

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/05.05.2023.Т.07.03  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**ТЕМЕРБЕКОВА БАРНОХОН МАРАТОВНА**

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СИНТЕЗА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ  
СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ И  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**05.01.11 – Цифровые технологии и искусственный интеллект**

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2025**

**Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации**

**Doktorlik (DSc) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Contents of the doctoral (DSc) Dissertation Abstract**

**Темербекова Барнохон Маратовна**

Методы и алгоритмы синтеза информационно-управляющих систем на основе технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта..... 3

**Temerbekova Barnoxon Maratovna**

Bulutli hisoblash va sun'iy intellekt texnologiyalari asosida axborot-boshqaruv tizimlarini sintez qilish usullari va algoritmlari ..... 29

**Temerbekova Barnokhon Maratovna**

Methods and algorithms for synthesizing information and control systems based on cloud computing and artificial intelligence technologies ..... 55

Список опубликованных работ

E'lon qilingan ishlar ro'uxati

List of published works ..... 59

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/05.05.2023.Т.07.03  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
УНИВЕРСИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**ТЕМЕРБЕКОВА БАРНОХОН МАРАТОВНА**

**МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СИНТЕЗА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ  
СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ И  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**05.01.11 – Цифровые технологии и искусственный интеллект**

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Тема докторской (DSc) диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2025.1.DSc/T898.

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.  
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (аннотация)), размещен на сайте Научного совета ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) и на информационно-образовательном портале «Ziyonet» ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Научный консультант:**

**Севинов Жасур Усмонович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Ахатов Акмал Рустамович**  
доктор технических наук, профессор

**Мирзаев Номаз Мирзаевич**  
доктор технических наук, профессор

**Атаджанов Ибрагим Равшанбекович**  
доктор технических наук

**Ведущая организация:**

**Андижанский государственный университет**

Защита диссертации состоится «3» 09 2025 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.13/05.05.2023.T.07.03 по присуждению ученых степеней при Ташкентском университете информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий (Адрес: 100084, г. Ташкент, пр. Амира Темура, д. 108 Тел.: (99871) 238-64-43, e-mail: [ilmiy\\_kengash@tuit.uz](mailto:ilmiy_kengash@tuit.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий (регистрационный номер № 363) (Адрес: 100084, г. Ташкент, пр. Амира Темура, д. 108 Тел.: (99871) 238-64-70).

Автореферат диссертации разослан «20» августа 2025 г.  
(протокол рассылки № 10 от 20.08 2025 года.)



**М.М. Камилов**

Председатель Научного совета по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, профессор, академик АН РУз

**Н.А. Эгамбердиев**

Секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, доктор философии (PhD) по техническим наукам

**Н.О. Рахимов**

Председатель научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, доцент

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В последние годы в связи с резким ростом требований к цифровой инфраструктуре и работой с большими объемами данных в мире особое внимание уделяется использованию передовых технологий при создании информационно-управляющих систем (ИУС) нового поколения. В этой связи большое значение приобретает интеграция технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта (ИИ). Благодаря их синтезу возможна оптимизация ИУС, обеспечение гибкости и повышение качества принятия решений. За рубежом, в том числе в США, Китае и странах Евросоюза, большое значение придается синтезу ИУС на основе технологий искусственного интеллекта и облачных вычислений, обеспечению достоверности данных, имитационному моделированию и оперативно-диспетчерскому управлению технологическими комплексами, синтезу интегрированных ИУС, контролю надежности, решению теоретических задач структурно-параметрического синтеза и их практическому применению в различных отраслях промышленности.

В мире ведутся научно-исследовательские работы по созданию универсальных информационно-управляющих систем с применением цифровых технологий и искусственного интеллекта, ориентированных на решение задач интеллектуального управления динамическими объектами. В этой связи приоритетным направлением считается создание интеллектуальных производственных систем (Industrial AI, Industry 4.0) на базе IoT, облачных вычислений и искусственного интеллекта. В этом отношении, важной задачей являются усовершенствование и модификация методов и алгоритмов синтеза информационно-управляющих систем на основе технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта; разработка методов интеграции облачных вычислений и машинного обучения в интеллектуальных информационно-управляющих системах; создание гибридных моделей нейронных сетей для оптимизации структурно-параметрического синтеза информационно-управляющих систем.

В настоящее время в Республике уделяется большое внимание направлениям цифровизации и искусственного интеллекта и их широкому применению во всех отраслях экономики и социальной сферы, а также проведению научных исследований, разработке инновационных продуктов по автоматизации управленческих и производственных процессов на основе технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта, а также других цифровых технологий. В Стратегии «Цифровой Узбекистан - 2030» отмечены задачи, в том числе «... изучить и применить на практике возможности использования в отраслях экономики технологий виртуальной и дополненной реальности, искусственного интеллекта, криптографии, машинного обучения, анализа больших данных и технологий «облачных» вычислений...»<sup>1</sup>. Для реализации подобных задач важным является создание

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» ПФ-4947 от 7 февраля 2017 года.

интеллектуальных систем управления, что обуславливает необходимость разработки эффективных методов и алгоритмов синтеза информационно-управляющих систем на основе технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № УП-5140 от 8 июня 2021 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы подготовки кадров по рабочим профессиям», Постановлениями № ПП-3673 от 18 апреля 2018 года «Об организационных мерах по ускоренной интеграции ведомственных информационных систем и реализации инновационных проектов», № ПП-4996 от 17 февраля 2021 года «О мерах по созданию условий для ускоренного внедрения технологий искусственного интеллекта», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>2</sup>.** Научные исследования, направленные на разработку современных методов и алгоритмов цифровых технологий и искусственного интеллекта на основе технологий облачных вычислений, осуществляются в ведущих научных центрах мира и высших образовательных учреждениях, в том числе, в Siemens AI Lab (Германия), General Electric совместно с IBM Research (США), Huawei Cloud (Китай), MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (США), Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics (ITWM) (Германия), RWTH Aachen University (Германия), University of Cambridge (Великобритания), KAIST (Южная Корея), Oak Ridge National Laboratory (ORNL, США), Max Planck Institute for Iron Research (Германия), National Institute for Materials Science (NIMS) (Япония), DataRobot (США), Industrial AI Consortium (Япония-США), NVIDIA Omniverse (США), Microsoft Azure Digital Twins (США), Google DeepMind (Великобритания), OpenCV (США), Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана, Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации (Российская Федерация).

В результате исследований, проведённых в ведущих мировых научных центрах – в частности, в Массачусетском технологическом институте (Massachusetts Institute of Technology, MIT, США) и его Медиа-лаборатории

---

<sup>2</sup> Обзор научных исследований по теме диссертации составлен на основании <https://elibrary.ru>, <https://new.siemens.com>, <https://www.ge.com/digital>, <https://research.ibm.com>, <https://www.huaweicloud.com>, <https://www.csail.mit.edu>, <https://www.itwm.fraunhofer.de>, <https://www.rwth-aachen.de>, <https://www.cam.ac.uk>, <https://www.kaist.ac.kr>, <https://www.ornl.gov>, <https://www.mpie.de>, <https://www.nims.go.jp>, <https://www.datarobot.com>, <https://www.industrial-ai.org>, <https://www.nvidia.com/omniverse>, <https://azure.microsoft.com>, <https://www.ansys.com>, <https://www.deepmind.com>, <https://opencv.org> и других источников.

