

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ 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

Кенжеғұлова Амина Ермекқызы

GIS көмегімен ЖЖСМ құру үшін табиғи құбылыстар мен процестерді зерттеу

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7М07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия

Алматы 2026

·Алматы 2026

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ 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

7М07306 - «Геокеңістіктік цифрлық инженерия»

БЕКІТЕМІН

«Маркшейдерлік іс және
геодезия»
кафедрасының меңгерушісі
Т.ғ.к., қауым. проф.

Мейрамбек Г.
2026
ж.

**Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант: Кенжегүлова Амина Ермекқызы

Тақырыбы: «GIS көмегімен ЖЖСМ құру үшін табиғи құбылыстар мен процестерді зерттеу»

Академиялық мәселелер жөніндегі проректор 28.03.2024 жылы №133 -П/Ө бұйрығымен бекітілген
Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі: « 06 » қаңтар 2026 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: Негізгі дерек көзі ретінде SRTM спутниктік биіктік деректері пайдаланылып, олардың негізінде ЖЖСМ жасалды.

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын сұрақтар тізімі:

а) Зерттеу аумағындағы су тасқыны қаупіне ұшыраған аймақтардың кеңістіктік және уақыттық өзгерістерін бағалау;

б) Су тасқыны қаупі бар аумақтарды төменгі жазық және ойпаң учаскелерде тиімді басқару шараларының тиімділігін бағалау, су ресурстарын тұрақты пайдалану мүмкіндігін анықтау;

в) Су тасқыны қаупінен қорғалған аумақтарды тұрақты түрде пайдалану, гидрологиялық жағдайларды жақсарту және ауыл шаруашылығы немесе басқа мақсатта тиімді қайта пайдалану мүмкіндіктерін зерттеу.

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып): жұмыс презентациясы 19 слайдтарда көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1 Kenzhegulova A., Baigurin Zh. Analysis and modeling of natural processes of agricultural lands using geographic information systems and artificial intelligence technologies, VOL 1, No 107, (2025).

2 United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Global Land Outlook, 2nd edition, 2022.

3 United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Global Land Outlook, 2nd edition, 2022.

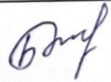
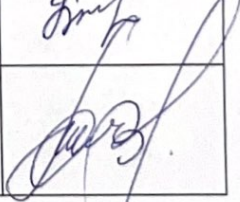
4 Wang, X., et al. (2019). "Combating desertification in China: achievements and future challenges." Land Degradation & Development.

Магистрлік диссертацияны дайындау

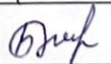
КЕСТЕСІ

Бөлім атауы, қарастырылған мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімі	Ескерту
Табиғи құбылыстар мен процестерді зерттеудің теориялық негіздері	22.09.2025ж	-
Табиғи процестерді GIS және қашықтықтан зондтау әдістері арқылы зерттеу	27.10.2025ж	-
Жайық өзені алабында GIS негізінде су тасқыны қаупін бағалау	03.12.2025ж	-

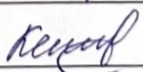
Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қатысты бөлімдердің жұмыстарын көрсетумен, кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолдары

Бөлімдердің атаулары	Консультанттар, аты-жөні (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Табиғи құбылыстар мен процестерді зерттеудің теориялық негіздері	Байгурин Ж.Д. т.ғ.д., профессор	22.09.2025	
Табиғи процестерді GIS және қашықтықтан зондтау әдістері арқылы зерттеу	Байгурин Ж.Д. т.ғ.д., профессор	27.10.2025	
Жайық өзені алабында GIS негізінде су тасқыны қаупін бағалау	Байгурин Ж.Д. т.ғ.д., профессор	03.12.2025	
Норма бақылаушы	Киргизбаева Д.М. т.ғ.к., қауымдастырылған профессор	06.01. 2026ж	

Ғылыми жетекшісі

 Байгурин Ж.Д.

Білім алушы тапсырманы орындауға алған

 Кенжеғұлова А.Е.

Күні

«__» _____ 20 ж.

АНДАТПА

Бұл диссертациялық жұмыс GIS технологияларын қолдану арқылы табиғи құбылыстар мен процестерді зерттеуге, сондай-ақ су тасқыны қаупін бағалау үшін ЖЖСМ құруға бағытталды. Зерттеу Батыс Қазақстан аумағында Жайық өзені бойында орналасқан аудандарды қамтыды. Негізгі дерек көзі ретінде SRTM спутниктік биіктік деректері пайдаланылып, олардың негізінде ЖЖСМ жасалды.

Су тасқынына дейінгі, су тасқыны барысындағы және су тасқынынан кейінгі кезеңдер үшін NDWI және MNDWI су индекстері есептеліп, су басқан аумақтардың кеңістіктік динамикасы анықталды. DEM негізінде Flow Direction және Flow Accumulation гидрологиялық модельдеу әдістері қолданылып, судың ағу бағыты мен жинақталу аймақтары белгіленді. Жүргізілген кеңістіктік талдау нәтижесінде су тасқыны қаупі жоғары аумақтар айқындалып, қауіпті аймақтардың картасы жасалды.

Зерттеу нәтижелері табиғи процестерді кеңістікте дәл бейнелеуге, су тасқынының таралу заңдылықтарын анықтауға және тәуекел деңгейін бағалауға мүмкіндік берді. Бұл жұмыс су тасқыны қаупін төмендету, аумақтарды жоспарлау және төтенше жағдайлардың алдын алу шараларын ғылыми негізде әзірлеу үшін маңызды практикалық мәнге ие.

АННОТАЦИЯ

Данная диссертационная работа направлена на изучение природных явлений и процессов с использованием GIS-технологий, а также на построение цифровой модели местности (ЦММ) для оценки риска наводнений. Объектом исследования стали районы, расположенные вдоль реки Жайык на территории Западного Казахстана. В качестве исходных данных использовались спутниковые высотные данные SRTM, на основе которых была создана ЦММ.

Для периодов до наводнения, во время и после него были рассчитаны водные индексы NDWI и MNDWI, что позволило выявить и картографировать затопленные территории. На основе DEM были выполнены гидрологические анализы Flow Direction и Flow Accumulation, определяющие направление и аккумуляцию поверхностного стока. В результате пространственного анализа была разработана карта зон наводнения и выделены территории с повышенной степенью опасности.

Полученные результаты демонстрируют возможности GIS и дистанционного зондирования при анализе природных процессов и оценке рисков чрезвычайных ситуаций. Работа имеет практическое значение для прогнозирования наводнений, территориального планирования и разработки мер по снижению последствий паводков.

ANNOTATION

This dissertation research was aimed at studying natural phenomena and processes using GIS technologies, as well as constructing a Digital Elevation Model (DEM) to assess flood hazards. The study area covered districts located along the Ural (Zhayik) River in Western Kazakhstan. SRTM satellite elevation data were used as the primary data source for generating the digital terrain model.

NDWI and MNDWI water indices were calculated for pre-flood, flood, and post-flood periods to identify and map inundated areas and their spatial dynamics. Based on the DEM, hydrological analyses including Flow Direction and Flow Accumulation were performed to determine surface water flow paths and accumulation zones. The findings demonstrate the effectiveness of GIS and remote sensing methods in analyzing natural processes and assessing flood risks. The study provides a scientific basis for flood risk management, land-use planning, and the development of preventive measures to mitigate the impacts of flood events.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Табиғи құбылыстар мен процестерді зерттеудің теориялық негіздері	9
1.1 Табиғи құбылыстар мен процестердің географиялық мәні	9
1.2 Су тасқынының қалыптасу факторлары және оның аумақтық ерекшеліктері	12
1.3 Су тасқынының экологиялық және әлеуметтік-экономикалық салдары	15
2 Табиғи процестерді GIS және қашықтықтан зондтау әдістері арқылы зерттеу	20
2.1 Геоакпараттық жүйелердің табиғи процестерді зерттеудегі рөлі	20
2.2 Су тасқынын зерттеуде қашықтықтан зондтау деректері мен су индекстері	25
2.3 Жергілікті жердің сандық моделі: түрлері және оларды құру әдістері	31
3 Жайық өзені алабында GIS негізінде су тасқыны қаупін бағалау	35
3.1 Зерттеу аумағының сипаттамасы және бастапқы деректер	35
3.2 NDWI және MNDWI негізінде су басқан аумақтарды анықтау және ЖЖСМ негізінде гидрологиялық модельдеу	40
3.3 Өзен суы тасу ағынын анықтау және қауіпті аймақ картасын жасау	45
Қорытынды	52
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	53

КІРІСПЕ

Зерттелетін тақырыптың өзектілігі. Қазіргі кезеңде климаттың өзгеруі, табиғи процестердің қарқындылығының артуы және антропогендік ықпалдың күшеюі нәтижесінде қауіпті табиғи құбылыстардың, соның ішінде су тасқынының жиілігі мен ауқымы артып отыр. Су тасқыны – елді мекендерге, ауыл шаруашылығы алқаптарына, инфрақұрылым нысандарына елеулі зиян келтіретін табиғи қауіп-қатердің бірі. Әсіресе өзен аңғарларында орналасқан аумақтарда жер бедерінің ерекшеліктері мен су ағысының динамикасы тасқын қаупінің қалыптасуында шешуші рөл атқарады. Осыған байланысты су тасқыны қаупін алдын ала бағалау, қауіпті аймақтарды дәл анықтау және табиғи процестерді кеңістікте зерттеу өзекті ғылыми және практикалық мәселе болып табылады.

Қазақстан Республикасы үшін бұл мәселе ерекше маңызға ие, себебі ел аумағында ірі өзен жүйелері мен кең жазық аймақтар орналасқан. Соңғы жылдары Жайық, Ертіс, Сырдария өзендері алаптарында су тасқыны жағдайлары жиілеп, әлеуметтік-экономикалық шығындардың артуына себеп болып отыр. Су тасқынының таралуын және қауіпті аймақтарын дәл анықтау үшін заманауи геоакпараттық жүйелер мен қашықтықтан зондтау деректерін қолдану қажеттілігі артып келеді. Осы тұрғыда жер бедерінің цифрлық моделін (ЖЖСМ) құру және оны гидрологиялық талдаумен ұштастыру табиғи процестерді зерттеудің тиімді ғылыми құралы болып саналады.

Жұмыстың мақсаты. GIS технологияларын қолдану арқылы табиғи құбылыстар мен процестерді зерттеу, SRTM деректері негізінде жер бедерінің цифрлық моделін (ЖЖСМ) құру және Жайық өзені алабы мысалында су тасқыны қаупін бағалау. Сонымен қатар, су тасқынына дейінгі, барысындағы және кейінгі кезеңдердегі су басқан аумақтарды NDWI және MNDWI индекстері арқылы анықтап, қауіпті аймақтардың картасын жасау көзделеді.

Жұмыстың негізгі міндеттері:

- Табиғи құбылыстар мен процестердің, соның ішінде су тасқынының қалыптасу заңдылықтарын ғылыми тұрғыда талдау;
- Жергілікті жердің сандық моделін құрудың теориялық негіздері мен әдістерін қарастыру;
- Қашықтықтан зондтау деректері негізінде NDWI және MNDWI су индекстерін есептеу арқылы су басқан аумақтарды анықтау;
- DEM негізінде Flow Direction және Flow Accumulation әдістерін қолдана отырып, судың ағу бағыты мен жинақталу аймақтарын модельдеу;
- Су тасқыны қаупі жоғары аумақтарды анықтап, қауіпті аймақтардың картасын әзірлеу.

Зерттеу нысаны: Жайық өзені алабында орналасқан аумақтардағы табиғи гидрологиялық процестер және су тасқынының кеңістіктік таралуы.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы: Зерттеу нәтижелері су тасқыны қаупін болжау, қауіпті аймақтарды карталау, аумақтарды жоспарлау және төтенше жағдайлардың алдын алу шараларын әзірлеу барысында

қолдануға жарамды. Алынған материалдар жергілікті атқарушы органдар, экология және су ресурстарын басқару салалары үшін практикалық маңызға ие.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы. 2023, 2024, 2025 жылдар аралығына қашықтықтан зондтау деректері негізінде Жайық өзені бойындағы су тасқыны динамикасы анықталды. Су тасқынының кеңістіктік таралуын анықтау үшін SRTM негізіндегі жергілікті жердің сандық моделі (ЖЖСМ) мен TIN моделі құрылып, өңірдің жер бедері құрылымы талданды. Гидрологиялық модельдеу нәтижелері ЖЖСМ және TIN деректерімен интеграцияланып, Нәтижесінде өңірдің су тасқыны қаупі жоғары аумақтарын көрсететін карта жасалды.

Жұмыстың құрылымы мен көлемі: Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 3 тараудан, қорытындыдан және 32 пайдаланылған әдебиеттер тізімінен, 55 беттен, 27 суреттен және 1 кестеден тұрады.

1 Табиғи құбылыстар мен процестерді зерттеудің теориялық негіздері

1.1 Табиғи құбылыстар мен процестердің географиялық мәні

Табиғи құбылыстар мен процестер географиялық қабықтың құрамдас бөліктері арасындағы өзара байланыстардың нәтижесінде қалыптасып, кеңістікте белгілі бір заңдылықтармен таралады. Олар атмосфералық, гидрологиялық, геоморфологиялық және биосфералық компоненттердің бірлескен әрекетінің көрінісі болып табылады. География ғылымында табиғи процестерді зерттеу аумақтың физикалық-географиялық ерекшеліктерін, табиғи жағдайлардың динамикасын және олардың адам қызметімен өзара ықпалын түсіндіруге мүмкіндік береді.

Табиғи процестердің ішінде гидрологиялық құбылыстар, әсіресе су тасқыны, кеңістіктік тұрғыда маңызды орын алады. Су тасқыны өзен алаптарында су балансының бұзылуы, жауын-шашынның мол түсуі, қардың жедел еруі және жер бедерінің морфологиялық ерекшеліктері әсерінен қалыптасады. Бұл құбылыс өзен аңғарлары мен жайылмаларында уақытша су басу аймақтарының пайда болуына әкеліп, табиғи ландшафттардың құрылымын өзгертеді. Осы тұрғыда жер бедері табиғи ағынның бағытын, жылдамдығын және су жинақталу аумақтарын айқындайтын негізгі географиялық фактор ретінде қарастырылады [1,2].

Жер бедерінің биіктік айырмашылықтары мен еңістік сипаттамалары су қозғалысының кеңістіктік құрылымын анықтай отырып, гидрологиялық процестердің бағыты мен қарқындылығына тікелей ықпал етеді. Төмен орналасқан аумақтар мен өзен аңғарлары су жинақталуға бейім болса, еңістік аймақтарда ағынның жылдамдығы жоғары болады. Сондықтан жер бедерін сандық тұрғыда талдау табиғи процестерді зерттеудің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Осы мақсатта жер бедерінің цифрлық модельдері табиғи құбылыстарды кеңістікте сипаттаудың тиімді құралы ретінде кеңінен қолданылады.

Табиғи процестердің географиялық мәні олардың уақыт бойынша өзгергіштігімен де сипатталады. Су тасқыны сияқты құбылыстар маусымдық және жылдық динамикаға ие болып, климаттық жағдайлармен тығыз байланыста дамиды. Бұл өзгерістерді дәстүрлі далалық бақылаулармен қатар қашықтықтан зондтау деректері арқылы бақылау табиғи процестердің кеңістіктік-уақыттық заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік береді. Осылайша табиғи құбылыстарды зерттеу тек сипаттамалық емес, сонымен қатар талдамалық және болжамдық сипат алады.

Қазіргі кезеңде табиғи процестердің географиялық мәні олардың әлеуметтік-экономикалық салдарымен де тығыз байланысты. Су тасқыны елді мекендерге, ауыл шаруашылығы алқаптарына және инфрақұрылымға әсер етіп, аумақтың тұрақты дамуына қауіп төндіреді. Сондықтан табиғи құбылыстарды географиялық тұрғыда зерттеу олардың таралу аймақтарын анықтауға, қауіпті

деңгейін бағалауға және алдын алу шараларын ғылыми негізде жоспарлауға мүмкіндік береді. Бұл табиғи процестерді басқару мен тәуекелдерді төмендету бағытында география ғылымының қолданбалы маңызын арттырады.

Қазіргі әлемдегі қоршаған ортаның тұрақсыз дамуының негізгі себептері табиғи апаттар, өндірістік апаттар және экологиялық апаттар болып табылады. Апат-бұл адамның, материалдық, экономикалық немесе экологиялық шығындар мен әсерлердің кең таралуына әкелетін қоғамдастықтың немесе қоғамның жұмысының елеулі бұзылуы, бұл зардап шеккен қоғамдастықтың немесе қоғамның өз ресурстарын пайдалану қабілетінен асып түседі.

Адамзат қауіптің үш түрімен бетпе-бет келеді, атап айтқанда: табиғи, техногендік және әлеуметтік-табиғи қауіптер. Табиғи апаттар адамның бақылауынан тыс, сондықтан біз оларға бейімделуіміз керек. Антропогендік апаттар адамның әсер ету аймағында болғанымен, олар әлі де орын алады өйткені сақтық көбінесе ашкөздікке немесе ақымақтыққа шегінеді. Алдын алу салдарын жоюдан гөрі жақсы.

Табиғи құбылыстардан туындайтын қауіптер бар. Олардың метеорологиялық, геологиялық немесе тіпті биологиялық шығу тегі бар. Табиғи апаттардың мысалдары дауыл, су тасқыны, жер сілкінісі және жанартау атқылауы болып табылады, олардың шығу тегі ерекше.

Олардың әсері жануарлардың көші-қонына, олардың санының азаюына және жиі өліміне әсер етеді. Бұл жағдайлардың алдын алу мүмкін емес. Сіз оларға тек дайындала аласыз.

Адамның немқұрайлылығымен байланысты қауіптер бар. Техногендік қауіптер өнеркәсіппен немесе энергия өндіретін қондырғылармен байланысты және жарылыстарды, улы қалдықтардың ағуын, ластануды, бөгеттердің бұзылуын қамтиды.

Олар қауіпсіздік ережелерін бұзу, соғыстар немесе азаматтық тәртіпсіздіктер нәтижесінде пайда болады. Көбінесе бұқаралық іс-шаралар кезінде адамның табиғаты мен өміріне зиян келтірілуі мүмкін. Қауіптер тізімі кең. Кейбір антропогендік апаттар жиі кездеседі, ал басқалары сирек кездеседі.

Көшкіндер, су тасқыны, құрғақшылық, өрттер әлеуметтік-табиғи қауіп болып табылады, өйткені олардың себептері табиғи және техногендік сипатта болады. Мысалы, су тасқыны нөсер жаңбырдан, көшкіннен немесе кәсіпорындардың қалдықтарымен ағынды сулардың бітелуінен туындауы мүмкін.

Әлем халқының тез өсуі және оның қауіпті ортада шоғырлануының жоғарылауы табиғи апаттардың жиілігін де, ауырлығын да арттырды. Жаһандық жылыну, жердің сарқылуы, ормандардың жойылуымен, халықтың өсуімен және басқарудың тиімді әдістерінің болмауымен бірге табиғи апаттарға бейім аймақтарды одан да осал етеді. Тиімсіз коммуникациямен және апаттардың алдын алудың тиімді әдістерінің болмауымен бірге көптеген елдер табиғи апаттардан азды-көпті зардап шегеді. Дауыл, су тасқыны, тау-кен жұмыстарындағы адам әрекеті, маңызды экожүйелердің жойылуы, табиғатты

қорғау заңнамасының бұзылуы сияқты табиғи апаттар көбінесе адамның бақылауынан тыс себептердің салдары ретінде түсіндіріледі[3].

Зиян (тікелей, жанама) әрқашан табиғи немесе бағаланады және іс жүзінде бағаланған салдарды білдіреді. Тікелей залал-әлеуметтік саланың, халықтың, барлығының шығындары мен шығындары экономикалық құрылымдар, қоршаған табиғи орта, ҚҚ әрекет ету аймағына түскен. Олар негізгі құралдардың қайтарылмайтын шығындарынан тұрады, табиғи ресурстардың бағаланған шығындары және осы шығындардан туындаған шығындар (мысалы, кәсіпорындардың пайда тапшылығы, мемлекет салықтар және т.б.), адамдардың өмірі мен денсаулығына келтірілген зиян. Жанама залал-бұл ҚҚ және ТЖ қолданылу аймағына кірмеген экономика объектілері шеккен шығындар, шығындар және қосымша шығындар, әлеуметтік сала, халық, сондай-ақ қалыптасқан өзара байланыс құрылымындағы бұзушылықтар мен өзгерістерден туындаған әлеуметтік бағдарламаларға, зардаптарды жоюға және жағдайды қалыпқа келтіруге қосымша шығындар.

ТЖ осы күрделі құбылыстарды олардың табиғаты мен қасиеттерінің әртүрлі сипаттамалық жақтарынан сипаттайтын белгілердің едәуір санына қарай жіктелуі (жүйеленуі) мүмкін. Практикалық мақсаттар үшін төтенше жағдайлардың негізінде жатқан ТЖ түрлері мен түрлері бойынша ТЖ-ның жалпы жіктелуі неғұрлым орынды. Мұндай жіктеу болып табылады ең жалпылама, өйткені ол ТЖ кезінде пайда болатын негізгі құбылыстардың мәні мен сипатын ашады. Жалпы жіктеу барлық төтенше жағдайларды келесі топтарға бөледі:

- техногендік сипаттағы ТЖ;
- табиғи ТЖ;
- биологиялық-әлеуметтік сипаттағы ТЖ.

Пайда болғаннан кейінгі кез-келген төтенше жағдай, ең алдымен, ауқымы мен салдарымен сипатталады. Кеңістіктік масштаб ТЖ аймағының көлеміне байланысты. Төтенше жағдай аймағы-бұл төтенше жағдай көзінің пайда болуы және оның салдарының басқа аудандардан таралуы нәтижесінде ТЖ пайда болған аумақ немесе акватория. ТЖ уақытша ауқымы қалпына келтіру мерзімдерімен сипатталады шығын, жағдайды қалыпқа келтіру және толық қалпына келтіру.

Ақпараттық іс-шаралар тобы (мониторинг, радиациялық, химиялық заттарды болжау, анықтау және бағалау, биологиялық және басқа жағдайлар) жинауға тікелей байланысты, халықты қорғауды қамтамасыз ету бойынша негізделген шешімдерді ТЖБ басқару органдарының уақтылы қабылдауы үшін қажетті ақпаратты өңдеу, талдау, көрсету және түсіндіру және аумақтар. Бұл іс-шаралар ақпараттық қамтамасыз етуді құрайды қорғау.

Мониторинг (лат. monitor - "бақылаушы") қауіпті процестер және құбылыстар (бұдан әрі — мониторинг) - тұрақты (тұрақты) қауіпті процестер туралы ақпаратты бақылау, Бақылау, жинау және талдау және құбылыстар, сондай-ақ олардың қалыптасуы мен дамуын анықтайтын факторлар. Әр түрлі ақпараттық жүйелерден айырмашылығы (автоматтандырылған басқару,

автоматты реттеу және т.б.) мониторинг жүйелерінің міндеттері тек ақпарат алумен шектеледі және, әдетте, басқару мәселелерін қозғамайды [4,5].

- мониторинг мынадай негізгі бағыттарды қамтиды қызметі: әсер етуші факторларды бақылау;

- объектілердің және табиғи ортаның нақты жай-күйін бағалау;

- табиғи орта мен объектілердің жай-күйін болжау.

Осылайша, мониторинг-бұл табиғи орта мен объектілердің жай-күйін бақылау, бағалау және болжау жүйесі. Мониторинг табиғи және техногендік болып бөлінеді. Кез келген мониторингтің негізгі мақсаты-уақтылы әзірлеу үшін ақпарат алу және ТЖ туындауының алдын алу бойынша іс-шаралар өткізу. ТЖ туындаған жағдайда мониторинг күштері мен құралдары пайдаланылады уақыт бойынша жағдайдың дамуын бақылау және талдау үшін (осы мақсатта жүргізілген барлаумен қатар).

1.2 Су тасқынының қалыптасу факторлары және оның аумақтық ерекшеліктері

Төтенше жағдайлардың табиғи көздері деп әдетте литосфераның, гидросфераның, атмосфераның белгілі бір бөліктерінің адамдарға және Техносфера объектілеріне қауіп төндіретін процесі, қасиеті немесе күйі түсініледі, яғни. ауытқатын табиғи процестер мен құбылыстар адамдардың өмірі үшін оңтайлы табиғи ортаның жағдайы. Олардың ішіндегі ең қауіптісі табиғи апаттар (SB) деп аталады. Адамзат жер сілкінісі, жанартау атқылауы, су тасқыны, дауыл, дауыл, торнадо, дауыл сияқты СБ-дан зардап шегеді, қатты боран, сел, көшкін, карст құбылыстары, қар көшкіні мен қар көшкіні, құлау, аяз, құрғақшылық, орман өрттері, цунами, дауыл, эпидемия, эпизоотия, эпифитотия және т. б.

Қазіргі уақытта табиғи апаттардың көптеген жіктелімдері бар. ТЖМ - де жіктеу қабылданды, оның негізінде себептер қауіпті табиғи құбылыстардың пайда болу шарттары. Осыған сәйкес бұл жіктеу арқылы қауіпті табиғи құбылыстар бөлінеді:

1. Геофизикалық қауіпті құбылыстар (жер сілкінісі, жанартау атқылауы).

2. Геологиялық қауіпті құбылыстар (көшкіндер, сел, құламалар, көшкіндер, эрозия және т.б.).

3. Метеорологиялық және агрометеорологиялық қауіпті құбылыстар (дауыл, дауыл, торнадо, қатты жаңбыр, қар, көктайғақ, аяз, қатты ыстық, құрғақшылық және т.б.).

4. Теңіз гидрометеорологиялық құбылыстары (тропикалық циклондар, цунами).

5. Гидрологиялық қауіпті құбылыстар (су тасқыны, кептелу және кептелу, желдің күшеюі, су басу және т.б.).

6. Табиғи өрттер (орман өрттері, шымтезек өрттері, жерасты өрттері жанғыш қазбалардың өрттері және т.б.).

Су тасқыны-нәтижесінде жер бедерінің айтарлықтай су тасқыны өзенде, көлде, су қоймасында немесе теңізде су деңгейінің көтерілуі экономикаға, әлеуметтік салаға және табиғи ортаға материалдық залал [6].

Су тасқыны өздігінен қауіпті, сонымен қатар көптеген басқа табиғи апаттарды тудырады – көшкіндер, көшкіндер, сел. Ең бірі қорқынышты су тасқыны 1887 жылы Қытайда су болған кезде болды Хуанхэ өзені бірнеше сағат ішінде ол сегіз қабатты үйдің биіктігіне көтерілді. Нәтижесінде бұл өзен аңғарының шамамен 1 миллион тұрғыны қайтыс болды.

ТЖМ мәліметтері бойынша, су тасқыны қайталануы, ауданы бойынша таралуы, жалпы орташа жылдық залал бірінші орында белгілі табиғи апаттар арасындағы адам шығыны бойынша олар жер сілкінісінен кейін екінші орында тұр.

