

АҢДАТПА

6D070400 – Информатика және бағдарламалық қамтамасыз ету мамандығы бойынша «Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету» тақырыбындағы философия докторы (PhD) дәрежесіне ұсынылған кандидаттық диссертациясы.

Ғылыми жұмыстың өзектілігі

Жұмыстың идеясы – техникалық құрылғыларда, атап айтқанда биогаз қондырғысында апаттар қаупін азайту немесе алдын ала істен шығу жағдайын болжау үшін жасанды интеллектке негізделген жүйені құру. Жұмыста техникалық құрылғыларды машиналық оқыту алгоритмдеріне негізделген интеграцияланған тәсілді құру қарастырылады.

Техникалық кешеннің авариялық жағдайын және тұрақты жұмысын болжау әртүрлі типтегі жабдықтардың жоғары сапалы жұмысын қамтамасыз ету мәселесінде маңызды міндет болып табылады. Бұл мәселені шешу техникалық кешенді толық ауыстыру, терең жөндеу немесе жабдықтың тоқтап қалу мәселесімен салыстырғанда қисынды экономикалық тиімді. Техникалық кешендегі апатты алдын ала анықтау құрылғының жұмысына үлкен әсер ететін құрылғының негізгі құрамдас бөліктерінің апаттық жылдамдығын болжауға негізделген. Қазіргі заманғы зерттеулер техникалық құрылғының құрамдас бөліктерінің сипаттамаларын бақылау әлі де пайдалану және техникалық кешен саласында негізделген шешімдер қабылдау үшін ең маңызды міндет екенін көрсетті.

Техникалық құрылғылардың әртүрлі түрлері үшін қауіпсіздік мәселесі бірнеше заманауи еңбектерде қарастырылған. Қауіпсіздік және авариялық зерттеулер Морено және басқалардың жұмыстарында зерттелген, зерттеу объектісі биогаз қондырғыларындағы апаттар болып табылады. Авторлар келесі жайттарды атап көрсетеді: биогаз жобаларын қорғау шаралары жеткіліксіз, мониторинг әдістері салыстырмалы түрде артта қалды, нақты уақыт режимінде деректерді тіркеу және статистикалық талдау жүргізу мүмкін емес, биогаздың ағуы мен жарылыстары мезгіл-мезгіл орын алады. Зерттеу кәдімгі қондырғылардағы энергия өндірісінің артуына қарағанда биогаз қондырғыларындағы апаттардың жоғарылағанын көрсетеді. Биогаз қондырғыларындағы апаттар қаупін бағалау мақалада сипатталған, мұнда тәуекелдер биогаз жобаларының барысына елеулі әсер етті. Биогазды пайдаланудағы қауіпсіздік мәселелері биогаз саласындағы маңызды тақырыптардың бірі болып табылады. Жұмысшылардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету және биогаз жобаларын дұрыс басқару үшін нақты уақыт режимінде және әртүрлі жағдайларда ұзақ уақыт бойы мониторинг жүйесі қажет. Бұл мақсат үшін маңызды құрамдас болып параметрлер бойынша мәліметтердің үлкен көлемі табылады.

Дифференциалдық тендеулер негізінде уақыттық қатардың генерациясын сипаттайтын жасырын айнымалылары бар модельді құру әдісі ретінде ұсынылған. Авторлар қарапайым дифференциалдық тендеулерге негізделген жаңа нейрондық желінің архитектурасын ұсынады. Диссертациялық жұмыстағы негізгі идея апаттарды болжаудың практикалық есептері (уақыттық қатарларды экстраполяциялау мәселесі) және классификация (тарихи деректер негізінде аварияларды жіктеу) үшін нейрондық желілердің жаңа архитектурасын қолдану болып табылады. Жаңа архитектураны пайдалану қолданыстағы архитектураларға (қайталанатын нейрондық желі) RNN қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие, мысалы:

- Тиімділік. Нервтік дифференциалдық теңдеулерді оқытуда сандық әдістің барлық операциялары арқылы градиентті есептеу қажет емес, сонымен қатар аралық нәтижелерді сақтаудың қажеті жоқ.
- Жұмыс уақытының икемділігі. Тор аралығы модельдің дәлдігін анықтайтын және есептеу уақытына әсер ететін дифференциалдық теңдеулерді шешумен салыстырғанда, нейрондық дифференциалдық теңдеулерде сандық дәлдік пен есептеу құны арасындағы тепе-теңдікті анық басқара аламыз.
- Параметрлер саны. ResNet-пен салыстырғанда, ұсынылған архитектураның артықшылығы - параметрлердің аздығы, өйткені әрбір қабат үшін жаңа параметрлер қажет емес.

Зерттеудің мақсаты мен міндеттері.

