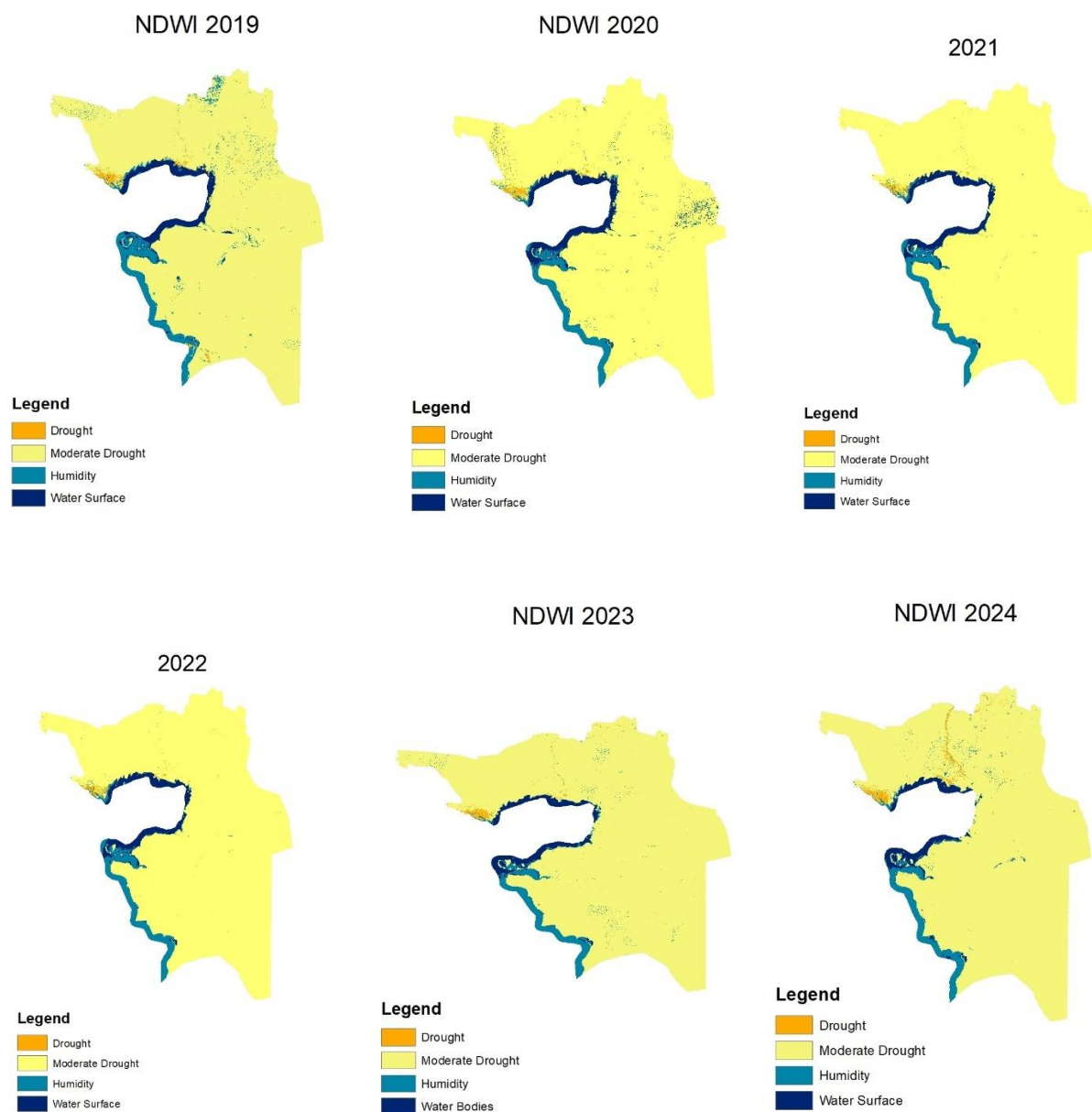
28-сурет – NDWI индексінің 2000-2011 жж. аралығындағы көрсеткіші

Жоғарыдағы 28-суреттегі көрсеткіштерге сай, 2001,2006,2008 жылдар бойынша топырақ ылғалдылық көрсеткіші мен су деңгейі төмен болса, қалған жылдар бойынша су деңгейі мен ылғалдылық көрсеткіштерінің бірдей қалыпта болғандығын көре аламыз. Ал төмендегі 29-суретте соңғы 10 жылдықтағы өзгерістерді көрсетеміз.