Су тасқыны мол және қысқа мерзімде шоғырланған су ағынының түсуі нәтижесінде қалыптасады. Мұндай жағдайлар көбінесе қар мен мұздықтардың жаппай еруі, өзен алаптарында ұзақ уақыт бойы жауған нөсерлі жауын-шашын, сондай-ақ өзен арналарында еритін мұздың жиналуы салдарынан пайда болатын мұз кептелістерімен байланысты. Сонымен қатар өзен сағаларында теңізден немесе ірі көлдерден соғатын күшті желдің әсерінен судың жағалауға қарай ығысуы да су деңгейінің күрт көтерілуіне әкелуі мүмкін.



1-сурет – Су тасқынының салдарынан зардап шеккен елді мекен көрінісі

Егер белгілі бір аумақтың су астында қалуы қоршаған ортаға елеулі зиян келтірмесе, мұндай құбылыс өзеннің, көлдің немесе су қоймасының жайылуы ретінде қарастырылады. 1-суретте көрсетілгендей нағыз су тасқыны су ағынының көлемі мен режимінің өзгеруі нәтижесінде қалыптасып, аумақтарға

айтарлықтай экологиялық және шаруашылық шығын келтіретін табиғи құбылыс болып табылады. Өзендердегі су ағынының қалыптасуына жыл мезгілдеріне байланысты қар мен мұздың еруі, жауын-шашын мөлшері және өзен сағаларындағы жел әсері ықпал етеді [6].

Су тасқыны пайда болу себептеріне байланысты бірнеше түрге бөлінеді. Бірінші топқа өзендегі судың жыл сайын белгілі бір маусымда ұлғаюымен байланысты су тасқындары жатады. Екінші топты жауын-шашынның қарқынды түсуі салдарынан қысқа мерзімде қалыптасатын паводоктық су тасқындары құрайды. Үшінші түрі өзен арнасында су ағынына кедергі келтіретін факторлардың әсерінен дамиды, оған мұз кептелістері мен мұздың қайта қатуынан пайда болатын бөгелістер жатады. Төртінші топқа ірі көлдер мен теңіз маңындағы өзен сағаларында желдің әсерінен судың жағалауға қарай ығысуынан туындайтын су тасқындары кіреді.

Өзендегі судың маусымдық ағынымен байланысты су тасқындарының ең кең таралған түрі – половодье болып табылады. Половодье – жыл сайын белгілі бір маусымда қайталанатын, өзен суының көлемі артып, арнадан асып, жайылма аумақтарды су басумен сипатталатын құбылыс. Қоңыржай климаттық белдеуде орналасқан жазық өңірлердегі өзендерде половодье көбінесе көктемгі қардың жаппай еруімен байланысты қалыптасады. Ал бастауын таулы аймақтардан алатын өзендерде бұл процесс жаз мезгілінде қар мен мұздықтардың еруі нәтижесінде байқалады. Мұндай су тасқындары су деңгейінің айтарлықтай әрі салыстырмалы түрде ұзақ уақыт бойы жоғары болуымен ерекшеленеді.

Тасқын есебінен қалыптасатын су тасқындары су деңгейінің кенеттен, қысқа мерзімде және жүйесіз көтерілуімен сипатталады. Паводок көбінесе қар мен мұздықтардың жылдам еруі немесе нөсерлі жауын-шашынның мол түсуі нәтижесінде пайда болады. Күшті паводок жағдайында өзендегі су көлемі күрт артып, аумақтардың су астында қалуына әкелуі мүмкін. Бұл типтегі су тасқындары су деңгейінің қарқынды, бірақ салыстырмалы түрде қысқа уақыт ішінде жоғарылауымен ерекшеленеді [7].

Өзен арнасында су ағынына кедергінің артуы нәтижесінде пайда болатын су тасқындары мұз кептелістері мен мұз бөгелістеріне байланысты қалыптасады. Мұз кептелісі өзен арнасында мұз массасының жиналып, судың еркін ағуына тосқауыл қоюы нәтижесінде туындайды. Әдетте мұндай құбылыс қыстың соңында және көктемгі өзендердің мұздан арылу кезеңінде байқалады. Мұз кептелістері көбінесе оңтүстіктен солтүстікке қарай ағатын өзендерде жиі кездеседі, себебі мұндай жағдайда төменгі ағыста мұз ертерек қозғалып, жоғары бөліктен келген мұз массасының жиналуына жағдай жасайды.

Мұз бөгелісі мұз кептелісіне ұқсас болғанымен, ол өзендерде қыс мезгілінің басында байқалады. Бұл құбылыс мұз жамылғысының қалыптасу кезеңінде, өзен арнасында борпылдақ мұз бен ұсақ мұз кесектерінің жиналуынан пайда болады. Мұндай мұз массасы қалыптасқан мұз жамылғысының астына тартылып, судың еркін ағуын шектейді. Соның салдарынан өзеннің жоғары ағысында су деңгейі көтеріледі. Мұз бөгелістерінің

жиілігі мен су деңгейінің көтерілу шамасы бойынша Ангара мен Нева өзендері ерекше атап өтіледі.

Осылайша, су тасқынының қалыптасу себептері мен түрлерін, олардың кеңістіктік таралу заңдылықтарын және салдарының ауқымын талдау бұл табиғи құбылыстың көпфакторлы сипатын айқын көрсетеді [8]. Су деңгейінің көтерілу биіктігі мен ұзақтығы, су ағысының жылдамдығы, жер бедерінің морфологиялық ерекшеліктері және климаттық жағдайлар су тасқыны қаупінің қалыптасуында шешуші рөл атқарады. Сонымен қатар, халықтың қоныстану тығыздығы мен шаруашылық игеру деңгейі бұл құбылыстың әлеуметтік-экономикалық әсерін күшейте түседі. Осы факторларды кешенді түрде ескеру су тасқыны қаупін ғылыми негізде бағалауға және қауіпті аймақтарды дәл анықтауға мүмкіндік береді. Бұл, өз кезегінде, табиғи процестерді зерттеуде заманауи геоақпараттық жүйелер мен қашықтықтан зондау деректерін қолданудың қажеттілігін негіздеп, келесі бөлімде қарастырылатын GIS технологияларының рөлін ашуға алғышарт жасайды.

1.3 Су тасқынының экологиялық және әлеуметтік-экономикалық салдары

Су тасқыны салдарының ауқымы су деңгейінің қауіпті межеде көтерілу биіктігі мен оның сақталу ұзақтығына, су ағысының жылдамдығына, су басқан аумақтың көлеміне, жыл мезгіліне, сондай-ақ су астында қалатын аумақтағы халықтың қоныстану тығыздығына тікелей байланысты болады. Осы факторлардың жиынтығы су тасқынының экологиялық, әлеуметтік және экономикалық зардаптарының деңгейін айқындайды.

Жел әсерінен судың жағалауға қарай ығысуымен байланысты су тасқындары ірі көлдердің жағалауларында және теңіз маңындағы ірі өзендердің сағаларында қалыптасады. Мұндай су тасқындары су айдыны бетіне күшті жел соққанда, судың наветренді жағалауға жиналуынан туындайды және су деңгейінің едәуір көтерілуіне себеп болады.

Жоғарыда аталған су тасқыны түрлері ауқымы мен келтіретін материалдық шығын көлеміне қарай бірнеше санатқа бөлінеді. Төмен деңгейдегі (шағын) су тасқындары негізінен жазық өзендерде байқалады және олардың қайталану жиілігі шамамен 5–10 жылда бір ретке сәйкес келеді. Мұндай су тасқындары елеулі материалдық шығын келтірмейді және халықтың қалыпты өмір сүруіне айтарлықтай әсер етпейді.

Жоғары деңгейдегі (ірі) су тасқындары кең аумақтарды су астында қалдырып, өзен аңғарларының үлкен бөлігін қамтиды. Бұл жағдайда халықтың тіршілік әрекеті бұзылып, кейбір елді мекендерде тұрғындарды уақытша көшіру қажеттілігі туындайды. Мұндай су тасқындарының қайталану жиілігі шамамен 20–25 жылда бір рет байқалады [9,10].

Ерекше ірі су тасқындары өте кең аумақтарды су басып, шаруашылық қызметтің толық немесе ішінара тоқтауына алып келеді. Бұл жағдайда материалдық шығын көлемі айтарлықтай артып, халықты жаппай эвакуациялау

қажеттілігі туындайды. Мұндай су тасқындары, әдетте, 50–100 жылда бір рет қайталаанады.

Апаттық су тасқындары бір немесе бірнеше өзен жүйелері шегінде өте ауқымды аумақтардың су астында қалуымен сипатталады. Су басқан аймақтарда адам өмірінің барлық салалары дерлік тоқтап, ірі материалдық шығындар мен адам шығыны орын алуы мүмкін. Мұндай су тасқындары өте сирек кездесіп, шамамен 100–200 жылда бір рет тіркеледі.

Су тасқыны салдарынан болатын шығындарды азайту мақсатында әртүрлі қорғаныс шаралары қолданылады. Су тасқынынан қорғау шаралары мазмұны мен іске асырылу сипатына қарай жедел (оперативтік) және техникалық (алдын алу) шараларға бөлінеді. Жедел шаралар қатарына су тасқыны кезінде судың ең жоғары деңгейін алдын ала болжау, қауіпті деңгейлер туралы дер кезінде хабарлау, халықты және материалдық құндылықтарды қауіпсіз аумақтарға көшіруді ұйымдастыру сияқты іс-қимылдар жатады [11].

Су тасқынының зақымдаушы факторлары мен оның салдарынан қорғануды ұйымдастырудың негізгі шарты – бұл құбылысты алдын ала болжау болып табылады. Осы мақсатта гидрологиялық болжамдар пайдаланылады. Гидрологиялық болжам – су тасқынының дамуын, сипатын және ауқымын ғылыми негізде алдын ала анықтауға бағытталған болжау түрі. Мұндай болжамда өзендегі белгілі бір гидрологиялық құбылыстардың шамамен басталу уақыты, мысалы, өзеннің мұздан арылуы немесе қатуы, половодьенің күтілетін ең жоғарғы деңгейі, жоғары су деңгейінің сақталу ұзақтығы, мұз кептелісінің пайда болу ықтималдығы сияқты көрсеткіштер қамтылады.

Гидрологиялық болжамдар уақыттық қамтуына қарай қысқа мерзімді және ұзақ мерзімді болып бөлінеді. Қысқа мерзімді болжамдар, әдетте, 10–12 тәулікке дейінгі кезеңді қамтыса, ұзақ мерзімді болжамдар 2–3 айға немесе одан да ұзақ уақытқа жасалады. Сонымен қатар, болжамдар кеңістіктік қамту деңгейіне қарай жекелеген өзен учаскелері мен су айдындарына арналған жергілікті болжамдар және кең аумақты қамтитын, құбылыстың шамасы мен мерзімі жөнінде жинақталған ақпарат беретін аумақтық болжамдар түрінде әзірленеді [12].

Жедел (оперативтік) шаралар су тасқынының жалпы қауіпін толық шешпейді және оларды техникалық алдын алу шараларымен кешенді түрде жүргізу қажет. Техникалық шаралар алдын алу сипатында болып, оларды жүзеге асыру үшін арнайы инженерлік құрылыстарды алдын ала салу қажет, бұл айтарлықтай материалдық және қаржылық шығындарды талап етеді.

Техникалық іс-шаралар кешенінде қорғаудың белсенді және пассивтік әдістері ажыратылады. Белсенді шараларға мыналар жатады:

- өзен арнасындағы судың ағынын реттеу;
- тасқын суды арнаға бағыттау;
- су жинау алаптарында беттік судың ағынын реттеу;
- өзендердегі мұз жамылғысын алдын ала бұзу.

Су тасқындарына қарсы негізгі бағыт – өзендегі судың ең жоғары ағынын азайту арқылы судың ағымын уақыт бойынша қайта бөлу. Мұны жүзеге асыру

үшін максималды су ағынын су қоймалары арасында қайта бөлу, өзен алаптары арасындағы суды бағыттау немесе өзен жүйесі ішінде ағынды қайта тарату әдістері қолданылады.

Жедел су тасқыны кезінде судың ағынын реттеу үшін орта және ірі өзендерде су қоймалары қолданылады. Бұл мақсатта екі негізгі түрдегі су тасқынына қарсы жинақтағыштар пайдаланылады: реттелетін типтегі су қоймалары және жедел су тасқынын автоматты ұстайтын су қоймалары.

Реттелетін типтегі су қоймаларында қақпалар орнатылған, олар өзен төменгі бөлігінде су көтерілуі қарқындылығы критикалық деңгейге жеткенде жабылады, ал су деңгейі қалыпқа келген соң қайта ашылады. Ал автоматты ұстайтын су қоймаларының шығу жағында арнайы су төгетін құрылымдар орнатылады. Бұл құрылымдар қалыпты су ағынын өткізуге жеткілікті, бірақ артық суды өткізбейді. Жедел су тасқыны кезінде мұндай су қоймасының шығу ағыны тұрақты болып, қалған уақытта су мөлшері су қоймасына келіп түсетін судың көлеміне байланысты өзгереді [13].

Жедел су тасқынын арнадан шығару үшін су төгетін арналар бойымен бағыттау әдісі қолданылады. Сонымен қатар, өзен аңғарлары, балшықтар мен аңғарларда жасалған тоғандар, суқоймалар және басқа да жасанды су жинақтағыш құрылымдар еріген қар мен жауын-шашын сударын тоқтату немесе сақтау мақсатында айтарлықтай тиімділік береді.



2-сурет – Су қоймаларындағы қорғаныс қабырғалары

Су тасқындарына қарсы бөгеттер мен қорғаныс қабырғалары – бұл гидротехникалық құрылыстар, олар салынған аумақтарды су тасқынынан қорғауға арналған. Бөгеттер – бұл тұтас жерден жасалған насыптар, олар

ғасырлар бойы қолданыста болып келеді. 2-суретте көрсетілген қорғаныс қабырғалары бөгеттерден әлдеқайда кейін пайда болды; олар әдетте бетоннан салынып, құрылыс дамыған аймақтарда орнатылады, өйткені насып жасауға жер жетіспейді. Көп жағдайда мұндай құрылыстардың жанында насос станциялары орналасады, олар судың жиналуын және басқа ағынды суларды канализация арқылы айдап шығару үшін су тасқындары кезінде пайдаланылады.

Аумақты су басудан қорғау үшін екі типтегі бөгеттер қолданылады: суға толмайтын және суға толатын дамбалар.

Суға толмайтын бөгеттер қалалық және өндірістік аумақтарды, сондай-ақ су қоймалары, өзендер мен басқа да су айдындарына жақын жерлерді тұрақты қорғау үшін қолданылады.

Суға толатын бөгеттер ауыл шаруашылығы жерлерін белгілі бір уақытқа, яғни егіндік өсімдіктерді өсіру кезеңінде уақытша қорғауға арналған. Сонымен қатар, олар өзен арналарын және жағалауларды қалыптастыру мен тұрақтандыру, су ағындарын және беттік судың ағымын реттеу және қайта бөлу мақсатында пайдаланылады [14].

Жедел және техникалық шаралардың кешенді түрде үйлестірілуі судың ағынын тиімді басқаруға және қауіпті деңгейлерді төмендетуге мүмкіндік береді. Су қоймалары, бөгеттер және қорғаныс қабырғалары сияқты инженерлік құрылыстар табиғи процестер мен географиялық ерекшеліктерді ескере отырып салынуы қажет. Сонымен қатар, алдын ала гидрологиялық болжам жасау мен судың ағымын бақылау бұл шаралардың тиімділігін арттырады.

Су тасқындарынан қорғау үшін бөгеттер мен қорғаныс қабырғалары қолданылады. Бөгеттер – жерден үйілген гидротехникалық құрылыстар, ал қорғаныс қабырғалары көбіне бетоннан салынып, тығыз құрылысты аймақтарда пайдаланылады. Бөгеттер суға толмайтын және суға толатын болып бөлінеді. Олар қалалар, өндіріс орындары және ауыл шаруашылығы жерлерін қорғауға арналған. Инженерлік құрылыстарды дұрыс жоспарлау мен су ағынын бақылау тасқын қаупін азайтады.

Су тасқынынан қорғау үшін бөгеттер, қорғаныс қабырғалары, насос станциялары және дренаж жүйелері қолданылады. Бөгеттер жерден үйіліп салынады және суға толмайтын, суға толатын болып бөлінеді: біріншісі қалалық және өндірістік аумақтарды тұрақты қорғауға, ал екіншісі ауыл шаруашылығы жерлерін уақытша қорғауға арналған. Қорғаныс қабырғалары көбіне бетоннан салынып, жер тығыз орналасқан қалалық аймақтарда тиімді. Су тасқыны көбіне көктемде қардың тез еруі, нөсер жаңбыр және мұз кептелістері салдарынан болады, сондықтан гидрологиялық болжам жасау, су деңгейін тұрақты бақылау және құрылыстарды уақтылы күтіп ұстау маңызды. Сонымен қатар, дренаж және су бұру жүйелері, табиғи қорғаныс шаралары мен төтенше жағдайлар жоспарлары су тасқыны қаупін азайтуға мүмкіндік береді.

Бірінші тарау бойынша тұжырым

Бірінші тарауда табиғи су тасқыны құбылыстарының себептері, түрлері, олардың таралу заңдылықтары мен әлеуметтік-экономикалық әсерлері жан-жақты қарастырылды. Су тасқынының пайда болуына қар мен мұздықтардың еруі, жауын-шашынның мол түсуі, өзен арнасындағы мұз кептелістері, сондай-ақ желдің әсерінен судың жағалауға ығысуы сияқты табиғи факторлар тікелей ықпал ететіні анықталды. Сонымен қатар, су тасқынының салдары су деңгейінің биіктігі мен ұзақтығына, ағын жылдамдығына, су басқан аумақтың көлеміне, жыл мезгіліне және халық тығыздығына байланысты өзгеретіндігі көрсетілді. Бұл деректер өзен алаптарындағы табиғи процестер мен олардың географиялық мәнін ғылыми тұрғыдан бағалауға мүмкіндік береді.

Су тасқынына қарсы іс-шаралардың тиімділігі олардың кешенді қолданылуына тәуелді екені белгілі болды. Жедел (оперативтік) шаралар су деңгейінің қауіпті межелерін алдын ала болжау, қауіпті аймақтардағы тұрғындарды ескерту және эвакуациялау арқылы қысқа мерзімдегі қауіпті азайтса, техникалық шаралар – дамбалар, қорғаныс қабырғалары, су қоймалары және ағындарды реттеу құрылымдары – ұзақ мерзімді қорғауды қамтамасыз етеді. Белсенді техникалық шаралар судың ағымын уақыт бойынша қайта бөлу, су төгетін арналарды ұйымдастыру және мұз кептелісін алдын ала бұзу сияқты әдістерді қамтиды. Пассивтік шаралар, мысалы, суға толмайтын дамбалар қалалық және өндірістік аумақтарды тұрақты қорғауға, ал суға толатын дамбалар ауыл шаруашылығы жерлерін уақытша қорғауға арналған.

Су қоймалары мен бөгеттер арқылы судың ағымын реттеу әдістері өзендердің орта және ірі ағындарын тиімді басқаруға мүмкіндік береді. Реттелетін типтегі су қоймалары судың максималды ағынын бақылауға, автоматты ұстайтын су қоймалары – артық суды сүзуге және тұрақты шығу ағынын сақтауға арналған. Сонымен қатар, тоғандар мен жергілікті жинақтағыштар еріген қар мен жауын-шашын сударын уақытша тоқтату арқылы су тасқынының әсерін азайтуға септігін тигізеді.

Осылайша, бұл тарау табиғи су тасқыны процестерін зерттеудің теориялық негізін қалыптастырып, гидрологиялық болжамдарды жасау және GIS технологиялары арқылы қауіпті аймақтарды бағалау қажеттілігін нақты көрсетті. Алынған деректер мен қорытындылар келесі бөлімде қарастырылатын геоақпараттық жүйелер мен қашықтықтан зондтау әдістерін қолдану арқылы су тасқыны қаупін ғылыми тұрғыда модельдеу және карталау үшін негіз болады.

Су тасқынына қарсы іс-шаралардың тиімділігі жедел және техникалық шаралардың кешенді түрде қолданылуына байланысты. Жедел шаралар су деңгейін болжау, тұрғындарды ескерту және эвакуациялау арқылы қысқа мерзімді қауіптерді азайтса, техникалық шаралар (дамбалар, қорғаныс қабырғалары, су қоймалары, ағындарды реттеу құрылымдары) ұзақ мерзімді қорғауды қамтамасыз етеді.

2 Табиғи процестерді GIS және қашықтықтан зондтау әдістері арқылы зерттеу

2.1 Геоақпараттық жүйелердің табиғи процестерді зерттеудегі рөлі

Қазіргі заманда экологиялық мәселелер адамзат алдында тұрған ең өзекті жаһандық сын-қатерлердің бірі болып табылады. Қоршаған ортаның жай-күйін және ондағы өзгерістерді дұрыс түсіну мен бағалау үшін уақтылы әрі тиімді зерттеу әдістерін қолдану аса маңызды. Соңғы онжылдықтарда Жерді қашықтан зондтау экологиялық зерттеулердің маңызды құралына айналып, экожүйелердің жағдайы мен олардың өзгерістеріне қатысты жоғары кеңістіктік және уақыттық дәлдікпен құнды ақпарат алуға мүмкіндік беріп отыр.

Экологиялық зерттеулердің негізгі мақсаттары мыналар болып табылады:

- қоршаған ортаның жалпы жағдайын бақылау;
- сыртқы ортаның қазіргі күйі мен ластану деңгейі жөнінде ақпараттық деректер базасын қалыптастыру;
- антропогендік әсер факторларына кең ауқымды мониторинг жүргізу;
- табиғи ортаның жағдайындағы өзгерістердің даму үрдістерін болжау;
- адам әрекетінің ықпал көздерін анықтау және оларды жүйелі түрде бақылауды ұйымдастыру;
- табиғи апаттар мен техногендік аварияларды болжау және бақылау [15,16].

Жерді қашықтан зондтау әдістері экожүйелердің жай-күйі мен динамикасы туралы ақпарат алуға, өсімдік жамылғысындағы, су ресурстарындағы, топырақтағы және қоршаған ортаның өзге де компоненттеріндегі өзгерістерді анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл әдістер биологиялық әртүрлілікті бағалауға және экологиялық қауіп-қатерлерді ерте кезеңде айқындауға ықпал етеді. Мұның барлығы экологиялық үдерістерді тереңірек түсінуге, ұзақ мерзімді үрдістерді анықтауға және қоршаған ортаны қорғау мен тұрақты дамуға бағытталған негізделген шешімдер қабылдауға жағдай жасайды.

Бүгінгі таңда Жер шары қоршаған ортаға төнген көптеген қауіп-қатерлермен бетпе-бет келіп отыр. Олардың кейбірі жергілікті сипатта болса, енді бір бөлігі барлық мемлекеттерге ортақ жаһандық мәселе болып табылады. Экологиялық зерттеулер осындай қауіптердің алдын алуға және оларды болдырмауға маңызды үлес қосады.

Қоршаған ортаның жағдайын бағалау: Экологиялық зерттеулер табиғи экожүйелердің, соның ішінде жер, су, ауа және биологиялық әртүрліліктің жай-күйін жан-жақты зерттеп, талдауға мүмкіндік береді. Бұл зерттеулер ластану деңгейін, климаттың өзгеруін, табиғи ресурстардың тозуын және экожүйелерге кері әсер етуі мүмкін өзге де факторларды анықтауға көмектеседі.

Өзгерістерді бақылау және болжау: Экологиялық зерттеулер қоршаған орта мен оның құрамдас бөліктеріндегі ұзақ мерзімді өзгерістерді қадағалауға мүмкіндік береді. 3-суретке сәйкес мұндай бақылау табиғи ресурстарды сақтау

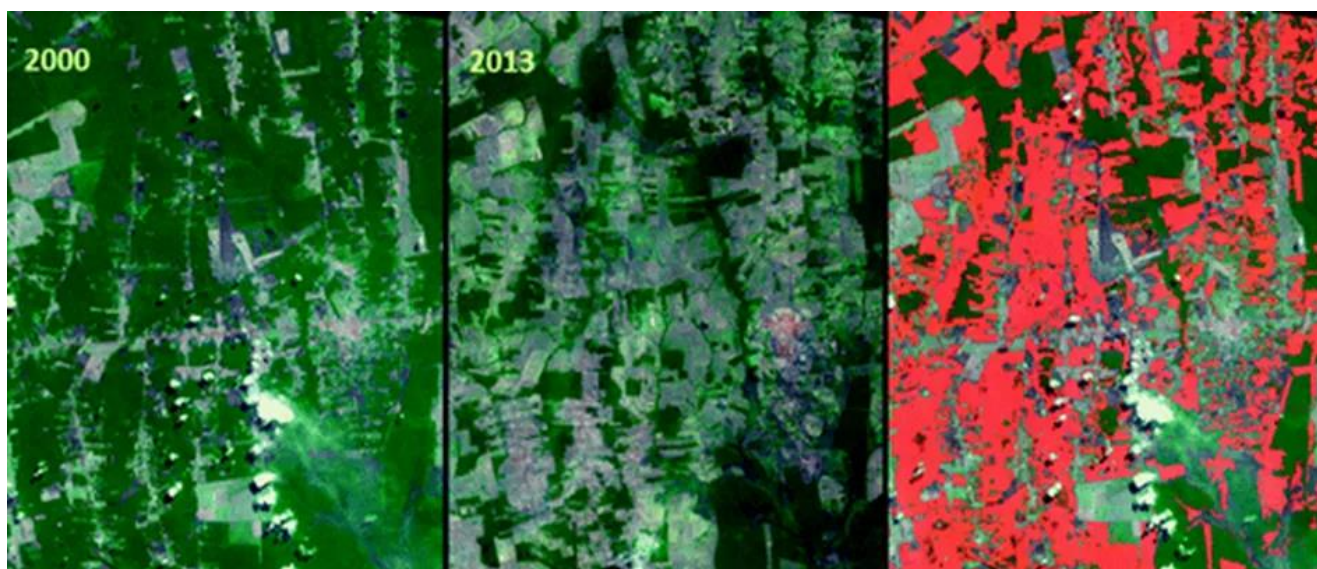
және оларды тұрақты әрі тиімді пайдалану бойынша қажетті шараларды уақытылы қабылдауға жағдай жасайды [18].

Экологиялық тәуекелдерді анықтау: Экологиялық зерттеулер белгілі бір қызмет түрлерімен немесе ластаушы заттармен байланысты тәуекелдерді бағалауға көмектеседі.

Экологиялық саясат пен бағдарламаларды әзірлеу және бағалау: Экологиялық зерттеулер табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану, биологиялық әртүрлілікті қорғау және қоршаған ортаға келетін жағымсыз әсерді азайтуға бағытталған шешімдер қабылдаудың ғылыми негізін қамтамасыз етеді.

Экожүйелерді басқару және қалпына келтіру: Экологиялық зерттеулер табиғи экожүйелерде жүріп жатқан үдерістерді терең түсінуге ықпал етіп, қоршаған ортаны қорғау мен қалпына келтірудің тиімді тәсілдерін әзірлеуге мүмкіндік береді [19].

