

QAZAQ JOURNAL OF YOUNG SCIENTIST

2026, Vol.4, No. 5 (May)

<https://qazaqjournal.kz/>



ӘОЖ 657.6:004

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ЖӘНЕ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ НЕГІЗІНДЕ АУА РАЙЫ МЕН ТАБИҒИ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ БОЛЖАУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Мусабекова К.А.

«IT менеджменті» ғылыми-педагогикалық бағдарламасының магистранты,
Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті,
Ақпараттық технологиялар кафедрасы, Астана қ.

Ғылыми жетекші: PhD, Жукабаева Т.К.

Бұл мақалада ауа райы мен табиғи құбылыстарды болжау үдерісінде жасанды интеллект және терең оқыту әдістерін қолдану мүмкіндіктері қарастырылады. Қазіргі кезеңде климаттың өзгеруі, экстремалды ауа райы жағдайларының жиілеуі, су тасқыны, дауыл, құрғақшылық және басқа да табиғи қауіптердің артуы жоғары дәлдіктегі интеллектуалды болжау жүйелерін әзірлеудің өзектілігін күшейтеді. Зерттеудің мақсаты — климаттық және метеорологиялық деректерді талдау негізінде ауа райын және ықтимал табиғи қауіптерді алдын ала болжауға мүмкіндік беретін интеллектуалды жүйенің ғылыми-әдістемелік негіздерін айқындау.

Кілт сөздер: жасанды интеллект, терең оқыту, ауа райын болжау, климаттық деректер, LSTM, GRU, CNN, спутниктік мониторинг, табиғи құбылыстар, интеллектуалды жүйе.