(MIT Media Lab) – в области разработки методов и алгоритмов синтеза информационно-управляющих систем на основе облачных вычислений и искусственного интеллекта, а также совершенствования систем управления, был получен ряд значимых результатов. В том числе были созданы нечеткие методы, охватывающие технологии, естественные науки, нейробиологию и социально-эмоциональную робототехнику; разработаны методы и алгоритмы решения прикладных задач с использованием ИИ и облачных технологий (Центр технологий искусственного интеллекта и Центр прикладного искусственного интеллекта, Сколковский институт науки и технологий (Сколтех), Россия); разработаны алгоритмы анализа больших данных, искусственного интеллекта и программной инженерии (Факультет компьютерных наук Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (ВШЭ), Россия); разработаны методы машинного обучения, искусственного интеллекта в разработке игр и облачных систем, разработаны современные методы и алгоритмы цифровых технологий на основе облачных вычислений (Университет Иннополис: университет специализирующийся на информационных технологиях и робототехнике, Россия); разработаны методы синтеза компиляторных технологий, параллельные и распределенные вычисления, а также технологии верификации и тестирования программного обеспечения (Институт системного программирования им. В.П. Иванникова Российской академии наук); разработаны методы глубоких нейронных сетей и их применении в различных областях, включая обработку естественного языка и компьютерное зрение (Google Brain: занимаются исследовательскими проектами Google, США); разработаны инновационные технологии программного обеспечения на основе ИИ, Немецкий исследовательский центр искусственного интеллекта (DFKI) проводит исследования в областях распознавания образов, управления знаниями, интеллектуальной визуализации и моделирования, многоагентных систем, речевых и языковых технологий, интеллектуальных пользовательских интерфейсов и робототехники (DFKI, крупнейший некоммерческий исследовательский институт, Германия); разработаны методы и алгоритмы синтеза в вычислительных науках и информационных технологиях, систем искусственного интеллекта, автоматизации проектирования компьютерных систем, теории алгоритмов и автоматизированные синтезы программных систем (Институт проблем информатики и автоматизации Национальной академии наук Республики Армения); разработаны методы и алгоритмы синтеза информационно-управляющих систем (Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ), разработаны методы и алгоритмы синтеза обработки информации на основе искусственного интеллекта (Институт проблем передачи информации РАН, Россия).

Эти учреждения играют ключевую роль в развитии современных методов и алгоритмов цифровых технологий и искусственного интеллекта, используя потенциал облачных вычислений для решения сложных научных и прикладных задач.

В мире ведутся исследования по ряду приоритетных направлений создания методов и алгоритмов синтеза информационно-управляющих систем на основе технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта, среди которых: предоставление сервисов искусственного интеллекта на облачных платформах (предложение алгоритмов машинного обучения и анализа в виде облачных сервисов, создание решений по интеграции и настройке готовых моделей ИИ в ИУС, автоматическое масштабирование сервисов ИИ в соответствии с изменяющимися требованиями); локальная обработка информации с использованием облачных вычислений для глобального анализа и оптимизации (для скорости и безопасности); создание автономного ИИ; алгоритмы оптимального распределения ресурсов; управление и визуализация информационных потоков в реальном времени; многоагентные системы и их синтез в облаке, системы принятия решений на основе больших данных.

**Степень изученности проблемы.** Анализ научно-технической литературы последних лет, касающихся исследований по разработке методов и алгоритмов синтеза информационно-управляющих систем на основе технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта, свидетельствует о достижении значительных теоретических и практических результатов в этой области. Опубликовано большое количество работ, посвященных проблемам синтеза информационно-управляющих систем, разработаны общетеоретические концепции, возрастает число решенных практических задач. Большой вклад в развитие информационно-управляющих систем внесли многие зарубежные ученые, такие как Athans M., Stonebraker M., Thalheim B., Morozov A., Biebel L.W., Raj Reddy, Agayan S.S., Gruber T., Pearl J., Leone N. Хинтон Д., Раджив Ранаде, Питер ДеСантис, Карпатый А., Стюарт Рассел, Иван В.О., Ускова О.А., Грибова В.В., Берштейн Л.С., Городецкий В.И., Храмов А.Е. и др., а также отечественные ученые – Бекмуратов Т.Ф., Гулямов Ш.М., Жуманов И.И., Игамбердиев Х.З., Камиллов М.М., Кобулов В.К., Марахимов А.Р., Маматов Н.С., Мухаммадиева Д.Т., Ражабов С.С., Сиддигов И.Х., Фозилов Ш.Х., Юсупбеков Н.Р. и др.

Постоянное усложнение и расширение круга научных исследований требует разработки новых эффективных методов обеспечения достоверности информации в информационно-управляющих системах с применением технологии искусственного интеллекта. В неполной мере разработаны алгоритмы синтеза интегрированных информационно-управляющих систем. Требуется своего развития также технология применения облачных вычислений в измерительных информационно-управляющих комплексах автоматических систем оперативного управления. Кроме того, оказывается целесообразным осуществлять разработку алгоритмов оперативно-диспетчерского управления технологическими комплексами на основе оценки помехозащищенности информационно-управляющих систем с применением аппарата теории нечётких множеств, позволяющих оценивать производственную обстановку не только при наличии объективной статистической информации о возмущениях на систему, но и на основе субъективной информации. В связи с вышеотмеченным, возникает настоятельная необходимость дальнейшей

модификации и создания эффективных методов и алгоритмов синтеза информационно-управляющих систем на основе технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских проектов Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми по следующим темам: И-2017-4-4-«Создание и внедрение интеллектуальной обработки и рабочих моделей информации в информационных системах» (2017-2018 гг.) и Национального исследовательского технологического университета МИСИС в городе Алмалык по следующим темам: AL-662205558-«Разработка методов и алгоритмов повышения достоверности измерительной информации в информационно-управляющих системах на основе облачных технологий и искусственного интеллекта» (2024-2025 гг.).

**Цель исследования** состоит в разработке методов и алгоритмов синтеза информационно-управляющих систем на основе технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта, направленных на повышение достоверности и эффективности управления сложными технологическими процессами и их практическом применении при решении задач цифровизации и интеллектуализации конкретных динамических объектов.

**Задачи исследования:**

системный анализ развития методов и алгоритмов синтеза информационно-управляющих систем на основе технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта;

разработка методов обеспечения достоверности информации в информационно-управляющих системах с применением технологий искусственного интеллекта;

разработка алгоритмов оперативно-диспетчерского управления технологическими комплексами на основе оценки помехозащищенности информационно-управляющих систем с применением аппарата теории нечетких множеств;

разработка имитационной модели технологического комплекса в информационно-управляющих системах на основе интеллектуальных технологий;

разработка алгоритмов синтеза интегрированных информационно-управляющих систем на основе методов теории нечетких множеств;

разработка архитектурной модели информационно-управляющей системы на основе гибридного облака и нейросетевой модели LSTM-DNN;

обоснование общего способа решения задачи контроля достоверности информационно-управляющих систем технологических параметров;

разработка алгоритмов структурно-параметрического синтеза на основе гибридных моделей нейронных сетей;

практическая реализация разработанных методов и алгоритмов синтеза информационно-управляющих систем на основе технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта.

**Объектом исследования** являются информационно-управляющие системы для обеспечения достоверного и устойчивого функционирования технологических комплексов.

**Предметом исследования** являются методы и алгоритмы синтеза информационно-управляющих систем на основе облачных технологий и искусственного интеллекта.