29-сурет – NDWI индексінің 2013-2018 жж. аралығындағы көрсеткіші

2011 жылмен салыстырғанда 2013 жылдан бастап аумақтағы ылғалдылық пен су көлемінің бірден азаюын байқауға болады. 2013 жылдан бастап 2018 жылға қарай ылғалдылық пен су деңгейі төмендей берген. Бұл процесстер ғаламдық жылынумен және Каспий құятын өзен көлемінің азаюымен тікелей байланысты болуы мүмкін. 30-суреттен соңғы жылдар бойынша NDWI индексінің 6 жылғы көрсеткішін көрсететін боламыз.



30-сурет – NDWI индексінің 2019-2024 жж. аралығындағы көрсеткіші

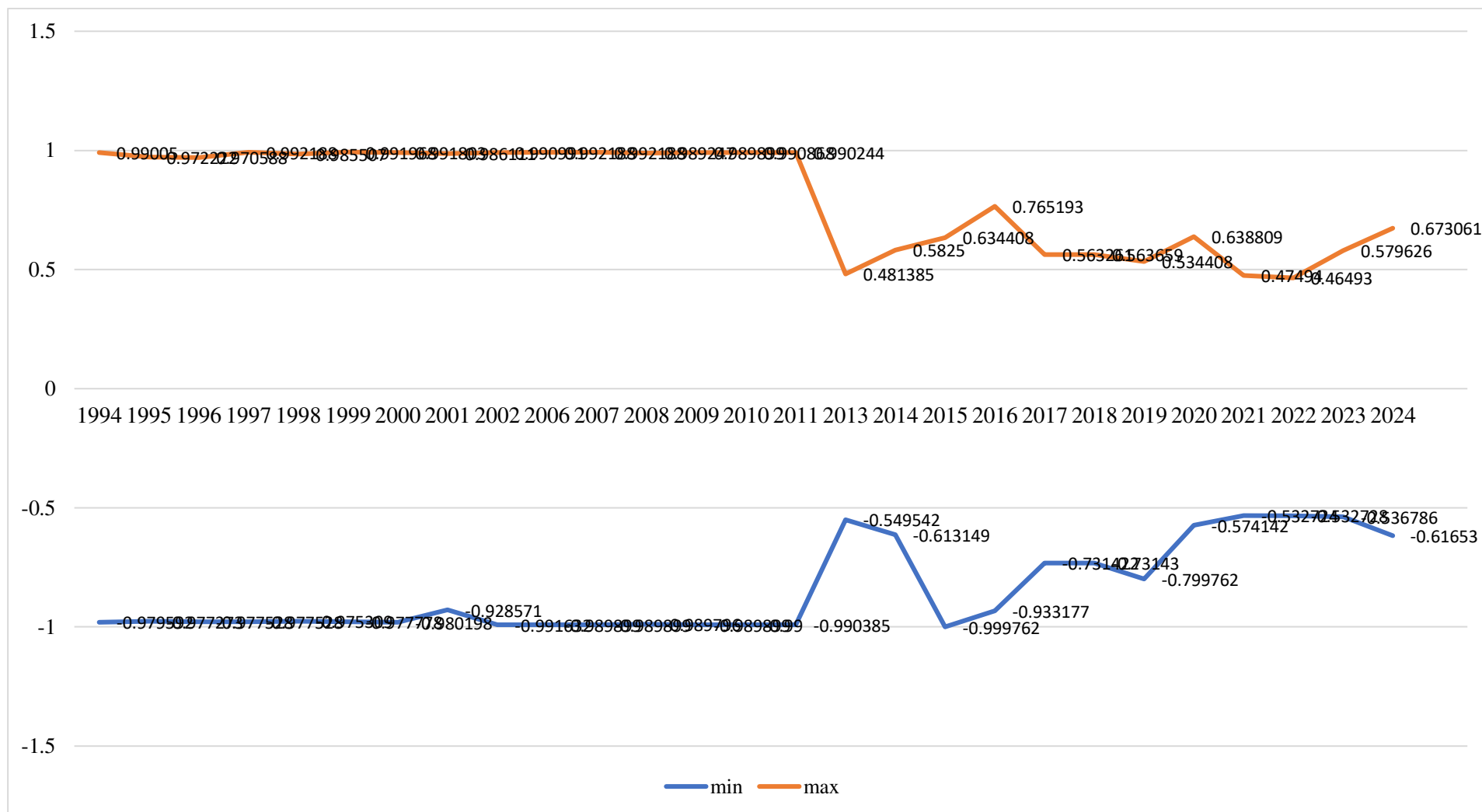
30-сурет бойынша су деңгейі мен ылғалдылық бойынша 2019-2020 жылдар аралығында көрсеткіш сақталса, 2021 және 2022 жылы ылғалдылық пен су деңгейі мүлдем азайып құрғақшылық болғандығы анық байқалады. 2023,2024 жылдары ылғалдылық пен су деңгейінің баяу өсуін көруге болады.