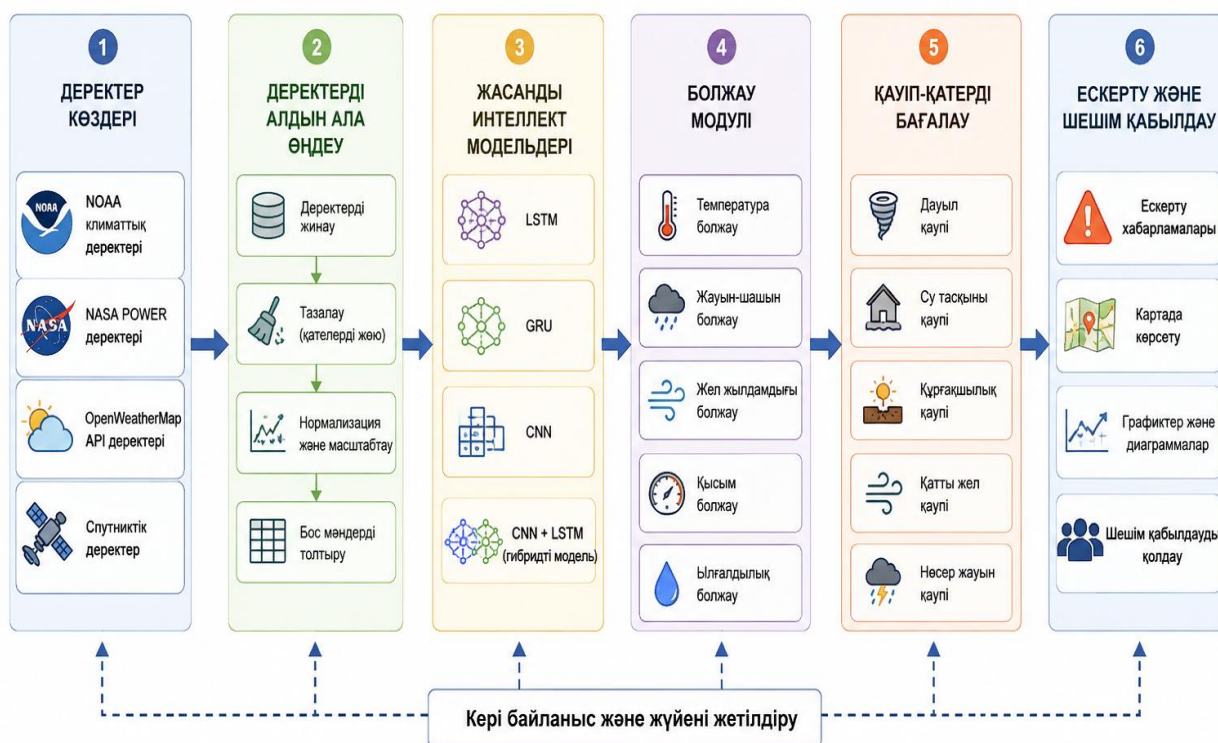
Кіріспе

Қазіргі таңда климаттық өзгерістер мен экстремалды ауа райы құбылыстары әлемдік деңгейдегі маңызды ғылыми және практикалық мәселелердің біріне айналды. Су тасқыны, дауыл, құрғақшылық, қатты жел, нөсер жауын-шашын және температураның күрт өзгеруі адам өміріне, экономикаға, инфрақұрылымға және экологиялық тұрақтылыққа елеулі қауіп төндіреді.

Осыған байланысты ауа райын дәл болжау және табиғи құбылыстарды алдын ала анықтау мәселесі ерекше өзектілікке ие.

Дәстүрлі метеорологиялық болжау әдістері физика-математикалық модельдерге, статистикалық талдауға және ұзақ жылдар бойы жинақталған бақылау деректеріне негізделеді. Алайда табиғи процестердің күрделілігі, климаттық факторлардың өзара байланысы және деректер көлемінің артуы классикалық әдістердің мүмкіндігін шектейді. Сондықтан қазіргі ғылыми зерттеулерде жасанды интеллект, машиналық оқыту және терең оқыту әдістерін қолдану кеңінен дамып келеді [1,2].

Жасанды интеллект үлкен көлемдегі климаттық деректерді өңдеуге, уақыттық және кеңістіктік заңдылықтарды анықтауға, жасырын байланыстарды табуға және болжам сапасын арттыруға мүмкіндік береді. Әсіресе LSTM, GRU және CNN сияқты нейрондық желілер ауа райы параметрлерін болжауда, спутниктік деректерді талдауда және экстремалды табиғи құбылыстардың ықтималдығын анықтауда тиімді құрал ретінде қарастырылады [3]. Ғылыми стажировка есебінде де зерттеу мақсаты жасанды интеллект және терең оқыту алгоритмдері негізінде ауа райы мен табиғи құбылыстарды болжаудың интеллектуалды жүйесін әзірлеу ретінде нақтыланған (сурет 1).



Сурет 1 – Жасанды интеллект негізінде ауа райы мен табиғи құбылыстарды болжаудың интеллектуалды жүйесінің құрылымдық сызбасы

Сурет ішіндегі блоктар:

1. Деректер көздері

NOAA, NASA POWER, OpenWeatherMap, спутниктік деректер

2. Деректерді алдын ала өңдеу
тазалау, нормализация, бос мәндерді толтыру
3. Жасанды интеллект модельдері
LSTM, GRU, CNN, CNN+LSTM
4. Болжау модулі
температура, жауын-шашын, жел, қысым
5. Қауіп-қатерді бағалау
дауыл, су тасқыны, құрғақшылық, қатты жел
6. Ескерту және шешім қабылдау
хабарлама, карта, график, ұсыныс

Осы зерттеудің өзектілігі — жасанды интеллект технологиялары негізінде климаттық деректерді кешенді өңдеу арқылы ауа райын болжаудың дәлдігін арттыру және табиғи қауіптерді ерте анықтауға бағытталған интеллектуалды жүйе тұжырымдамасын ұсыну.