**Методы исследования.** В диссертации используются общие методологии системного анализа и синтеза, машинного обучения, теории нечетких множеств, оптимизации, компьютерного моделирования, оценки результатов и методы массовых вычислений для облачных систем.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в следующем:

разработан метод обеспечения достоверности информации в информационно-управляющих системах с использованием алгоритмов решения задачи оптимизации, обнаружения и исправления ошибок на основе облачных вычислений, позволяющих обеспечить высокую надежность информации при расчете технико-экономических показателей производства;

разработан алгоритм оперативно-диспетчерского управления технологическими комплексами на основе оценки помехозащищенности информационно-управляющих систем с применением аппарата теории нечетких множеств, позволяющих оценивать производственную обстановку не только при наличии объективной статистической информации о возмущениях на систему, но и на основе субъективной информации;

разработана имитационная модель технологического комплекса из взаимодействующих технологических узлов в информационно-управляющих системах на основе нечёткой логики, позволяющая прогнозировать изменяющиеся характеристики технологических узлов с учетом возмущений и управляющих воздействий;

разработан алгоритм синтеза интегрированных информационно-управляющих систем, обеспечивающих контроль достоверности расчета скорректированных решений, преобразований уравнений связи на основе нечёткой логики;

разработана архитектурная модель информационно-управляющей системы металлургического производства на основе гибридного облака и нейросетевой модели LSTM-DNN, позволяющая повысить точность прогнозирования системы и оптимизирующая технико-экономические показатели металлургического производства медно-обогатительной фабрики;

обоснован общий способ решения задачи контроля достоверности независимо измеренных параметров материальных потоков технологического процесса на основе нечеткой логики, позволяющих повысить качественные показатели технологических параметров в информационно-управляющих системах;

разработаны алгоритмы структурно-параметрического синтеза на основе LSTM-DNN моделей нейронных сетей для повышения эффективности

функционирования автоматизированных систем оперативно-диспетчерского управления сложными информационно-управляющими системами.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработан программный комплекс, состоящий из программных модулей, предназначенный для программно-алгоритмической поддержки решения задач синтеза алгоритма контроля достоверности информации в информационно-управляющих системах медно-обогачительной фабрики;

на основе результатов промышленного эксперимента в условиях нормального функционирования разработаны математические модели процесса обогащения руды;

разработаны структурные схемы интеллектуализации информационно-управляющих систем медно-обогачительной фабрики;

разработаны гибридные модели нейронных сетей информационно-управляющих систем медно-обогачительной фабрики с соответствующим техническим обеспечением, позволяющие стабилизировать технологические режимы протекания процессов, повысить эффективность их функционирования.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность полученных результатов исследования обеспечивается выполнением методически обоснованных теоретических выкладок; применением теоретически обоснованных концепций интеллектуального управления динамическими объектами на основе технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта; использованием апробированных методов и алгоритмов современной теории искусственного интеллекта; требуемой степенью сходимости предлагаемых методов и алгоритмов информационно-управляющих систем; полученными результатами теоретических и прикладных исследований и их взаимной согласованностью.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования состоит в разработке конструктивных методов и алгоритмов информационно-управляющих систем на основе технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта, обеспечивающих контроль достоверности расчетов скорректированных решений.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке математического и алгоритмического обеспечения разнообразных задач контроля достоверности измеренных параметров технологических объектов, которые могут найти широкое применение при построении функциональной структуры и интеллектуализации проектирования систем управления динамическими процессами.

**Внедрение результатов исследования.** На основе разработанных методов и алгоритмов исследования результаты внедрены в практику по следующим направлениям:

методы обеспечения достоверности информации в информационно-управляющих системах с применением технологии искусственного интеллекта; алгоритмы синтеза интегрированных информационно-

управляющих систем; общий способ решения задачи контроля достоверности независимо измеряемых параметров материальных потоков технологического процесса на основе методов теории нечетких множеств, а также технология применения облачных вычислений в измерительных информационно-управляющих комплексах автоматизированной системы оперативного управления на основе гибридных моделей нейронных сетей внедрены на Медной обогатительной фабрике АО «АГМК» (Справка АО «Алмалыкский ГМК» №СЛ-0055 от 17 января 2025 года). Полученные результаты позволяют стабилизировать технологические режимы протекания процесса обогащения руды в медной обогатительной фабрике и повысить эффективность её функционирования.

**Апробация результатов исследования.** Теоретические и практические результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на 7 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 30 научных работ, из них – 12 научных статей, в том числе 4 в республиканских и 8 в зарубежных журналах, рекомендованных ВАК РУз для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, 6 научных статей, 9 тезисов докладов на международных и республиканских научных конференциях, получены 3 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 200 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты научная и практическая значимость полученных результатов, приведены перечень внедрений в практику результатов исследования, список апробаций результатов работы, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе **«Современное состояние теории и практики синтеза информационно-управляющих систем, тенденции их дальнейшего развития и совершенствования»** приводятся результаты системного анализа развития теории и практики синтеза информационно-управляющих систем и их особенности, методы и алгоритмы синтеза информационно-управляющих систем на основе технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта, постановка цели и задачи исследования.

Современные информационно-управляющие системы представляют собой сложные комплексы, интегрирующие обработку данных, анализ

ситуаций и автоматизированное принятие решений. Однако достоверность передаваемой и обрабатываемой информации остаётся ключевым вызовом, особенно при высокой степени неопределённости, наличии шумов в измерениях и необходимости быстрого вычисления технико-экономических показателей. Эффективность функционирования информационно-управляющих систем (ИУС) в значительной мере обусловлена точностью измерений технологических параметров. Достоверность измеряемой информации – один из факторов, напрямую влияющих на функционирование систем контроля и управления. Отсутствие достоверных данных приводит к искажению выходных результатов. Информация о текущем состоянии технологического объекта поступает в систему по множеству измерительных каналов и чем больше их число, тем выше риск попадания в ИУС недостоверной информации. Поэтому одна из важнейших функций обработки технологической информации состоит в контроле ее достоверности, представляющей собой устойчивое соответствие результатов контроля действительному значению контролируемой величины при произвольном числе единичных её определений, осуществляемых в одинаковых условиях. Изменение характеристик датчиков или измерительных каналов приводит к появлению погрешностей измерения, которые невозможно устранить известными приемами первичной обработки информации. Существующие методы обработки первичной производственно-технологической информации не позволяют в полном объеме обнаружить источники недостоверности первичной информации и восстановить последнюю до первоначального значения.

Применение технологии облачных вычислений для анализа достоверности измерительной информации допускает использование следующих моделей:

- Infrastructure as a Service (IaaS), ориентированную на виртуализацию вычислительной инфраструктуры системы с последующим предоставлением различным заказчикам и потребителям для решения их конкретных задач с установкой специализированных программных комплексов для развертывания вычислительных процедур с доступом через интернет;

- Platform as a Service (PaaS), характеризуется обеспечением виртуальных вычислительных ресурсов с заранее установленными программными пакетами, которые обеспечивают моделирование и доступ к анализируемой информации;

- Software as a Service (SaaS) являет собой традиционную модель предоставления доступа к веб - приложению;

- Data as a Service (DaaS) представляет из себя вспомогательную модель, предназначенную для использования облачных хранилищ информации в целях коллективного доступа к анализируемой информации;

- Hardware as a Service (Haas) представляет собой специализированную модель на основе не только лишь имитации, но и на базе удаленного доступа к реальным измерительным средствам или иным техническим системам.

В настоящей диссертационной работе нами предпринята попытка разработать методы и алгоритмы, позволяющие повысить достоверность

технологической измерительной информации на различных иерархических ступенях ИУС на основе облачных технологий и алгоритмов искусственного интеллекта в ИУС, что позволяет не только повышать скорость обработки информации, но и значительно улучшать её достоверность. Исследование направлено на разработку новых методов обработки информации, обеспечивающих устойчивость к ошибкам, надёжность вычислений и интеллектуальный контроль параметров технологических процессов. Таким образом, в результате аналитического обзора современного состояния сложной научно-технической проблемы обеспечения требуемой достоверности измерительной информации в ИУС уточненная цель настоящей диссертационной работы состоит в разработке эффективных методов и алгоритмов обработки, оптимизации и контролю информации в информационно-управляющих системах с применением облачных вычислений, искусственного интеллекта и теории нечетких множеств, позволяющих обеспечивать достоверность данных и адаптивное управление технологическими процессами.