Жоғарыдағы көрсетілген негіздерге сәйкес ылғалдылықтың 1994-2024 жылдар бойынша минималды және максималды мәндерін 4-кестеден және оның өзгерісін диаграмма түрінде де байқауымызға болады. Бұл көрсеткіштер аумақтағы сулы орта мен өсімдіктерге қажетті ылғал мөлшерінің өзгерісін сипаттайды. Сулы орта аз болған кезде өсімдік жамылғысы азайып, өңірдегі ауыл шаруашылығы, өсімдік шаруашылықтарына орасан зор шығын әкеледі. Тіпті жер деградацияға ұшырап жарамсыз күйге жетуі мүмкін.

Кесте 3 - NDWI индексінің 1994-2024 жж. аралығындағы көрсеткіші

Жылы	NDWI	
	min	Max
1994	-0,979592	0,99005
1995	-0,977273	0,972222
1996	-0,977528	0,970588
1997	-0,977528	0,992188
1998	-0,975309	0,985507
1999	-0,977778	0,991968
2000	-0,980198	0,991803
2001	-0,928571	0,986111
2002	-0,991632	0,990991
2006	-0,989899	0,992188
2007	-0,989899	0,992188
2008	-0,989796	0,989247
2009	-0,989899	0,989899
2010	-0,99	0,990868
2011	-0,990385	0,990244
2013	-0,549542	0,481385
2014	-0,613149	0,582825
2015	-0,999762	0,634408
2016	-0,933177	0,765193
2017	-0,731422	0,563261
2018	-0,731430	0,563659
2019	-0,799762	0,534408
2020	-0,574142	0,638809
2021	-0,532724	0,47494
2022	-0,532728	0,46493
2023	-0,536786	0,579626
2024	-0,61653	0,673061

3-кесте бойынша біз NDWI алынған 1994-2024 жылдар бойынша минималды және максималды мәндері бойынша диаграмма тұрғызамыз (31-сурет). Бұл мәндерден біз Каспий теңізінің Қазақстандық бөлігіндегі жағалауларыдағы су деңгейі мен ылғалдылықтың қаншалықты дәрежеде өзгерісі барын байқауымызға болады.



31-сурет - NDWI алынған 1994-2024 жылдар бойынша минималды және максималды мәндері бойынша диаграмма

NDWI индексінің 1994–2024 жылдар аралығындағы минималды және максималды мәндері су ресурстарының кеңістіктік таралуы мен өзгеру динамикасын бағалауға мүмкіндік береді. Берілген кестеден байқағанымыздай, 1994–2011 жылдар аралығында NDWI индексінің максималды мәндері өте жоғары деңгейде – 0.97–0.99 аралығында сақталған. Бұл кезеңде су айдындарының көлемі тұрақты болғанын және жағалау аумақтарында су жамылғысының кең таралғанын көрсетеді. Сонымен қатар, минималды мәндер де (-0.97 шамасында) жоғары абсолюттік теріс көрсеткіштерді көрсетіп, құрғақ және ылғалсыз аймақтардың кеңістікте қатар орналасқанын көрсетеді.