Жұмыстың мақсаты – заманауи жасанды интеллект технологиялары негізінде құрастырылған техникалық жүйелердің апаттылығын талдау және бағалаудың интеллектуалды жүйесін әзірлеу.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттерді шешу қажет болды:

1. Жабдықтың ақауларына төзімділікті жақсарту үшін нейрондық дифференциалдық теңдеулерге негізделген биогаз қондырғысының тиімділігін арттыру үшін кешенді платформаны әзірлеу.
2. Уақыттық қатарларды экстраполяциялау және тығыздықты бағалау үшін қарапайым дифференциалдық теңдеуді пайдалана отырып, техникалық құрылғының апаттық жылдамдығының тәуекелді бағалауын есептеу үшін нейрондық дифференциалдық теңдеулердің архитектурасын құру.
3. Биогаз қондырғысынан мәліметтерді жинау және өңдеу үшін автоматтандырылған кешен құру.
4. «Адам факторының» рөлін барынша азайта отырып, объектілерді пайдалану мен жөндеудің «оңтайлы» және апатқа дейінгі режимінің критерийлерін анықтау.
5. Объектінің жұмысындағы төтенше (төтенше) жағдайларды бақылау және «жылдам» хабарлау жүйесін әзірлеу.

Зерттеу объектісі датчиктердің (уақыттық қатарлардың), авариялық оқиғалардың немесе техникалық құрылғының жұмысындағы ауытқулардың көрсеткіштері және уақыттық қатарларды талдау әдістері болып табылады.

Зерттеу нысаны

Зерттеу объектісі датчиктердің (уақыттық қатарлардың), авариялық оқиғалардың немесе техникалық құрылғының жұмысындағы ауытқулардың көрсеткіштері және уақыттық қатарларды талдау әдістері болып табылады.

Ғылыми жаңалық

Техникалық құрылғы, атап айтқанда биогаз қондырғысы.

Ғылыми жаңалық. Ғылыми жаңалық келесі қорытындыларды әзірлеу мен алудан тұрады:

1. Болашақ мәндерді болжау үшін нейрондық дифференциалдық теңдеулерге негізделген математикалық модель жасалды.
2. Нейрондық дифференциалдық теңдеулердің тұрақтылығы дәлелденді.

3. Биогаз қондырғысының қондырғылары мен тораптарының жұмысын бақылау және техникалық құрылғылардың апатқа дейінгі жағдайын анықтау үшін біріктірілген жүйе салынды.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңызы. Бұл жұмыстың теориялық маңыздылығы нейрондық желілердің жаңа архитектурасын құру үшін ODE математикалық аппаратын қолданудың математикалық дәлелдеуінде, сондай-ақ нейрондық желі үшін шешімнің бар болуының жеткіліктілік қасиетін шығаруда жатыр. ODE, яғни. интегралдық қисықтардың қиылысуының болмауы. Жұмыстың практикалық маңыздылығы биогаз қондырғысындағы апаттарды болжау проблемасы үшін нейрондық желілік ODE апробациясында жатыр.

Жұмыстың көлемі мен құрылымы. кіріспеден, 4 бөлімнен, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады.

Кіріспеде диссертациялық жұмыстың таңдалған тақырыбының өзектілігінің негіздемесі келтірілген. Зерттеу жұмысының мақсаты, объектісі, пәні және міндеттері тұжырымдалған. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері сипатталып, олардың ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығы көрсетілген.

Бірінші бөлімінде диссертациялық жұмыстың техникалық құрылғылардың апатқа дейінгі жағдайы мәселесі қарастырылады. Зерттеу объектісінің сипаттамасы, биогаз қондырғысы туралы ақпарат жинауға арналған датчиктер берілген. Жиналған мәліметтер талданып, интерактивті диаграммаларда бейнеленді. Биогаз қондырғысы объектілерінің, атап айтқанда, биогаз қондырғысын жылытуға арналған құрылғы болып табылатын жазық күн коллекторының күйін математикалық модельдеуге сипаттама берілген.