Вторая глава диссертации «**Разработка методов и алгоритмов синтеза информационно-управляющих систем на основе технологии облачных вычислений**» посвящена разработке облачных вычислений в информационно-управляющих комплексах автоматизированных систем оперативного управления; методов гибридных облачных вычислений в информационно-управляющих системах; инструментов, платформ и серверных решений для использования гибридной модели облачных вычислений; критериев помехозащищённости в гибридных облачных системах управления сложными технологическими процессами; способов обеспечения достоверности информации в информационно-управляющих системах с применением методов искусственного интеллекта на основе технологии гибридных облачных вычислений.

Выбор на базе гибридных облачных вычислений искусственного интеллекта оптимального способа по одному из критериев, удовлетворяющих заданным ограничениям, представляет собой задачу целочисленного программирования (многокритериальной оптимизации) следующего вида:

$$q_i = \sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^{n_k} a_{kij} x_{k_j} \rightarrow \max(\min) . \quad (1)$$

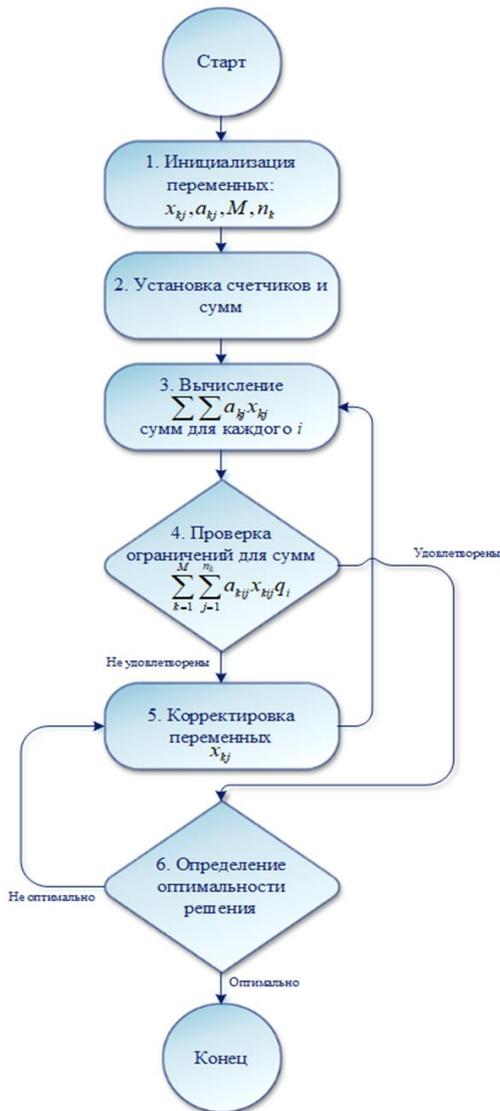
В случае многокритериальной оптимизации имеет место задача целочисленного программирования с несколькими целевыми функциями:

$$\forall_i = \overline{1, R}, q_i = \sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^{n_k} a_{kij} x_{k_j} \rightarrow \max; \quad (2)$$

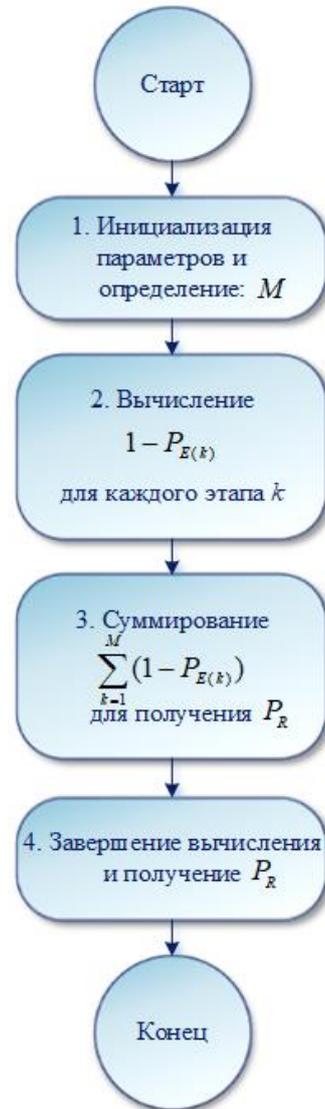
$$\forall_i = \overline{R+1, m}, q_i = \sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^{n_k} a_{kij} x_{k_j} \rightarrow \min,$$

при тех же ограничениях. Алгоритм решения задачи оптимизации выбора способа приведен на рис.1. Если решение оптимально, то алгоритм завершен. В результате должен быть выбран оптимальный набор систем обеспечения

достоверности информации, при котором обеспечивается экстремум целевой функции (рис.2) при соблюдении накладываемых ограничений.



**Рис. 1. Блок-схема алгоритма решения задачи оптимизации**



**Рис.2. Блок-схема алгоритма расчета надежности системы**

$$P_R = \sum_{k=1}^M (1 - P_{E(k)}), \quad (3)$$

где  $P_{E(k)} = 1 - P_{R(k)}$  – вероятность искажения информации на  $k$ -ом этапе.

Приращение достоверности информации на выходе системы (3) выражается через:

$$\Delta P = P_R - P_{R(0)} \approx \sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^{N_k} \Delta p_{kj}, \quad (4)$$

где  $\Delta p_{kj}$  – приращение достоверности на  $k$ -ом этапе благодаря применению  $j$ -го способа обеспечения достоверности информации.  $N_k$  – количество способов обеспечения достоверности информации; применяемых на  $k$ -ом этапе. Различные способы обеспечения достоверности информации чаще

всего характеризуются  $P_R$  обобщенной величиной вероятности обнаружения ошибок (рис.3). С учетом этих соображений вероятность правильного решения (4) определяется выражением:

$$P_R = \prod_{k=1}^M \left( 1 - \sum_{\xi=1}^{Q_k} p_k^{(\xi)} \prod_{j=1}^{N_k} p_{E.kj}^{(\xi)} \right), \quad (5)$$

здесь:  $Q_k$  – количество типов ошибок, возникающих на  $k$ -ом этапе;  $p_k^{(\xi)}$  – вероятность возникновения  $\xi$ -го типа ошибок на  $k$ -ом этапе;  $\sum_{\xi=1}^{Q_k} p_k^{(\xi)}$  – вероятность возникновения на  $k$ -ом этапе ошибки любого типа;  $p_{E.kj}^{(\xi)}$  – вероятность пропуска  $\xi$ -го типа ошибки на  $k$ -ом этапе  $j$ -ом вычислительных систем обеспечения достоверности. Алгоритм расчета вероятности приведено на рис.4.



**Рис.3. Блок-схема алгоритма расчета приращения надежности информации на выходе системы**



**Рис.4. Блок-схема алгоритма расчета вероятности правильного решения**

Получение конечного значения вероятности правильного решения для всей системы. Каждый из рассматриваемых способов может быть охарактеризован относительным увеличением объема обрабатываемой

информации  $\Delta t_j$ , затратами  $\Delta c_j$ , относительным увеличением требуемого объема запоминающего устройства  $\Delta v_j$ .

Относительное увеличение объема обрабатываемой информации на  $k$ -ом этапе при применении  $j$ -ого способа повышения достоверности:

$$\beta_{kj} = \frac{W_{kj}}{W_k^{(0)}}, \quad (6)$$

где  $W_{kj}$  – объем обрабатываемой информации на  $k$ -ом этапе в случае применения  $j$ -ого способа повышения достоверности;  $W_k^{(0)}$  – объем обрабатываемой информации на  $k$ -ом этапе без применения способов повышения достоверности.

