

АННОТАЦИЯ

**Турарбек Әсем Турарбекқызының
6D070300 – Ақпараттық жүйелер мамандығы бойынша
философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған
«Машиналық оқыту әдістері негізінде Қазақстанның
сейсмикалық белсенділігін анықтау моделін зерттеу және құру»
тақырыбындағы диссертациялық жұмысы**

Жұмыстың өзектілігі: XX ғасырдың екінші жартысында табиғи апаттардың саны мен қаупі артты. Соңғы онжылдықтарда бүкіл әлемде орасан зор шығынға және айтарлықтай адам өліміне әкелген күшті жойқын жер сілкіністері көп болды (Чили, Перу, Мексика, АҚШ, Жапония, Армения, Сахалин, Ауғанстан, Түркия және т.б.). Жер сілкінісі табиғи апат түрлерінің ішінде бірінші орындардың бірін алады. Жер сілкінісі үлкен адам шығыны мен ғимараттардың қирауына әкеледі. Жер сілкінісі елдер мен аймақтарға, әсіресе экономикалық тұрғыдан нақты географиялық аймақтарға тәуелді елдерге экономикалық зиян келтіруі мүмкін. Қазіргі әлем өте тығыз байланыста және бір елдегі сейсмикалық оқиға халықаралық жеткізуге және басқа елдердің экономикасына әсер етеді.

Табиғат құбылыстары, соның ішінде жер сілкінісінің қауіптілігі сөзсіз. Оларды алдын алу мүмкін емес, бірақ қауіптің жойқын әсерін азайту қажет. Ол үшін жер сілкінісінің себептерін білу, сейсмикалық қауіпті бағалау, жер сілкінісіне дайындалу және оның пайда болуымен байланысты процестерді зерттеу, осы құбылыстарды болжау әдістерін әзірлеу, сейсмикалық тербелістердің ықтимал көздерінің орындарын анықтау керек. Табиғи апаттардың жалпы санының 13%-ын жер сілкінісі құрайды. Жер сілкінісі сияқты сейсмикалық құбылыстар жер қыртысында үнемі болып тұратын күрделі геологиялық және геофизикалық процестердің нәтижесі. Орталық Азияның басқа елдері сияқты Қазақстанда да сейсмикалық құбылыстар үлкен қауіп төндіреді және оларды зерттеу қауіпке дайындық пен оны алдын алу үшін өте маңызды. Қазақстанның бірқатар аймақтары геологиялық құрылымы мен орналасуына байланысты сейсмикалық қауіп-қатерге ұшырайды. Қазақстанда 2023 жыл бойынша 7 миллионнан астам адам жер сілкінісі ең қауіпті аймақтарда тұрады, өнеркәсіптің 50%-дан астамы осы аймаққа шоғырланған, 400-ден астам қалалар мен елді мекендер орналасқан.

Қазақстан аумағында тұрақты түрде байқалатын сейсмикалық белсенділік жер сілкіністерін болжаудың тиімді әдістерін құрудың маңыздылығын арттырады.

Сейсмикалық белсенділік елді мекендерге және тау-кен өнеркәсібі, өнеркәсіп және туризм сияқты экономиканың негізгі секторларына қауіп төндіруі мүмкін. Қазақстан тарихында адам және материалдық шығын әкелген жойқын жер сілкінісі оқиғалары тіркелді. Машиналық оқыту әдістерін қолдану арқылы сейсмикалық белсенділікті болжау табиғи апаттардың алдын алу және салдарын азайту үшін заманауи құрал бола алады. Сейсмикалық белсенділікті зерттеу елдегі ғылым мен техниканың

дамуына, сондай-ақ геофизика және сейсмология саласындағы мамандарды дайындауға да ықпал ете алады.

Бүгінгі таңда сейсмикалық белсенділікті бақылайтын көптеген геоақпараттық жүйелер мен сейсмологиялық мониторлар бар. Олардың ішінде USGS, EMSC, IRIS ерекше көзге түседі, олар дүние жүзіндегі сейсмикалық белсенділік туралы ақпарат береді, сонымен қатар Қазақстанның Ұлттық деректер орталығы (ҰДО), Қазақстандағы Сейсмология институты, Dargmen қосымшасы Қазақстандағы сейсмикалық оқиғалар туралы ақпарат береді.