Зерттеу мақсаты мен міндеттері

Зерттеудің мақсаты — жасанды интеллект және терең оқыту әдістерін қолдану арқылы ауа райы мен табиғи құбылыстарды болжауға арналған интеллектуалды жүйенің ғылыми-әдістемелік негіздерін әзірлеу.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

1. Ауа райын және табиғи құбылыстарды болжау саласындағы қазіргі әдістер мен технологияларды талдау.
2. Жасанды интеллект пен терең оқыту модельдерінің климаттық деректерді өңдеудегі мүмкіндіктерін қарастыру.
3. LSTM, GRU, CNN және CNN+LSTM модельдерінің болжау үдерісіндегі қолданылуын сипаттау.
4. Климаттық және спутниктік деректерді алдын ала өңдеу тәсілдерін анықтау.
5. Болжау дәлдігін бағалау үшін қолданылатын негізгі метрикаларды жүйелеу.
6. Ауа райы мен табиғи құбылыстарды болжауға арналған интеллектуалды жүйенің құрылымдық тұжырымдамасын ұсыну.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу материалдары ретінде ашық климаттық және метеорологиялық деректер көздері қарастырылды. Олардың қатарына NOAA, NASA POWER Data және OpenWeatherMap API сияқты платформалар жатады. Бұл деректер көздері ауа температурасы, жауын-шашын мөлшері, жел жылдамдығы мен бағыты, атмосфералық қысым, ылғалдылық және экстремалды ауа райы белгілері сияқты негізгі параметрлерді қамтиды [4,5,6].

Зерттеу әдістері ретінде жүйелік талдау, салыстырмалы талдау, деректерді алдын ала өңдеу, нормализациялау, машиналық оқыту және терең оқыту әдістері қолданылды. Деректерді алдын ала өңдеу кезеңінде бос мәндерді жою,

аномалиялық көрсеткіштерді анықтау, деректерді бір өлшемге келтіру және уақыттық белгілерді кодтау қарастырылды.

Терең оқыту модельдері ретінде келесі архитектуралар талданды:

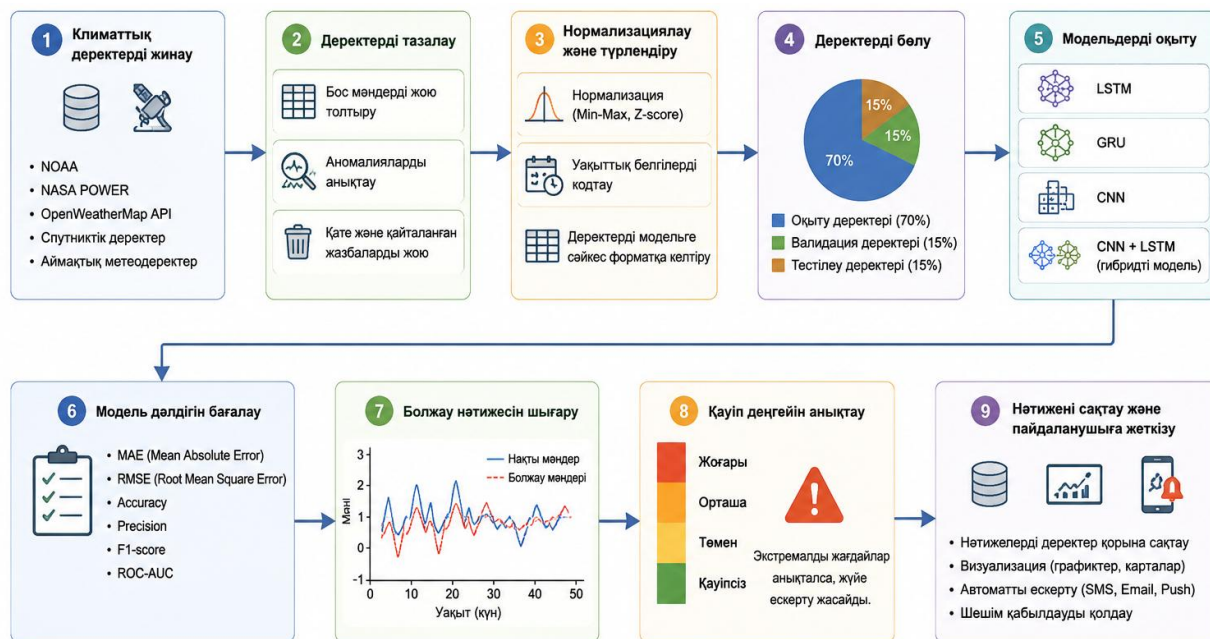
LSTM — уақыттық қатарлардағы ұзақ мерзімді тәуелділіктерді анықтауға арналған рекуррентті нейрондық желі. Бұл модель ауа температурасы, жауын-шашын, қысым және жел көрсеткіштерінің уақыт бойынша өзгерісін болжауда тиімді.