Относительное увеличение времени обработки информации на  $k$ -ом этапе в случае применения  $j$ -ого способа повышения достоверности:

$$t_{kj} = \frac{T_{kj}}{T_k^{(0)}}, \quad (7)$$

где  $T_{kj}$  – время обработки информации на  $k$ -ом этапе в случае применения  $j$ -ого способа повышения достоверности;  $T_k^{(0)}$  – время обработки информации на  $k$ -ом этапе без применения способов повышения достоверности.

Разработанный алгоритм развертывается в облачной среде для обработки больших объемов данных на определенном этапе, позволяющих обеспечить высокую надежность информации при расчетах технико-экономических показателей производства на основе технологии облачных вычислений.

В третьей главе диссертации **«Разработка методов и алгоритмов синтеза информационно-управляющих систем на основе искусственного интеллекта»** приводятся результаты разработки информационно-управляющих систем на основе гибридной нейронной сети LSTM-DNN; сравнительного анализа точности прогнозирования нейросетевых моделей в процессе управления технологическими процессами медно-обогащительной фабрики; архитектуры рекуррентной нейросети LSTM-DNN в задачах обработки сигналов в информационно-управляющих системах; алгоритма оперативно-диспетчерского управления технологическими комплексами на основе оценки помехозащищенности ИУС с применением аппарата нечётких множеств.

Гибридная модель LSTM-DNN может анализировать исторические и текущие данные, выявлять аномальные отклонения, предсказывать их влияние и корректировать измеренные значения до того, как они будут использованы в управлении процессом. Для объективной оценки эффективности предлагаемой гибридной нейросетевой модели LSTM-DNN было проведено сравнение с рядом альтернативных архитектур: классической полносвязной нейросетью (DNN), рекуррентной сетью GRU, сверточной моделью 1D-CNN, а также гибридной архитектурой Hybrid\_NN\_TD\_AIST. Сравнение проводилось по трём основным метрикам: точность на валидационном наборе

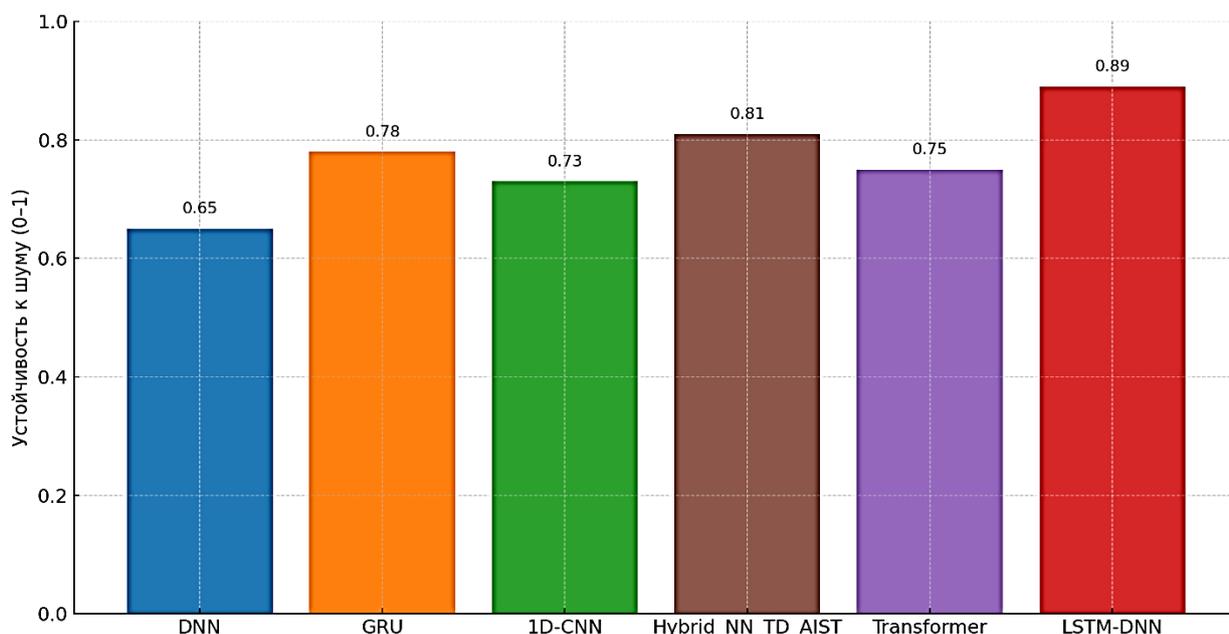
(Accuracy), среднеквадратичная ошибка на тестовом наборе (RMSE) и устойчивость модели к шуму данных (Stability under Noise) (табл.1).

**Таблица 1**

**Сравнительный анализ нейросетевых моделей**

| Модель                  | Accuracy (Val, %) | RMSE (Test) | Устойчивость к шуму (0–1) |
|-------------------------|-------------------|-------------|---------------------------|
| DNN                     | 78.2              | 0.164       | 0.65                      |
| GRU                     | 87.4              | 0.102       | 0.78                      |
| 1D-CNN                  | 82.9              | 0.139       | 0.73                      |
| Hybrid_NN_TD_AIST       | 91.8              | 0.086       | 0.81                      |
| LSTM-DNN (предлагаемая) | 92.4              | 0.079       | 0.89                      |

Наиболее высокие значения точности и минимальные значения ошибки показала предлагаемая архитектура LSTM-DNN. Особенно заметным стало её преимущество по устойчивости к шуму: модель продемонстрировала способность сохранять точность при наличии искажений, всплесков и пропусков данных, что критично для условий промышленных измерительных систем. Эти результаты представлены на рис. 5.



**Рис.5. Сравнение устойчивости нейросетевых моделей к шуму**

Векторное представление входных сигналов. Пусть имеются  $n$  параметров (в нашем случае  $n=4$ ), каждый из которых измеряется во времени. Для каждого момента времени  $t$  формируется вектор входных признаков:

$$x_t = \begin{bmatrix} x_t^{(1)} \\ x_t^{(2)} \\ x_t^{(3)} \\ x_t^{(4)} \end{bmatrix} \in R^4. \quad (8)$$

Пусть у нас есть 4 параметра и 5 шагов по времени. Тогда входная матрица  $X \in R^{5 \times 4}$  имеет вид (8):

$$x_t = \begin{bmatrix} x_1^{(1)} & x_1^{(2)} & x_1^{(3)} & x_1^{(4)} \\ x_2^{(1)} & x_2^{(2)} & x_2^{(3)} & x_2^{(4)} \\ x_3^{(1)} & x_3^{(2)} & x_3^{(3)} & x_3^{(4)} \\ x_4^{(1)} & x_4^{(2)} & x_4^{(3)} & x_4^{(4)} \\ x_5^{(1)} & x_5^{(2)} & x_5^{(3)} & x_5^{(4)} \end{bmatrix}, \quad (9)$$

где:  $x_t^{(k)}$  – значение  $k$ -го параметра в момент времени  $t$ ; строки  $t = 1, \dots, 5$  – это моменты времени; столбцы  $k = 1, \dots, 4$  – это параметры:  $k=1$  – температура,  $k=2$  – давление,  $k=3$  – уровень,  $k=4$  – расход.