Бұл жүйелер ұқсас қызмет атқарады, олар өткен жер сілкінісі эпицентрінің толық сипатын, яғни күнін, уақытын, магнитудасын, тереңдігін көрсетеді және картада өткен оқиғаны белгілейді. Машиналық оқыту модельдері сейсмикалық белсенділікті анықтау үшін USGS деректері мен Сейсмология институтынан алынған 89629 сейсмикалық оқиғалары жинақталған сейсмологиялық деректер қорын пайдаланды. Сейсмологиялық деректер алдын ала өңдеу сатыларынан өтті. Жіктеу сатысында ең танымал машиналық оқыту алгоритмдері (Support vector machine – SVM, Logistic regression – LR, Decision tree – DT, Random forest – RF, k-nearest neighbors – k-NN және XGBoost) және нейрондық желілер (Deep neural networks – DNN, Convolutional neural networks – CNN) қолданылды. Классификация нәтижелері алгоритмдердің тиімділігін бағалауға арналған көрсеткіштердің жиынтық кестелері түрінде берілген: дұрыстық (accuracy), дәлдік (precision), толықтық (recall) және F-өлшемі (F1-score), дәлдіктің қисық графиктер (precision), толықтылық және F-қисық графиктертерінің өлшемі (Area under curve – Receiver operating characteristics – AUC-ROC). Сейсмикалық белсенділікті талдау үшін Қазақстандағы сейсмикалық оқиғалардың сейсмологиялық деректерін пайдалана отырып, модель құрылды.

Соңғы онжылдықта машиналық оқыту қарқынды дамып, әртүрлі салаларда үлкен деректерді талдау қызметін айтарлықтай өзгертуге және жақсартуға мүмкіндік берді. Дәстүрлі әдістермен салыстырғанда машиналық оқыту күрделі мәселелерді шешуде, есептеу өнімділігінде, белгісіздікті тарату мен өңдеуде және шешімдерді қолдауда айтарлықтай артықшылықтар береді. Қолданылған барлық әдістер Қазақстанда 1906 жылдан 2023 жылға дейін соңғы 98 жылда жиналған нақты деректер бойынша оқытылды және сынақтан өтті. Ұсынылған модель precision, recall, accuracy, F-score және AUC-ROC көрсеткіштері бойынша басқа модельдерден тиісінше 63%, 82,4%, 87,4%, 62,7% және 83% асып түсті. Нәтижелерге сүйене отырып, ұсынылған Conv1D моделі сейсмикалық белсенділікті анықтау үшін тиімді деген қорытынды жасауға болады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты – Машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, сейсмологиялық деректер негізінде Қазақстан Республикасының сейсмикалық белсенділігін анықтаудың моделі мен ақпараттық жүйесін құру.

Зерттеу міндеттері:

1. Қолданыстағы ақпараттық технологиялар мен сейсмикалық белсенділікті анықтау және деректерді өңдеу жүйелерін зерттеу;
2. Сейсмикалық белсенділікті анықтау үшін қолданылатын машиналық оқыту әдістері мен алгоритмдерін зерттеу және талдау;
3. Машиналық оқыту әдістері мен белгілерді (feature) анықтау негізінде сейсмикалық белсенділікті анықтайтын алгоритмін құру;
4. Қазақстанның сейсмикалық белсенділігін анықтаудың машиналық оқыту моделін құру және оқыту;
5. Сейсмикалық белсенділікті анықтайтын ақпараттық жүйені әзірлеу.

Зерттеу нысаны: Қазақстан территориясының сейсмикалық белсенділігі.

Зерттеу пәні: Сейсмикалық белсенділікті анықтау үшін машиналық оқытудың алгоритмдері мен әдістері.

Зерттеу әдістері: Машиналық оқыту әдістері, нейрондық желілер, терең нейрондық желілер, статистикалық әдістер, машиналық оқыту алгоритмдері.