Осылайша, экологиялық зерттеулер қоршаған ортаның жай-күйін бағалауда, оны терең түсінуде және сақтауда, сондай-ақ табиғатты пайдаланудың тұрақты әрі тиімді тәсілдерін қалыптастыруда шешуші рөл атқарады.



3-сурет – Бразилияның Рондония аймағы бойынша 2000 және 2013 жылдардағы ормандардың жойылуын мониторингтеу

Экологияның жай-күйін Жер шарының кез келген аумағында зерттеу үшін төмендегідей деректер қажет:

- Адам мен жануарлар дүниесінің тіршілігіне қауіп төндіретін өсімдік жамылғысының, жер, орман және су ресурстарының ластануы немесе олардың қалыпты жағдайдан ауытқуы.

- Адам денсаулығына зиян келтіріп, Жер биосферасының жалпы жағдайына теріс әсер ететін атмосферадағы қауіпті химиялық молекулалық заттар.

- Қалаларда, ірі агломерацияларда немесе ауылдық аймақтарда өмір сүру ерекшеліктеріне байланысты айырмашылықтар, аталған деректер экожүйені бағалауда жеке тәсілдерді және нақты мекенге бейімделген жергілікті мәліметтерді қажет етеді.

- Биосфера мен биологиялық әртүрлілікті қалпына келтіру жұмыстарын жоспарлау және шешім қабылдау үшін қолданылатын статистикалық, математикалық және индикациялық көрсеткіштер.

- Құрлықта, ауада және суда тіршілік ететін жануарлар әлемі, сондай-ақ микроағзалар және олардың қоршаған ортаға ықпал ету аймағы.

- Адамның өндірістік және шаруашылық қызметінің қоршаған ортаға тигізетін жағымсыз әсері.

Экологиялық мониторингтің болмауы қоршаған ортаға да, адамзаттың әлеукаатына да елеулі кері салдар тигізуі мүмкін:

Қоршаған орта сапасының төмендеуі: жүйелі бақылау жүргізілмеген жағдайда ластану мен табиғи ортаның тозуы бақылаусыз қалып, ауа, су және топырақ сапасының нашарлауына әкеледі [20]. Бұл адамдардың денсаулығына, жануарлар мен өсімдіктердің тіршілігіне кері әсер етіп, биологиялық әртүрліліктің азаюына себеп болуы мүмкін.

Табиғи ресурстарды теңгерімсіз пайдалану: мониторингтің жоқтығы табиғи ресурстарды пайдалану деңгейін бағалауға және бақылауға мүмкіндік бермейді. Соның салдарынан экожүйелердің бұзылуы мен жойылу қаупі артады.

Биологиялық әртүрлілікке төнетін қауіп: бақылаусыз жағдайда биоәртүрліліктегі өзгерістерді қадағалау және осал түрлер мен экожүйелерді сақтау мүмкін болмайды. Биологиялық әртүрліліктің азаюы экологиялық тепе-теңдіктің бұзылуына, экожүйелік жағдайлардың нашарлауына және құнды табиғи ресурстардың жоғалуына алып келеді.

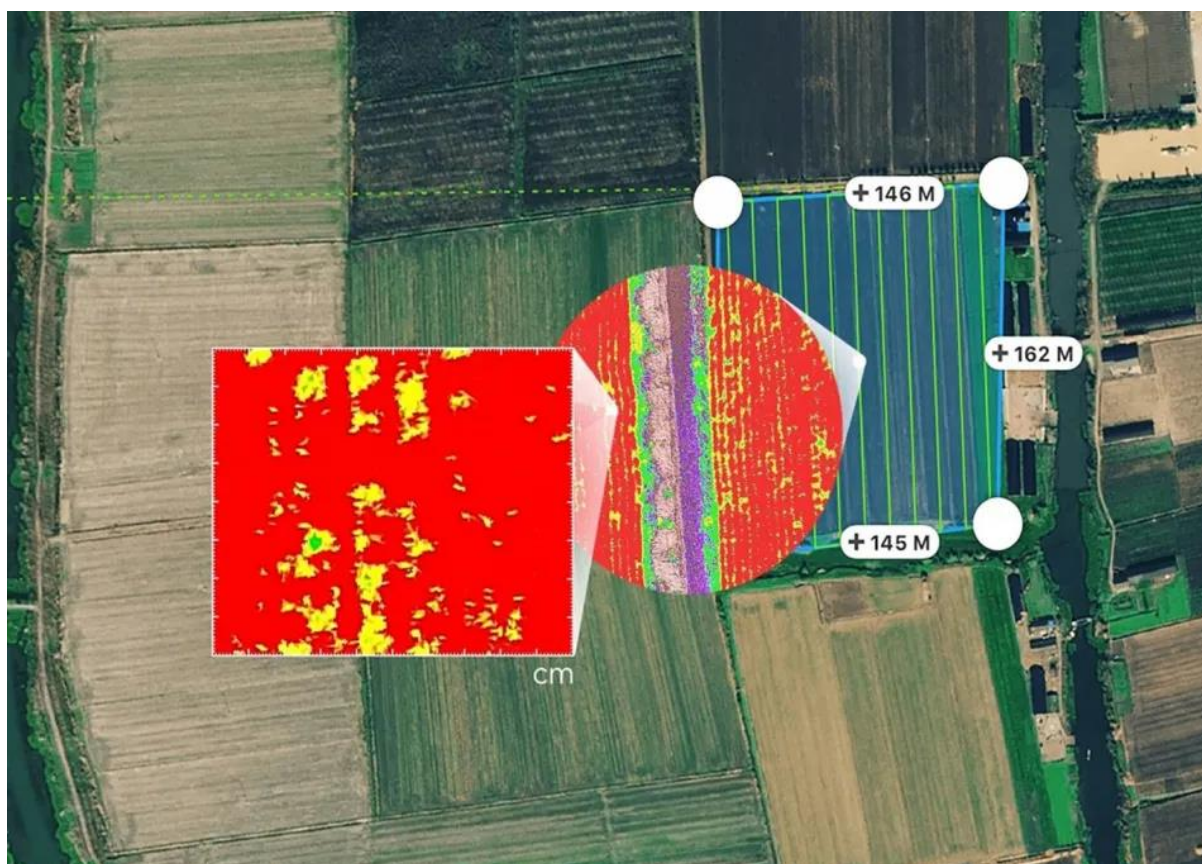
Экологиялық апаттар қаупінің артуы: жүйелі мониторинг жүргізілмеген кезде ықтимал экологиялық апаттарды ерте анықтау және болжау қиынға соғады.

Шешім қабылдауда ғылыми негіздің болмауы: экологиялық мониторинг қоршаған ортаны қорғау саласында, экологиялық саясат пен бағдарламаларды әзірлеуде негізделген шешім қабылдау үшін қажетті ғылыми деректермен қамтамасыз етеді

4-суретке сәйкес мультиспектралды зондтау әдісі электромагниттік спектрдің белгілі бір толқын ұзындықтары диапазондарында бейнелік деректерді тіркеуге негізделген. Бұл толқын ұзындықтары арнайы сүзгілер арқылы бөлінеді немесе нақты толқын ұзындықтарына сезімтал құралдардың көмегімен анықталады. Аталған әдіс көрінетін жарық шегінен тыс орналасқан сәулелерді, яғни инфрақызыл және ультракүлгін диапазондарды да қамтиды. Соның нәтижесінде адам көзі қызыл, жасыл және көк түстерді қабылдайтын рецепторлар арқылы байқай алмайтын қосымша ақпаратты алуға мүмкіндік туады [21].

Мультиспектралды спутниктер әдетте спектрдің 5-тен 20-ға дейінгі диапазонында деректер жинайды. Көп жағдайда алынған бейне үш негізгі түстен және бірнеше инфрақызыл спектрлік бөліктерден тұрады. Мұндай құрылым бұл әдістің экономикалық тұрғыдан тиімді болуына ықпал етеді.

Аталған әдістің басты артықшылықтарына спектрлік қамту ауқымының кеңдігі жатады, бұл Жер бетінің әртүрлі қасиеттері туралы жан-жақты ақпарат алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, спутниктік жүйелердің жаппай өндірісте болуы деректердің салыстырмалы түрде арзан әрі қолжетімді болуын қамтамасыз етеді. Деректер көлемінің ауқымды болуы және кең аумақтарды қамтитын ірі масштабтағы зерттеулер жүргізу мүмкіндігі де мультиспектралды зондтаудың маңызды басымдықтары болып табылады.



4-сурет – DJI Phantom 4 Multispectral ұшқышсыз ұшу аппаратының көмегімен егістік алқаптарды мультиспектралды зондтаудың үлгісі.

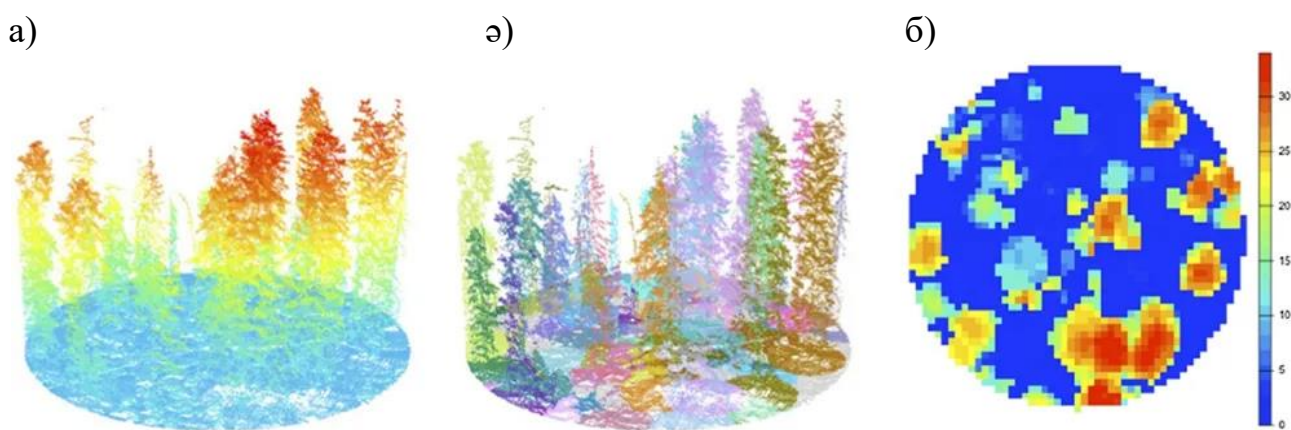
Гиперспектралды қашықтан зондтау классикалық оптикалық мультиспектралды тәсілдерден сенсор тіркейтін спектрлік жолақтардың саны мен енінің айырмашылығымен ерекшеленеді. Мультиспектралды сенсорлар электромагниттік спектрдің оптикалық бөлігін бірнеше ғана (10-нан аз) салыстырмалы түрде кең жолақтарда, шамамен 40–100 нм аралығындағы енімен өлшейді. Ал гиперспектралды сенсорлар электромагниттік спектрдің оптикалық аймағын өте көп мөлшерде (50-ден аса, көбінесе одан да көп) біркелкі орналасқан, ені шамамен 5–10 нм болатын тар спектрлік жолақтар

арқылы тіркейді. Осы ерекшеліктің арқасында гиперспектралды деректер жер бетінің биологиялық, геологиялық және химиялық қасиеттерін сандық тұрғыдан бағалау үшін қолдануға болатын шағылу спектрінің барлық сипаттамаларын жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді.

Айта кетерлігі, қазіргі уақытта классикалық мультиспектралды сенсорлық жүйелердің өзі де өсімдіктердің нақты қасиеттерін өлшеу үшін тар спектрлік жолақтарды жиі қолдана бастады. Мысалы, Sentinel-2A және Sentinel-2B спутниктеріндегі мультиспектралды құралдар жақын қызыл аймақта орналасқан үш тар жолаққа, сондай-ақ жақын инфрақызыл диапазонда бір тар жолаққа ие. Бұл мүмкіндік өсімдік жамылғысының қасиеттерін әлдеқайда егжей-тегжейлі сипаттауға жағдай жасайды.

Оптикалық қашықтан зондтау әдісі өсімдік жамылғысын зерттеумен шектеледі, өйткені күн сәулесі ағаштардың және басқа өсімдіктердің жапырақ жамылғысынан өтпейді. Осы мәселені шешу үшін жаңа типтегі белсенді сенсор – LiDAR пайда болды. 5-суретке сәйкес ол өсімдіктер құрылымын дәлірек және егжей-тегжейлі зерттеуге мүмкіндік береді. LiDAR сенсорлары лазер сәулелерін пайдаланып, сәуленің сенсорға қайта шағылу және түсуіне қажет уақытты өлшейді. Алынған деректер арқылы жерден биіктікті анықтауға болады [22, 23]. Шағылған лазер сәулелерінен үшөлшемді нүктелер бұлтын құру арқылы максималды биіктік мәндерін анықтап, оларды өсімдік жамылғысының биіктігін көрсететін ұяшықтардан тұратын цифрлық жер бедерінің моделіне айналдыруға болады.

Алайда, LiDAR әуе платформаларында экожүйелердің кеңістіктік (және кеңістіктік-уақыттық) динамикасын түсінуге мүмкіндік берсе де, ол қымбат құрал болып қала береді. Себебі, ұшқышсыз аппараттар, ұшақтар немесе тікұшақтар сияқты платформаларды пайдалану шығындары жоғары, әсіресе үлкен аумақтарды зерттегенде. Сондықтан талдау көбінесе қолжетімді деректер бар аймақтармен немесе шағын аумақтар мен жеке өлшемдермен шектеледі.



5-сурет – Ормандық зерттеу алаңы үшін LiDAR деректері негізінде алынған нүктелер бұлтының үлгілері: а- биіктік мәндері бойынша боялған нүктелер бұлты; ә- жіктелген нүктелер бұлты; б- биіктік таралу картасы .

Бұл кемшілікті Global Ecosystem Dynamics Investigation (GEDI) жүйесінен алынған жаңа ғарыштық LiDAR деректері толықтыра алады. GEDI жүйесі 25 м диаметрлі «LiDAR-графиктерді» 60 × 600 м тұрақты торда қамтамасыз етеді. Болашақта GEDI деректерін оптикалық спутниктік деректермен біріктіру арқылы, мысалы, ағаштардың ғаламдық биіктігін көрсету сияқты өсімдік жамылғысының негізгі қасиеттерінің ғаламдық карталары жасалуы мүмкін.

Қашықтан зондтау экожүйенің біркелкі еместігін сандық тұрғыдан дәлірек бағалауға мүмкіндік береді (яғни экологиялық үдерістердің кеңістіктік және уақыттық өзгермелілігін), сол арқылы экожүйенің тұрақтылығын түсінуді едәуір жақсартады. Мысалы, өсімдік индексі кеңістікте және уақыт бойынша жүйелі түрде бақылау ерте ескерту сигналдарын анықтауға мүмкіндік береді, мысалы уақытша автокорреляцияның күшеюі, бұл экожүйенің күйінде күрт өзгерістер болуы мүмкін екендігін көрсетуі мүмкін [24]. Осы тұрғыдан алғанда, қашықтан зондтау әдістерінің кеңістіктік заңдылықтарды уақыт бойы қадағалау мүмкіндігі (мысалы, орманның бөлшектенуі) немесе зақымданған аумақтардың құрамын және орналасуын талдау экожүйенің тұрақтылығын сандық тұрғыдан бағалаудың жаңа бағыттарын ашады, дәстүрлі өлшемдерден тыс.

2.2 Су тасқынын зерттеуде қашықтықтан зондтау деректері мен су индекстері

Су тасқыны мен су басу оқиғаларын бақылаудың бірнеше әдістері бар, оларды мамандар су апаттарының тәуекелдерін қадағалау, болжау және басқару үшін қолданады. Төменде негізгі бақылау әдістері келтірілген:

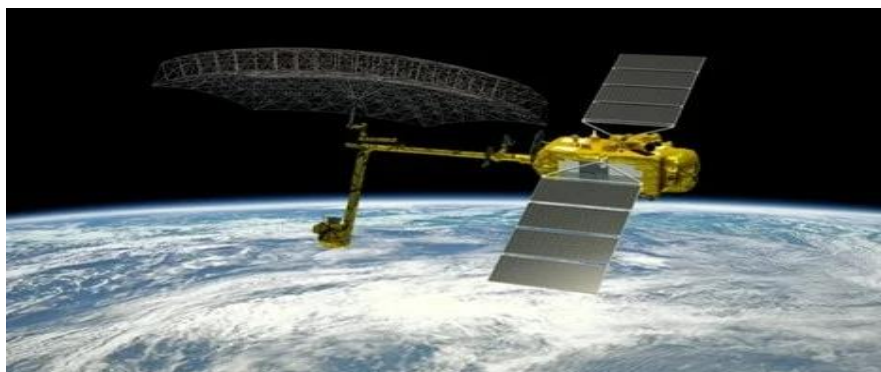
Гидрологиялық станциялар. 6-суретке сәйкес су ағымдары мен басқа да су қоймаларының маңына орнатылады. Олар судың деңгейін, ағынын және басқа параметрлерді өлшейді.



6-сурет – Гидрологиялық жағдай картасы

Осы станциялардан алынған деректер судың деңгейіндегі өзгерістерді, оның динамикасын және су тасқынының ықтимал қауіптерін нақты уақыт режимінде бақылауға мүмкіндік береді.

Радарлық зондтау. 7-суретке сәйкес бұл әдіс жауын-шашынды бақылау және өлшеу, сондай-ақ сел мен су тасқыны карталарын жасау үшін қолданылады. Қазіргі заманғы радарлар жауын-шашынның орналасуы мен қарқындылығы туралы жоғары дәлдіктегі деректер бере алады, бұл су тасқынының нақты болжамын жасауға көмектеседі [25].



7-сурет – Радарлық спутник

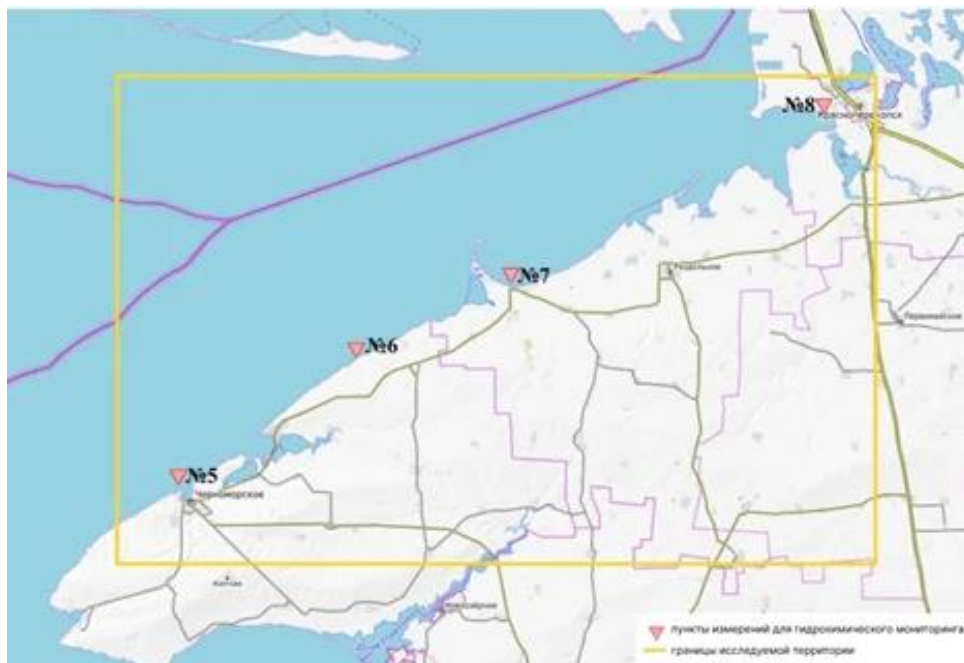
Оптикалық қашықтан зондтау. 8-суретке сәйкес спутниктер мен ұшқышсыз ұшу аппараты (дрондар) ландшафттағы өзгерістерді бақылау және өлшеу үшін қолданылады, бұл су тасқыны қауіпіне жылдам әрекет жасауға мүмкіндік береді.

Метеорологиялық станциялар. Бұл станциялар атмосфералық параметрлерді өлшейді, мысалы, ауа қысымы, температура, ылғалдылық және желдің бағыты. Станциялардан алынған ақпарат ауа райын болжауға және ықтимал табиғи апаттарды анықтауға көмектеседі.



8-сурет – Су басуларды бақылау

Гидрохимиялық бақылау. 9-суретте көрсетілгендей бұл әдіс судың гидрохимиялық құрамын талдауды қамтиды, ол судың ластануын және экожүйелерге әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Гидрохимиялық параметрлерді бақылау экологиялық қауіптердің алдын алу және ісуге жарамды су ресурстарын қорғау үшін маңызды [26].



9-сурет – Гидрохимиялық мониторинг жүргізу схемасы

Автоматтандырылған бақылау жүйелері. Қазіргі технологиялар датчиктерді, спутниктен алынған деректерді және деректерді жинау мен талдауға арналған бағдарламалық қамтамасыз етуді біріктіретін автоматтандырылған бақылау жүйелерін жасауға мүмкіндік береді. Мұндай жүйелер үздіксіз мониторинг жүргізіп, су тасқыны мен су басу жағдайында шешім қабылдау үшін жедел ақпарат береді.

Автоматтандырылған бақылау жүйелері қазіргі заманғы датчиктерді, спутниктік деректерді және деректерді жинау мен талдауға арналған бағдарламалық қамтамасыз етуді біріктіру арқылы іске асырылады. Бұл жүйелер су деңгейі мен гидрометеорологиялық көрсеткіштерді үздіксіз бақылап, алынған ақпаратты жедел өңдеу негізінде су тасқыны мен су басу жағдайында уақтылы әрі негізделген шешім қабылдауға мүмкіндік береді.

Алынған деректер геоақпараттық жүйелермен (GIS) интеграцияланып, қауіпті аймақтарды модельдеу мен карталауда қолданылады. Нәтижесінде автоматтандырылған мониторинг су тасқынын ерте болжауға, тәуекел деңгейін бағалауға және төтенше жағдай кезінде басқарушылық шешімдердің тиімділігін арттыруға жағдай жасайды.



10-сурет – Су тасқыны тәуекелдерін есептеуге арналған модель

Модельдеу және болжау. 10-суретке сәйкес математикалық модельдерді пайдалану гидрологиялық, метеорологиялық және географиялық деректер негізінде ықтимал су тасқыны мен су басу оқиғаларын модельдеуге мүмкіндік береді. Модельдеу жағдайдың дамуын болжауға және су тасқынының ықтимал салдарын бағалауға көмектеседі.

Осы әдістерді тиімді біріктіру су тасқыны мен су басу оқиғаларын кешенді бақылау жүйелерін құруға мүмкіндік береді. Мұндай жүйелер деректерді жедел талдауға, қауіпті жағдайларды болжауға және халықты, сондай-ақ инфрақұрылымды қорғауға қажетті шараларды қабылдауға жағдай жасайды.

Қашықтан зондтау деректерін су тасқыны мен су басу оқиғаларын бақылауда қолданудың басты артықшылығы — кең аумақтарды қадағалауға мүмкіндік беруінде, бұл мониторингті әлдеқайда тиімді және дәл етеді.

Сонымен қатар, қашықтан зондтау деректерін пайдалану су басудың басталуын жедел анықтауға және халықты эвакуациялау мен адамдарды құтқару бойынша тиісті шаралар қабылдауға мүмкіндік береді [27].

Қашықтан зондтау әдістері апаттық жағдайларды болжауға және алдын алуға мүмкіндік береді. Су тасқыны мен су басу туралы деректерді талдау қауіптің ерте кезеңінде анықталуына және су қоймаларының жағаларын нығайту немесе қорғаныс құрылыстарын салу бойынша шаралар қабылдауға жағдай жасайды.

Қашықтан зондтау деректерін пайдалану су тасқыны мен су басуды бақылау мен болжауға кететін шығындарды азайтуға, сондай-ақ төтенше жағдайларға әрекет ету уақытын қысқартуға мүмкіндік береді.

Цифрлық жер бедері модельдері. Су тасқынының дамуын жедел бақылау үшін жоғары шешімді ЦМР, мысалы SRTM DEM қолайлы, оның кеңістік

шешімі 30 м, биіктікті анықтау дәлдігі 16 м. Модельдердің кеңістік шешімі жоғары болған сайын, жасалатын карта дәлірек болады.

Су басқан аумақтардың көлемін дәлірек бағалау үшін әуе фотосуреттері немесе радиолокациялық түсіру арқылы алынған жер бедері деректерін қолдану қажет. Мұндай деректерде кеңістік шешімі әлдеқайда жоғары (он шақырымға дейін), бұл су басқан аумақтардағы су көлемін дәлірек есептеуге мүмкіндік береді.

Жедел мониторинг үшін оптикалық сенсорлар арқылы алынған орташа және төмен кеңістік шешімі бар спутниктік суреттер қажет, мысалы Landsat-7, Landsat-8 немесе Sentinel-2 спутниктері. Бұл спутниктер бірнеше спектрлік диапазонда деректер алады, көрінетін жарықтан қысқа толқынды инфрақызыл (SWIR) спектріне дейін қамтылып, деректер жүйелі түрде жаңартылып отырады. Су басатын аумақтарды ғарыштан түсіргенде әртүрлі спектрлік диапазондағы ақпаратты қолдану тиімді.

Жоғары және аса жоғары кеңістік шешімі бар спутниктік суреттер. Жағалық сызық пен су басқан аумақтарды дәл көрсету үшін 0,5 м және одан жоғары кеңістік шешімі бар суреттер қажет, мысалы АҚШ-тағы WorldView сериялы спутниктер, Қытайдағы Jilin немесе Ресейдегі Innoter спутниктерінің суреттері.

Деректердегі бұлт қалыңдығы аз болуы тиіс (5%-дан төмен). Бұлттың мөлдірлігі су тасқыны мониторингі үшін маңызды, себебі олар әдетте ұзақ мерзімді жауын-шашын кезінде болады. Мұндай жағдайда Sentinel-1 SAR спутниктік жүйесінің деректерін немесе дәлірек карталау үшін TerrasAR-X/TanDEM-X/PAZ (Франция/Германия/Испания) спутниктерінің немесе олардың аналогтарының деректерін қолданған жөн. Зерттеулер көрсеткендей, су басқан аумақтарды анықтауда радар толқынының поляризациясын дұрыс таңдау маңызды. Әдетте НН (Н = көлденең) поляризациясы НV немесе VV поляризацияларына қарағанда су басқан аймақтарды тиімдірек анықтайды.

ҰҰА деректері жоғары дәлдік үшін қолданылады. Дрондар ең жылдам әрекет ететін және жоғары шешімге ие құрал болып табылады (мобильділігі, тез орналастырылуы, сапалы жабдықтары және төмен ұшу биіктігі арқасында). Бұл деректер негізінде жоғары кеңістік шешімі бар цифрлық жер бедерінің модельдері жасалады (см дәлдікке дейін), бұл су тасқыны мен су басуды жедел әрі ең бастысы, жоғары дәлдікпен бақылауға мүмкіндік береді.

Су басқан аумақтардың дамуы мен салдарын кешенді талдау үшін үлкен көлемдегі кеңістік ақпарат қажет: бүкіл аймақ туралы, су басатын аумақтар мен суға ұшырауы мүмкін объектілер туралы деректерді қамту қажет.