Математическое описание LSTM-блока. Для каждого временного шага  $t$ :

$$\begin{aligned} f_t &= \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) && (\text{forget gate}) \\ i_t &= \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) && (\text{input gate}) \\ \tilde{c}_t &= \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c) && (\text{candidate memory}) \\ c_t &= f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot \tilde{c}_t && (\text{cell state}) \\ o_t &= \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) && (\text{output gate}) \\ h_t &= o_t \odot \tanh(c_t) && (\text{hidden state output}) \end{aligned} \quad (10)$$

где:  $x_t \in R^n$  – входной вектор признаков в момент времени  $t$ ;  $h_t \in R^m$  – скрытое состояние на момент времени  $t$ ;  $c_t \in R^m$  – состояние ячейки памяти;  $W_*$ ,  $b_*$  – матрицы весов и смещения (обучаемые параметры);  $\sigma$  – сигмоида,  $\tanh$  – гиперболический тангенс;  $\odot$  – поэлементное умножение.

В архитектуре модели после рекуррентной части с LSTM-слоями и стабилизации данных с помощью пакетной нормализации применяется каскад полносвязных слоёв, формирующих глубокую нейронную сеть (Deep Neural Network, DNN). Данный блок предназначен для выявления сложных нелинейных зависимостей и интеграции признаков, извлечённых на предыдущих этапах обработки данных.

Структура полносвязной сети. Полносвязная часть модели включает три слоя с последовательно уменьшающимся числом нейронов:

$$z^{(1)} = \phi(W^{(1)} \cdot h^{(BN)} + b^{(1)}), \quad (11)$$

$$z^{(2)} = \phi(W^{(2)} \cdot z^{(1)} + b^{(2)}), \quad (12)$$

$$z^{(3)} = \phi(W^{(3)} \cdot z^{(2)} + b^{(3)}), \quad (13)$$

где:  $W^{(i)} \in \mathbb{R}^{n_i \times n_{i-1}}$  – весовые матрицы каждого слоя;  $b^{(i)} \in \mathbb{R}^{n_i}$  – векторы смещений;  $\phi(x)$  – функция активации ReLU:  $\phi(x) = \max(0, x)$ .

Ошибочные или зашумленные данные могут привести к некорректным расчетам устойчивости технологических линий. Использование аппарата теории нечетких множеств позволяет объединить объективные данные (результаты измерений, прогнозы нейросетей) и субъективные экспертные оценки в единую аналитическую модель. Это особенно важно в условиях высокой неопределённости, когда традиционные вероятностные методы оказываются недостаточно точными. LSTM-DNN анализирует объективные данные о параметрах технологических линий.

Величина  $Z_a(Q(t_0))$  может быть определена в следующем виде:

$$Z_a(Q(t_0)) = \bigoplus_{x \in X_a(Q(t_0))} \mu_\varepsilon(x), \quad (14)$$

где  $\bigoplus$  – либо операция суммирования (при вероятностной интерпретации функции принадлежности), либо операция  $\max$  (14):

$$X_a(Q(t_0)) = \{x \in X : r(x, Q(t_0)) \geq a\}. \quad (15)$$

Представленная модель позволяет учитывать как объективные параметры системы, так и субъективные факторы (риск по мнению оператора), обеспечивая адаптивную оценку устойчивости производственного процесса в реальном времени.

Процедура оценивания основывается на следующем утверждении, что для наработок  $G_i(t) (i=1, \dots, N; t \in [t_0, T])$  технологических узлов, работающих в составе комплекса  $x$  связанных между собой через накопители, справедливо следующее выражение:

$$G_i(t) = \min \{G_i(t_0) + g_i(t_0)(t - t_0) - W_i^e, V_i^-(t), V_i^+(t)\}, \quad (16)$$

где через  $W_i^e$  – обозначены собственные потери узла  $\Pi_i$ , то есть потери, порождаемые возмущениями, прикладываемыми к этому узлу  $V_i^-(t)$  и  $V_i^+(t)$  – величины, представляющие собой потенциальные ограничения технологических возможностей узла  $\Pi_i$ .

Четвертая глава диссертации «**Методы интеграции облачных вычислений и машинного обучения в интеллектуальных информационно-управляющих системах**» посвящена научным и прикладным основам интеграции методов облачных вычислений и алгоритмов машинного обучения, в частности, гибридной нейросетевой модели LSTM-DNN, в архитектуру интеллектуальных информационно-управляющих систем для повышения эффективности технологических процессов в медно-обогатительных фабриках; интеллектуализации имитационной модели технологического комплекса на основе взаимодействующих технологических линий в ИУС; решению задачи синтеза алгоритмов контроля достоверности информации в интегрированных ИУС медно-обогатительной фабрики.

Рассматриваемый технологический комплекс состоит из  $M$  технологических линий  $P_i (i=1, \dots, M)$  и  $N$  накопительных линий  $S_j (j=1, \dots, N)$ .

При таком предположении структурные связи между технологическими и накопительными линиями можно задать в виде матрицы:

$$D = (d_{ij})(i=1, \dots, M; j=1, \dots, N). \quad (17)$$

Текущее значение разбаланса  $B_j(t)$  между поступлением продукта его потребителям при введенных обозначениях задается выражением:

$$B_j(t) = \sum_{i=1}^M d_{ij} g_i(t). \quad (18)$$

Расчет значений  $G_i(t)$  осуществляется по формуле:

$$G_i(t) = \int_0^{t_1} g_i(t) dt. \quad (19)$$

Отказы описываются через  $x$  параметров в следующем виде:

$$x = \{ \tau_1, g_{1,k_1}^B, t_{1,k_1}^B, \dots, \tau_M, g_{1,k_M}^B, t_{1,k_M}^B \}. \quad (20)$$

В соответствии с подходом, изменения выработок  $g_i(t)$  технологической линии (18) и (19)  $P_i$  при переходных процессах будем моделировать с помощью кусочно-линейной функции вида:

$$\bar{g}_i(t) = \begin{cases} g_i^0, & \text{при } t_0 \leq t \leq t_0 + B_i, \\ g_i^0 + P_i^g (t - B_i), & \text{при } t_0 + B_i < t_0 + t_i^g, \\ g_i^1, & \text{при } t \geq t_0 + t_i^g. \end{cases} \quad (21)$$

Получены математические модели контроля достоверности информационно-измерительных сигналов, реализуемые на основе информационной избыточности и уравнивания данных в условиях неопределенности. По заданным  $y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*$  требуется отыскать такие  $y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*$  при которых

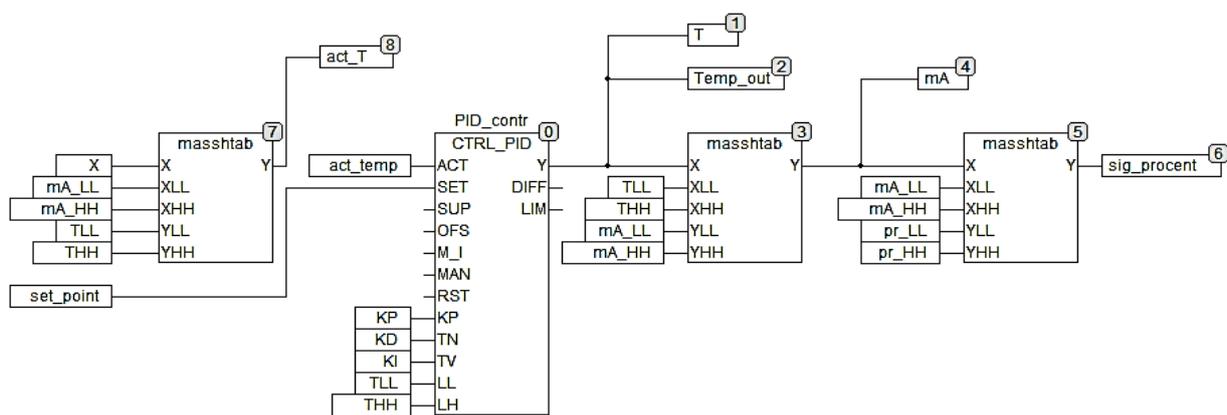
$$Q(\tilde{y}_1, \dots, \tilde{y}_m) = \sum m \sum P_i v_i^2 = \min, \quad (22)$$

$$\begin{cases} a_{10} + a_{11} \tilde{y}_1 + \dots + a_{1m} \tilde{y}_m = 0, \\ a_{q0} + a_{q1} \tilde{y}_1 + \dots + a_{qm} \tilde{y}_m = 0. \end{cases} \quad (23)$$