Жүргізілген зерттеулер мен алынған нәтижелердің ғылыми жаңалығы:

1. Қазақстан аумағының сейсмикалық белсенділігін анықтау әдісінің алгоритмі құрылды;
2. Белгілер (feature) негізінде сейсмикалық белсенділікті анықтаудың терең оқыту моделі құрылды;
3. Машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, сейсмикалық деректер негізінде сейсмикалық белсенділікті анықтаудың ақпараттық жүйесі құрылды.

Зерттеудің теориялық және практикалық маңыздылығы: Зерттеу сейсмикалық белсенділікті болжауда машиналық оқыту алгоритмдерін пайдалану туралы түсінікті кеңейтуге мүмкіндік береді. Әзірленген модель мен әдістеме сейсмикалық белсенділікті бақылау және болжау, олардың дәлдігі мен уақыттылығын арттыру үшін қолданыстағы жүйелерге біріктірілуі мүмкін.

Жұмыстың көлемі мен құрылымы. Диссертация кіріспеден, 4 тараудан және қорытындыдан тұрады. Диссертацияның жалпы көлемі 102 бет, 36 сурет, 15 кесте. Библиография 79 атаудан тұрады.

Кіріспеде диссертациялық жұмыстың өзектілігі, мақсаты, міндеттері, зерттеу объектілері мен әдістері, теориялық және практикалық маңыздылығы, сонымен қатар жаңашылдығы сипатталған.

Бірінші бөлімде Қазақстанның сейсмикалық режимі сипатталып, жер сілкінісін талдау және болжау әдістері қарастырылған. Жер сілкінісінің зақымдануын анықтау үшін GIS ITRIS қолдану тәжірибесі ұсынылған.

Екінші бөлімде машиналық оқыту модельдерінің және нейрондық желілердің негізгі түрлерінің сипаттамасы берілген. Сейсмологияда және сейсмикалық белсенділікті анықтауда машиналық оқытуды және нейрондық желілерді қолдану бойынша басқа авторлардың нәтижелерін талдау және шолу ұсынылған.

Үшінші бөлімде диссертациялық жұмыстың ең маңызды бөлігі болып табылатын машиналық оқыту әдістеріне және нейрондық желілерге негізделген модельді әзірлеу ұсынылған. Модельді әзірлеу алгоритмі ұсынылған, мақсатты оқиға мен атрибуттар анықталған, сейсмологиялық деректерді жинау және алдын ала өңдеу кезеңі көрсетілген. Қазақстан аумағының сейсмикалық белсенділігін анықтау үшін ұсынылған модельді пайдалану тиімділігіне баға берілді.

Төртінші бөлімде Django Python фреймворкінде жасалған жүйе ұсынылған. Жүйе келесі негізгі функцияларды орындайды: сейсмикалық оқиғалардың негізгі категорияларын құру, өңірлер мен жылдар бойынша мәліметтерді алу, сейсмикалық қауіптің ықтималдығын есептеу, Қазақстан картасы мен жиынтық кестелерде эпицентрлер түрінде алынған нәтижелерді көрнекі түрде көрсету.

Қорытынды бөлімінде осы диссертациялық жұмыстың теориялық және практикалық нәтижелері жинақталған және оның машиналық оқыту модельдерін, нейрондық желілерді және сейсмикалық оқиға көрсеткіштерін пайдалана отырып, сейсмикалық белсенділікті талдаудағы маңызды аспектілері берілген.

Қорғауға ұсынылған негізгі ереже. Машиналық оқыту негізінде сейсмикалық белсенділікті анықтаудың жаңа моделі мен ақпараттық жүйесі. Ұсынылған модельдің нәтижелілігін растайтын сейсмикалық белсенділікті болжау тәжірибелерінің нәтижелері.

Зерттеушінің жеке үлесі. Диссертация авторы жер сілкінісін бақылаудың қолданыстағы жүйелері мен қосымшаларына талдау жасады; Қазақстан аумағының сейсмикалық белсенділігін анықтау алгоритмі әзірленді; белгілеріне қарай сейсмикалық белсенділікті анықтау үшін терең оқыту моделі әзірленді; құрылған терең оқыту моделі негізінде сейсмикалық белсенділікті анықтаудың ақпараттық жүйесі әзірленді. Машиналық оқыту моделі мен нейрондық желілерді пайдалана отырып, сейсмологиялық деректерді өңдеу және талдау жүйесі әзірленді.