Бүгінгі таңда ЖҚЗ (Жерді қашықтан зондтау) деректері экологиялық мониторинг, ормандар мен егістік алқаптардың, жалпы ауыл шаруашылығының жай-күйін зерттеу мақсатында кеңінен қолданылады. Өсімдік индекстері арқылы жүргізілетін мониторингтен бөлек, қазіргі таңда су басу аймақтарын бақылау, өрт қауіпті аймақтардағы жанғыш материалдардың деңгейін анықтау, қар жамылғысының ылғал қорын есептеу, өсімдік жамылғысының

ылғалдылығын бағалау және басқа да көптеген тапсырмаларға сұраныс артып отыр.

Осы мақсаттар үшін қашықтан зондтау деректері негізінде есептелетін әртүрлі су индекстері қолданылады. Бұл мақалада ең танымал индекстер қарастырылады. Жер бетіндегі су объектілерін анықтауға арналған есептелетін индекстерді зерттеу үшін Sentinel-2B спутнигінен алынған суреттер пайдаланылды.

Нормаланған айырмашылық су индексі (Normalized Difference Water Index, NDWI) — спутниктік немесе аэрокосмостық суреттерде су объектілерін анықтау үшін қолданылатын индекс. NDWI электромагниттік спектрдің көрінетін жасыл (Green) және жақын инфрақызыл (NIR) диапазондары арасындағы жарық сіңіру айырмашылығына негізделген [28].

Бұл индекс өсімдік жамылғындағы күн сәулесімен өзара әрекеттесетін ылғал қорын анықтайды. NDWI келесі мақсаттарда қолданылады:

- Жапырақтағы (және басқа да) судың мөлшеріндегі өзгерістерді мониторингтеу;
- Зерттеліп отырған аумақтың өртке сезімталдығын талдау;
- Өсімдіктердің өнімділігін модельдеу;
- Батпақты жерлердегі жер үсті суын анықтау;
- Жер үсті суларының қамтылу дәрежесін өлшеу.

Бұл индекстің мәндері -1 мен 1 аралығында өзгереді. Жасыл өсімдіктер үшін әдеттегі диапазон -0,1-ден 0,4-ке дейін. Су объектілері 0,2-ден 1-ге дейінгі мәндерді алады, ал ылғал жоқ объектілерде мәндер 0-ден төмен болады. NDWI қолданудың басты артықшылығы — спутниктік суретте су объектілерін анықтау мүмкіндігі. Ал кемшілігі — құрылыс құрылыстарына сезімталдығы жоғары болғандықтан, NDWI есептеу кезінде қателер туындауы мүмкін.

Суға төзімділік индексі (Water Ratio Index, WRI). Бұл индекс өсімдік жамылғындағы судың мөлшерін анықтауға мүмкіндік береді. Индексті есептеу әдісі көрінетін екі диапазон (жасыл және қызыл) мен қысқа және орта толқынды инфрақызыл диапазондар арасындағы қатынасына негізделген. WRI келесі мақсаттарда қолданылады:

- Экожүйенің физиологиясын зерттеу;
- Зерттелетін аумақтағы су объектілерін анықтау.

Индекстің мәндері 0-ден 3-ке дейін өзгереді. Әдетте 1 және одан жоғары мәндер су объектілерін немесе ылғал сақтайтын объектілерді көрсетеді.

Модификацияланған нормаланған айырмашылық су индексі (Modified Normalized Difference Water Index, MNDWI) — NDWI индексінің нұсқасы, спутниктік немесе аэрокосмостық суреттерде су объектілерін анықтау үшін қолданылады.

Бұл индекс NDWI-ге қарағанда тиімдірек, себебі ол кейбір құрылыстардың әсерін азайтады, олар басқа индекстерде ашық сумен қате сәйкестенуі мүмкін. Есептеу үшін жасыл және SWIR арналары қолданылады. MNDWI NDWI сияқты мақсаттарда пайдаланылады.

Индекстің мәндері -1 мен 1 аралығында өзгереді. Су мәндері 0-ден жоғары болады. NDWI және MNDWI бойынша алынған расталарды салыстырғанда, MNDWI кем контрастты болып шығады. Бұл операторға кейбір объектілердің, мысалы, егістік алқаптар мен су қоймаларының шекараларын айыра алуды жеңілдетеді. MNDWI әсіресе қатты құрылыс салынған аймақтарда тиімді, себебі NIR диапазоны орнына көрінетін жасыл арнаны қолдану құрылыстар мен су объектілерін айқындауға мүмкіндік береді.

MNDWI гидрологиялық зерттеулерде және қашықтан зондтау арқылы су объектілерін анықтау, су деңгейінің өзгерісін бақылау, су басқан аймақтарды белгілеу, су объектілерінің ауданын бағалау және су ресурстарын талдауға байланысты басқа да тапсырмалар үшін кеңінен қолданылады. Бұл гидрологиялық үдерістер мен судың қатысы бар экожүйелерді зерттеуде маңызды құрал болып табылады [29].

2.3 Жергілікті жердің сандық моделі: түрлері және оларды құру әдістері

Жергілікті жердің сандық моделі (ЖЖСМ) — жер бедеріндегі объектілерді сандық түрде логикалық-математикалық сипаттамасымен қамтитын картографиялық модель. ЖЖСМ объектілердің сипаттамалары туралы деректерді өз ішінде сақтайды және картографиялық проекцияларда, торларда, координаталық және биіктік жүйелерде қалыптастырылады. Сондай-ақ ол картографиялық жалпылау заңдылықтарын ескеріп, объектілер арасында қажетті топологиялық байланыстарды орнатуды қамтамасыз етеді.

ЖЖСМ — бұл жер бедері объектілері мен олардың сипаттамаларын қамтитын сандық картографиялық модель.

Жергілікті жердің сандық моделі солай құрылуы тиіс, оның негізінде топографиялық жоспарларда қолданылатын шартты белгілер бойынша тәуелсіз модельдерді бөліп көрсетуге мүмкіндік болуы қажет. Бұл модельдерге мыналар жатады:

- жер бедерінің рельефі;
- коммуникациялар;
- ғимараттар мен құрылыстар;
- гидрография;
- топырақ пен өсімдік жамылғысы.

ЖЖСМ ландшафттық дизайн, ғимараттар мен құрылыстар, автомобиль жолдары, магистральдар, жол тораптары жобалау кезінде аумақты картографиялау және құрылысқа дайындау үшін қажет. Сондай-ақ ол аумақты қорғау, ғылыми зерттеулер жүргізу сияқты міндеттерді шешуге қолданылады.

ЖЖСМ сандық қабаттардан (модельдерден) тұрады, олар: рельеф, векторлық объектілер (семантикалық сипаттамалары бар), халық таралуы (әкімшілік шекаралар, соңғы халық санағы бойынша тұрғындары бар елді мекендердің шекаралары), кедергілер (ғимараттар, өсімдіктер мен инженерлік құрылыстардың биіктіктері) сияқты деректерді қамтиды.

Жергілікті жердің сандық моделі тек нақты рельефтің биіктігі туралы ақпаратты қамтиды, өсімдіктерді, ғимараттарды және басқа антропогенді объектілерді есепке алмайды. Ал цифрлық жер бедерінің моделі толық жер бедеріндегі барлық кедергілерді, соның ішінде өсімдіктер мен антропогенді объектілерді көрсетеді.

Цифрлық жер бедерінің моделін (ЦЖБМ) жасау мақсаты — кеңістіктік және координаталық ақпаратты графикалық түрде беру, сондай-ақ берілген аумаққа арналған кодтық белгілерді сипаттау.

Цифрлық жер бедері модельдері келесі міндеттерді шешу үшін қолданылады: Картометриялық тапсырмаларды орындау үшін кез келген масштабтағы және тағайындаудағы өзекті сандық карта ретінде; Цифрлық топографиялық карталар мен жоспарларды жасау және жаңарту кезінде; Географиялық ақпараттық жүйелерді (ГАЗ) ақпараттық қамтамасыз ету құрамдасы ретінде; Түрлі мақсаттағы кадастрлық жүйелерді автоматтандырылған түрде жасау және жүргізу үшін картографиялық негіз ретінде; Навигация және позициялау жүйелерін картографиялық негіз ретінде қолдану; Телефондық байланыс мобильді желілерін жоспарлау жүйелерін ақпараттық қамтамасыз ету құрамдасы ретінде; Инженерлік ізденістер, жер кадастрлық жұмыстары, жерді шектеу, статистикалық зерттеулер және басқа арнайы жұмыстар мен тексерулер нәтижесінде алынған тақырыптық деректерді кеңістіктік байланыстыру үшін. Супержоғары және жоғары шешімді ғарыштық түсіру деректерін алу тиімді, себебі олар оператор архивінде сақталуы мүмкін, жаңа түсіруге компетентті органдармен келісім қажет емес.

Әуе фотосуреттері жоғары кеңістіктік шешімді суреттер (1 см/пиксельге дейін) алуға мүмкіндік береді және алынған ортофотопландар мен модельдердің егжей-тегжейлі деңгейін арттырады. Сонымен қатар, нүктелердің координаттарын анықтауда орташа квадратикалық қате (ОКҚ) 10 см-ден кем болып келеді және бұл түсіру бұлтты қалыңдыққа қарамастан жүргізілуі мүмкін. Әуе фотосуреттерін жоғары дәлдіктегі ЖЖСМ жасау үшін қолдану тиімді.

Ұшқышсыз ұшу аппараттарын (ҰҰА) қолдану арқылы цифрлық жер бедерін модельдеу ЖЖСМ зерттеу мүмкіндіктерін едәуір кеңейтеді. Бұл әдіс кеңістікті жылдам зерттеп, жоғары сапалы, шынайы моделін қысқа мерзімде алуға мүмкіндік береді, ол лазерлік сканерлеумен салыстырылатын деңгейде, бірақ құны жағынан қолжетімді болып келеді [31].

Бетінің растрлық модельдері (жер бедерін бірдей өлшемді тор ұяшықтар арқылы көрсету) — ГАЗ деректерінің негізгі типтерінің бірі болып табылады. Олар әртүрлі талдау әдістерінде қолданылуы мүмкін және басқа пайдаланушылармен деректерді алмасуға ыңғайлы.

LiDAR технологиясы арқылы жоғары сапалы цифрлық модельдерді екі тәсілмен жасауға болады: бірінші — сигналдың алғашқы шағылысын пайдалану, екіншісі — жер беті. Алғашқы шағылған сигнал беті ағаштардың және құрылыстардың шоқыраулары деңгейіндегі жер бетінің моделін жасайды және әдетте жергілікті жердің сандық моделі (ЖЖСМ немесе DSM) деп

аталады. Жер беті тек нақты жер бедерінің биіктіктерін қамтиды және цифрлық рельеф моделі (ЦРМ немесе DEM) деп аталады.

LiDAR деректері бойынша растр жасауға кіріспес бұрын бірнеше қарапайым көрсеткіштерді есептеу қажет:

- LiDAR деректерінің қамтылу аумағы (extent);
- LiDAR нүктелерінің саны мен тығыздығы;
- Растрдың қажет болатын шығу шешімі (resolution);
- Шығу растрларының аумағы (extent);
- Шығу растрларының форматы.

Осы параметрлерді ескеру сізге бір немесе бірнеше растр жасау керегін анықтауға көмектеседі. Бұл процестің бір кезеңі — шығу растрындағы жолдар мен бағандардың санын анықтау. Бұл сіздің растрды қалай қолданатыныңызға байланысты: талдау, көрсету, басқа пайдаланушылармен бөлісу немесе деректерді тарату мақсатында.

Бір деректер жиынымен жұмыс істеу тілегіңіз оның көлеміне байланысты шектеулермен қарама-қайшы болуы мүмкін. Тағы бір маңызды мәселе — қолда бар LiDAR деректерінің көлемі. Мысалы, 10 миллиард нүктеден тұратын бір деректер жиынын өңдеуге тырыссаңыз, оның ауыртпалығы байқалады. Мұндай жағдайда LiDAR деректеріңізге бірнеше растр жасау қажет болады, сондықтан өңдеу процесін бөліктерге бөлу туралы ойлану керек.

Бір ғана көлемдік мәселе емес, әрбір деректер жиынын өңдеудің қысқа уақытқа созылуы да маңызды. Өңдеу ұзаққа созылған сайын түрлі ақаулар пайда болу мүмкіндігі артады (мысалы, электр жарығының өшуі және т.б.).

Деректерді бөліп алу туралы шешім қабылдағаннан кейін келесі мәселе — «оны қалай бөлу?» болады. Бөлуді тұрақты торға, әкімшілік шекараларға немесе басқа деректерге негіздеуге болады. LiDAR деректері әдетте бірнеше рет қолданылатындықтан, оларды тұрақты торға немесе әкімшілік шекараларға негіздеп бөлу тиімді. Инженер қажет бөліктерден мозаика жасай алады.

Егер беткі қабатты белгілі бір салада, мысалы гидрологиялық зерттеулерде қолдану жоспарланса, деректерді сол салада қолданылатын логика бойынша бөлу керек. Мысалы, гидрологияда су бөлетін сызықтар негізінде бөлу тиімді.

ArcGIS көптеген растрлық деректер форматтарын қолдайды, сондықтан оларды сақтау форматында таңдау мүмкіндігі бар. Бұл шешім өнімді қолдану бағыттарына байланысты. Егер жоба кең аудиторияға ашық болса, TIFF немесе JPEG форматтарын қарастырған дұрыс. Ал ArcGIS платформасында талдау жүргізу үшін геодеректер базасы (geodatabase) файлы форматын қолдануға болады.

Техногендік бұзылуға ұшыраған жерлерді ауыл шаруашылығы айналымына қайтару – күрделі әрі кезең-кезеңімен жүргізілетін процесс. Бұл бағытта екі негізгі рекультивациялық тәсіл қолданылады: техникалық және биологиялық. Аталған әдістердің үйлесімділігі жерлердің аграрлық мақсатта пайдалануға жарамдылығын қалпына келтіруге мүмкіндік береді [32].

Екінші тарау бойынша тұжырым

Екінші тарауда көрсетілгендей, қазіргі заманда қашықтан зондтау және LiDAR сияқты заманауи қашықтықтық әдістер экологиялық мониторинг, су ресурстарын бағалау, жер бедерін зерттеу және апатты жағдайларды алдын-алу сияқты бірқатар маңызды міндеттерді шешуге мүмкіндік береді. Жергілікті жердің сандық моделі мен растрлық деректер кеңістіктік және координаталық ақпаратты жоғары дәлдікпен беріп, геоинформациялық жүйелерде әртүрлі талдау мен мониторинг үшін негіз бола алады.

LiDAR деректері арқылы алынған алғашқы шағылыс сигналдары мен жер бетінің биіктік көрсеткіштері өсімдіктер мен құрылыстар деңгейіндегі ЖЖСМ моделін немесе тек нақты жер бедерін бейнелейтін ЖБСМ моделін жасауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, растрлық модельдер мен цифрлық қабаттар арқылы жер бедерін, коммуникацияларды, ғимараттарды, гидрографияны және өсімдік жамылғысын кеңістіктік талдау үшін қолдану мүмкіндігі артады.

Қашықтан зондтау деректері негізінде есептелетін индекстер (NDWI, WRI, MNDWI) су объектілерін, өсімдік жамылғындағы ылғалды, су деңгейінің өзгерістерін, затоптау аймақтарын анықтауға мүмкіндік беретін дәл құралдар болып табылады. Бұл әдістер гидрологиялық зерттеулерде, экологиялық мониторингте және табиғи ресурстарды басқаруда қолданылуы тиімді.

Осылайша заманауи қашықтан зондтау әдістері мен цифрлық модельдер экожүйелердің жағдайын жан-жақты бағалауға, су ресурстарын тиімді басқаруға, апатты жағдайларды алдын-ала анықтауға және кеңістіктік деректерді жүйелі талдауға мүмкіндік береді. Бұл құралдар ғылыми зерттеулерді жетілдіруге және табиғатты қорғау шараларын тиімді жоспарлауға негіз болып табылады.

LiDAR деректері арқылы алынған алғашқы шағылыс сигналдары жер бедерінің сандық моделін (ЖБСМ) және жер үсті жамылғысының сандық моделін (ЖЖСМ) құруға мүмкіндік береді, бұл өсімдіктер, құрылыстар және нақты жер бедерін жеке-жеке талдауды қамтамасыз етеді. Қашықтан зондтау деректері мен растрлық модельдер коммуникациялар, ғимараттар, гидрография және өсімдік жамылғысын кеңістіктік тұрғыда талдауға жағдай жасайды. Сонымен қатар NDWI, WRI және MNDWI сияқты спектрлік индекстер су объектілерін, ылғалдылық деңгейін, су басу аймақтарын анықтауда тиімді қолданылады. Жалпы алғанда, заманауи қашықтан зондтау әдістері мен цифрлық модельдер экожүйелердің жай-күйін кешенді бағалауға, су ресурстарын басқаруға және апатты жағдайларды алдын ала болжауға мүмкіндік береді. Бұл технологиялар табиғатты қорғау және ресурстарды тиімді пайдалану үшін маңызды ақпарат көзін құрайды. Ғылыми зерттеулер мен практикалық қолдануларда кеңінен қолданыла отырып, олар экологиялық қауіптерді азайтуға және тұрақты даму мақсаттарына жетуге септігін тигізеді.

3 Жайық өзені алабында GIS негізінде су тасқыны қаупін бағалау

3.1 Зерттеу аумағының сипаттамасы және бастапқы деректер

Батыс Қазақстан облысы физикалық-географиялық тұрғыдан Шығыс Еуропа жазығының оңтүстік-шығыс шетінде орналасқан және бедерінің басым бөлігі тегіс әрі төмен биіктікті болып келеді. Аймақтың климаттық жағдайы шұғыл континенттік сипатқа ие, жауын-шашын мөлшері біркелкі таралмайды, бұл өзен ағысының жылдық режиміне айтарлықтай әсер етеді. Табиғи ылғалдың жетіспеушілігі жағдайында Жайық өзені облыс аумағындағы су ресурстарының негізгі көзі ретінде ерекше маңызға ие. Өзен суы ауыл шаруашылығы мақсатында, елді мекендерді сумен қамтамасыз етуде және өндірістік қажеттіліктер үшін пайдаланылады.

Жайық өзені – Қазақстан аумағындағы ең ірі трансшекаралық су жүйелерінің бірі болып табылады және Батыс Қазақстан өңірінің табиғи-географиялық құрылымында шешуші рөл атқарады. Өзен бастауын Орал тауларынан алып, кең аллювийлі жазықтар арқылы ағып, Каспий теңізіне құяды. Қазақстан аумағындағы Жайық өзенінің ағысы негізінен жазықтық сипатқа ие, бұл оның гидрологиялық режимінің тұрақсыздығына және маусымдық су деңгейінің күрт ауытқуына әсер етеді. Өзеннің қоректену типі аралас болғанымен, қар суының үлесі басым, сондықтан көктем мезгілінде су тасқыны жиі байқалады.

11-суретке сәйкес Жайық өзені бойында орналасқан аудандардың табиғи жағдайлары мен шаруашылық құрылымы өзеннің гидрологиялық ерекшеліктерімен тығыз байланысты. Батыс Қазақстан облысы аумағында өзен аңғары арқылы бірқатар әкімшілік аудандар өтеді, бұл аумақтарда қоныстану жүйесі өзен арнасына жақын шоғырланған. Өзен бойындағы елді мекендер үшін Жайық суы ауызсу көзі, ауыл шаруашылығын қамтамасыз ететін негізгі ресурс және экожүйелік тепе-теңдікті сақтаушы фактор ретінде маңызды. Сонымен қатар, өзен аңғарының жазық әрі төмен бедерлі болуы су басу қаупін арттырып, табиғи апаттардың жиі қайталануына алғышарт жасайды.

Өзен бойындағы аудандардың әлеуметтік-экономикалық дамуы табиғи қауіп факторларымен қатар жүреді. Ауыл шаруашылығы жерлерінің, жайылымдардың және инфрақұрылым нысандарының едәуір бөлігі су тасқыны қаупі бар аймақтарда орналасқан. Бұл жағдай көктемгі су тасқыны кезінде экономикалық шығындардың артуына және экологиялық тұрақтылықтың бұзылуына әкелуі мүмкін. Әсіресе өзеннің орта және төменгі ағыс бөліктерінде арнаның кеңеюі, жағалаудың шайылуы және уақытша су басу құбылыстары жиі байқалады.



11-сурет – Зерттеу аймағының орналасқан жері

Осы тұрғыдан алғанда, Жайық өзені мен оның бойында орналасқан аудандарды кешенді түрде зерттеу су тасқыны қауіпін бағалау және алдын алу шараларын ғылыми негізде жоспарлау үшін маңызды. Өзеннің морфометриялық сипаттамалары, жер бедерінің ерекшеліктері және қоныстану құрылымының өзара байланысын талдау табиғи қауіптердің кеңістіктік таралу заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде төтенше жағдайлардың алдын алу жүйесін жетілдіруге және өңірдің тұрақты дамуын қамтамасыз етуге негіз болады.

Жайық өзені Батыс Қазақстан облысының табиғи-географиялық құрылымын қалыптастыратын негізгі гидрографиялық элементтердің бірі болып табылады. Өзен аймақтың солтүстік-шығыс бөлігінен оңтүстік бағытта ағып, облыс аумағын кесіп өтеді және табиғи ландшафттардың дамуына, экожүйелердің қалыптасуына тікелей ықпал етеді. Жайық аңғарының морфологиялық құрылымы негізінен кең, әлсіз еңістелген жазықпен сипатталады, бұл өзеннің ағыс жылдамдығының төмендеуіне және су деңгейінің маусымдық ауытқуына әсер етеді. Аталған ерекшелік көктемгі қар еру кезеңінде су көлемінің күрт артуына және уақытша су басу құбылыстарының пайда болуына себеп болады.

Өзен бойында орналасқан қоныстар мен шаруашылық нысандарының кеңістіктік орналасуы Жайықтың гидрологиялық ерекшеліктерімен тығыз байланысты. Елді мекендердің едәуір бөлігі өзен аңғарына жақын орналасқан, бұл бір жағынан су ресурстарына қолжетімділікті арттырса, екінші жағынан табиғи қауіптердің, әсіресе су тасқынының ықтималдығын күшейтеді. Батыс

Қазақстан облысы аумағында көктемгі су тасқыны көбінесе қар жамылғысының қалыңдығы мен оның тез еруіне байланысты қалыптасады, ал өзен арнасының жазық бедерде орналасуы су жайылу аумағының кеңеюіне әкеледі.

Сонымен қатар, Жайық өзені облыстың экологиялық жағдайына да елеулі ықпал етеді. Өзен жағалауларында жайылымдық жерлер, шабындықтар және табиғи өсімдік жамылғысы қалыптасқан, бұл аймақтың биоалуантүрлілігін сақтауда маңызды рөл атқарады. Алайда антропогендік жүктеменің артуы, су ресурстарын қарқынды пайдалану және климаттық өзгерістер өзен экожүйесінің тұрақтылығына әсер ететін факторлар ретінде қарастырылады. Осыған байланысты Жайық өзені мен Батыс Қазақстан облысының табиғи жағдайларын кешенді зерттеу өңірдің экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету және табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану тұрғысынан өзекті болып табылады.

Зерттеу аумағы ретінде таңдап алынған Батыс Қазақстан облысының бірқатар әкімшілік бірліктері Жайық өзенінің орта ағысы бойында орналасуымен ерекшеленеді. Аталған аумаққа Орал қаласы, Бөрлі, Ақжайық, Теректі және Бәйтерек аудандары кіреді, олардың табиғи жағдайлары мен әлеуметтік-экономикалық дамуы өзеннің гидрологиялық режимімен және аңғарлық ерекшеліктерімен тығыз байланысты. Жайық өзені бұл аумақ үшін негізгі су жүйесі болып табылады және өңірдің табиғи ландшафттық құрылымын қалыптастыруда жетекші рөл атқарады.

Орал қаласы – Батыс Қазақстан облысының әкімшілік және экономикалық орталығы болып саналады. Қала аумағы Жайық өзенінің жағалауы бойында орналасқан, бұл оның тарихи қалыптасуына, көлік-логистикалық және өндірістік функцияларының дамуына ықпал еткен. Қала шегіндегі өзен аңғары салыстырмалы түрде кең әрі жазық болғандықтан, көктемгі су тасқыны кезінде су деңгейінің көтерілуі урбанизацияланған аумақтарға қауіп төндіреді. Осыған байланысты Орал қаласында су қорғау аймақтарын сақтау және жағалауды инженерлік тұрғыда нығайту мәселелері ерекше маңызға ие.

Бөрлі ауданы облыстың солтүстік бөлігінде орналасқан және табиғи-географиялық жағдайларының әркелкілігімен сипатталады. Аудан аумағында ауыл шаруашылығы және өндірістік нысандар дамыған, ал су ресурстары негізінен өзендер мен жер асты сулары арқылы қамтамасыз етіледі. Жайық өзенінің жанама әсері ауданның табиғи дренаж жүйесіне ықпал етіп, көктемгі кезеңде жер үсті ағысының күшеюіне себеп болады. Бұл жағдай белгілі бір аумақтарда уақытша су басу қаупін арттырады.

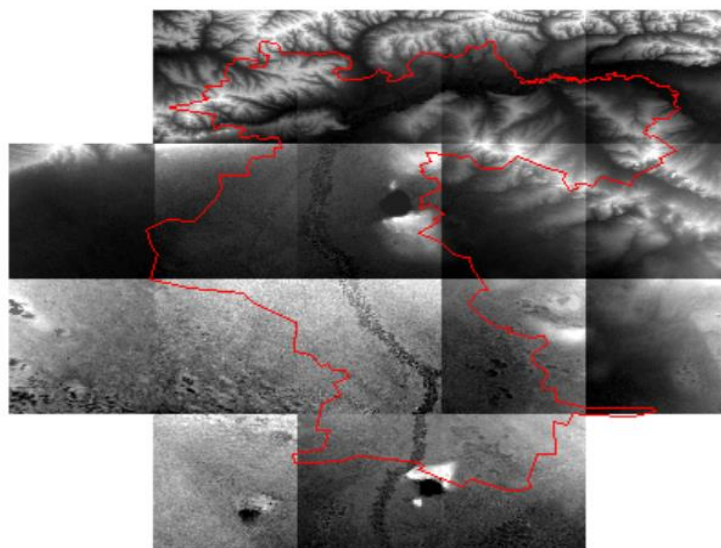
Ақжайық ауданы Жайық өзенінің аңғарында орналасқан және гидрологиялық тұрғыдан ең осал аумақтардың бірі болып табылады. Аудан жер бедерінің төмен және тегіс болуы өзеннің тасу кезінде жайылу аумағының кеңеюіне қолайлы жағдай жасайды. Нәтижесінде шабындықтар мен ауыл шаруашылығы алқаптары мезгіл-мезгіл су астында қалады. Сонымен қатар, аудан аумағында табиғи экожүйелер жақсы сақталған, бұл өзен аңғарының экологиялық маңызын арттыра түседі.