По методу Лагранжа вводим неопределенные множители  $k_1, k_2, \dots, k_q$  и рассматриваем следующую функцию  $m, q$  переменных (23):

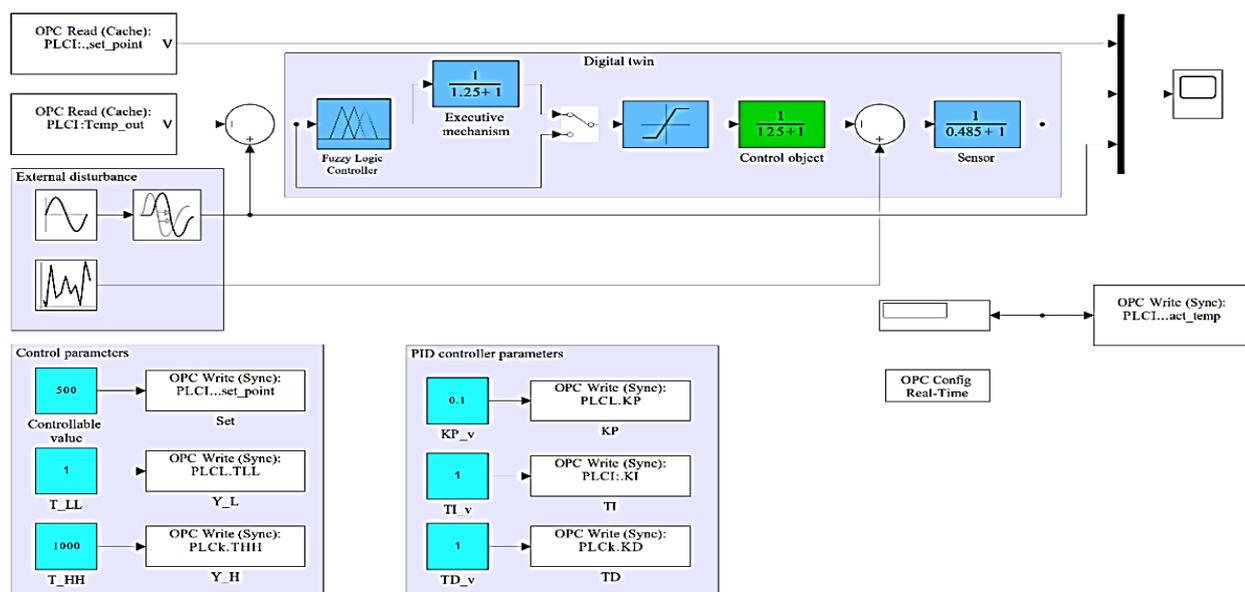
$$\begin{aligned} \varphi(\tilde{y}_1, \dots, \tilde{y}_m, k_1, \dots, k_q) = & Q(\tilde{y}_1, \dots, \tilde{y}_m) - \\ & - k_1 \left[ a_{10} + \sum_{i=1}^m a_{ij} \tilde{y}_i \right] - \dots - k_q \left[ a_{q0} + \sum_{i=1}^m a_{qi} \tilde{y}_i \right]. \end{aligned} \quad (24)$$

Предложен подход к реализации структурно-программной архитектуры систем контроля и управления, включающей компоненты цифровых двойников, реализованных в среде имитационного моделирования Matlab и промышленных средах (CODESYS, рис.6). Предложенный алгоритм контроля достоверности информационно-измерительных сигналов внедрен в функционал работы блока CTRL\_PID, а также для корректировки измерительных сигналов в структуре программной реализации регулятора применены функциональные блоки CORRECTION.



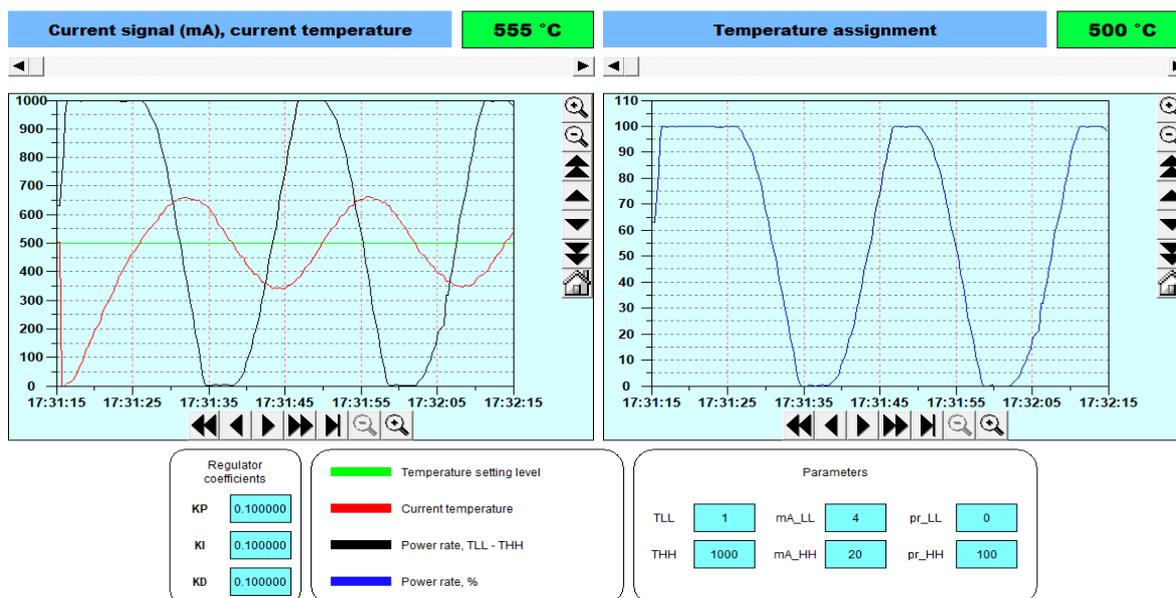
**Рис.6. Программная реализация регулятора тепловых процессов промышленно-технологической задачи обработки информационно-измерительных сигналов**

Обработанный сигнал Temp\_out блоком CTRL\_PID, подается к блоку структурно-программной реализации цифрового двойника объектов управления, который реализован в среде иммитационного моделирования Matlab 2021b (рис.7).