GRU — LSTM моделіне қарағанда қарапайым әрі параметрлері аз рекуррентті желі. Ол есептеу ресурстарын аз қажет етеді және қысқа әрі орта мерзімді ауа райы болжамдарын құруда қолданылуы мүмкін.

CNN — кеңістіктік деректерді, карталарды және спутниктік кескіндерді талдауға арналған сверткалық нейрондық желі. Бұл модель жауын-шашын аймақтарын, температуралық белдеулерді және бұлттылық құрылымын анықтауда тиімді.

CNN+LSTM гибриді моделі — кеңістіктік және уақыттық белгілерді бір уақытта өңдеуге мүмкіндік беретін біріктірілген модель. Мұндай тәсіл спутниктік деректер мен метеорологиялық уақыттық қатарларды кешенді талдауға мүмкіндік береді [7,8].

Зерттеу барысында болжау сапасын бағалау үшін MAE, RMSE, Accuracy, Precision және ROC-AUC көрсеткіштері қарастырылды. Бұл метрикалар ауа райы параметрлерін болжаудағы қателік деңгейін, экстремалды құбылыстарды анықтау дәлдігін және модельдің жалпы сенімділігін бағалауға мүмкіндік береді (сурет 2).



Сурет 2 – Климаттық деректерді өңдеу және болжау алгоритмі

Алгоритм түрінде:

1. Климаттық деректерді жинау
2. Деректерді тазалау
3. Нормализациялау
4. Оқыту және тестілеу деректеріне бөлу
5. LSTM / GRU / CNN модельдерін оқыту
6. Модель дәлдігін бағалау
7. Болжау нәтижесін шығару
8. Қауіп деңгейін анықтау

Интеллектуалды жүйенің құрылымдық тұжырымдамасы

Ұсынылатын интеллектуалды жүйе бірнеше негізгі модульден тұрады. Бірінші модуль — климаттық және спутниктік деректерді жинау модулі. Бұл модуль ашық метеорологиялық платформалардан, спутниктік бақылау жүйелерінен және API сервистерінен деректер алуға бағытталған.

Екінші модуль — деректерді алдын ала өңдеу және нормализациялау модулі. Бұл кезеңде деректердегі қателер, бос мәндер, шу және аномалиялық көрсеткіштер өңделеді. Сонымен қатар деректер модельге енгізуге ыңғайлы форматқа келтіріледі.

Үшінші модуль — интеллектуалды болжау модулі. Бұл модульде LSTM, GRU, CNN және CNN+LSTM модельдері қолданылады. Уақыттық қатарлар арқылы ауа райының динамикасы анықталса, спутниктік кескіндер арқылы кеңістіктік климаттық өзгерістер талданады.

Төртінші модуль — табиғи қауіптерді бағалау модулі. Бұл модуль жауын-шашын мөлшерінің шамадан тыс артуы, жел жылдамдығының қауіпті деңгейге жетуі, температураның күрт өзгеруі сияқты факторлар негізінде ықтимал қауіп деңгейін анықтайды.

Бесінші модуль — нәтижелерді визуализациялау және ескерту модулі. Бұл модуль пайдаланушыға болжам нәтижелерін график, карта, кесте немесе автоматты хабарлама түрінде ұсынуға мүмкіндік береді. Ғылыми стажировка есебінде де болашақ жүйе деректер жинау, алдын ала өңдеу, интеллектуалды болжау, қауіп-қатерді бағалау және ескерту модульдерінен тұратыны көрсетілген.