Алайда 2013 жылдан кейінгі кезеңде NDWI индексінің максималды мәндерінде күрт төмендеу байқалады. Мәселен, 2013 жылы бұл көрсеткіш бар болғаны 0.48, ал 2015 жылы 0.63, 2021–2022 жылдары 0.46–0.47 деңгейінде ғана тіркелген. Бұл жағдай су көздерінің тартылуы, жағалау сызығының шегінуі, сулы-батпақты жерлердің азаюы және ылғалданудың төмендеуі сияқты процестердің айқын көрінісі болып табылады.

NDWI мәнінің 2016 жылы 0.76-ға дейін жеткені ерекше назар аударарлық: бұл кезеңде жауын-шашын көлемінің артуы немесе уақытша су жиналу оқиғалары әсер еткен болуы мүмкін. Бірақ бұл тенденция тұрақты болмаған, өйткені келесі жылдары қайтадан төмендеу байқалады. Ал минималды мәндердің (-0.99, -0.93, -0.79) жоғары теріс деңгейде болуы – жер бедерінің көп бөлігінде ылғалсыз, шөлді, немесе жартылай шөлейт сипаттағы аумақтардың басым екенін көрсетеді.

Жалпы алғанда, NDWI индексі бойынша алынған деректер 1994–2011 жылдары су ресурстары салыстырмалы түрде тұрақты болғанын, ал 2013 жылдан бастап су айдындарының аумағы айтарлықтай қысқарып, гидрологиялық жүйелердің әлсірегенін көрсетеді. Бұл өзгерістер Каспий теңізі жағалауының физикалық-географиялық жағдайына да әсер етіп, жағалау ландшафтының құрғауы, батпақты жерлердің тартылуы, және экожүйелердің өзгеруі сияқты күрделі процестердің жүруіне себеп болған. NDWI индексінің уақыттық ауытқулары осындай кең ауқымды өзгерістерді сандық бағалауға және су ресурстарын басқару стратегияларын ғылыми негіздеуге мүмкіндік береді.

1. Өсімдік жамылғысын қалпына келтіру және сақтау бойынша ұсыныстар (NDVI негізінде):

- Деградацияға ұшыраған аумақтарда фитомелиорациялық жұмыстар жүргізу қажет – яғни жердің өнімділігін қалпына келтіру үшін шөлге төзімді, жергілікті климатқа бейімделген өсімдіктерді отырғызу ұсынылады.

- Құрғақшылыққа бейім кезеңдерде вегетацияны қолдау мақсатында су үнемдеу технологияларын (тамшылатып суару, жаңбырлатып суару) қолдану қажет.

- Жайылымдарды шектеусіз пайдалану мен шектен тыс егіншілікке тыйым салу, топырақ эрозиясын болдырмау үшін агроэкологиялық аймақтарға бейімделген жер пайдалану жүйесін енгізу ұсынылады.

2. Су ресурстарын қорғау және тиімді пайдалану (NDWI негізінде):

- Каспий теңізінің жағалауы мен сулы-батпақты жерлерге жақын аймақтарда су көздерін қорғау шараларын күшейту, экологиялық тепе-теңдікті сақтау үшін буферлік аймақтар мен экожүйелік қалпына келтіру жұмыстарын жүргізу қажет.

- Су үнемдеуді көздейтін ирригациялық жүйелерді жаңғырту, әсіресе ауыл шаруашылығында суды тиімді пайдалану стратегияларын енгізу қажет.

- Гидрологиялық мониторинг пен қашықтықтан зондтау технологияларын тұрақты түрде пайдалану, су ресурстарының күйін үнемі бағалап отыруды қамтамасыз етеді.

3. Экологиялық саясат пен басқару ұсыныстары:

- Аймақтық деңгейде экологиялық жоспарлау және болжау жүйесін әзірлеу, NDVI мен NDWI динамикасын ескеретін цифрлық карталарды қолдану арқылы басқару шешімдерін ғылыми негізде қабылдау қажет.

- Антропогендік қысымды азайтуға бағытталған құқықтық және экономикалық тетіктерді (мысалы, субсидиялар, экологиялық салықтар) енгізу тиімді болуы мүмкін.

- Ғылыми зерттеулер мен экологиялық білім беруді күшейту, жергілікті халық арасында табиғи ресурстарды сақтауға деген жауапкершілікті арттыру.