Екінші бөлім дифференциалдық теңдеулер (ODE) немесе нейрондық желі ODE негізіндегі терең нейрондық желі үлгілерінің жаңа тобының сипаттамасын қамтиды. Бөлімнің басында уақыттық қатар дегеніміз не және уақыттық қатардан қорытынды жасау дегеніміз нені білдіретіні ресми түрде анықталады. ARIMA, LSTM және Пайғамбар сияқты классикалық уақыт қатарларын болжау үлгілеріне шолу берілген. Бұл модельдер үшін уақытша деректердің пайда болуының сызықтық емес динамикасы жағдайында оның қандай әлсіз жақтары бар екені көрсетілген. Нейрондық желілік ODE үшін құрылымдық блок болып табылатын дифференциалдық теңдеулерге қысқаша кіріспе берілген. Нейрондық желіні параметрлеу үшін дифференциалдық теңдеулердің математикалық аппараты қолданылады. Бұл бөлімде дифференциалдық теңдеулердің математикалық аппараты арқылы ODE шешімін жуықтау сипатталған, шешім «қара жәшік» түрінде. Ол сонымен қатар ішкі операцияларды қолданбай ODE шешімі арқылы масштабталатын кері таралуды сипаттайды, бұл ақырғы оқуға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл жасырын күй уақыт бойынша үздіксіз функция ретінде ілгерілейтін үздіксіз уақытпен жасырын айнымалылар модельдерін құруға мүмкіндік береді. Бөлім нейрондық желілік ODE үшін шешімнің жеткілікті болуының қасиеттерін көрсетеді, яғни. интегралдық қисықтардың қиылысуының болмауы.

Үшінші бөлімде нейрондық желі ODE үшін құрылымдық блок болып табылатын дифференциалдық теңдеулерге кіріспе бар. Нейрондық желіні параметрлеу үшін дифференциалдық теңдеулердің математикалық аппараты қолданылады. Бұл бөлімде дифференциалдық теңдеулердің математикалық аппараты арқылы ODE шешімін жуықтау сипатталған, шешім «қара жәшік» түрінде. Ол сонымен қатар ішкі операцияларды қолданбай ODE шешімі арқылы масштабталатын кері таралуды сипаттайды, бұл ақырғы оқуға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл жасырын күй уақыт бойынша үздіксіз функция ретінде

ілгерілейтін үздіксіз уақытпен жасырын айнымалылар модельдерін құруға мүмкіндік береді. Бөлім нейрондық желілік ODE үшін шешімнің жеткілікті болуының қасиеттерін көрсетеді, яғни. интегралдық қисықтардың қиылысуының болмауы.

Төртінші бөлімде биогаз қондырғысын цифрландырудан бастап және бақылау тақтасында деректерді визуализациялауға дейін ұсынылған және әзірленген шешім архитектурасының сипаттамасы бар. Архитектура сипаттамасының бөлігі ретінде деректерді жинау, сақтау және өңдеудің әртүрлі кезеңдері үшін ашық бастапқы шешімдер ұсынылған. Биогаз қондырғысынан жиналған деректер жиынтығын пайдалана отырып, ODE негізіндегі модельдер тұрақты емес, сирек және шулы уақыт қатарлары үшін қуатты құрал болып табылады және олардың экстраполяциялық және интерполяциялық қасиеттері бойынша қайталанатын нейрондық желілерден жоғары екендігі көрсетілді.

Қорытындылай келе, жұмыстың негізгі нәтижелері, диссертацияның қорытындылары және осы бағытты зерттеудегі алдағы қадамдар көрсетілген.

Мемлекеттік бағдарламалармен байланысы. Қарастырылып отырған диссертацияның міндеттері үлкен практикалық маңызы бар және өндірісті цифрландыру міндеттерімен тікелей байланысты. Президент Қ.Қ.Тоқаевтың сөйлеген сөзінде цифрландыру мәселелеріне ерекше көңіл бөлінген. ал мемлекеттік құжаттарда: «Қазақстан-2050» Стратегиясы, «Цифрлық Қазақстан» Мемлекеттік бағдарламасы, Мемлекет басшысының 2021 жылғы 1 қыркүйектегі «Халық бірлігі және жүйелі реформалар – ел игілігінің берік іргетасы» атты Жолдауы. , Қазақстанның «жасыл» экономикаға көшу тұжырымдамасы, Қазақстан Республикасын индустриялық-инновациялық дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы, «Энергия үнемдеу туралы» Қазақстан Республикасының Заңы ерекше орын алады. ЖЭК энергетикалық балансын тарту бойынша шараларға берілген; Таза даму туралы Киото хаттамасы.

Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің 0365-18-ГК коммерциализациясы бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарының шеңберінде орындалды – «Биогазды, биотыңайтқыштарды өндіру және сату модульдік автоматтандырылған қондырғыны әзірлеу және салу негізінде. Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институтының (ҚР Ғ және ЖБ АЕТИ) цифрлық басқару және пайдалану технологиялары бар биогаз кешені», техникалық, теориялық әдістер мен гипотезаларды апробациялау жүргізілді. техникалық кешен – биогаз қондырғысы. Осы дипломдық жұмыс бойынша жүргізілген зерттеу нәтижелері 2019, 2020 жылдарға арналған жоба есептеріне енгізіліп, 2021 жылға арналған қорытынды есепте қамтылған.

