

8D06101 – «Ақпараттық жүйелер (салалар бойынша)» мамандығы бойынша «Философия докторы» (PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған диссертацияға

АНДАТПА

ЧЕТТЫКБАЕВ РУСЛАН ҚАЙРАТУЛЫ

МАУСЫМДЫҚ СУ ТАСҚЫНДАРЫ КЕЗІНДЕ АУМАҚТАРДЫҢ СУ БАСУЫН БОЛЖАУДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ-ТАЛДАУ ЖҮЙЕСІ

Жалпы жұмыстың сипаттамасы: жалпы жұмыс сипаттамасы: диссертация маусымдық тасқындар жағдайында аумақтардың су басуын болжау бойынша интеллектуалды ақпараттық-талдау жүйесін әзірлеуге арналған. Жұмыста гидрологиялық, метеорологиялық және спутниктік деректерді бірыңғай цифрлық ортаға біріктірудің ғылыми негізделген архитектурасы ұсынылған, ол автоматтандырылған жинау, модельдеу, визуализация және су басу аймақтарын болжауды қамтамасыз етеді. Әзірленген математикалық модельдер мен алгоритмдер тасқын процесінің динамикасын қайта жаңғыртуға, ықтимал қауіп аймақтарын анықтаудың дәлдігін арттыруға және төтенше жағдайлардың алдын алудың жеделдігін арттыруға мүмкіндік береді. Жүйе Шығыс Қазақстан өзендерінде сынақтан өткен және есептеулердің нақты су басу аймақтарымен жоғары сәйкестігін көрсетті.

Түйінді (тірек) сөздер: тасқындар, су басуды болжау, қашықтықтан зондтау, гидродинамикалық модельдер, MIKE, HEC-RAS, Сен-Венан теңдеулері, ГАЖ-модельдеу, цифрлық рельеф модельдері, машиналық оқыту, ТЖ мониторингі, гидрологиялық деректер, су басу аймақтарын визуализациялау, ақпараттық-талдау жүйесі.

Зерттеудің өзектілігі. Тасқындар жыл сайын экономикалық шығындарға, инфрақұрылымның бұзылуына және халықтың өміріне қауіп төндіретін ең жойқын табиғи құбылыстардың қатарына жатады. Шығыс Қазақстан күрделі рельеф, тұрақсыз қарлы-жаңбырлы режим және өзен желісінің жоғары тығыздығы салдарынан жоғары гидрологиялық қауіп аймағына жатады. Қолданыстағы болжау жүйелері, әдетте, жүйесіз деректерге негізделген және шешім қабылдауда жеткілікті шұғыл әрекет етуді қамтамасыз етпейді.

Жұмыстың өзектілігі спутниктік, гидрометеорологиялық және рельефтік деректерді біріктіре алатын, тасқын процесін модельдейтін және су басу аймақтарын жоғары дәлдікпен болжай алатын интеграцияланған жүйені құру қажеттілігімен анықталады. Диссертация Шығыс Қазақстан өзен жүйелеріне бейімделген интеллектуалды ААЖ құруға кешенді алғашқы көзқарасты қамтиды.

Сонымен қатар, диссертациялық зерттеудің бір бөлігі 2023–2025 жылдарға арналған «Шығыс Қазақстан облысындағы қар көшкіні

белсенділігін зерттеу және олардың мониторинг жүйелерін әзірлеу және орналастырудың ғылыми негіздемесі» BR21882022 БНҚ аясында орындалды, оның барысында табиғи-климаттық факторлар, қар массаларының қалыптасу механизмдері, беткейлік процестердің сипаттамалары және қауіпті құбылыстарды болжау әдістерін қамтитын пәндік сала зерттелді.

Зерттеудің объектісі – Шығыс Қазақстан өзен жүйелеріндегі тасқын процестері.

Зерттеудің пәні – су басуды болжау интеллектуалды жүйесін құру үшін кеңістіктік-уақыттық деректерді интеграциялау, математикалық модельдеу және талдау әдістері.

Зерттеудің мақсаты: Шығыс Қазақстан облысында тасқын жағдайын бақылау және басқаруды арттыру үшін төтенше жағдайлар жағдайында су басу аймақтарын кешенді мониторинг, көпфакторлы талдау және жоғары дәлдікті болжауды қамтамасыз ететін ғылыми негізделген интеллектуалды ақпараттық-талдау жүйесін әзірлеу.

Зерттеу міндеттері:

1. Шығыс Қазақстандағы тасқын қаупінің табиғи-географиялық және әлеуметтік-экономикалық алғышарттарын талдау.