ҚОРЫТЫНДЫ

Каспий теңізінің қазіргі жағдайын бақылау және бағалау мақсатында заманауи әрі сенімді әдістердің бірі ретінде Жерді қашықтықтан зондтау (ЖКЗ) технологиялары кеңінен қолданылуда. 1994–2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауындағы ландшафтық өзгерістерді зерттеу нәтижелері климаттық, экологиялық және антропогендік факторлардың табиғи жүйелерге ұзақ мерзімді әсерінің ауқымды әрі жүйелі сипатын айқын көрсетті. Қашықтықтан зондтау деректері негізінде есептелген NDVI және NDWI индекстерінің көпжылдық динамикасын талдау нәтижесінде жағалау аумағындағы өсімдік жамылғысы мен су ресурстарының айтарлықтай трансформацияға ұшырағаны анықталды.

Зерттеу барысында анықталған NDVI индексінің мәндері 1990-жылдардың екінші жартысы мен 2000-жылдардың алғашқы кезеңінде салыстырмалы түрде жоғары болғанымен, 2013 жылдан бастап бұл көрсеткіштің күрт төмендеуі байқалды. Бұл жағдай ландшафттың деградацияға ұшырауының, әсіресе шөлейттену үдерісінің жеделдеуі мен өсімдіктер жамылғысының әлсіреуінің нақты дәлелі болып табылады. Вегетациялық белсенділіктің төмендеуі – су тапшылығы, температураның жоғарылауы, жайылымдардың тозуы және топырақтың тұздануы сияқты бірқатар факторлардың ықпалын көрсетеді. Сонымен қатар NDVI көрсеткішінің төмен мәндері табиғи жайылымдардың өнімділігінің төмендегенін және биоалуантүрлілік деңгейінің құлдырауын да айғақтайды.

NDWI индексінің мәндеріне жүргізілген талдау су айдындарының ауытқуы мен ылғалдылық режимінің өзгеру динамикасын айқындауға мүмкіндік берді. 1994–2011 жылдар аралығында NDWI-дің жоғары мәндері Каспий жағалауындағы сулы-батпақты алқаптардың кең таралғанын және су балансының салыстырмалы тұрақтылығын білдірсе, 2013 жылдан кейінгі кезеңде NDWI максималды мәндерінің айтарлықтай төмендегені байқалады. Бұл теңіз деңгейінің шегінуі, көлтабанның тартылуы және ылғал көздерінің қысқаруы сияқты процестердің күшейгенін көрсетеді. Нақтырақ айтқанда, жағалау зонасының бірқатар учаскелерінде уақытша және тұрақты су айдындарының көлемі азайып, жердің тозуы мен ландшафтық құрғау арта түсті. Қорытындылай келе, Каспий теңізінің жағалауы соңғы 30 жыл ішінде экологиялық тұрғыдан осал аймаққа айналып отыр. Бұл аумақтағы табиғи ландшафтардың тұрақсыздығы, климаттық өзгерістер мен антропогендік қысымның артуы NDVI мен NDWI индекстерінің негізінде дәлелденіп отыр. Қазіргі таңда бұл өңірде шөлейттенуге қарсы күрес, өсімдік жамылғысын қалпына келтіру, су ресурстарын ұтымды пайдалану және жағалау экожүйелерін қорғау сияқты бағыттарда нақты іс-шаралар қажет. Қашықтықтан зондтау деректерін жүйелі түрде пайдалану – болашақтағы мониторинг, экологиялық бағалау және басқарушылық шешімдерді ғылыми негізде қабылдау үшін маңызды құрал болып қала береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Бейсенова Ә. С. Қазақстанның физикалық географиясы: Оқулық / – Алматы: 2014. – 540 б. ISBN 978-601-217-469-4
- 2 Бейсенова Ә., Самақова А., Есполов Т., Шілдебаев Ж., Экология және табиғатты тиімді пайдалану, Алматы. - 2004, 328 б.
- 3 Ахметов Б.Б., «Каспий өңірі: жаңа талаптар, жаңа мүмкіндіктер»: халықаралық ғылыми тәжірибелік конференциясының материалдары, Ақтау: Ш.Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті, 2019. – 197 б.
- 4 Роман В.С. Геополитические факторы в тенденциях экономического развития Каспийского региона // Единый Каспий: межгосударственное сотрудничество и проблемы социально-экономического развития региона. Материалы международной научной конференции. 10-11 июня 2002 года. - Астрахань: Изд-во Астраханского государственного педагогического университета, 2002. - С. 129.
- 5 Kazhydromet. Есеп: Каспий теңізінің деңгейлік өзгерістері. – Астана: «Қазгидромет» РМҚ, 2024., URL: <https://www.kazhydromet.kz/post/2511>
- 6 Лебедев С.А., Костяной А.Г., Гинзбург А.И., Динамика Каспийского моря по данным инструментальных измерений, результатам моделирования и данным дистанционного зондирования, Геофизический центр РАН, г. Москва, Россия. - 2015, 146-179 б.
- 7 Сутырина Е. Н., Дистанционное зондирование земли : учеб. пособие / Е. Н. Сутырина. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. – 165 с.
- 8 Google Earth Engine Developers. Earth Engine Data Catalog. – 2024., URL: <https://earthengine.google.com/>
- 9 QGIS Documentation Team. QGIS User Guide (Long Term Release 3.28). – 2023.
- 10 Balasubramanian, A., Digital elevation model (DEM) IN GIS, 2017 10.13140/RG.2.2.23976.47369.
- 11 NOAA National Data Centers, URL: www.ngdc.noaa.gov/ngdc.html
- 12 Калинин И.В. Оценка антропогенной преобразованности ландшафтов равнинного Крыма // Научные ведомости. Серия Естественные науки. - 2016. - № 25(246). - Вып. 37. - С. 156-168.
- 13 Опекунова М.Г. Диагностика техногенной трансформации ландшафтов на основе биоиндикации: Автореф. дис. ...докт. геогр. наук. Санкт-Петербург, 2013. 37 с.
- 14 Кейко Т.В., Коновалова Т.И. Ландшафтно-экологическое картографирование на основе материалов дистанционного зондирования Земли из космоса // Солнечно-земная физика. 2004. Вып. 5. С. 48-50.
- 15 Бямба Оюунханд, Касьянова Елена Леонидовна использование ДЗЗ и ГИС при создании географических основ для тематических карт // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий).