Ғылыми нәтижелердің негізділігі мен сенімділік дәрежесі. Диссертацияның нәтижелері 13 ғылыми жұмыста ұсынылды, оның ішінде 2 мақала Scopus деректер базасындағы рецензияланған журналда, 3 мақала Қазақстан Республикасы Оқу-ағарту министрлігінің Білім саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған журналдарда жарияланды және халықаралық конференция материалдарында 8 мақала жарияланды.

Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынатын журналдардағы мақалалар:

1. Турарбек А.Т. Геоинформационные системы в сейсмологии // Вестник КазНУ, Серия «Наука о Земле». –2016. –№5. –С.51-53.
2. Турарбек А.Т. Использование геоинформационной системы ITRIS для оценки последствий землетрясений Казахстана // Вестник КазНУ, Серия «Технические науки». –2017. –№3. –С.394-399.

3. Турарбек А.Т., Садыкова А. Б. Современное состояние анализа и прогноза землетрясений в Казахстане // Вестник КазНУ, Серия «Технические науки». – 2018. – №2. – С.184-191.

Скопуста индекстелетін журналдардағы ғылыми мақала:

1. Turarbek Assem, Adetbekov Yeldos, Bektemesov Maktagali 2-D Deep Convolutional Neural Network for Predicting the Intensity of Seismic Events // International Journal of Advanced Computer Science and Applications vol.14(1), pp.788-796, 2023.
2. Turarbek Assem, Bektemesov Maktagali et al. Deep Convolutional Neural Network for Accurate Prediction of Seismic Events // International Journal of Advanced Computer Science and Applications vol.14(10), pp.604-613, 2023 (IF=0.675, CiteScore rank=44, Q3 Scopus)

Халықаралық конференция материалдарындағы мақалалар:

1. Криворотько О. И., Кабанихин С.И., Бектемесов М.А., Садыкова А. Б., Турарбек А.Т. Геоинформационная система Казахстана. Математические модели геоинформационной системы // Труды международной научной конференции «Марчуковские научные чтения 2017», Россия, Новосибирск, 2017. – С.455-462.

2. Турарбек А.Т. Применение геоинформационной системы ITRIS для моделирования и прогноза сейсмического режима Казахстана // Труды международной научной конференции «Марчуковские научные чтения 2017», Россия, Новосибирск, 2017. – С.98-99.

3. Турарбек А.Т. О методах качества изображений при дистанционном мониторинге землетрясений // Материалы Международной научно-методической конференции «Математика в Казахстане - прошлое и перспективы», посвященной 100-летию Ибрашева Хасана Ибрашевича Алматы, 2016 г. –С.115-117.

4. Турарбек А.Т. Применения данных дистанционного зондирования при работе с геоинформационными системами для прогнозирования землетрясений // Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «Мир Фараби», Алматы, 2016 г. –С.237.

5. Кенес А., Турарбек А.Т. Составные части геоинформационной системы землетрясений // Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «Мир Фараби», Казахстан, Алматы, 2017. –С.193.

6. Турарбек А.Т., Адетбеков Е.Н. Қазақстанның жер сілкінісі мониторингін жүргізу үшін Python тілін қолдану // Материалы VIII международной научно-методической конференции «Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке», посвященная 90-летию юбилею КазНПУ имени Абая. Алматы, 2018. – С.109-112.

7. Турарбек А.Т., Адетбеков Е.Н. Машинное обучение в прогнозировании землетрясений //Материалы международной научной конференции «Обратные и некорректные задачи в естествознании», Алматы, 2023 г. –С.44-45.

8. Турарбек А.Т. Глубокое машинное обучение в определении сейсмической активности//Материалы международной научной конференции «Обратные и некорректные задачи в естествознании», Алматы, 2024 г. –С.56-57.