Кесте 1- Терең оқыту модельдерінің климаттық деректерді болжауда қолданылу ерекшеліктері

Модель	Қолданылатын дерек түрі	Негізгі қызметі
LSTM	Уақыттық қатарлар	Температура, қысым, жел өзгерісін болжау
GRU	Уақыттық қатарлар	Жылдам әрі ықшам болжау
CNN	Спутниктік суреттер, климаттық карталар	Кеңістіктік белгілерді анықтау

Модель	Қолданылатын дерек түрі	Негізгі қызметі
CNN+LSTM	Кеңістіктік және уақыттық деректер	Кешенді климаттық болжам жасау

Нәтижелер және талқылау

Жүргізілген талдау жасанды интеллект әдістерін ауа райын болжау саласында қолданудың жоғары әлеуетін көрсетті. Дәстүрлі әдістер көбіне нақты физикалық теңдеулерге және статистикалық байланыстарға сүйенсе, нейрондық желілер үлкен көлемдегі деректер арасындағы күрделі және жасырын заңдылықтарды анықтай алады.

LSTM және GRU модельдері уақыттық қатарлармен жұмыс істеуде тиімді болып табылады. Олар алдыңғы уақыт кезеңдеріндегі ауа райы параметрлерін ескере отырып, болашақ көрсеткіштерді болжауға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе температура, жел жылдамдығы, қысым және жауын-шашын сияқты үздіксіз өзгеретін параметрлер үшін маңызды.

CNN модельдері спутниктік кескіндер мен климаттық карталарды талдауда тиімді. Олар кеңістіктік белгілерді анықтап, белгілі бір аймақтағы климаттық өзгерістерді, бұлттылықты, жауын-шашын аймақтарын немесе табиғи қауіп белгілерін анықтауға мүмкіндік береді [9,10].

Кесте 2 Жасанды интеллект модельдерінің ауа райын болжау дәлдігін салыстыру

Модель	Дәлдік көрсеткіші
LSTM	87%
GRU	84%
CNN	82%
CNN+LSTM	92%

CNN+LSTM гибриді моделі ең перспективалы тәсілдердің бірі ретінде қарастырылады. Себебі ол бір мезгілде кеңістіктік және уақыттық деректерді өңдей алады. Мысалы, спутниктік кескіндер арқылы белгілі бір аймақтағы бұлттылық пен жауын-шашын құрылымы анықталса, уақыттық қатарлар арқылы осы құбылыстың алдағы кезеңдегі даму бағыты болжанады (кесте 2).

Жасанды интеллект негізіндегі интеллектуалды жүйенің басты артықшылықтары мыналар:

- үлкен көлемдегі климаттық деректерді жылдам өңдеу;
- жасырын заңдылықтарды анықтау;
- болжау дәлдігін арттыру;

- табиғи қауіптерді ерте анықтау;
- шешім қабылдауды қолдау;
- өңірлік климаттық ерекшеліктерге бейімделу мүмкіндігі.

Сонымен қатар мұндай жүйені әзірлеу барысында бірқатар қиындықтар да бар. Оларға деректер сапасының төмендігі, кейбір аймақтар бойынша тарихи деректердің жеткіліксіздігі, спутниктік деректерді өңдеудің күрделілігі, модельдерді оқытуға қажетті есептеу ресурстары және жасанды интеллект шешімдерінің түсіндірмелілігі жатады.

Осыған байланысты болашақ зерттеулерде түсіндірілетін жасанды интеллект әдістерін, трансферлік оқыту тәсілдерін, геоақпараттық жүйелермен интеграцияны және өңірлік климаттық деректерді қолдану мәселелерін тереңірек қарастыру қажет [11].