2021. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-dzz-i-gis-pri-sozdanii-geograficheskikh-osnov-dlya-tematicheskikh-kart> (дата обращения: 02.04.2025).

16 Шубина, М. А., Использование ГИС-технологий для анализа материалов дистанционного зондирования природных объектов: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии» направленность (профиль) «Инфокоммуникационные системы и технологии» и 05.03.03 «Картография и геоинформатика» направленность (профиль) «Геоинформатика» / М. А. Шубина. – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2023. – 104 с.

17 Exploring The Top Software Tools For Satellite Image Analysis, 2023, URL: <https://www.tech-critter.com/exploring-the-top-software-tools-for-satellite-image-analysis/>

18 Aktaş, Ayda & Üstündağ, Burak. (2017). Phenology based NDVI time-series compensation for yield estimation analysis. 1-5. 10.1109/Agro-Geoinformatics.2017.8047038.

19 Kshetri, Tek., NDVI, NDBI & NDWI Calculation Using Landsat 7, 8., 2018, URL: https://www.researchgate.net/publication/327971920_NDVI_NDBI_NDWI_Calculation_Using_Landsat_7_8

20 Sofia Sushko, Kristina Ivashchenko, Aleksei Dobrokhoto, Ludmila Orlova, Elena Zakharova, Eugeny Gerasimov, Svetlana Neprimerova The normalized difference vegetation index (NDVI) as a proxy of soil fertility under no-tillage: Features for different Chernozems and applied treatments in Russian forest-steppe region // Biological Communications. 2024. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/the-normalized-difference-vegetation-index-ndvi-as-a-proxy-of-soil-fertility-under-no-tillage-features-for-different-chnozems-and>

21 Serrano, João & Shahidian, Shakib & Marques Da Silva, José., Evaluation of Normalized Difference Water Index as a Tool for Monitoring Pasture Seasonal and Inter-Annual Variability in a Mediterranean Agro-Silvo-Pastoral System, 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