Теректі ауданының табиғи жағдайлары жазық бедермен және континенттік климаттың айқын белгілерімен сипатталады. Аудан аумағында елді мекендер көбіне су көздеріне жақын орналасқан, бұл тұрмыстық және шаруашылық қажеттіліктерді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Алайда көктемгі қардың тез еруі және жауын-шашын мөлшерінің артуы өзендер мен уақытша су арналарының тасуына әкеліп, гидрологиялық қауіптің күшеюіне себеп болады.

Бәйтерек ауданы Жайық өзенінің жоғарғы және орта ағысына жақын орналасқан аумақтарды қамтиды және облыс бойынша халық тығыз қоныстанған аудандардың бірі болып табылады. Аудан аумағында ауыл шаруашылығы жерлері кең таралған, ал су ресурстары өндірістік және коммуналдық мақсатта кеңінен пайдаланылады. Өзен аңғарының кеңдігі мен бедердің төмендігі су тасқыны қаупінің қалыптасуына әсер ететін негізгі факторлар ретінде қарастырылады.

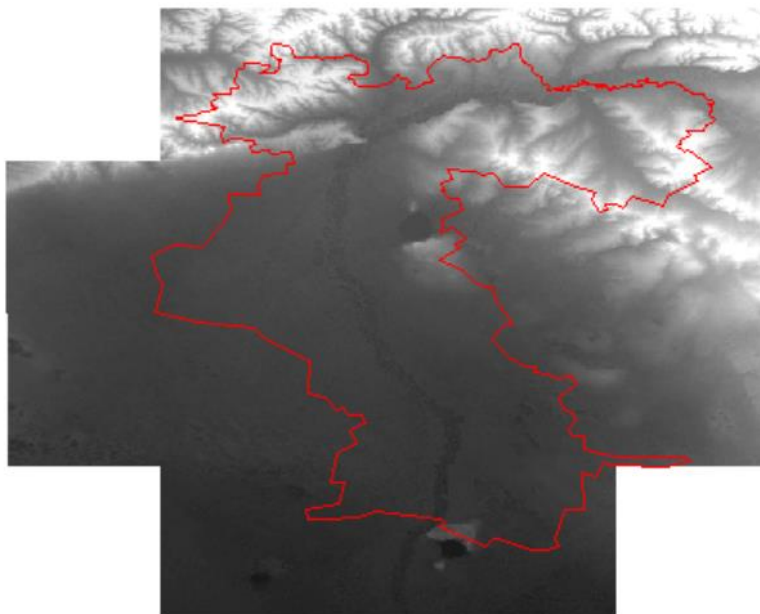
Жалпы алғанда, зерттеу аумағына кіретін әкімшілік бірліктердің табиғи және шаруашылық ерекшеліктері Жайық өзенінің гидрологиялық режимімен, жер бедерінің сипаты және климаттық жағдайларымен тығыз өзара байланыста дамиды. Бұл аумақтарды кешенді түрде қарастыру су тасқыны қаупін бағалау, табиғи қауіптердің кеңістіктік таралуын анықтау және төтенше жағдайлардың алдын алу шараларын ғылыми тұрғыда негіздеу үшін маңызды болып табылады.

Зерттеу жұмысының бастапқы кезеңінде жер бедерін сипаттайтын сандық деректерді дайындау мақсатында SRTM негізіндегі қашықтан зондтау материалдары пайдаланылды. 12-13-14 суретке сәйкес зерттелетін аумақты толық қамту үшін кеңістіктік деректер қоры қалыптастырылып, жалпы саны 17 SRTM растрлық бейнесі жүктелді. Аталған деректер әртүрлі тайлдар түрінде ұсынылғандықтан, оларды біртұтас талдауға мүмкіндік беру үшін алдын ала өңдеу шаралары жүргізілді.



12-сурет – Жүктелген SRTM бейнелері

Алғашқы өңдеу кезеңінде жүктелген SRTM бейнелері бір кеңістіктік жүйеге келтіріліп, кейін мозаикалау әдісі арқылы бір тұтас растрлық қабатқа біріктірілді. Бұл операция зерттеу аумағын үздіксіз қамтитын сандық жер бедері моделін қалыптастыруға мүмкіндік берді. Мозаикаланған растр бастапқы деректер арасындағы шекаралық айырмашылықтарды жойып, биіктік көрсеткіштерінің біркелкі таралуын қамтамасыз етті.



13-сурет – SRTM деректерін біртұтас растрға біріктіру

Келесі кезеңде алынған біртұтас растр зерттеу аумағының әкімшілік шекараларына сәйкес кесілді. Ол үшін векторлық шекара қабаты қолданылып, «clip» операциясы арқылы тек Орал қаласы мен Бөрлі, Ақжайық, Теректі және Бәйтерек аудандарын қамтитын бөлік бөлініп алынды. Нәтижесінде зерттеу мақсатына сай келетін, артық деректерден тазартылған сандық жер бедері моделі алынды. Зерттеу барысында су объектілерін анықтау және су басқан аумақтарды бағалау үшін NDWI (Normalized Difference Water Index) спектралдық индексі қолданылды. Бұл индекс қашықтан зондтау деректері негізінде су беттерін құрлық жамылғысынан ажыратуға мүмкіндік беретін кең таралған құрал болып табылады. NDWI пайдалану су айдындарының кеңістіктік таралуы мен олардың уақыт бойынша өзгерістерін талдауда маңызды ақпараттық база жасайды.



14-сурет – Шекара бойынша кесілген растр

Жүргізілген алдын ала өңдеу жұмыстары зерттеу аумағының жер бедерін дәл сипаттауға, әрі қарай гидрологиялық талдау мен су тасқыны қаупін модельдеу жұмыстарын орындауға негіз қалады. Сонымен қатар, бастапқы деректерді біріздендіру және кеңістіктік шектеу талдау нәтижелерінің сенімділігін арттыруға мүмкіндік берді.

3.2 NDWI және MNDWI негізінде су басқан аумақтарды анықтау және ЖЖСМ негізінде гидрологиялық модельдеу

Су объектілерін анықтау және су басқан аумақтарды бағалау мақсатында зерттеу барысында NDWI (Normalized Difference Water Index) спектралдық индексі қолданылды. Бұл индекс қашықтан зондтау деректері негізінде су беттерін құрлық жамылғысынан ажыратуға мүмкіндік беретін кең таралған көрсеткіштердің бірі болып табылады. NDWI индексі пайдалану су айдындарының кеңістіктік таралуын және олардың уақыт бойынша өзгерісін талдауда маңызды ақпараттық база қалыптастырады.

NDWI индексі жасыл спектралдық арна (Green) мен жақын инфрақызыл арна (NIR) арасындағы нормаланған айырма арқылы есептеледі. Индекстің негізінде су беттерінің NIR диапазонында сәулені әлсіз шағылыстырып, ал жасыл диапазонда салыстырмалы түрде жоғары шағылдыру қасиетіне ие болуы жатыр. Осы ерекшелік су объектілерінің оң мәндермен сипатталуына, ал құрғақ жерлер мен өсімдік жамылғысының теріс немесе нөлге жуық мәндер алуына мүмкіндік береді. Нәтижесінде NDWI индексі су айдындарын анықтаудың тиімді құралы ретінде қолданылады.

15,16,17-суреттерде көрсетілгендей зерттелетін аумақ бойынша 2023, 2024 және 2025 жылдарға арналған NDWI индекстері есептеліп, су жамылғысының жылдар арасындағы динамикасы талданды. 2023 жылғы NDWI

нәтижелері су объектілерінің негізінен тұрақты гидрологиялық нысандармен шектелгенін көрсетеді. Бұл кезеңде уақытша су басу белгілері әлсіз байқалып, индекс мәндері көбіне өзен арнасы мен жекелеген су қоймалары маңында шоғырланған.

2024 жылғы NDWI индексі бойынша су беттерінің айтарлықтай кеңейгені анықталды. Әсіресе өзен аңғары мен төмен бедерлі аумақтарда оң мәндердің үлесі артқан. Бұл жағдай көктемгі қардың мол түсуі мен оның қысқа мерзімде еруіне байланысты гидрологиялық жүктеменің күшеюімен түсіндіріледі. NDWI картасында уақытша су басқан аумақтардың кеңістіктік таралуы анық байқалып, су тасқыны қаупінің жоғары деңгейде болғанын көрсетеді.

2025 жылғы NDWI нәтижелері су жамылғысының салыстырмалы түрде тұрақтанғанын аңғартады. Су объектілері негізінен тұрақты арналар мен локалды учаскелерде сақталып, кең ауқымды жайылу белгілері азайған. Бұл гидрометеорологиялық жағдайлардың өзгеруімен және су режимінің белгілі бір тепе-теңдікке келуімен байланыстырылады.



15-сурет – 2023ж NDWI индексі көрсеткіші



16-сурет – 2024NDWI индексі көрсеткіші



17-сурет – 2025 NDWI индексі көрсеткіші

Зерттеу барысында су басқан аумақтарды анықтау мақсатында қашықтан зондтау деректеріне негізделген спектралдық индекстер кеңінен қолданылды. Солардың ішінде су объектілерін дәл айқындау қабілеті жоғары MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) индексіне ерекше назар аударылды. Аталған индекс су беттерін құрлық және жасыл өсімдіктер жамылғысынан ажыратуда жоғары сезімталдыққа ие болғандықтан, су тасқыны аймақтарын анықтау үшін тиімді құрал ретінде қарастырылады.

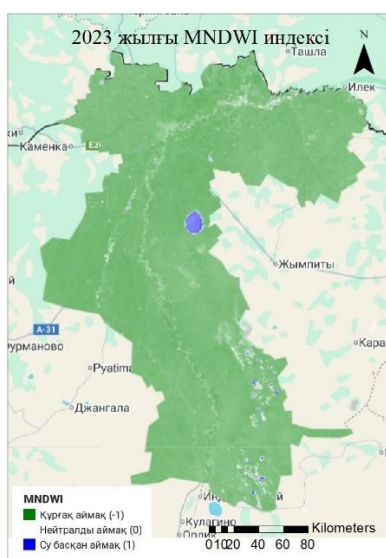
MNDWI индексі жасыл спектралдық арна (Green) мен қысқа толқынды инфрақызыл арна (SWIR) арасындағы нормаланған айырмаға негізделіп есептеледі. Бұл тәсіл су беттерінің инфрақызыл диапазонда энергияны әлсіз

шағылдыру, ал жасыл диапозонда салыстырмалы түрде жоғары шағылдыру қасиетіне сүйенеді. Нәтижесінде су объектілері оң мәндермен, ал құрғақ жерлер мен жасанды беттер теріс немесе нөлге жақын мәндермен сипатталады. Осы ерекшелік MNDWI индексі урбандалған және өсімдік жамылғысы басым аумақтарда қолдануға мүмкіндік береді.

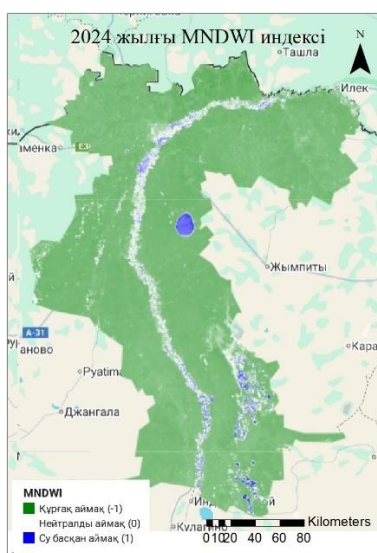
18,19,20-суреттерде көрсетілгендей зерттеу аумағы бойынша 2023, 2024 және 2025 жылдарға арналған MNDWI индекстері есептеліп, су басу жағдайының кеңістіктік және уақыттық өзгерістері талданды. 2023 жылғы нәтижелерде су айдындары негізінен тұрақты гидрологиялық нысандармен шектеліп, уақытша су басқан аумақтардың үлесі салыстырмалы түрде аз екені байқалды. Бұл кезеңде су объектілері негізінен өзен арнасы мен жекелеген көлдік жүйелер маңында шоғырланған.

2024 жылғы MNDWI индексі бойынша су басқан аумақтардың айтарлықтай ұлғайғаны анықталды. Әсіресе Жайық өзенінің аңғары бойында және төмен бедерлі учаскелерде су жамылғысының кеңеюі байқалады. Бұл жағдай көктемгі қардың қарқынды еруімен және гидрологиялық жүктеменің артуымен байланыстырылады. Индекс мәндерінің оң аймақта шоғырлануы уақытша су жайылу аймақтарының қалыптасқанын көрсетеді, бұл өз кезегінде су тасқыны қаупінің жоғары деңгейін айғақтайды.

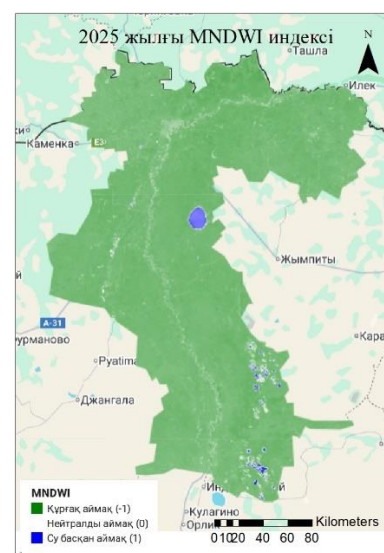
2025 жылғы MNDWI картасы алдыңғы жылмен салыстырғанда су басқан аумақтардың белгілі бір деңгейде тұрақтанғанын көрсетеді. Су жамылғысы негізінен тұрақты су объектілері мен жекелеген локалды учаскелерде сақталған, ал кең ауқымды жайылу белгілері әлсіз байқалады. Бұл гидрометеорологиялық жағдайлардың салыстырмалы түрде қолайлы болуымен және су режимінің қалыпқа келуімен түсіндіріледі.



18-сурет – 2023ж MNDWI индексі көрсеткіші



19-сурет – 2024ж MNDWI индексі көрсеткіші



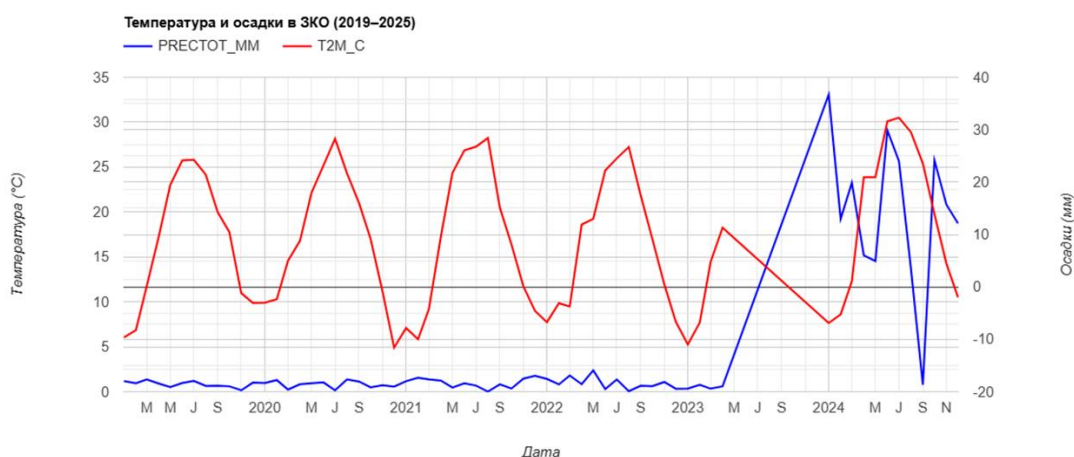
20-сурет – 2025ж MNDWI индексі көрсеткіші

Жалпы алғанда, MNDWI индексі негізінде алынған нәтижелер су басқан аумақтардың жылдар бойынша өзгеру динамикасын айқын көрсетуге мүмкіндік берді. Индекстің жоғары кеңістіктік айқындығы мен су объектілерін сенімді анықтау қабілеті оны су тасқынын бағалау және мониторинг жүргізу барысында тиімді құрал ретінде пайдалануға негіз болады. Алынған MNDWI нәтижелері келесі кезеңдерде NDWI индексімен салыстырмалы талдау жүргізуге және сандық жер бедері моделі (ЖЖСМ) негізіндегі гидрологиялық модельдеу нәтижелерімен өзара байланыстыра қарастыруға мүмкіндік береді.

NDWI индексі негізінде алынған нәтижелер су айдындарының жалпы динамикасын анықтауға мүмкіндік бергенімен, кейбір жағдайларда ылғалды топырақ пен тығыз өсімдік жамылғысы су объектілерімен аралас мәндер көрсетуі мүмкін. Осыған байланысты NDWI индексі MNDWI көрсеткішімен салыстырмалы түрде талданды. MNDWI индексінің SWIR арнасын қолдануы су объектілерін дәлірек ажыратуға мүмкіндік беретіндіктен, екі индексті кешенді пайдалану су басқан аумақтарды анықтаудың сенімділігін арттырды.

Осылайша, NDWI индексі зерттеу аумағында су объектілерінің кеңістіктік және уақыттық өзгерісін бағалауға негіз болып, ал MNDWI және ЖЖСМ негізіндегі гидрологиялық модельдеу нәтижелерімен үйлестіре қолдану су тасқыны қаупін кешенді түрде талдауға мүмкіндік берді.

21-суретте көрсетілгендей, зерттеу барысында аймақтың климаттық жағдайын бағалау мақсатында 2019–2024 жылдар аралығындағы ауа температурасы мен жауын-шашын көрсеткіштері Google Earth Engine платформасы арқылы алынған қашықтан зондтау және реанализ деректері негізінде талданды. Алынған мәліметтер өңірдегі климаттық үрдістердің жылдар бойынша өзгерісін салыстырмалы түрде бағалауға мүмкіндік берді.



21-сурет – 2019–2024 жылдар аралығындағы ауа температурасы мен жауын-шашын көрсеткіштері

Талдау нәтижелері 2019–2023 жылдар аралығында орташа температура көрсеткіштерінің салыстырмалы түрде бірқалыпты сақталғанын көрсетеді. Бұл

кезеңде жылдар арасындағы ауытқулар айқын байқалмаған, температура мәндері көпжылдық орташа көрсеткіштер шегінде өзгеріп отырған. Мұндай тұрақтылық аймақтағы жылу режимінің салыстырмалы түрде орнықты болғанын және экстремалды жылулық жағдайлардың сирек тіркелгенін аңғартады.

Алайда 2024 жылы температуралық фонның аздап жоғарылағаны анықталды. Температураның бұл өсімі өңірде соңғы жылдары байқалып отырған жалпы жылыну тенденциясымен және климаттық жүйедегі өзгерістермен байланыстырылады. Температураның салыстырмалы түрде жоғары болуы қар жамылғысының ерте еруіне және топырақтағы ылғал режимінің өзгеруіне әсер еткен факторлардың бірі ретінде қарастырылады.

Жауын-шашын көрсеткіштеріне жүргізілген талдау 2019–2023 жылдар аралығында олардың мөлшері айтарлықтай өзгермегенін, жылдар бойынша шамалас деңгейде сақталғанын көрсетті. Бұл кезеңде жауын-шашынның маусымдық таралуы қалыпты сипатта болып, гидрологиялық режимге айтарлықтай әсер ететін шектен тыс жағдайлар байқалмаған.

Керісінше, 2024 жылы жауын-шашын мөлшерінің күрт артқаны анықталды. Бұл құбылыс атмосфералық циркуляцияның өзгеруімен және ылғалды ауа массаларының өңірге жиі енуімен байланыстырылады. Жауын-шашынның айтарлықтай көбеюі топырақтың суға қанығуына, жер үсті ағысының күшеюіне және өзен жүйелеріне түсетін гидрологиялық жүктеменің артуына әкелді. Нәтижесінде су тасқыны қаупі жоғарылап, уақытша су басқан аумақтардың кеңеюіне қолайлы жағдай қалыптасты.

Жалпы алғанда, 2019–2023 жылдар аралығындағы климаттық көрсеткіштердің салыстырмалы тұрақтылығы мен 2024 жылғы температураның сәл көтерілуі және жауын-шашынның күрт артуы өңірдегі гидрологиялық жағдайдың өзгеруін айқындайды. Аталған климаттық ерекшеліктер NDWI және MNDWI индекстері негізінде анықталған су басқан аумақтардың кеңеюімен, сондай-ақ ЖЖСМ негізіндегі гидрологиялық модельдеу нәтижелерімен өзара үйлеседі. Бұл климаттық факторлардың су тасқыны процестерін қалыптастырудағы шешуші рөлін дәлелдейді.

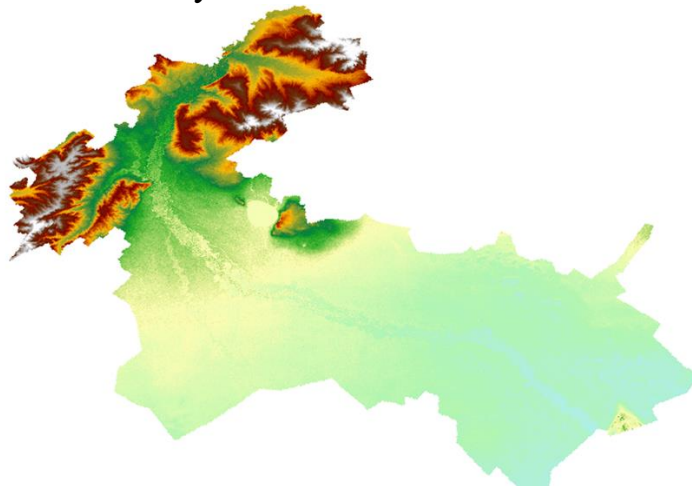
22-суретке сәйкес зерттеу аумағы үшін қалыптастырылған жергілікті жердің сандық моделі (ЖЖСМ) аймақтың орографиялық құрылымын кешенді түрде сипаттауға мүмкіндік берді. Алдын ала өндеуден өткен SRTM деректері негізінде алынған модель жер бедерінің кеңістіктік өзгерісін, биіктік айырмашылықтарын және бедер формаларының таралу заңдылықтарын анықтауда негізгі ақпарат көзі ретінде пайдаланылды. ЖЖСМ нәтижелері зерттеліп отырған аумақтың морфологиялық тұрғыдан басым бөлігінің жазық сипатқа ие екенін көрсетті.

Жасалған ЖЖСМ бойынша зерттеу аумағының едәуір бөлігі абсолюттік биіктіктері аз өзгереді, еңістігі төмен жазық дала түрінде қалыптасқан. Мұндай бедер жағдайында жер беті ағысы баяу қалыптасып, су массаларының белгілі бір бағытта шоғырлануы шектеулі болады. Сонымен қатар, модельде айқын байқалатын тік бедер элементтері мен күрт еңістердің болмауы су

жайылуының кең аумақтарға таралуына қолайлы жағдай жасайды. Бұл ерекшелік су тасқыны кезінде судың өзен аңғарынан шығып, төмен бедерлі учаскелерге таралу мүмкіндігін арттырады.

ЖЖСМ нәтижелері бойынша зерттеу аумағының солтүстік бөлігінде салыстырмалы түрде биіктеу аймақтардың бар екені анықталды. Бұл учаскелер жер бедерінің біршама көтеріңкі элементтерімен сипатталып, табиғи су айырық қызметін атқарады. Аталған биіктік аумақтарынан ағып шыққан жер үсті сулары төмен орналасқан жазықтарға бағыттталып, гидрологиялық жүйенің қалыптасуына ықпал етеді. Солтүстік бөліктегі бұл орографиялық ерекшелік ағынның негізгі бағыттарын айқындауда маңызды рөл атқарады.

Қалған аумақтарда жер бедерінің құрылымы негізінен сәл ғана байқалатын ойпаттармен және әлсіз еңістелген жазық беткейлермен сипатталады. Бұл ойпаң учаскелер ЖЖСМ-де локалды түрде төмен биіктік мәндерімен көрініс тауып, су жиналу аймақтарының қалыптасуына алғышарт жасайды. Мұндай бедер жағдайында жауын-шашын немесе қар еру нәтижесінде пайда болған су массалары уақытша тоқырап, су басу құбылыстарының жиі байқалуына себеп болады.



22-сурет – Жергілікті жердің сандық моделі

Жалпы алғанда, жасалған ЖЖСМ зерттеу аумағының морфологиялық тұрғыдан жазық сипатта екенін, ал солтүстік бөліктегі биіктеу аймақтардың ағын бағыты мен су жинау үрдістеріне ықпал ететінін көрсетеді. Бұл жер бедерінің ерекшеліктері NDWI және MNDWI индекстері негізінде анықталған су басқан аумақтардың кеңістіктік таралуымен үйлеседі және су тасқыны қаупін бағалауда ЖЖСМ негізіндегі гидрологиялық модельдеудің маңызын дәлелдейді.

3.3 Өзен суы тасу ағынын анықтау және қауіпті аймақ картасын жасау

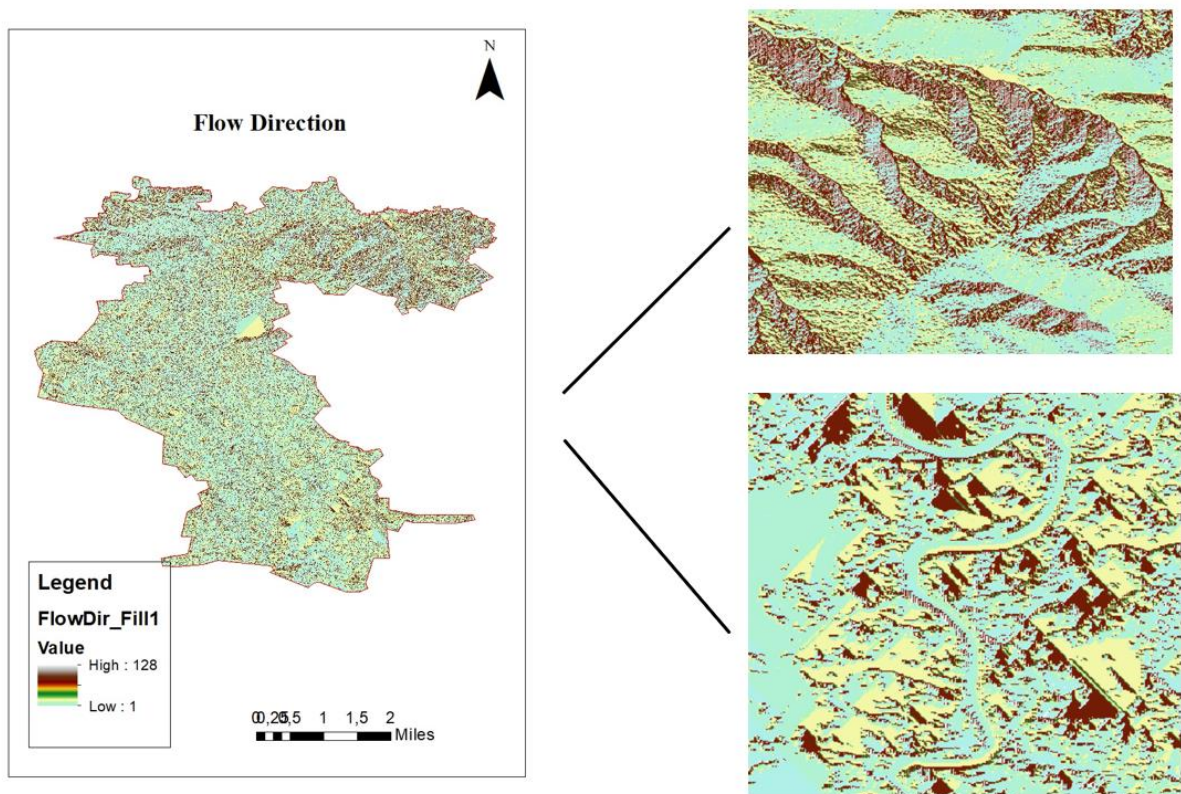
Өзен суының тасу бағытын анықтау және су басу қаупі бар аумақтарды айқындау мақсатында зерттеу барысында сандық жер бедері моделіне (ЖЖСМ) негізделген гидрологиялық модельдеу әдістері қолданылды. Бұл тәсіл жер бедерінің морфологиялық ерекшеліктерін ескере отырып, жер үсті ағысының қалыптасу заңдылықтарын анықтауға және су жиналу ықтималдығы жоғары учаскелерді дәл белгілеуге мүмкіндік береді. Гидрологиялық талдау бірнеше өзара байланысты кезеңдерден тұрды.