2. Гидрологиялық және гидродинамикалық модельдеудің заманауи әдістері мен бағдарламалық құралдарын зерттеу, олардың мүмкіндіктері мен шектеулерін анықтау.

3. Жерді қашықтықтан зондтау деректерін, гидрологиялық бақылауларды және цифрлық рельеф модельдерін бірыңғай ақпараттық базаға біріктіру әдістемесін әзірлеу.

4. Сен-Венан теңдеулері және орнықсыз ағынды есептеу сандық алгоритмдері негізінде өзен жүйелеріндегі ағынның физика-математикалық моделін құру.

5. Деректерді жинау, модельдеу, болжау және визуализация модульдерін қамтитын ақпараттық-талдау жүйесінің архитектурасы мен функционалдық құрылымын әзірлеу.

6. Жүйені Шығыс Қазақстанның пилоттық аумақтарында сынақтан өткізу және нақты деректермен салыстырғанда болжамдардың тиімділігін бағалау.

Зерттеудің негізгі әдістері: жұмыста гидродинамикалық және гидрологиялық модельдеу әдістері (Сен-Венан теңдеулері, масса мен импульсті сақтау заңдары, Шези және Маннинг формулалары), дифференциалдық теңдеулер жүйелерін шешудің сандық әдістері (соңғы айырмашылықтар әдісі, Ранге-Кутты схемасы, айқын емес әдістер), толық емес бақылаулар кезінде су деңгейлерін болжау үшін машиналық оқыту әдістері (Decision Tree, Random Forest, LSTM-желілер), кеңістіктік деректерді талдау геоақпараттық технологиялары мен құралдары (NextGIS, QGIS, Leaflet, Copernicus DEM), гидравликалық режимдерді модельдеу және су басу карталарын құру үшін MIKE 11 бағдарламалық кешені қолданылды.

Қорғауға ұсынылатын ғылыми тұжырымдар:

1. Сен-Венан теңдеулері мен орнықсыз ағындарды модельдеудің заманауи сандық алгоритмдеріне негізделген тасқын процесінің математикалық моделі, ол су ағынының динамикасын қайта жаңғырту және тасқын құбылыстарын болжау дәлдігін арттыруды қамтамасыз етеді.

2. Негізгі гидрометеорологиялық факторлардың — жауын-шашын мөлшері, орташа температура, қар жамылғысының биіктігі, температура градиенті және топырақтың қату тереңдігі — тасқын болжамы моделінің сапасына әсерін кешенді бағалау алгоритмдері, олардың болжау дәлдігі мен тұрақтылығына қосқан үлесін сандық анықтауды қамтамасыз етеді.

3. Гидрологиялық, метеорологиялық және спутниктік деректерді автоматтандырылған жинау, өңдеу, талдау және визуализациялауды қамтамасыз ететін тасқындарды болжаудың ақпараттық-талдау жүйесінің архитектурасы мен функционалдық құрылымы.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы Шығыс Қазақстан жағдайында алғаш рет деректерді жинау модулін, гидродинамикалық модельдеуді, болжауды және ГАЖ-визуализацияны қамтитын тасқындарды болжаудың интеграцияланған ААЖ архитектурасы жасалғандығында. Жауын-шашын, температура, қар жамылғысы, температура градиенті және қатудың тасқын қалыптасуына әсерін кешенді бағалау алгоритмдері ұсынылды. Өзірленген әдістеме жоғары бөлшектелген су басу болжам карталарын құруға және оларды жедел шешімдер үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

Жарияланымдар: диссертацияда алынған нәтижелер 5 жұмыста жарияланған, оның ішінде Scopus деректер базасында рецензияланатын журналда 3 мақала (CiteScore бойынша процентиль көрсеткіші 60%-дан жоғары), ҚР БҒМ Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған басылымдарда 2 мақала.

Жарияланған мақалаларда ұсынылған зерттеу нәтижелері:

1 Natalya Denissova, Ruslan Chettykbayev, Irina Dyomina, Olga Petrova, Nurbek Saparkhojayev. Integration of Space and Hydrological Data into System of Monitoring Natural Emergencies (Flood Hazards) // Appl. Sci. 2025, 15(14), 8050; DOI: <https://doi.org/10.3390/app15148050>. Impact factor 2.5. Citescore 5.5. Q2. Процентиль: 69.

2 Yevgeniy Fedkin, Natalya Denissova, Gulzhan Daumova, Ruslan Chettykbayev, Saule Rakhmetullina. Avalanche Hazard Prediction in East Kazakhstan Using Ensemble Machine Learning Algorithms // Algorithms 2025, 18(8), 505; DOI: <https://doi.org/10.3390/a18080505>. Impact factor 2.1. Citescore 4.5. Q2. Процентиль: 72.