О.А.Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы

Терекова Аружан Уринбасаровна
Жұмағалиева Динара Берікқызы

1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық
өзгерісін талдау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07304– Геокеңістіктік цифрлық инженерия

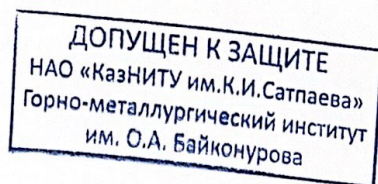
Алматы 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Маркшейдерлік іс және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі,

т.ғ.к., қауымд. профессор

Г.Мейрамбек

"06" 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының
ландшафтық өзгерісін талдау»

6B07304 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия
білім беру бағдарламасы

Орындағандар:

Жұмағалиева Динара Берікқызы
Терекова Аружан Уринбасаровна

Пікір беруші:
Доктор PhD, қауым. профессор
Сәтбаева А.А.
"02" 2025 ж.



Ғылыми жетекші:
Доктор PhD, профессор
Жақыпбек Ы.
"03" 2025 ж.

Алматы 2025 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

О.А.Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Маркшейдерлік іс және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі

Г.Мейрамбек

"22" 06 2025 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Терекова Аружан Уринбасаровна

Жұмағалиева Динара Берікқызы

Тақырыбы: «1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының
ландшафтық өзгерісін талдау»

Академиялық істер жөніндегі проректор 2025 жылғы "29" 01 №26 П/Ө
бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі "2" маусым 2025 жыл

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: 1994-2024 жылдар аралығындағы
Landsat 4-5, 8 ғарыштық суреттері, ArcGIS бағдарламасы

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

- а) Каспий теңізінің физикалық-географиялық орналасу ерекшелігін зерттеу
- б) 1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгеруін талдау

в) Қашықтықтан зондтауда қолданылатын бақылау индекстері NDVI және NDWI
жұмыс жасау

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):
NDVI және NDWI индекстері негізінде Каспий теңізі жағалауының өзгеру
картасы

Жұмыс презентациясы: 15 бет ұсынылған.

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 20 атаулардан

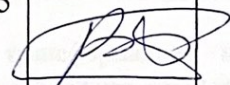
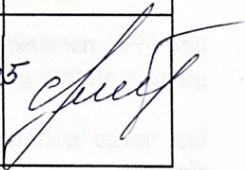
Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

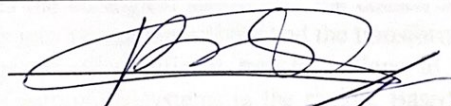
Бөлімдердің атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертулер
Каспий теңізі аумағына жалпы сипаттама	08.04.2025	-
Таңдалған аймақтың рельефтік жағдайын зерттеу әдістемесі	30.04.2025	-
1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгеруін талдау	20.05.2025	-

Аяқталған дипломдық жұмыс үшін, оған қатысты дипломдық жұмыс бөлімдердерінің кеңесшілері мен норма бақылаушыларының қойған

қолдары

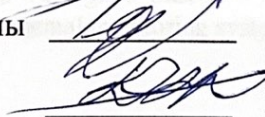
Бөлімдердің атаулары	Ғылыми жетекші, кеңесшілер, (аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы))	Қол қойылған күні	Қолы
Каспий теңізі аумағына жалпы сипаттама	PhD, профессор Жакыпбек Ы	23.05.2025	
Таңдалған аймақтың рельефтік жағдайын зерттеу әдістемесі	PhD, профессор Жакыпбек Ы	23.05.2025	
1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгеруін талдау	PhD, профессор Жакыпбек Ы	23.05.2025	
Норма бақылаушы	Т.Ғ.К., қауымдастырылған профессор Мадимарова Г.С.	26.05.2025	

Ғылыми жетекші



Жакыпбек Ы.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Терекова А.У.

Жұмағалиева Д.Б.