Алғашқы кезеңде ЖЖСМ деректері алдын ала өңделіп, жер бедеріндегі ұсақ ойыстар мен жасанды кедергілерді жою мақсатында Fill операциясы орындалды. Бұл қадам су ағынының табиғи бағытта үздіксіз қозғалуын қамтамасыз ету үшін қажет болды. Fill операциясының нәтижесінде ЖЖСМ-де су ағысын бөгейтін қате депрессиялар түзетіліп, гидрологиялық тұрғыдан дұрыс модель қалыптастырылды.

Өзен суының тасу бағытын анықтау және су басу қаупі бар аумақтарды белгілеу үшін сандық жер бедері моделіне (ЖЖСМ) негізделген гидрологиялық модельдеу әдістері қолданылды. Бұл тәсіл жер бедерінің морфологиялық ерекшеліктерін ескере отырып, жер үсті ағысының қалыптасу заңдылықтарын анықтауға және су жиналу ықтималдығы жоғары учаскелерді дәл белгілеуге мүмкіндік береді. Гидрологиялық талдаудың алғашқы кезеңінде ЖЖСМ деректері алдын ала өңделіп, Fill операциясы арқылы жер бедеріндегі ұсақ ойыстар мен жасанды кедергілер жойылды, бұл су ағынының табиғи бағытта үздіксіз қозғалуын қамтамасыз етіп, гидрологиялық тұрғыдан дұрыс модель қалыптастырды.

Кейбір күрделі жүйелерде модель нәтижелері автоматты түрде GIS платформасына интеграцияланып, қауіпті аймақтар картасын жасау және төтенше жағдайлар қызметіне нақты нұсқау беру үшін қолданылады.

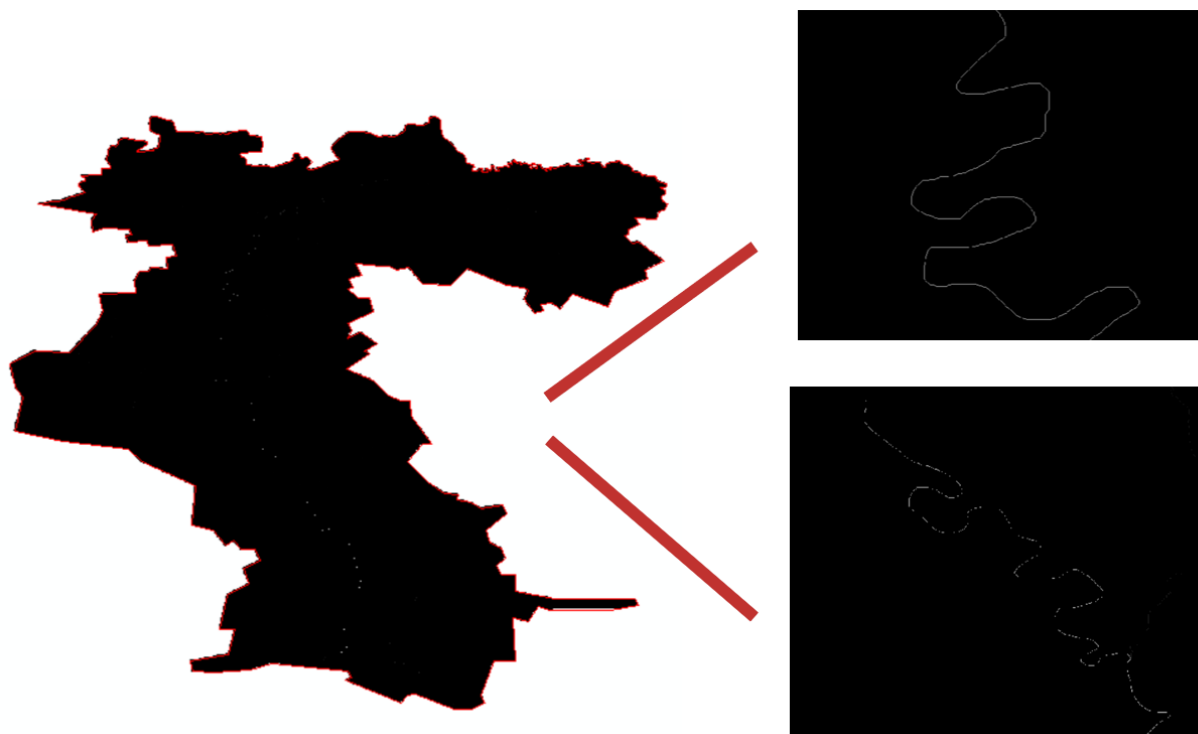
Келесі кезеңде Flow Direction әдісі қолданылып, әрбір растрлық ұяшықтан судың қай бағытта ағатыны анықталды. Бұл талдау ЖЖСМ негізінде ең үлкен еңіс бағытын есептеу арқылы жүргізілді. 23-суретке сәйкес нәтижесінде зерттеу аумағы бойынша жер үсті суларының басым ағыс бағыттары анықталып, солтүстік бөліктегі салыстырмалы биік аймақтардан төмен орналасқан жазықтарға қарай бағытталған ағын жүйесі қалыптасқаны байқалды. Flow Direction нәтижелері ағындардың жалпы құрылымын сипаттайтын базалық дерек ретінде пайдаланылды.



23-сурет – Flow Direction әдісі арқылы ағыс бағытын анықтау

Үшінші кезеңде Flow Accumulation талдауы жүргізіліп, әрбір ұяшыққа келіп қосылатын су мөлшерінің шартты көрсеткіші есептелді. 24-суретте крсетілгендей бұл операция су жинақталатын аумақтарды және болашақта су арнасына айналуы мүмкін бағыттарды анықтауға мүмкіндік берді. Жоғары жинақталу мәндері бар аймақтар жер үсті ағысының шоғырлану нүктелері ретінде белгіленіп, су басу қаупі жоғары учаскелерді айқындаудың негізі болды. Әсіресе жазық және сәл ойпаң аумақтарда Flow Accumulation мәндерінің жоғары болуы су тоқырауы мен жайылу ықтималдығын арттыратынын көрсетті.

Flow Accumulation нәтижелеріне сүйене отырып, келесі кезеңде өзен арналарының торы (Stream Network) анықталды. Бұл үшін белгілі бір шектік мән (threshold) таңдалып, тек жинақталу деңгейі жоғары ұяшықтар өзен арналары ретінде белгіленді. Нәтижесінде зерттеу аумағының табиғи дренаж жүйесі қалыптасып, негізгі және қосалқы өзен арналары айқындалды. Алынған арна желісі су тасқыны кезінде су таралатын ықтимал бағыттарды көрсетуге мүмкіндік берді.

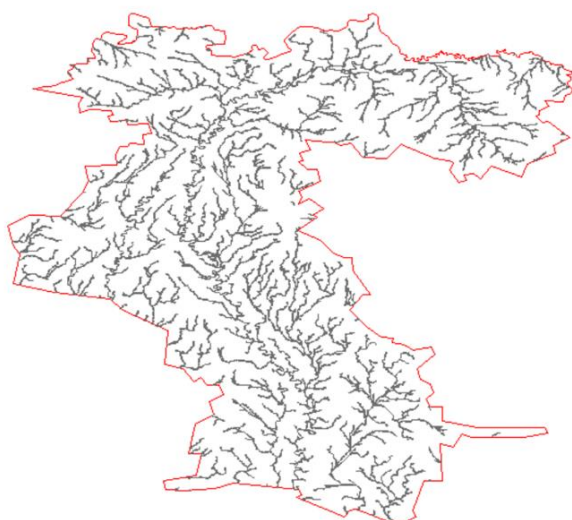


24-сурет – Flow Accumulation әдісі арқылы су таралатын ықтимал бағыттарды көрсету

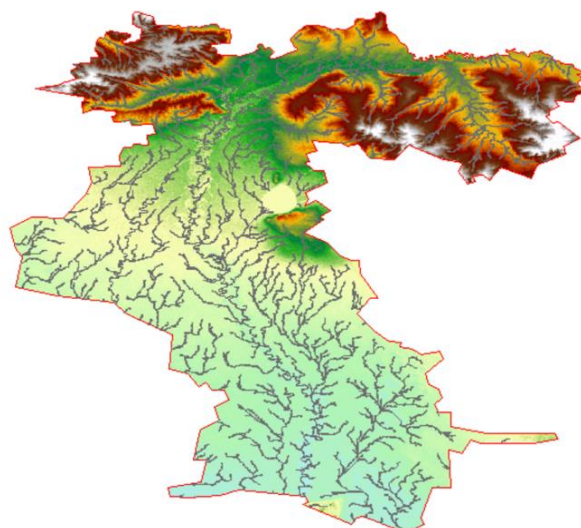
Сонымен қатар, ЖЖСМ негізінде су жиналатын ойыстар (depression areas) анықталды. Бұл ойыстар жер бедерінің төмен орналасқан учаскелері ретінде сипатталып, жауын-шашын немесе қар еру кезеңінде су уақытша жиналуы мүмкін аймақтар ретінде қарастырылды. 25,26- суреттерге сәйкес осы аймақтардағы су бағыттары растрлық форматтан векторлыққа түрлендірілді. Мұндай учаскелер көбіне су басу қаупі жоғары аумақтармен сәйкес келіп, MNDWI және NDWI индекстері бойынша анықталған уақытша су айдындарымен үйлесім тапты.

ЖЖСМ негізінде су жиналатын ойыстар (depression areas) анықталып, олар жер бедерінің төмен орналасқан және жауын-шашын немесе қар еру кезеңінде су уақытша жиналуы мүмкін аймақтар ретінде сипатталды. 25–26-суреттерде осы учаскелердегі су ағыстары растрлық форматтан векторлыққа түрлендірілді. Нәтижесінде, су жиналатын ойыстар көбінесе су басу қаупі жоғары аймақтармен сәйкес келіп, MNDWI және NDWI индекстері бойынша анықталған уақытша су айдындарымен үйлесім тапты.

1-кестеде көрсетілгендей өзен арналары бойынша минимум және максимум биіктік мәндерін анықтау арқылы арна бойындағы еңістік айырмашылықтары бағаланды. Бұл талдау өзен ағысының жылдамдығы мен су жайылу сипатын түсіндіруге мүмкіндік берді. Биіктік айырмашылығы аз учаскелерде су ағысының баяулап, жайылу аумағының кеңеюі ықтимал екені анықталды. Ал салыстырмалы түрде еңісі жоғары бөліктерде ағын шоғырланып, су арнасының анық сақталатыны байқалды.



25-сурет – Өзен арналары мен су жиналатын ойыстардың векторлық түрде көрсетілуі



26-сурет – Өзен арналарының жер бедерімен сәйкестігі

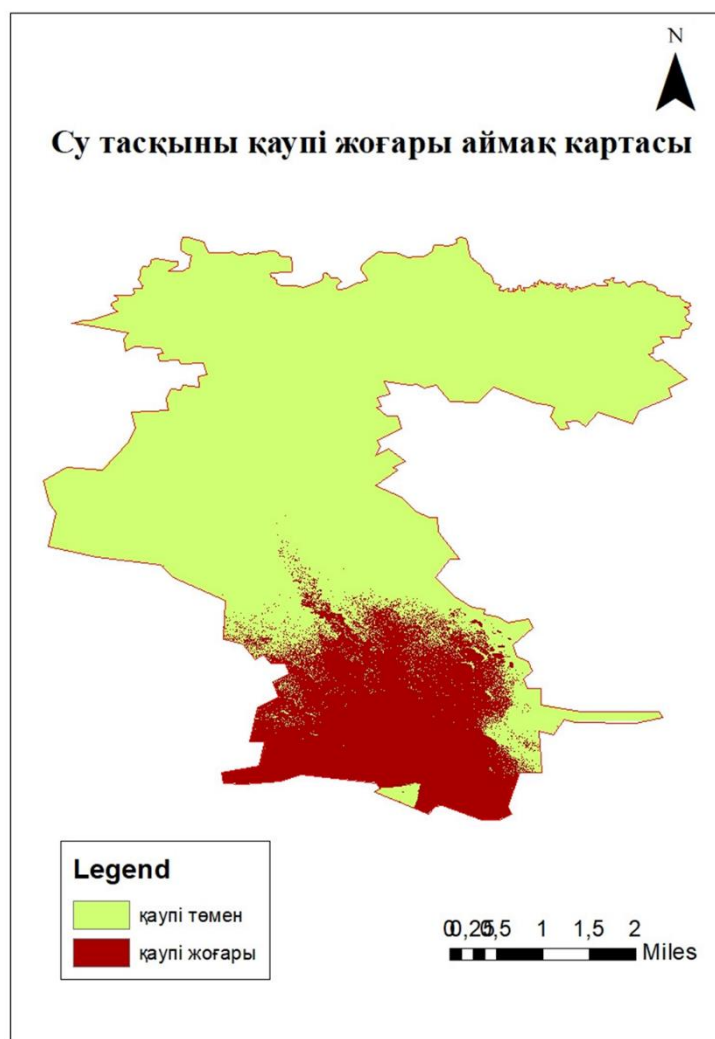
Кесте 1 – Өзен арналарының минимум және максимум биіктігі

OBJECTID	COUNT	AREA	MIN	MAX	MEAN
1	206	1.58951E-05	50	52	50.08252427
2	1463	0.000112886	42	53	47.56596036
3	1905	0.000146991	45	66	54.62729659
4	150	1.15741E-05	45	55	48.50666667
5	382	2.94753E-05	48	58	51.06282723
6	122	9.41358E-06	44	50	46.66393443
7	1574	0.000121451	43	59	50.0292249
8	4368	0.000337037	45	62	54.50206044
9	888	6.85185E-05	42	53	45.03265766
10	2268	0.000175	41	49	44.95017637
11	140	1.08025E-05	73	81	77.40714286
12	124	9.5679E-06	41	46	42.78225806
13	3378	0.000260648	38	61	50.03137951
14	223	1.72068E-05	37	51	43.56053812
560	1214	9.36728E-05	-17	-3	-11.28336079
561	2618	0.000202006	-13	-3	-8.238349885
562	2987	0.000230478	-17	-3	-14.69300301
563	104	8.02469E-06	-14	-7	-10.66346154
564	1142	8.81173E-05	-16	-9	-11.93345009
565	1327	0.000102392	12	26	18.31951771

Жүргізілген гидрологиялық модельдеу нәтижелері өзара біріктіріліп, су тасқыны қаупі бар аумақтардың картасы жасалды. Қауіпті аймақтарды айқындауда Flow Accumulation мәндері жоғары, жер бедері төмен және су

жиналу ойыстарына сәйкес келетін учаскелер негізгі индикаторлар ретінде алынды. Нәтижесінде өзен аңғары бойындағы және жазық ойпаттарда орналасқан аумақтардың су басу қаупі жоғары екені анықталды.

Осылайша, ЖЖСМ негізіндегі Flow Direction, Flow Accumulation, өзен арналары мен ойыстарды анықтау әдістері су тасқыны процестерін кеңістіктік тұрғыда түсіндіруге мүмкіндік беріп, қауіпті аймақтарды ғылыми негізде картаға түсірудің сенімді әдістемесін қалыптастырды. Алынған нәтижелер қашықтан зондтау индекстері және климаттық факторлармен үйлесімде қарастырылып, су тасқыны қаупін кешенді бағалауға негіз болды.



27-сурет – Су тасқыны қаупі жоғары аймақ картасы

Зерттеу нәтижесінде алынған «Су тасқыны қаупі жоғары аймақ картасы» зерттеу аумағындағы су басу ықтималдығы жоғары және төмен аймақтарды айқындауға мүмкіндік береді. 27-суретте көрсетілгендей жасыл түспен белгіленген аумақтарда су тасқыны қаупі төмен деп бағаланып, бұл аймақтарда гидрологиялық жағдай тұрақты, су жиналуы аз және жер бедері салыстырмалы түрде биіктік айырмашылығы төмен. Қызыл түспен көрсетілген аумақтар су

тасқыны қауіпі жоғары деп саналады, мұнда өзен аңғарлары мен төменгі жазық учаскелердегі су массаларының жинақталу ықтималдығы артқан. Картаның көрнекі ақпараттық мазмұны NDWI және MNDWI индекстері негізінде су айдындарының кеңістіктік таралуын, ЖЖСМ моделін пайдаланып жер бедерінің ықпалын және гидрологиялық модельдеу нәтижелерін біріктіру арқылы қалыптастырылды.

Картаның құрылымы NDWI және MNDWI индекстері, ЖЖСМ деректері және гидрологиялық модельдеу нәтижелерін біріктіру арқылы қалыптастырылды. Жоғары қауіпті аймақтар негізінен төменгі бөлікте шоғырланып, судың табиғи ағым заңдылықтарына және жер бедерінің жазықтығына сәйкес келеді, ал солтүстік бөліктерде биіктеу жерлер өзен арналарының бағытын анықтап, судың төменгі жазықтарға бағытталуына ықпал етеді. Мұндай карталау су тасқыны қауіпін кешенді бағалау, алдын алу шараларын жоспарлау және апатты жағдайларды басқаруда маңызды ақпараттық құрал болып табылады және жергілікті әкімшілік органдар мен гидрологиялық қызметтер үшін сенімді әдістемелік негіз бола алады.

Карта құрылымы **NDWI** және **MNDWI** индекстері, ЖЖСМ деректері және гидрологиялық модельдеу нәтижелерін біріктіру арқылы жасалды. Жоғары су тасқыны қауіпі бар аймақтар негізінен төменгі бөліктерде шоғырланып, судың табиғи ағым заңдылықтарына және жер бедерінің жазықтығына сәйкес орналасқан. Солтүстік бөліктерде биіктеу жерлер өзен арналарының бағытын анықтап, судың төменгі жазықтарға бағытталуына ықпал етеді. Мұндай карталау су тасқыны қауіпін кешенді бағалау, алдын алу шараларын жоспарлау және апатты жағдайларды басқаруда маңызды ақпараттық құрал болып табылады және жергілікті әкімшілік органдар мен гидрологиялық қызметтер үшін сенімді әдістемелік негіз бола алады.

Картадағы жоғары қауіпті аймақтар негізінен зерттеу аумағының төменгі бөлігінде шоғырланған, бұл су жинақталу процесінің табиғи ерекшеліктеріне және жер бедерінің жазықтық сипатына байланысты. Солтүстік бөліктерде салыстырмалы түрде биіктеу жерлер өзен арналарының табиғи бағыттарын анықтап, судың төменгі жазық аймақтарға бағытталуына ықпал етеді. Мұндай карталау әдісі су тасқыны қауіпін кешенді бағалау, алдын-алу шараларын жоспарлау және апатты жағдайларды басқаруда маңызды ақпарат көзі болып табылады. Алынған карта жергілікті жергілікті әкімшілік органдар мен гидрологиялық қызметтер үшін су тасқынына дайындық және мониторинг жүргізу барысында сенімді әдістемелік құрал ретінде қолданылуы мүмкін.

Үшінші тарау бойынша тұжырым

Үшінші тарауда жүргізілген зерттеу жұмыстары NDWI және MNDWI индекстері негізінде су объектілерінің кеңістіктік және уақыттық динамикасын талдаудан бастап, ЖЖСМ-ге сүйене отырып гидрологиялық модельдеу әдістерін қолдануға дейінгі кешенді тәсілді қамтыды. Су беттерінің таралуы мен уақытша су басқан аумақтар анықталып, олардың жылдық өзгерістері гидрометеорологиялық жағдайлармен байланыстырылды. ЖЖСМ арқылы жер бедерінің морфологиялық ерекшеліктері, ағын бағыттары және су жинау ықтималдығы жоғары учаскелер анықталып, өзен арналары мен ойыстар қарастырылды.

Осы талдаулар негізінде Flow Direction, Flow Accumulation, өзен арналары мен ойыстарды біріктіре отырып су тасқыны қаупі бар аумақтардың картасы жасалды. Алынған нәтижелер су массаларының қозғалысын кеңістіктік тұрғыда түсінуге, қауіпті аймақтарды дәл белгілеуге және климаттық факторлармен үйлестіріп қарастыруға мүмкіндік берді. Бұл әдістемелік тәсіл зерттеу аумағындағы су тасқыны қауіпін кешенді бағалау мен алдын алу шараларын жоспарлауда сенімді ақпараттық база ретінде қызмет етеді.

Сонымен қатар, зерттеу барысында алынған нәтижелер су тасқыны процестерінің жер бедері мен гидрологиялық көрсеткіштерге тәуелділігін нақты көрсетті. Жазық және сәл ойпаң аумақтарда Flow Accumulation мәндерінің жоғары болуы, сондай-ақ өзен арналары мен ойыстардың орналасуы су массаларының жайылу мүмкіндігін айқындады. Бұл ерекшеліктер уақытша су басу ықтималдығы жоғары учаскелерді алдын ала анықтауға мүмкіндік беріп, су тасқыны кезінде зардап шегуі мүмкін аймақтарды жоспарлауға негіз болды.

NDWI және **MNDWI** индекстері, ЖЖСМ деректері және гидрологиялық модельдеу нәтижелерін біріктіру арқылы жасалды. Жоғары су тасқыны қаупі бар аймақтар негізінен төменгі бөліктерде шоғырланып, судың табиғи ағым заңдылықтарына және жер бедерінің жазықтығына сәйкес орналасқан. Солтүстік бөліктерде биіктеу жерлер өзен арналарының бағытын анықтап, судың төменгі жазықтарға бағытталуына ықпал етеді. Мұндай карталау су тасқыны қаупін кешенді бағалау, алдын алу шараларын жоспарлау және апатты жағдайларды басқаруда маңызды ақпараттық құрал болып табылады және жергілікті әкімшілік органдар мен гидрологиялық қызметтер үшін сенімді әдістемелік негіз бола алады.

Зерттеу нәтижелері NDWI және MNDWI индекстерін гидрологиялық модельдеу нәтижелерімен үйлестіре қолданудың тиімділігін дәлелдеді. Су жамылғысының кеңістіктік таралуы мен динамикасын қадағалау, сондай-ақ ЖЖСМ негізінде су ағымының бағыттарын анықтау су тасқыны қаупін кешенді бағалауға мүмкіндік берді. Осылайша, жүргізілген жұмыстар ғылыми тұрғыда негізделген карталау мен талдау әдістерін қамтамасыз етіп, аумақты тұрақты түрде су тасқынынан қорғау шараларын жоспарлауға практикалық мән берді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертациялық жұмыс барысында зерттеу аумағындағы су тасқыны қаупін кешенді бағалау үшін қашықтан зондтау деректері мен жергілікті жердің сандық моделі (ЖЖСМ) қолданылды. Жұмыстың барысында NDWI және MNDWI спектралдық индекстері негізінде су объектілерінің кеңістіктік таралуы мен уақыттық динамикасы талданды. 2023 жылғы талдау су объектілерінің негізінен тұрақты гидрологиялық нысандармен шектелгенін көрсетті, ал 2024 жылы өзен аңғарлары мен төменгі бедерлі аумақтарда су беттерінің айтарлықтай кеңеюі байқалды. 2025 жылы су жамылғысы салыстырмалы түрде тұрақтанған, су объектілері тұрақты арналар мен локалды учаскелерде сақталған. NDWI және MNDWI индекстерін салыстырмалы талдау су объектілерін дәл анықтауға мүмкіндік берді.

Сандық жер бедері моделін қолдану зерттеу аумағының морфологиялық ерекшеліктерін ашып, жазық және сәл ойпаң аумақтарда су тоқырауы мен уақытша су басу ықтималдығы жоғары екенін көрсетті. Солтүстік бөлігінде салыстырмалы биіктеу аймақтар жер бедерінің табиғи су айырық қызметін атқарып, ағын бағыттарын анықтады. Гидрологиялық модельдеу (Fill, Flow Direction, Flow Accumulation) арқылы су массаларының қозғалысы, өзен арналары мен су жиналатын ойыстар анықталып, қауіпті аймақтардың картасы жасалды.