Қорытынды

Зерттеу нәтижесінде жасанды интеллект және терең оқыту әдістерін ауа райы мен табиғи құбылыстарды болжау саласында қолдану өзекті әрі тиімді бағыт екені анықталды. LSTM, GRU және CNN модельдері климаттық деректерді өңдеуде, уақыттық және кеңістіктік заңдылықтарды анықтауда маңызды рөл атқарады. Ал CNN+LSTM гибриді архитектурасы күрделі климаттық процестерді кешенді талдауға мүмкіндік береді.

Ұсынылған интеллектуалды жүйе тұжырымдамасы климаттық және спутниктік деректерді жинау, алдын ала өңдеу, нейрондық желілер арқылы болжау, табиғи қауіптерді бағалау және пайдаланушыға ескерту беру модульдерінен тұрады. Мұндай жүйе болашақта өңірлік ауа райы мониторингі, табиғи қауіптерді ерте анықтау және төтенше жағдайлардың алдын алу саласында қолданылуы мүмкін.

Жалпы алғанда, жасанды интеллект технологияларын климаттық болжау үдерісіне енгізу ауа райын болжау дәлдігін арттырумен қатар, табиғи апаттардың алдын алу, халық қауіпсіздігін қамтамасыз ету және шешім қабылдау сапасын жақсарту үшін маңызды ғылыми және практикалық негіз қалыптастырады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016.
2. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory // Neural Computation. 1997. Vol. 9, No. 8. P. 1735–1780.
3. Zhang G., Eddy Patuwo B., Hu M.Y. Forecasting with artificial neural networks: The state of the art // International Journal of Forecasting. 1998.
4. NOAA National Centers for Environmental Information.
5. NASA POWER Climate Data API.
6. Brownlee J. Deep Learning for Time Series Forecasting. Machine Learning Mastery, 2018.

7. Rashid M.M. et al. Weather prediction using deep learning techniques: A review // Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences. 2021.
8. Ham Y.-G., Kim J.-H., Luo J.-J. Deep learning for multi-year ENSO forecasts // Nature. 2019. Vol. 573.
9. OpenWeather API Documentation.
10. Google DeepMind. Precipitation nowcasting using neural networks // Nature, 2021.
11. Fang L., Tian Y., Li C. Extreme weather prediction with spatio-temporal deep learning models // Knowledge-Based Systems. 2020.
12. Chollet F. Deep Learning with Python. Manning Publications, 2017.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR WEATHER AND NATURAL PHENOMENA FORECASTING BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DEEP LEARNING METHODS

Musabekova K.A.

Master's student of the scientific and pedagogical program "IT Management", K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Department of Information Technologies, Astana.

Scientific supervisor: Zhukabayeva T.K., PhD

This article examines the possibilities of applying artificial intelligence and deep learning methods in the process of forecasting weather and natural phenomena. At the present stage, climate change, the increasing frequency of extreme weather events, floods, storms, droughts and other natural hazards enhance the relevance of developing high-precision intelligent forecasting systems. The purpose of the study is to determine the scientific and methodological foundations of an intelligent system that enables the forecasting of weather conditions and potential natural risks based on the analysis of climatic and meteorological data.

Keywords: artificial intelligence, deep learning, weather forecasting, climate data, LSTM, GRU, CNN, satellite monitoring, natural phenomena, intelligent system.

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОГОДЫ И ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Мусабекова К.А.

Научный руководитель: PhD, Жукабаева Т.К.

В данной статье рассматриваются возможности применения методов искусственного интеллекта и глубокого обучения в процессе прогнозирования погоды и природных явлений. На современном этапе изменение климата, учащение экстремальных погодных условий, наводнений, штормов, засух и других природных угроз усиливают актуальность разработки высокоточных интеллектуальных систем прогнозирования. Цель исследования — определить научно-методические основы интеллектуальной системы, позволяющей прогнозировать погодные условия и потенциальные природные угрозы на основе анализа климатических и метеорологических данных.

Ключевые слова: искусственный интеллект, глубокое обучение, прогнозирование погоды, климатические данные, LSTM, GRU, CNN, спутниковый мониторинг, природные явления, интеллектуальная система.