Күні

" 26 " 08 2025 ж

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Терекоев Аружан Уринбасаровна Жұмағалиева Динара Берікқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Дипломдық жұмыс «1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгеруін талдау»

Научный руководитель: Ырысжан Жакыпбек

Коэффициент Подобия 1: 4.5

Коэффициент Подобия 2: 1.7

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 3

Интервалы: 0

Белые Знаки: 307

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, являются законными и не являются плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрывающегося плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 05.06.2022

Баймурзаев О.
проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Терекова Аружан Уринбасаровна Жұмағалиева Динара Берікқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Дипломдық жұмыс «1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгеруін талдау»

Научный руководитель: Ырысжан Жакыпбек

Коэффициент Подобия 1: 4.5

Коэффициент Подобия 2: 1.7

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 3

Интервалы: 0

Белые Знаки: 307

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 05.06.25 г.



Заведующий кафедрой

СЫН – ПІКІР

Дипломдық жұмысқа

Терекова Аружан Уринбасаровна
Жұмағалиева Динара Берікқызы

6B07304 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия

Тақырыбы: 1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгерісін талдау

Орындалды:

а) слайдтық бөлім 15 парак

б) түсініктеме 72 бет

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жұмыс соңғы 30 жыл аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгерістерін зерттеу қарастырылған. Дипломдық жұмыста жерді қашықтықтан зондау және спутниктік деректерді негізінде индекстері талданып, зерттелетін аймақтағы өсімдік жамылғысы мен су объектілерінің қалай өзгерістерін бақылаған. Дипломдық жұмыс дұрыс құрылымдалған, мақсаттар мен міндеттер нақты тұжырымдалған. Кемшілігі мәтіндегі кейбір грамматикалық және стилистикалық қателіктер кездеседі.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Ізденушінің жұмысын және презентациясын жан-жақты талдай отырып, Терекова Аружан Уринбасаровна және Жұмағалиева Динара Берікқызының дипломдық жұмысы барлық стандарттық талаптарға мен жұмыстың тақырыбына сәйкес толықтай қарастырылып, жоғары деңгейде орындаған. Жалпы жұмысты 98 - «өте жақсы» деп бағалаймын.

Рецензент

**Доктор PhD, ГЖЖК кафедрасының
қауым. профессоры,
«ХБК» ЖШС**

«27» мамыр 2025 ж.

А.А. Алтаева



Ғылыми жетекшінің пікірі

Дипломдық жұмыс

(жұмыс түрлерінің атауы)

Терекова Аружан Уринбасаровна
Жұмағалиева Динара Берікқызы
(оқушының аты жөні)

6B07304 – «Геокөнестіктік цифрлық инженерия»
(БББ атауы мен шифрі)

Тақырыбы: 1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізі жағалауының ландшафтық өзгерісін талдау

Дипломдық жұмыста 1994-2024 жылдар аралығындағы Каспий теңізінің солтүстік-шығыс жағалауындағы ландшафтық өзгерістерге талданған. Зерттеу өсімдіктер мен су объектілерінің динамикасын бағалау үшін жерді қашықтықтан зондтау деректері негізінде NDVI және NDWI индекстерін қолдана отырып отыз жылдық өзгерістеріне мониторинг жасалған.

Дипломдық жұмыста жағалау аймағының экожүйесіндегі өзгерістерге әсер еткен негізгі табиғи және антропогендік факторларды анықтап, оның экологиялық тұрақтылық, шөлейттену және ландшафтың өзгерісін бағалайды.

Спутниктік суреттерді талдау ландшафт құрылымындағы ұзақ мерзімді өзгерістерді сандық сипаттауға мүмкіндік берді. Жұмыс нәтижелері Каспий теңізі жағалауының ландшафтық айтарлықтай өзгергендігін және жыл сайын қуаңшылыққа ұшырау салдарынан мал азықтарының жоқ болып бара жатқандығы анықталған. Сондықтан осындай бақылау жұмыстарының маңыздылығы арта түсуде.

Жұмыс тақырыптың өзектілігін, ойластырылған әдіснаманы және зерттеу құралдарын сенімді меңгергендігін көрсетеді.

Дипломдық жобаны 100 %-ға өте жақсы деп бағалай отырып, иелері Жұмағалиева Динара Берікқызы мен Терекова Аружан Уринбасаровнаны бакалавр академиялық дәрежесіне лайықты деген ойдамын және жұмысын қорғауға жіберуге ұсынамын.

Жетекші
ҚазҰЗТУ, МІЖГ кафедрасының
профессоры, Доктор PhD
«02» маусым 2025ж.



Ы. Жакыпбек