Нәтижелер көрсеткендей, су тасқыны қаупі көбіне өзен аңғарлары мен төменгі жазық учаскелерде шоғырланады. Жер бедерінің ерекшеліктері мен гидрологиялық көрсеткіштер арасындағы байланыс NDWI және MNDWI деректерімен үйлесіп, уақытша және тұрақты су объектілерін салыстырмалы түрде анықтауға мүмкіндік берді. Бұл тәсіл зерттеу аумағында су тасқыны қаупін кешенді бағалауға және алдын алу шараларын жоспарлауға практикалық негіз береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Мамыров Н.Қ., Тасболатов Ә.Б. Экология және табиғатты тиімді пайдалану. – Алматы: Экономика, 2006.
- 2 Айтмұхамбетов Е.Ш. Қазақстанның табиғи ресурстары және оларды пайдалану. – Алматы: Пауан, 2002.
- 3 United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Global Land Outlook, 2nd edition, 2022.
- 4 Wang, X., et al. (2019). "Combating desertification in China: achievements and future challenges." Land Degradation & Development.
- 5 Мамыров Н.Қ., Тасболатов Ә.Б. (2006). Экология және табиғатты тиімді пайдалану. Алматы: Экономика.
- 6 Қазақстан Республикасының Ұлттық экономика министрлігі. (2020). Қазақстанның шөлейттенуге қарсы күрес стратегиясы.
- 7 Мұратханов Д.Б., Рахимов Т.А., Рахметов И.К. Жер асты суларының Балқаш көлінің гидроэкологиялық жағдайына антропогендік әсерін болжау үшін математикалық модельдеу әдістерін қолдану (Қазақстан) // Сергеев оқулары. Инженерлік геодинамиканың іргелі және қолданбалы мәселелері. 2023. № 24. Б. 233–238
- 8 Katlane R. MODIS суреттері және Google Earth Engine көмегімен Тунис суларындағы теңіз бетінің температурасын, хлорофиллді және лайлылықты 2005–2020 жылдар аралығында бақылау // Теңіз ғылымдарының өңірлік зерттеулері. 2023. Т. 66. Б. 103–113
- 9 Karimzadeh S. Google Earth Engine көмегімен жағалау суларын бақылау: Каспий теңізінің оңтүстік жағалауының тематикалық зерттеуі // Фотограмметрияның, қашықтан зондтаудың және кеңістіктік ақпараттық ғылымдардың халықаралық мұрағаты. 2023. Т. 48. Б. 59–64 (ағылшын тілінде)
- 10 Velastegui-Montoya A. Google Earth Engine: жаһандық талдау және болашақ тенденциялар // Қашықтан зондтау. 2023. Т. 15. № 14. Б. 36–45
- 11 Данилова И.В., Федотова Е.В., Буренина Т.А. Подкаменная Тунгуска өзені бассейніндегі су балансы құрамдас бөліктерін есептеу үшін Google Earth Engine қолдану // Ақпараттық технологиялар және жоғары өнімді есептеу. 2023. № 10. Б. 80–84
- 12 Дробинина Е.В. Термокарсттық көлдердің аудандарын бағалау үшін Google Earth Engine платформасын қолдану тәжірибесі // Геологиядағы аэроғарыштық әдістер. 2021. № 3. Б. 289–294
- 13 Федотова Е.В., Гостева А.А. Бақылау жүйелерінде Google Earth Engine қолдану // Жерді қашықтан зондтаудың өңірлік мәселелері. 2021. № 6. Б. 132–135
- 14 Динг Ю. Google Earth Engine және жоғары мерзімділік қашықтан зондтау деректерін қолдана отырып Малай аралдарының жағалау сызығының динамикасын бақылау // Қашықтан зондтау. 2021. Т. 13. № 19. Б. 3842
- 15 Васильев В.Н. Қолданыстағы ГАЖ шолуы // Жас ғалым. 2016. № 14. Б. 62–66

16 Mustafa T.M. Қашықтықтан зондтау және ГАЖ әдістерін қолдану арқылы физикалық және химиялық параметрлерді анықтау үшін су индекстерін (NDWI, MNDWI, HDWI, CMI) пайдалану. / Mustafa T.M., Khalid I.H., Hussain M.H., Modher H.A. // Халықаралық зерттеулер журналы. 2017. Т.5. Б. 117-128

17 Катаев М.Ю., Бекеров А.А. Көп спектрлі спутниктік өлшеулер бойынша су объектілерін анықтау әдістемесі. // ТУСУР баяндама. 2017. №4. Б. 105-108

18 Камза, А., Левин, Е., Кузнецова, И., Ержанқызы, А., Орынбасарова, Е. Теңіз түбінен мезгілдік мәліметтер жинақталатын dem өзгерістерін зерттеу. // Геология және тау-кен экологиясын басқаруды зерттейтін халықаралық көпсалалы ғылыми геоконференция. 2018. Т. 18. Б. 449-454

19 Acharya T.D., Lee D.H., Yang I.T., Lee J.K. Landsat кескініндегі су және фондық шегі үшін су индекстерін біріктіру. // Датчиктер мен қосымшалар бойынша 4-ші Халықаралық электронды конференция, 2017. Т. 2. Б. 143

20 Умирбаев А. Аумақтық домендердің деформациясы мен радиациялық жағдайын кешенді мониторингтік бағалау. / А. Умирбаев, Нұрпейісова М.Б., Е. Федоров, Н.А. Милетенко. // Еуразиялық тау-кен өндірісі. 2021. Т. 1. Б. 83-87

21 Morto B. F., Cristina P. L. , Gil P. L. Теңіз деңгейінің көтерілуіне байланысты жағалаудағы су тасқынының әсерін картаға түсіру үшін Tandem-X Global DEM көмегімен: Гвинея-Бисауға қолдану. / Morto B.F., Cristina P.L., Gil P.L. // ISPRS Int. Дж. Гео-Инф. 2022. Т. 11 (4). Б. 225

22 Elfatih M.A. Африка Онисимо Мустанганың қашықтан зондтау арқылы экологиялық тұрақтылығы. / Elfatih M.A., Lalit K. // ISPRS Фотограмметрия және қашықтықтан зондтау журналы. 2020. Т. 169. Б. 212-213

23 Klein R.J.T., Nicholls R.J. Жағалау аймағы. // Климаттың өзгеруіне әсерді бағалау және бейімделу стратегияларының әдістері туралы анықтамалық. 1998. Б. 464

24 Caiya Y. GPS жылдамдық өрістерінің шектелуіне негізделген Сычуань-Юньнань аймағындағы негізгі тектоникалық ақаулардың қазіргі қозғалыс тенденциялары. / Caiya Y., Qiang Y., Kartbayeva K. // Ғарыштық зерттеулердегі жетістіктер (ASR). 2021. Т. 5. Б. 1719-1731

25 Acharya T.D. J48 шешімдерін қолдана отырып, Landsat 8 OLI кескініндегі су ерекшеліктерін анықтау. / Acharya T.D., Lee D.H., Yang I.T., Lee J.K. // Датчиктер. 2016. Т. 16. Б. 1075

26 Кобегенова Х.Н., Шакенова Т.К. Қазақстан аумағында табиғи және антропогендік факторлардың әсерінен топырақ қасиеттерінің деградациясы // Шолом-Алейхем атындағы Амур мемлекеттік университетінің хабаршысы. 2017, №3(28). – Б.32-38.

27 Қазақстан Республикасы жерінің жай-күйі мен пайдаланылуы туралы жиынтық талдамалық есеп. 2016 жыл. ҚР АШМ Жер ресурстарын басқару комитеті. - Астана, 2017. – 180 б.

28 Zhao Y., Wang X., Novillo C.J., Arrogante-Funes P., Vázquez-Jiménez R., Maestre F. T., 2018. Қашықтан зондтау арқылы бағаланған альбедо жаһандық

құрғақ аймақтардағы экожүйенің көпфункционалдылығымен өзара байланысты // Құрғақ Орта журналы. – 2018. 157 (9). - Б. 116–123.

29 Бекенов М., Аубакирова Г., Жұмабекова А. Қазақстандағы топырақтың табиғи-климаттық және антропогендік факторлардың әсерінен деградациялануын бағалау // ҚР ҰҒА Хабаршысы. Ауыл шаруашылығы ғылымдары сериясы, 2020, №2(50), Б. 45–52.

30 Tulenova A.M., & Aigarinova G.T. (2022). Жаһандық жылыну және климаттың өзгеруі жағдайында жер ресурстарын деградациядан құқықтық қорғау. ҚазҰУ Хабаршысы. Заң сериясы, 103(3), 76–85.

31 Kenzhegulova A., Baigurin Zh. Analysis and modeling of natural processes of agricultural lands using geographic information systems and artificial intelligence technologies, VOL 1, No 107, (2025)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
Қ.И.СӨТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ

Кенжеғұлова Амина Ермекқызының

«GIS көмегімен ЖЖСМ құру үшін табиғи құбылыстар мен процестерді зерттеу» атты
7M07306–«Геокеңістіктік цифрлық инженерия» білім беру

бағдарламасы бойынша магистр дәрежесін алу үшін дайындаған диссертациялық
жұмысына

РЕЦЕНЗИЯ

Ұсынылған диссертациялық жұмыс GIS технологияларын қолдану арқылы су тасқыны қаупін бағалауға арналған өзекті ғылыми зерттеу болып табылады. Жұмыста Батыс Қазақстан аумағындағы Жайық өзені бойындағы аудандар қарастырылып, SRTM спутниктік деректері негізінде жер бедерінің цифрлық моделі жасалған. NDWI және MNDWI су индекстерін пайдалану арқылы су басқан аумақтардың кеңістіктік динамикасы анықталып, DEM негізінде жүргізілген гидрологиялық модельдеу нәтижесінде су тасқыны қаупі жоғары аймақтар белгіленген.

Зерттеу нәтижелері практикалық маңызға ие және аумақтарды жоспарлау мен төтенше жағдайлардың алдын алу шараларын әзірлеуде қолдануға болады. Жұмыс қойылған талаптарға сай орындалған және қорғауға лайық деп есептеледі.

ЖҰМЫСТЫ БАҒАЛАУ

Диссертациялық жұмыс мазмұны мен құрылымы жағынан талаптарға толық сәйкес келеді. Зерттеу барысында GIS технологиялары орынды қолданылып, алынған нәтижелер ғылыми және практикалық тұрғыдан құнды. Автор қойылған мақсат пен міндеттерді толық орындаған, жұмысты орындау барысында өз бетінше талдау жүргізе алған. Жалпы алғанда, жұмыс жоғары деңгейде орындалған және оң бағаға лайық деп бағаланады. Тақырыптың өзектілігі мен қолданылған әдістердің заманауилығы, нәтижелердің негізделуі мен өңделу сапасы жоғары бағаға лайық және “өте жақсы” (95%) бағамен бағаланады. Кенжеғұлова Амина Ермекқызының магистрлік диссертациясы талаптарға сай орындалған және магистр академиялық дәрежесін алуға лайық деп есептеймін.

Рецензент

ҚазҰАЗУ қауым. профессоры, т.ғ.к.

Қазақ Сәтінбаев О.А.
«ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ
ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ
«8» «СУ, ЖЕР ЖӘНЕ 2026»
РЕСУРСТАРЫ» ФАКУЛЬТЕТІ

Алматы 2026

Кенжеғұлова Амина Ермекқызы «GIS көмегімен ЖЖСМ құру үшін
табиғи құбылыстар мен процестерді зерттеу» атты 7М07306 –
Геокеңістіктік цифрлық инженерия білім беру бағдарламасы бойынша
магистр дәрежесін алу үшін дайындаған магистрлік диссертациясына

ПІКІР

Берілген диссертациялық зерттеу геоакпараттық жүйелерді қолдану негізінде су тасқыны сияқты табиғи құбылыстарды талдауға және олардың қауіптілігін бағалауға бағытталған өзекті ғылыми жұмыс болып табылады. Автор зерттеу аумағы ретінде Батыс Қазақстан өңіріндегі Жайық өзені маңында орналасқан аудандарды тандап, аймақтың табиғи-географиялық ерекшеліктерін ескерген. Жұмыс барысында AutoCAD, Google Earth Engine, SNAP сынды платформалар көмегімен алынған мәліметтер өңделіп, карта және график түрінде көрнекі түрде ұсынылған.

Зерттеу барысында SRTM спутниктік биіктік деректері негізгі акпарат көзі ретінде пайдаланылып, олардың негізінде жер бедерінің цифрлық моделі жасалған. Су тасқынының әртүрлі кезеңдерінде NDWI және MNDWI су индекстерін есептеу арқылы су басқан аумақтардың кеңістіктік өзгерісі анықталып, олардың динамикасына жан-жақты талдау жүргізілген. Сонымен қатар, DEM деректері негізінде Flow Direction және Flow Accumulation гидрологиялық модельдеу әдістерін қолдану арқылы судың ағу бағыты мен жинақталу аймақтары нақтыланған.

Жүргізілген кешенді кеңістіктік талдау нәтижесінде су тасқыны қаупі жоғары аумақтар белгіленіп, қауіпті аймақтардың тақырыптық картасы әзірленген. Алынған нәтижелер табиғи процестерді кеңістікте дәл сипаттауға, су тасқынының таралу ерекшеліктерін анықтауға және тәуекел деңгейін бағалауға мүмкіндік береді.

Кенжеғұлова Амина Ермекқызының диссертациялық жұмысы 7М07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия мамандығы бойынша өзекті ғылыми мәселелерді шешуге бағытталған, аяқталған, мазмұнды әрі сапалы ғылыми еңбек. Жұмысты 97%-ға өте жақсы деп бағалап, ізденушіге магистр академиялық дәрежесін беруге ұсынамын.

Ғылыми жетекші
ҚазҰТЗУ, МІЖГ кафедрасының
профессоры,
Доктор PhD
«08» қаңтар 2026 ж.



Байгурин Ж.Ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Кенжегулова Амина

Тақырыбы: Антиплагиат Кенжегулова Амина

Жетекшісі:

1-ұқсастық коэффициенті (30): 1.1

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.3

Дәйексөз (35): 0.1

Өріптерді ауыстыру: 30

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні

08.01.2026 м

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Кенжегулова Амина

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Антиплагиат Кенжегулова Амина

Научный руководитель:

Коэффициент Подобия 1: 1.1

Коэффициент Подобия 2: 0.3

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 30

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

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
08.01.2022.

Баймурзаев О.,
проверяющий эксперт

publisher.agency
Switzerland

October, 2025

No 11



Zürich, Switzerland

23-24.10.2025

International
Scientific
Conference

Reviews of Modern Science

ҚАЗІРГІ ЭЛЕКТРОНДЫҚ КОММЕРЦИЯДАҒЫ МАРКЕТПЛЕЙСТЕРДІҢ РӨЛІ.....	120
Галимов С. Өлмөсінов М. Умарбекова Ж.	
ПЕРСПЕКТИВИ МУДРОСТРАТЕГІІ ДЛЯ ПОРЯТУНКУ ЛЮДСТВА.....	124
Корсаки Константин Владимирович Корсаки Юрий Ростиславович	
Technical Sciences	
ОЦЕНКА МАЛЫХ МОДУЛЬНЫХ РЕАКТОРОВ АЭС ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ В КАЗАХСТАНЕ.....	142
Н.Г.Джумамаханбетов Б.Т.Байбаев Д.А.Джумабеков Ж.Г.Джумамаханбетов В.А.Яковлев	
ANALYSIS OF INCONSISTENCIES IN PUBLICATIONS OF FUNCTIONAL REQUIREMENTS IN THE FORM OF MATHEMATICAL EXPRESSIONS.....	154
Ivanchov Maxim Viktorovich Ramatova Anna Yurievna	
ANALYSIS OF DUPLICATION OF PUBLICATIONS OF FUNCTIONAL REQUIREMENTS IN THE FORM OF MATHEMATICAL EXPRESSIONS.....	163
Ivanchov Maxim Viktorovich Vasileva Natalia Vladimirovna	
ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN GRAPHIC DESIGN: REDEFINING CREATIVE BOUNDARIES.....	175
Bakhteva Zaimat Zaimat	
ЛЕГКИЙ БЕТОН НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ.....	183
Джумабеков Динар Серикович Жаппасов Азамат Нурлыбеков	
PREDICTING BUILDING ENERGY EFFICIENCY IN CHICAGO: A PREDICTIVE ANALYTICS APPROACH.....	189
Angeles Nuno Angeles Angelina Santos Mariana Santos Luis Mariano	
ВЛИЯНИЕ ДВУХСТОРОННЕГО ПРЕССОВАНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАГИ В СЫРНОЙ МАССЕ СРЕДНЕГО СЛОЯ ЗРЕЛЫХ СЫРОВ ЛОРИ ПОСЛЕ УДАЛЕНИЯ УПЛОТНЯЮЩИХ СЛОЕВ.....	202
Mironov Samuel Olegovich	
Philological Sciences	
ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИМЕН В РУССКОМ, КАЗАХСКОМ И АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКАХ.....	217
Джумамаханбетов Батыл Жамалтович	
Psychological Sciences	
THE INFLUENCE OF SOCIAL FACTORS ON THE PSYCHOLOGICAL WELL-BEING OF CHILDREN IN FAMILY INSTITUTIONS.....	221
Valera Valera	
Historical Sciences	
A FIGURE ON THE WAVE OF HISTORY.....	225
Sengul Memlucan	
Medical Sciences	
NEUROPSYCHIATRIC DISORDERS AT THE CROSSROADS OF NEUROLOGY AND PSYCHIATRY.....	238
Ako-Shahar Manoj Chakraborty	
THE ROLE OF THE GUT MICROBIOME IN THE DEVELOPMENT AND RECOVERY FROM ISCHEMIC STROKE.....	241
Marina Gerasimova Yelena Shadrinmetova Alina Kozlovskaya Mina Belokobylina Svetlana Muravinskaya Svetlana Tatiana	
Geographic Sciences	
ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНДАҒЫ ЕРТІС ӨЗЕНІНІҢ СУ ТАСҚЫНДАРЫН ГЕОАҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕР АРҚЫЛЫ КАРТОГРАФИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	247
Кызылжол Аманжол	
Physical and Mathematical Sciences	
GLOBAL CYBERSECURITY SYSTEMS: COMPARATIVE ANALYSIS, ECONOMIC IMPACT, AND AI-DRIVEN FUTURE INNOVATIONS.....	253
Nikolai Anzhelika	

Geographic Sciences

Шығыс Қазақстан облысындағы Ертіс өзенінің су тасқындарын геоақпараттық жүйелер арқылы картографиялық зерттеу

Кенжеғұлова Амина Ермекқызы
магистрант, Satbayev University

Аннотация

Бұл ғылыми мақалада табиғи сипаттағы төтенше жағдайлардың бірі — су тасқынының пайда болу себептері мен олардың кеңістіктік таралу ерекшеліктері қарастырылады. Зерттеу нысаны ретінде Шығыс Қазақстан облысындағы Ертіс өзені алқабы алынған. Геоақпараттық жүйелер (GIS) технологиялары мен Landsat-8 жерсеріктік деректері негізінде ArcGIS бағдарламасында екі апталық уақыт аралығындағы жағдайды салыстырмалы түрде бейнелейтін карталар әзірленді. Жүргізілген талдау нәтижесінде Ертіс өзеніндегі су тасқынының туындауына ықпал еткен факторлар және қазіргі экожүйелік жағдайы бағаланды. Зерттеу нәтижелері табиғи апаттардың алдын алу мен болжау бағытындағы жұмыстарға практикалық негіз бола алады.

Кілт сөздер: ГАЖ технологиясы, ArcGIS, жерсеріктік деректер, төтенше жағдайлар, Ертіс өзені, су тасқыны, ландшафттық талдау, мониторинг, гидрологиялық зерттеу.

Abstract

This scientific article examines one of the natural emergencies—flooding—by analyzing its causes and spatial distribution. The study focuses on the Irtysh River basin in the East Kazakhstan region. Based on satellite imagery from Landsat-8 and processed using ArcGIS software, comparative maps were developed to illustrate changes over a two-week interval. The analysis identified key contributing factors behind the floods along the Irtysh River and assessed the current ecological conditions. The findings provide a practical basis for forecasting and mitigating future natural disasters in the region.

Keywords:

GIS technologies, ArcGIS, satellite imagery, natural hazards, Irtysh River, floods, cartography, monitoring, landscape analysis, hydrology

Аннотация

Данная научная статья посвящена изучению одного из видов природных чрезвычайных ситуаций — наводнений, а также их причин и пространственного распространения. В качестве объекта исследования рассмотрен бассейн реки Иртыш в Восточно-Казахстанской области. На основе спутниковых данных Landsat-8 и с использованием программного обеспечения ArcGIS были составлены сравнительные карты, отображающие изменения в течение двухнедельного периода. В результате анализа выявлены основные причины возникновения паводков на реке Иртыш, а также дана оценка текущего состояния экосистемы. Полученные результаты могут быть использованы в целях прогнозирования и предотвращения природных катастроф.

Ключевые слова: ГИС-технологии, ArcGIS, спутниковые данные, чрезвычайные ситуации, Иртыш, паводки, картографирование, мониторинг, ландшафт, гидрология.

Kipicne

Жер сілкінісі, су тасқыны сынды табиғи құбылыстар адам өмірі мен қоршаған орта үшін елеулі қауіп төндіруі мүмкін. Бұл апаттар жиі адам әрекетінің салдарынан асқынуы мүмкін — атап айтқанда, қоршаған ортаға ұқыпсыз қарау, қауіпті аймақтарда жоспарсыз құрылыс жүргізу және төтенше жағдайларға дайындықтың төмендігі. Мұндай жағдайлар табиғи қауіптердің әлеуетті әсерін күшейтіп, қоғамның осалдығын арттырады. Қауіптерді дұрыс бағалау мен тиімді басқарудың болмауы олардан туындайтын зиянды едәуір ұлғайтады.

Қазіргі таңда табиғи апаттардың алдын алуға бағытталған шараларды жетілдіру үшін кеңістіктік-талдамалық негіз қажет. Бұл — әртүрлі қауіп түрлерін жеке және кешенді түрде бағалауды, сондай-ақ оларды қазіргі және болашақ инфрақұрылыммен байланыстыра отырып талдауды талап етеді. Осындай күрделі жағдайларда ақпаратты тиімді басқару әдістерінің маңызы арта түседі. Соның ішінде геоақпараттық жүйелер (ГАЖ) — кеңістіктік деректерді жинау, талдау және визуализациялау арқылы шешім қабылдауды қолдайтын ең пәрменді құралдардың бірі ретінде ерекшеленеді.

Мемлекеттің негізгі функцияларының бірі — азаматтардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету және табиғи қауіп-қатерлерден қоғамды қорғау. Бүгінгі таңда төтенше жағдайлардың туындау қаупі барған сайын күрделеніп, көп факторлы сипатқа ие болып отыр. Осыған орай, заманауи ГАЖ технологиялары мен картографиялық деректер базасына негізделген жедел және кешенді ақпараттық қолдауды іске асыру — төтенше жағдайлармен күресте басты міндеттердің біріне айналды. Бұл әсіресе, геоморфологиялық жағынан күрделі және су тасқыны қаупі жоғары саналатын Шығыс Қазақстан өңіріндегі Ертіс өзені маңы үшін өте өзекті.

Алайда, қазіргі уақытта төтенше жағдайларды басқару шешімдерін ақпараттық қолдау үшін қолданылатын картографиялық құралдар мен геоақпараттық жүйелердің ғылыми тұрғыда жетілдірілуі жеткіліксіз. Бұл салада зерттеу мен тәжірибеге негізделген ғылыми-тәжірибелік тәсілдер қажет.

Осыған байланысты, табиғи сипаттағы төтенше жағдайлардың пайда болу көздерін анықтауға, олардың қаупін азайтуға, апаттық жағдайларға шұғыл әрекет етуге және зардаптарын жоюға бағытталған басқару шешімдерін қабылдауға арналған проблемалық-бағдарланған геоақпараттық және картографиялық қамтамасыз ету жүйесін әзірлеу өзекті міндет болып табылады.

Жұмыстың мақсаты

Шығыс Қазақстан облысындағы Ертіс өзені бассейнін зерттеу мысалында ГАЖ технологияларын пайдалана отырып, су тасқыны сынды табиғи сипаттағы төтенше жағдайларды кеңістіктік тұрғыда модельдеу, картографиялау және мониторинг жүргізу арқылы оларды болжау мен басқару тетіктерін жетілдіру.

Зерттеу нысаны: Ертіс өзенінің су тасқындары

Ертіс өзені — Шығыс Қазақстан облысының ең ірі өзендерінің бірі және өңірдің гидрографиялық құрылымының негізін құрайды. Қазақстан аумағындағы жалпы ұзындығы шамамен 1 700 км, ал бүкіл трансшекаралық ұзындығы 4 248 км-ге жетеді. Ертістің су жиналатын алабы Қазақстанда шамамен 425 000 км² аумақты қамтиды. Өзеннің ені өңірлік ерекшеліктерге байланысты әртүрлі болып келеді — орта ағысында бұл көрсеткіш 100–300 метр, ал тереңдігі 2–6 метр шамасында болады. Көпжылдық орташа су шығыны Өскемен маңында 600–1 200 м³/сек аралығында тіркеледі.

Ертіс өзенінің Қазақстандағы бөлігі негізінен таулы-қыратты және жазықтық өңірлер арқылы ағады. Оның жоғарғы ағысы Оңтүстік Алтай мен Сауыр-Тарбағатай жоталарына жақын орналасқан, бұл аймақтарда жауын-шашын мол түсіп, қар жамылғысы ұзақ сақталады. Осы себепті су тасқыны қаупі жыл сайын қайталанып тұратын табиғи құбылысқа айналған. Ертіс өзенінің бассейнінде Бұхтарма, Өскемен, Шүлбі су қоймалары орналасқан. Бұл гидротехникалық нысандар бір жағынан су қорын реттесе, екінші жағынан, төтенше су тастамалар кезінде елді мекендерге қауіп төндіруі мүмкін.

Су тасқыны кезеңдері әдетте көктем айларына, яғни сәуір–маусым аралығына сәйкес келеді. Бірінші тасқын толқыны сәуір айының ортасында басталып, қардың белсенді еруімен және мұз кептелістерінің пайда болуымен сипатталады. Бұл кезеңде өзен арнасынан асып, Өскемен, Глубокое, Серебрянск сияқты төмен орналасқан елді мекендер мен ауыл шаруашылығы жерлерін су басу қаупі туындайды.

Су тасқынының екінші кезеңі, әдетте, мамырдың соңы мен маусымның басына тұра келеді. Бұл кезде таудағы қар жамылғысы толық ериді және таулы ағыстардан жиналған су көлемі күрт артады. Сонымен қатар, маусымдық жауын-шашын мөлшері де су деңгейінің күрт көтерілуіне себеп болады. Аталған кезеңде су қоймаларының толуды, шлюздерден судың төгілуі және арнадан тасу жағдайлары жиі кездеседі.

Тасқын жағдайының күрделенуіне жағалау аймақтарының құрылысқа шамадан тыс жүктелуі, су қорғау белдеулерінің сақталмауы және климаттық өзгерістер де әсер етуде. Ертіс өзенінің маңындағы елді мекендер мен инфрақұрылым нысандарын қорғау мақсатында жедел әрекет ету топтары мен төтенше жағдайлар қызметі қауіпті аймақтарға арналған кеңістіктік модельдер мен тақырыптық карталар әзірлеуде. Мұндай карталар ықтимал су басу шекараларын анықтауға, қауіпті нүктелерді белгілеуге және ерте ескерту жүйелерін жетілдіруге мүмкіндік береді.

Су тасқыны қаупі жоғары деп бағаланатын өңірлерге Өскемен қаласының шет аудандары, Ертіс бойындағы Согра, Прапорщиково, Половинкино ауылдары жатады. Бұл жерлерде жер бедерінің ойпаңдығы мен инженерлік қорғау құрылыстарының жеткіліксіздігі себепті су тасқынына қарсы алдын алу шараларын жоспарлау аса маңызды.

Бұл зерттеу Шығыс Қазақстан облысы аумағындағы Ертіс өзенінің су тасқынына бейім учаскелерін кеңістіктік тұрғыда бағалау және картографиялау мақсатында жүргізілді. Зерттеу барысында бірнеше заманауи геоақпараттық және қашықтықтан зондау технологиялары пайдаланылды.

Бастапқы дереккөз ретінде Landsat-8 OLI/TIRS жерсерігінің көпспектрлі спутниктік суреттері қолданылды. Бұл деректер өңірдің әртүрлі маусымдардағы гидрологиялық жағдайын бақылауға, су басқан аумақтарды анықтауға және олардың динамикасын зерттеуге мүмкіндік берді. Спутниктік суреттер Google Earth Engine платформасы арқылы алдын ала өңделіп, атмосфералық түзету жүргізілді.

Алынған деректер ArcGIS Pro және QGIS сияқты геоақпараттық жүйелерде өңделіп, талданды. Цифрлық жер бедері моделі (ЦЖБМ) негізінде төмендегі морфометриялық талдаулар жүргізілді:

- Беткейлердің көлбеу бұрыштарын (Slope) есептеу – су ағынының бағытын болжау үшін;
- Экспозиция (Aspect) картасын құру – таулар мен өзен аңғарларының күн сәулесіне бағытын бағалау үшін;
- Ағын жинақталу (Flow Accumulation) және ағын бағыты (Flow Direction) – су тасқыны қаупі жоғары жерлерді анықтау үшін;
- Бассейн аймақтарын шектеу (Watershed Delineation) – кіші су жинау алаптарын бөлуге арналған.