Сондай-ақ, диссертация аясында техникалық құрылғылардан (күн коллекторынан) мәліметтерді жинауға арналған датчиктерді құру бағытында жұмыстар жүргізілді, № пайдалы модельге патент алынды Математикалық және компьютерлік модельдер, бағдарламалық-аппараттық құралдар және эксперименталды термосифон айналымы бар және олардың жұмысын бақылайтын біріктірілген тиімді екі контурлы күн коллекторларының желісін құру бойынша әзірлемелер. Осы дипломдық жұмыс бойынша жүргізілген зерттеулердің нәтижелері 2019 жылға арналған жоба есептеріне енгізіліп, 2020 жылға арналған қорытынды есепте қамтылған.

Жұмысты апробациясы. Диссертация тақырыбы бойынша негізгі нәтижелер 10 мақалада, 3 мақала Қазақстан Республикасы Оқу-ағарту министрлігінің Білім саласында сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған журналдарда, 4 мақала халықаралық ғылыми басылымда берілген. Scopus деректер базасында және халықаралық шетелдік

конференциялардың 3 материалы: 14-ші халықаралық Electronics Computer and Computation (ICECCO), IEEE конференциясы. Қазақстан, СДУ, Қаскелең, 2018 ж.; «Ғылым, технология және білімдегі есептеу және ақпараттық технологиялар» халықаралық конференциясы, 2020 ж.; 13-ші Халықаралық «Интеллектуалды жүйелер 2018» симпозиумы (INTELS'18), 2018 жылғы 22-24 қазан, Санкт-Петербург.

Жарияланымдар.

Диссертация тақырыбы бойынша алынған нәтижелер келесі басылымдарда ұсынылған:
SCOPUS/WoS журналдары:

1. Yedilkhan, A., Murat, K., Beibut, A., Aliya, K., Ainur, K., Timur, M., & Azhibek, D. (2020). Mathematical justification of thermosyphon effect main parameters for solar heating system. *Cogent Engineering*, 7(1), 1851629. Scopus: 67%, WoS: Q2
2. Merembayev, T., Kurmangaliyev, D., Bekbauov, B., & Amanbek, Y. (2021). A Comparison of machine learning algorithms in predicting lithofacies: Case studies from Norway and Kazakhstan. *Energies*, 14(7), 1896. Scopus: 85%, WoS: Q3, IF:3.0
3. Merembayev, T., Amirgaliyev, Y., Kunelbayev, M., Yedilkhan, D. (2022). Thermal loss analysis of a solar flat collector using numerical simulation. *Computers, Materials and Continua*. Accepted. Scopus: 80%, WoS: Q2, IF:3.7
4. Amirgaliyev, Y., Wójcik, W., Kunelbayev, M., & Merembayev, T. (2019). Theoretical preheoretical prerequisites of electric water heating. *NEWS of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 6 (438), pp. 54-63. Scopus: 40%, WoS: Q4

ККСОН:

1. Амиргалиев Е.Н., Юнусов Р., Мерембаев Т., Едилхан Д. Проектирование архитектуры хранения данных в сети гелиоколлекторов. *Вестник КазННТУ, Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева*, ISSN 1680-9211, -№4,-2020 г., - С.212-216
2. Amirgaliyev, Y., Merembayev, T. (2021). Anomaly Detection in Solar Hot Water System Using Machine Learning. *Вестник национальной инженерной академии РК, №3 часть 2*, - С.34-44
3. Amirgaliev Y., Kunelbayev M., Merembayev, T. Kozbakova A., Sundetov T., Irzhanova A. Control system of controllers of a flat solar collector with a thermosifon circulation. *Вестник Казахстанско-британского технического университета*, ISSN 1198-6688, - №1,-2019 г., - С.55-61

Патент

1. Патент на полезную модель №5591. Кунелбаев М., Калимолдаев М., Сундетов Т., Даулбаев С., Мерембаев Т.

SCOPUS жүйесінде конференцияларды индекстеу:

1. Amirgaliyev, Y., Merembayev, T., Kunelbayev, M., Yedilkhan, D. Dynamic Simulation of a Solar Hot Water Heating System for Kazakhstan Climate Conditions. 2018 14th International Conference on Electronics Computer and Computation (ICECCO). IEEE. Electronic ISBN: 978-1-7281-0132-3
2. Merembayev T., Yunusson R., Amirgaliyev Y. Machine Learning Algorithms for Classification Geology Data from Well Logging. 2018 14th International Conference on Electronics Computer and Computation (ICECCO). IEEE. Electronic ISBN: 978-1-7281-0132-3
3. Merembayev T., Yunusson R., Amirgaliyev Y. Machine Learning Algorithms for Stratigraphy Classification on Uranium Deposits. *Proceedings of the 13th International*

Symposium “Intelligent Systems 2018” (INTELS’18), 22-24 October, 2018, St. Petersburg, Russia. Procedia Computer Science. Volume 150, 2019, Pages 46-52. Scopus (CiteScore 2018: 1.48)