3 Natalya Denissova, Nurakynov Serik, Petrova Olga, Daumova Gulzhan, Daniker Chepashev, Marua Alpysbay, Ruslan Chettykbayev. Dependence of Avalanche Risk on Slope Insolation Level and Albedo. // Atmosphere 2025, 16, no. 5: 556; DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos16050556>. Impact factor 2.3. Citescore 4.9. Q2. Процентиль: 60.

4. Четтыкбаев Р.К., Денисова Н.Ф. ШҚО өзендеріндегі тасқын жағдайын мониторингтеу ақпараттық-талдау жүйесін әзірлеу. // Д. Серікбаев

атындағы ШҚТУ хабаршысы. – Т.4. – Өскемен, 2020. - 54-59 б.
https://www.ektu.kz/files/vestnik/Vestnik_4-2020.pdf.

5. R.K. Chettykbayev, N.F. Denisova. Information-analytical system for forecasting the flooding of territories during seasonal flood (статья) // Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ хабаршысы. – Т.4. – Өскемен, 2022. - 243-254 б.
DOI: https://doi.org/10.51885/1561-4212_2022_4_243.

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері халықаралық конференцияларда баяндалып, талқыланды:

- Халықаралық v.Int.Exchange конференциясы, Цвиккау, Германия, 05.01.2021 ж.
- IX жас ғалымдардың халықаралық форумы (2019 жылғы 28 наурыз – 4 сәуір). – Өскемен, 2019.
- Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция - Хабаровск қ., РФ, 2022 жылғы желтоқсан.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі:

Диссертациялық жұмыс компьютерлік терімде 123 бетте баяндалған, кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан, 122 атаудан тұратын пайдаланылған дереккөздер тізімінен және қосымшалардан тұрады. Мәтін 30 кесте, 36 сурет және 108 формуламен безендірілген.

Бірінші тарау тасқын қаупінің табиғи-географиялық және әлеуметтік-экономикалық факторларын, сондай-ақ тасқындарды болжау мен модельдеудің заманауи тәсілдерін талдауға арналған. Қолданыстағы мониторинг жүйелері, қашықтықтан зондтау деректерін және гидрологиялық бақылауларды интеграциялау әдістері қарастырылады. Ақпараттық-талдау жүйесінің тұжырымдамасы қалыптастырылды және оның архитектурасы мен функционалдық модульдеріне қойылатын талаптар анықталды.

Екінші тарауда гидрологиялық процестерді математикалық модельдеудің негіздері баяндалған, Сен-Венан теңдеулері негізінде тапсырманың физикалық және математикалық қойылымы келтірілген. Сандық шешім әдістері, модельдерді іске асыру алгоритмдері және HEC-RAS және MIKE 11 бағдарламалық кешендерін бейімдеу қарастырылған. Шығыс Қазақстан өзен жүйелерінің мысалында тасқындарды модельдеу, есептеулердің дәлдігін тексеру және талдау жүргізілді.

Үшінші тарауда деректерді жинау, модельдеу, болжау және визуализация модульдерін қамтитын жүйенің құрылымы мен архитектурасы ұсынылған. Функционалдау принциптері, модульдердің өзара әрекеттесуі, қолданылатын технологиялар (Python, PostgreSQL/NextGIS, FastAPI, QGIS) сипатталған. Ақпараттық қауіпсіздік, сенімділік және пайдаланушы интерфейсі мәселелері қарастырылған.

Төртінші тарауда пилоттық аумақтарда (Күршім, Бұқтырма, Ертіс өзендері) жүйені сынақтан өткізу және эксперименттік есептеулердің нәтижелері келтірілген. Есептік және нақты су басу аймақтарын салыстыру жүргізілді, жүйенің дәлдігі мен тиімділігі бағаланды. Дайындалған шешімді ТЖ аймақтық мониторинг жүйелеріне интеграциялау мүмкіндігі және Қазақстанның басқа бассейндеріне масштабтау перспективалары көрсетілді.

Қорытындыда жүргізілген зерттеудің қорытындылары шығарылып, диссертациялық жұмыстың мақсатына қол жеткізуді растайтын негізгі ғылыми және практикалық нәтижелер тұжырымдалған. Нейрондық желілер негізінде болжау алгоритмдерін дамыту және жүйені басқа климаттық және гидрологиялық жағдайларда қолдануды кеңейту, оның ішінде одан әрі зерттеулердің бағыттары анықталды.

Диссертацияның мазмұны пайдаланылған дереккөздер тізімі және қосымшалармен аяқталады.