Сонымен қатар, төмен жатқан жерлердің су басу ықтималдығын бағалау үшін су деңгейінің сценарийлік көтерілуі модельденді (мысалы, +1 м, +2 м деңгейлік өзгерістер). Бұл модельдер арқылы елді мекендердің су тасқыны қаупіне ұшырау дәрежесі анықталды.

Гидрологиялық деректер ретінде «Қазгидромет» агенттігінің су деңгейі мен шығыны жөніндегі тарихи бақылау мәліметтері пайдаланылды. Сонымен қатар, Өскемен, Глубокое, Шүлбі маңындағы су қоймаларының режимі мен шлюз жұмысы да ескерілді.

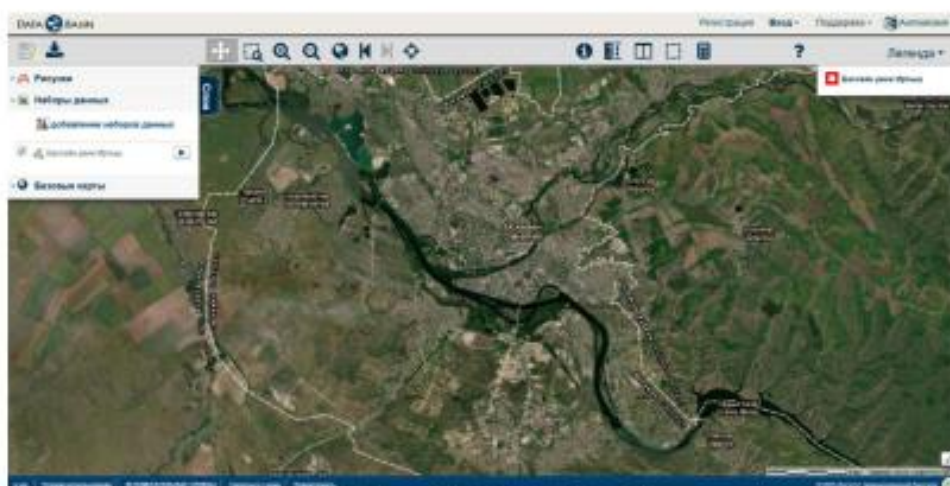
Жоғарыда аталған әдістерді үйлестіру арқылы Ертіс өзені бойындағы табиғи қауіпті аймақтардың шекаралары анықталып, су тасқынына қарсы алдын алу шараларын жоспарлау үшін картографиялық негіз құрылды.



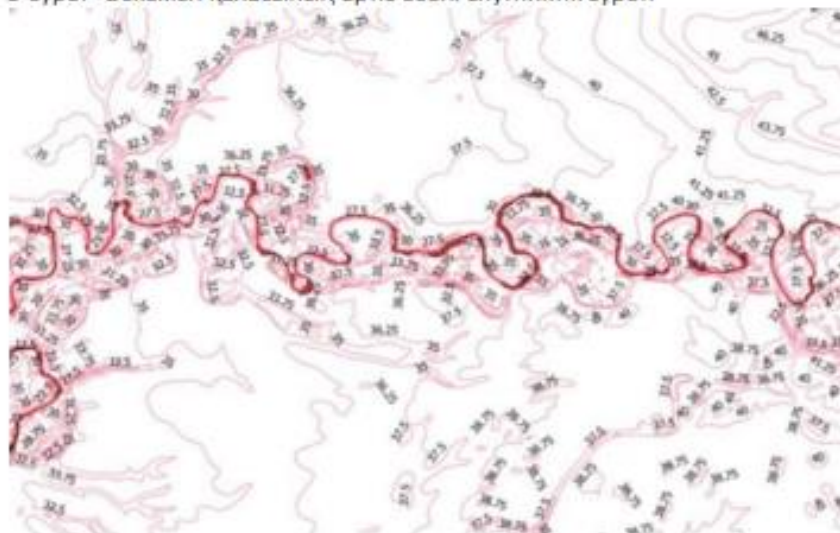
1-сурет- Ертіс өзені бойы шекарасы



2-сурет- Landsat-8 OLI/TIRS жерсерігінің көпспектрлі спутниктік суреті



3-сурет- Өскемен қаласының Ертіс өзені спутниктік суреті



4-сурет- QGIS бағдарламасында морфометриялық талдау

Кесте 1 – Ертіс өзені бассейнінің су тасқыны қаупі бар учаскелерін салыстыру

№	Учаске атауы	Географиялық координаттар	Су тасқыны қаупі	Құрылымдарға әсері	Қорғаныс шараларының деңгейі
1	Өскемен қаласы	49.950° N, 82.616° E	Жоғары	Тұрғын үйлер, жолдар	Орташа
2	Согра ауылы	50.001° N, 82.739° E	Орташа	Ауыл шаруашылығы	Төмен
3	Шүлбі кенті	49.684° N, 83.473° E	Төмен	Электр желілері	Жоғары
4	Жаңа Бұқтырма	49.732° N, 83.112° E	Орташа	Жол және көпірлер	Орташа

Су тасқыны қаупі Landsat 8 және Sentinel-2 суреттерін талдау, ЦЖБМ негізінде гидрологиялық модельдеу нәтижесінде анықталған.

Қорытынды

Зерттеу нәтижелері Ертіс өзенінің жоғарғы ағысында орналасқан бірқатар елді мекендер мен инфрақұрылым нысандары су тасқыны қаупіне ұшырау мүмкіндігі жоғары екенін көрсетті. ЖҚЗ деректері мен ГАЖ технологиялары арқылы өңірдің кеңістіктік ерекшеліктерін ескере отырып, қауіпті аймақтарды дәл және жедел картаға түсіруге қол жеткізілді.

- Landsat 8 және Sentinel-2 суреттері арқылы алынған мәліметтер жыл сайынғы су тасқыны кезеңіндегі өзгерістерді динамикалық бақылауға мүмкіндік берді.
- DEM және ЦЖБМ қолдану арқылы жайылма шекаралары, беткейдің еңісі мен экспозициясы сияқты параметрлер ескеріліп, су тасқынының таралу моделін жасау жүзеге асты.
- Қауіпті аймақтарда орналасқан объектілер үшін ерте ескерту жүйесін орнату, инфрақұрылымды қайта жобалау, қорғаныс дамбаларын күшейту секілді нақты ұсыныстар берілді.

Бұл зерттеу табиғи апаттардан қорғау саласындағы кеңістіктік-талдамалық тәсілдің тиімділігін дәлелдейді және болашақта басқа да табиғи қауіп-қатерлерді модельдеу үшін әдістемелік база бола алады.



SCIENTIFIC DISCUSSION

VOL 1, No 107, (2025)

Scientific discussion
(Praha, Czech Republic)

ISSN 3041-4245

The journal is registered and published in Czech Republic.

Articles are accepted each month.

Frequency: 12 issues per year.

Format - A4

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal

- **Chief editor:** Zbyněk Liška
- **Managing editor:** Štěpán Kašpar
- Leoš Vaněk (Prague, Czech Republic)
- Jarmila Procházková (Prague, Czech Republic)
- Hugues Bernard (Vienna, Austria)
- Philip Brinkerhoff (Cologne, Germany)
- Zofia Jakubowska (Warsaw, Poland)
- Łukasz Woźniak (Warsaw, Poland)
- Petr Novikov — (Bremen, Germany)
- Daniel Skvortsov — (Salzburg, Austria)
- Lyudmila Zhdannikova — (Kyiv, Ukraine)

Edition of journal does not carry responsibility for the materials published in a journal.

Sending the article to the editorial the author confirms it's uniqueness and takes full responsibility for possible consequences for breaking copyright laws

«Scientific discussion»

Editorial board address: Korunní 1151/67, 130 00 Praha 3-Vinohrady

E-mail: info@scientific-discussion.com

Web: www.scientific-discussion.com

CONTENT

SECTION OF BIOLOGICAL AND MEDICAL SCIENCES

Valkova M.

IMPACT OF DIABETES MELLITUS ON COGNITIVE
DELAY AMONG PATIENTS WITH ALZHEIMER'S
DISEASE, VASCULAR AND MIXED DEMENTIA.....3

SECTION OF EARTH SCIENCES

Horyanu D., Shmuilo O.

MODELLING THE PROCESS OF USING SPACECRAFT
FOR THEIR INTENDED PURPOSE.....7

Makarov V.

MIGRATION OF RARE EARTH ELEMENTS IN
PARTICULATE MATTER OF THE URBAN
ATMOSPHERE..... 12

Kenzhekhan A., Rysbekov K.

GEODETTIC ANALYSIS OF LANDSLIDE RISK IN
KAZAKHSTAN USING ARCGIS..... 21

Kenzhegulova A., Baigurin Zh.

ANALYSIS AND MODELING OF NATURAL PROCESSES
OF AGRICULTURAL LANDS USING GEOGRAPHIC
INFORMATION SYSTEMS AND ARTIFICIAL
INTELLIGENCE TECHNOLOGIES.....30

SECTION OF MATHEMATICS, PHYSICS, AND INFORMATICS

Quliyev S.

EXPLORING THE RELATIONSHIP BETWEEN GRAPHIC
DESIGN AND PSYCHOLOGY 36

SECTION OF SOCIAL AND ECONOMIC SCIENCES

Kutsarova E., Hristov N., Yaneva R.

COMPARATIVE ANALYSIS OF TYPES OF COGNITIVE-
BEHAVIORAL THERAPIES IN CHILDREN WITH
LEARNING DIFFICULTIES..... 39

**АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Кенжегулова А.Е.

магистрант

Байгури Ж.Д.

доктор технических наук., профессор

Satbayev University, г. Алматы, Республика Казахстан

**ANALYSIS AND MODELING OF NATURAL PROCESSES OF AGRICULTURAL LANDS USING
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES**

Kenzhegulova A.

Master's student

Baigurin Zh.

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

Аннотация

В статье рассматриваются методы сбора, обработки и анализа пространственных данных с применением технологий ИИ и ГИС, а также их роль в прогнозировании урожайности, мониторинге состояния почв и оптимизации использования ресурсов (воды, удобрений, энергии). Особое внимание уделяется автоматизации процесса цифровизации сельскохозяйственных карт и построению цифровых моделей рельефа, способствующих более точному управлению агроландшафтами. Результаты исследования подчеркивают, что внедрение ИИ и ГИС в агросектор открывает новые возможности для устойчивого развития сельского хозяйства, повышения производительности и рационального использования природных ресурсов.

Abstract

The article discusses methods of collecting, processing, and analyzing spatial data using AI and GIS technologies, as well as their role in yield forecasting, soil condition monitoring, and optimizing the use of resources (water, fertilizers, energy). Special attention is given to automating the process of digitizing agricultural maps and constructing digital elevation models that contribute to more precise management of agrolandscapes. The research results highlight that the integration of AI and GIS in the agricultural sector opens new opportunities for sustainable agricultural development, increasing productivity, and the rational use of natural resources.

Ключевые слова: сельское хозяйство, цифровизация, искусственный интеллект, мы ГИС, цифровая модель, моделирование природных процессов.

Keywords: agriculture, digitalization, artificial intelligence, GIS, digital model, modeling of natural processes.

1. Введение

В настоящее время сельское хозяйство во многих странах является одной из ключевых отраслей экономики. С ростом потребности в продовольствии и ограниченностью природных ресурсов задача повышения эффективности сельскохозяйственного производства становится особенно актуальной. Одним из приоритетных направлений современного агропромышленного комплекса является цифровизация и использование передовых технологий анализа природных процессов, происходящих на сельскохозяйственных землях.

Особое значение в этом процессе имеет интеграция ГИС и ИИ, которые позволяют автоматизировать процессы сбора, обработки и интерпретации пространственных данных. Применение ИИ способствует ускорению и повышению точности анализа данных, что, в свою очередь, обеспечивает более эффективное управление земельными и природными ресурсами, а также способствует устойчивому развитию агроландшафтов.

Степень изученности темы.

В последние годы наблюдается активное развитие исследований, направленных на применение технологий ИИ и ГИС в сельском хозяйстве. Научные работы и практические разработки в этой области демонстрируют высокий интерес к вопросам моделирования рельефа, прогнозирования урожайности и оптимизации использования ресурсов на основе цифровых моделей и пространственного анализа [1].

Цель исследования заключается в изучении и обосновании возможностей применения технологий ГИС и ИИ для анализа и моделирования природных процессов сельскохозяйственных земель, а также в разработке методики построения цифровых моделей рельефа.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- исследовать существующие методы и технологии цифровизации сельскохозяйственных карт и пространственных данных;

- проанализировать возможности использования ИИ для автоматизации анализа природных процессов;

- разработать методику построения и анализа цифровой модели рельефа сельскохозяйственных земель на основе интеграции ГИС и ИИ;

- оценить практические перспективы применения предложенной методики для повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

Объект исследования – сельскохозяйственные земли, представленные совокупностью геопространственных данных, характеризующих их природные и производственные особенности (тип почвы, влажность, продуктивность и др.).

Предмет исследования – процесс анализа и моделирования природных процессов на сельскохозяйственных территориях с использованием методов ИИ и ГИС.

2. Методы и материалы исследования

Исследование направлено на автоматизацию процессов анализа и моделирования природных процессов сельскохозяйственных земель с использованием технологий ИИ и ГИС. В основе методологии лежит интеграция алгоритмов машинного обучения, в частности нейронных сетей и методов компьютерного зрения, с инструментами пространственного анализа данных, реализованными в ГИС-средах.

Для реализации поставленных задач использовались следующие подходы:

- **Методы машинного обучения**, включающие сверточные нейронные сети (CNN) и алго-

ритмы глубокого обучения, применяемые для распознавания и классификации геопространственных объектов на спутниковых и аэрофотоснимках;

- **Инструменты ГИС**, обеспечивающие сбор, хранение, обработку и визуализацию пространственных данных, включая информацию о рельефе, почвенном составе, уровне влажности и других природных характеристиках сельскохозяйственных земель;

- **Алгоритмы компьютерного зрения**, использующиеся для автоматического распознавания и векторизации контуров полей, водных объектов, дорог и других элементов ландшафта;

- **Методы анализа цифровых моделей рельефа (ЦМР)**, позволяющие выявлять закономерности изменения природных процессов, связанных с эрозией почв, распределением влаги и особенностями микрорельефа.

3. Результаты и обсуждение

3.1. Применение QGIS и ИИ в цифровом анализе рельефа для сельского хозяйства

QGIS является одной из наиболее распространенных и функциональных свободных геоинформационных систем, активно применяемых в аграрной сфере для пространственного анализа, цифрового картографирования и моделирования рельефа. Программа поддерживает широкий спектр инструментов, позволяющих автоматически обрабатывать данные дистанционного зондирования, создавать цифровые модели рельефа (ЦМР), проводить анализ уклонов, экспозиции, водосборов и эрозионных процессов. Это делает QGIS важным компонентом цифровизации сельского хозяйства [2].



Рис.1. Пример картографирования сельскохозяйственных зон с использованием QGIS (авторская разработка)

3.2. Использование QGIS для построения цифровых моделей рельефа

QGIS позволяет работать с различными источниками данных рельефа: спутниковые DEM (SRTM, ASTER, Copernicus DSM); данные, полу-

ченные с беспилотников с помощью фотограмметрии; лазерное сканирование (LiDAR), данные топографических съёмок.

На основе этих данных создаются: карты уклонов, карты экспозиции склонов, модели стока

поверхностных вод, модели накопления влаги, карты эрозионной опасности.

Эти материалы особенно важны для: планирования орошения, размещения полей и лесополос, предотвращения деградации земель, оптимизации маршрутов техники, расчёта потенциальных зон засухи или переувлажнения.

2. Автоматизация анализа рельефа с помощью ИИ

Интеграция QGIS с инструментами ИИ (Python, TensorFlow, PyTorch, scikit-learn) расширяет возможности анализа рельефа и почвенно-климатических факторов. ИИ позволяет: автоматически классифицировать типы рельефа (возвышенности, понижения, балки, водосборы),

- выявлять зоны риска эрозии, оползней и переувлажнения,
- прогнозировать динамику водных потоков при различных сценариях осадков,
- моделировать влияние рельефа на урожайность [3].

3.3. QGIS для анализа рельефа в сельскохозяйственном производстве



Рис.2. Автоматизированный анализ рельефа и влажности с помощью ИИ

Сельское хозяйство играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и является одним из важнейших факторов экономического развития большинства стран. В современных условиях технологический прогресс становится неотъемлемой частью аграрного производства, определяя новые подходы к управлению природными и производственными процессами.

Применение автоматизации в сельском хозяйстве направлено на замену части физической активности человека и его участия в принятии решений интеллектуальными системами и специализированными машинами. Это позволяет повысить точность агротехнических операций, минимизировать человеческий фактор и увеличить общую эффективность агропроизводства.

Современные автоматизированные технологии включают широкий спектр систем с различной степенью участия ИИ – от полуавтоматических инструментов, таких как тракторы, оснащённые датчиками и беспилотными летательными аппаратами

В аграрной практике рельеф определяет множество ключевых факторов: скорость и направление стока воды; распределение влаги в почве; вероятность эрозии; особенности микроклимата; удобство механизированной обработки. QGIS позволяет создавать тематические карты, которые помогают агрономам и землепользователям: выбирать оптимальные зоны посева; снижать потери воды за счёт правильного проектирования каналов и ирригационных систем; корректировать нормы удобрений в зависимости от рельефа; определять участки, склонные к деградации, и проводить агроландшафтное планирование.

Преимущества использования QGIS в аграрной цифровизации: свободное и бесплатное программное обеспечение; интеграция с системами ИИ и Python; поддержка большого количества форматов данных и плагинов; широкий набор инструментов для анализа рельефа; возможность создания автоматизированных рабочих процессов (ModelBuilder, PyQGIS); высокая точность и оперативность обработки данных.

(дронами), до полностью автоматизированных процессов, в которых ИИ используется для сортировки, упаковки, прогнозирования урожайности и управления геоинформационными данными [4].

В рамках данного исследования применение технологий ИИ и ГИС позволило реализовать автоматизированную обработку и анализ сельскохозяйственных карт. Использование нейронных сетей обеспечило повышение точности векторизации границ полей и классификации элементов рельефа. На основе ЦМР выявлены закономерности распределения природных факторов – влажности почв, структуры землепользования и потенциальных зон эрозии.

4. Цифровое картографирование и модели рельефа

Цифровизация аграрных карт включает создание: ЦМР, карт плодородия, карт влажности и содержания элементов питания, карт деградации земель.

Геостатистические методы (кригинг, IDW) используются для получения непрерывных пространственных моделей, что позволяет выявить зоны риска, оценить потенциал урожайности и планировать мероприятия по восстановлению почв. ЦМР играют ключевую роль в определении направлений стока воды, оценке эрозионной опасности и проектировании систем орошения.

Кроме того, разработанная методика показала эффективность при моделировании пространственных изменений, связанных с естественными процессами, такими как водная эрозия, изменение структуры почвенного покрова и распределение влаги. Анализ пространственных данных, полученных с использованием ГИС-инструментов, подтвердил, что интеграция ИИ в процессы обработки геоданных позволяет существенно ускорить расчёты и повысить их достоверность. Таким образом, автоматизация процессов анализа и моделирования природных процессов сельскохозяйственных земель с применением ИИ и ГИС является перспективным направлением цифровизации аграрного сектора. Она способствует повышению точности прогнозирования урожайности, рациональному использованию природных ресурсов и устойчивому развитию сельскохозяйственного производства.

5. Применение ИИ для цифровизации сельскохозяйственных карт

Одним из инструментов, способствующих повышению эффективности управления сельскохозяйственными угодьями, являются цифровые карты, предоставляющие полную информацию о почвах, рельефе и других характеристиках земельных участков. Однако процесс создания и обновления цифровых карт требует значительных ресурсов и времени. Внедрение технологий ИИ в процесс цифровизации сельскохозяйственных карт открывает новые перспективы и возможности для аграрного сектора.

Главное преимущество применения ИИ заключается в его способности быстро обрабатывать и анализировать большие массивы данных, что существенно превосходит возможности человека. Это позволяет более детально и точно исследовать земельные ресурсы, выявлять закономерности и тенденции, что, в свою очередь, обеспечивает более эффективное управление участками и повышение продуктивности [5].

Одним из практических примеров применения ИИ в цифровизации сельскохозяйственных карт является **автоматическое распознавание и классификация сельскохозяйственных культур на основе спутниковых снимков**. Системы машинного обучения обучаются на больших объемах данных о различных культурах и затем используются для автоматического определения типов растений на полях.



Рис.3. Автоматическое распознавание и классификация сельскохозяйственных культур на основе анализа спутниковых изображений [6]

Такой подход позволяет агрономам и фермерам получать более точную и детальную информацию о состоянии своих земель, что обеспечивает **принятие более обоснованных управленческих решений** и способствует оптимизации агротехнических мероприятий.

Автоматическое распознавание и классификация сельскохозяйственных культур на основе анализа спутниковых изображений является одним из наиболее эффективных применений ИИ в сельском хозяйстве. Эта технология позволяет агрономам и фермерам получать ценную информацию о

состоянии своих полей, обеспечивая более обоснованное и точное принятие управленческих решений.

Процесс начинается со сбора **спутниковых изображений**, содержащих полную информацию о различных участках земли. Изображения могут охватывать широкий спектр данных, включая видимый, инфракрасный и тепловой диапазоны, что позволяет получать сведения о физических и биохимических свойствах растений.

Для обработки и анализа изображений применяются **методы машинного обучения**. Модели

обучаются на больших массивах данных о различных культурах, их характеристиках и типичных признаках. В качестве алгоритмов классификации могут использоваться свёрточные нейронные сети, деревья решений и другие методы машинного обучения.

После обучения модели способны **автоматически анализировать новые спутниковые изображения**, определять виды культур на полях, классифицировать их, оценивать состояние растений и даже прогнозировать урожайность.

Главные преимущества такой системы очевидны: она позволяет агрономам и фермерам получать **оперативную и точную информацию** о состоянии земель, выявлять проблемы на ранних стадиях (например, болезни растений, недостаток воды или питательных веществ) и своевременно принимать меры. Кроме того, использование ИИ способствует **оптимизации расхода ресурсов** (вода, удобрения, пестициды), повышению эффективности производства и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Ещё один пример применения ИИ в цифровизации сельскохозяйственных карт – анализ данных о **характеристиках почв и составе земли с использованием ГИС**. Алгоритмы машинного обучения способны обрабатывать данные о текстуре почвы, уровне её плодородия и других параметрах, что позволяет создавать более точные цифровые карты почвенных ресурсов.

ГИС обладают уникальной способностью **интегрировать, управлять и анализировать пространственно распределённые данные** и атрибуты. ГИС используется для ведения земельного и водного кадастра, учёта собственности, мониторинга окружающей среды и погодных условий, управления чрезвычайными ситуациями, оценки промышленных рисков, анализа факторов, влияющих на урожайность, и для многих других задач. Основное значение ГИС заключается в объединении электронных карт, баз данных и инструментов для их ведения и анализа.

Методы применения ИИ при цифровизации сельскохозяйственных карт:

1. Обработка спутниковых изображений.

- С использованием нейронных сетей автоматизируется определение сельскохозяйственных культур, оценка их состояния, выявление заболеваний или дефицита влаги на ранних стадиях.

2. Цифровые карты почвенных ресурсов:

- Алгоритмы нейронных сетей анализируют рельеф, плодородие и другие характеристики почвы, создавая детализированные цифровые карты.

- Это позволяет агрономам и фермерам эффективнее управлять земельными ресурсами.

3. Прогнозирование урожайности:

- Машинное обучение анализирует характеристики почвы, климатические условия, историю посевов и другие факторы для прогнозирования урожайности на разных участках.

- Фермеры могут на основе прогнозов оптимизировать выбор культур, внесение удобрений и орошение.

4. Мониторинг роста растений:

- Технологии компьютерного зрения и нейронные сети позволяют автоматизировать контроль за ростом растений.

- Выявляются болезни или дефицит питательных веществ, что даёт возможность своевременно принимать меры.

5. Оптимизация использования ресурсов:

- Анализ климатических и почвенных данных позволяет ИИ рационально использовать воду, удобрения и пестициды.

- Это снижает затраты и минимизирует негативное воздействие на окружающую среду.

6. Адаптация к изменениям:

- Быстрый анализ данных и генерация рекомендаций позволяют фермерам принимать обоснованные решения в кратчайшие сроки.

- Сельское хозяйство становится более устойчивым к изменениям условий и снижает потенциальные убытки.

Выводы. Применение ИИ в цифровизации сельскохозяйственных карт автоматизирует сбор и обработку данных, а также обеспечивает обоснованное принятие решений.

- Это способствует увеличению продуктивности, снижению затрат и устойчивому развитию сельского хозяйства.

- Внедрение инновационных решений требует сотрудничества сельхозпредприятий, разработчиков ПО, инженеров и специалистов по ИИ.

- Постоянное развитие технологий повышает эффективность производства и качество жизни сельских сообществ.

Таким образом, **использование ИИ для автоматизации цифровизации сельскохозяйственных карт** играет ключевую роль в современном устойчивом сельском хозяйстве, повышая его конкурентоспособность и адаптивность к изменяющимся условиям глобального рынка.

Список литературы

1. Sadenova, M., Beisekenov, N. & Varbanov, P.S. Assessing the effectiveness of RS, GIS, and AI data integration in analysing agriculture performance to enable sustainable land management. *Discov Sustain* 5, 478 (2024). <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00625-4>
2. Тогузова, М., Асылханова, Ж., Окасова, А., & Мамышева, А. (2021). РАЗРАБОТКА ПОЧВЕННЫХ КАРТОГРАММ В ПРОГРАММЕ QGIS ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ. *Вестник ВКТУ*, (3). извлечено от <https://vestnik.ektu.kz/index.php/vestnik/article/view/79>
3. Unysheva, N. K., Makenova, S. K., Zhagiparova, T. T., & Tatarintsev, V. L. (2025). Assessment of soil erosion using GIS technology and the RUSLE model. *Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University: Multidisciplinary*, 2(125), 1–? [https://doi.org/10.51452/kazatu.2025.2\(125\).1864](https://doi.org/10.51452/kazatu.2025.2(125).1864)
4. Ozsahin, E., Sari, H., Erdem, D.B., Ozturk, M. (2024). Digital Soil Mapping (DSM) Using a GIS-

Based RF Machine Learning Model: The Case of Strandzha Mountains (Thrace Peninsula, Türkiye). *Revue Internationale de Géomatique*, 33(1), 341–361. <https://doi.org/10.32604/rig.2024.054197>

5. Sanogo, K., Birhanu, B.Z., Sanogo, S. *et al.* Landscape pattern analysis using GIS and remote sensing to diagnose soil erosion and nutrient availability in two agroecological zones of Southern Mali. *Agric & Food Secur* **12**, 4 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00408-6>

6. Crop Type Classification Using Satellite Solutions Holds The Key To Improve Crop Monitoring. — Текст: электронный // Tech Business News: [сайт]. — URL:

<https://www.techbusinessnews.com.au/news/crop-type-classification-using-satellite-solutions-holds-the-key-to-improve-crop-monitoring/> (дата обращения: 20.11.2025).