**Рис.7. Структурно-программная реализация цифрового двойника объекта управления обработки и управления информационно-измерительных сигналов с применением технологий облачного вычисления**

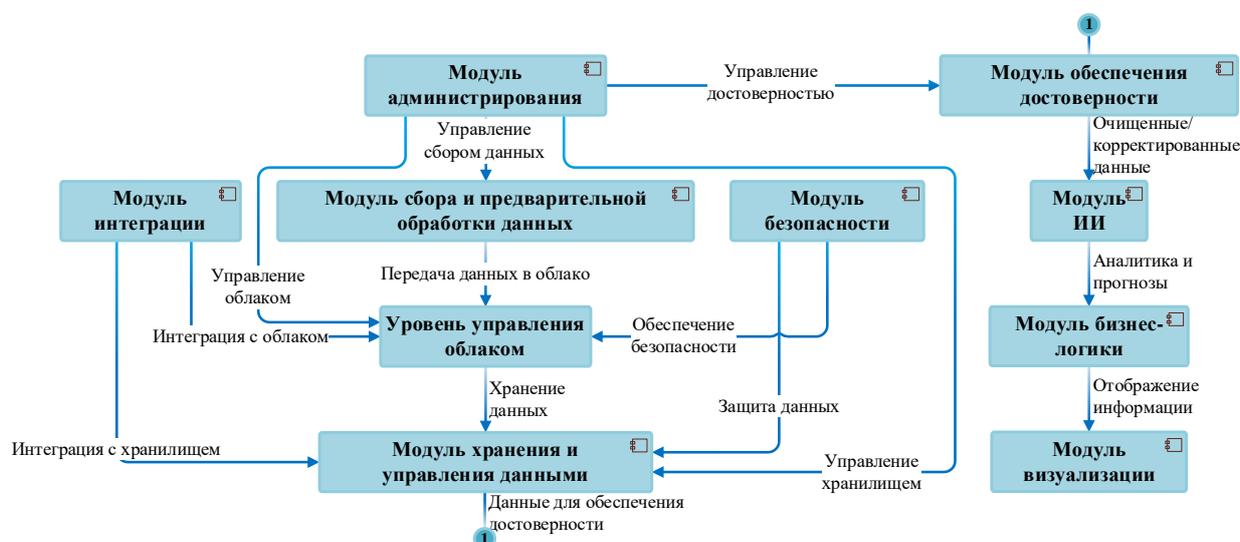
Результаты работы цифровых двойников объектов управления обработки информационно-измерительных сигналов (рис.8) на основе облачных вычислений показаны в переходных процессах человеко-машинного взаимодействия тепловых технологических процессов горно-металлургического производства. Облачная инфраструктура обеспечивает обработку, хранение и интеллектуальную аналитику технологических сигналов, в том числе с применением гибридной модели LSTM-DNN, способной к обучению и предиктивному прогнозированию.



**Рис.8. Визуализация работы цифровых двойников объектов управления обработки и управления информационно-измерительных систем**

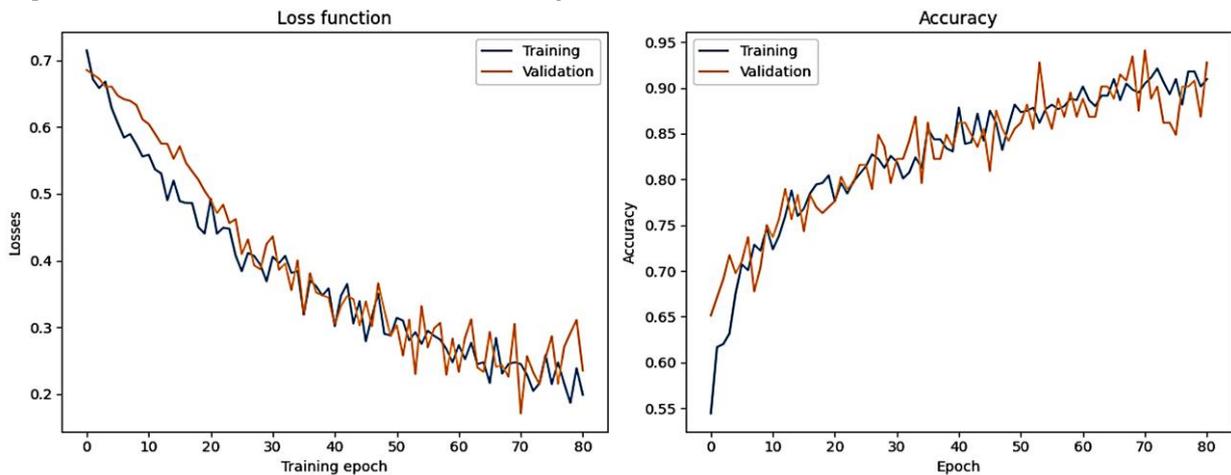
Модель обеспечивает автоматическую корректировку параметров технологических линий на основе предиктивных предсказаний, снижая энергозатраты, минимизируя потери полезного компонента и повышая устойчивость к отказам.

Разработана архитектура ИУС, включающая модули сбора, обработки, контроля достоверности, интеллектуальной аналитики, визуализации и управления, интегрированные в промышленную IT-инфраструктуру. Информационные потоки охватывают данные SCADA, MES, LIMS и ERP-систем, а аналитические компоненты обеспечивают реализацию стратегий адаптивного управления с использованием облачных платформ и интеллектуальных алгоритмов (рис. 9).



**Рис.9. Общая структура IT-архитектуры в контексте металлургического производства медно-обогатительной фабрики**

На рис. 10. приведена динамика изменения функции потерь и точности на обучающей и валидационной выборках.



**Рис.10. Динамика изменения функции потерь и точности на обучающей и валидационной выборках**

Тестовые потери: 0.3240, Тестовая точность: 0.8842

6/6 ————— 1s 101ms/step

Предсказанное число отказов на тестовой выборке: 60

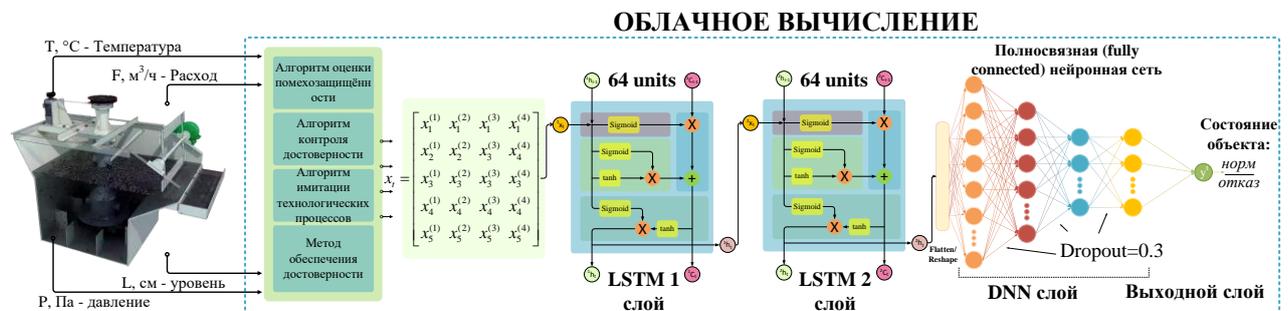
Отказы предсказаны для последовательностей с индексами: [ 4 9 12 20 25 28 34 36 40 41 42 46 47 52 54 56 58 60

61 65 68 69 72 84 86 87 93 99 102 103 108 110 115 116 124 125 126 127 130 131 137 139 142 150 151 153 155 156 157 166 169 171 174 175 177 178 183 186 187 188]

Экспериментальные исследования, проведённые на данных АО «АГМК», подтвердили эффективность предложенных подходов: достигнуто повышение точности прогнозов до 95%, снижение энергозатрат до 10%, сокращение потерь меди до 20%, уменьшение простоев оборудования до 30%.

В пятой главе «Гибридные модели нейронных сетей оптимизации и структурно-параметрического синтеза информационно-управляющих систем» приводятся результаты способов решения задачи контроля достоверности на основе теории нечетких множеств; гибридные нейросетевые модели в задачах помехозащищенности данных для анализа эффективности функционирования систем; практическая реализация гибридной нейросетевой модели в ИУС медно-обогащительной фабрики.

На рис.11. приведена архитектура предлагаемой гибридной модели LSTM-DNN.



**Рис. 11. Архитектура предлагаемой гибридной модели LSTM-DNN**

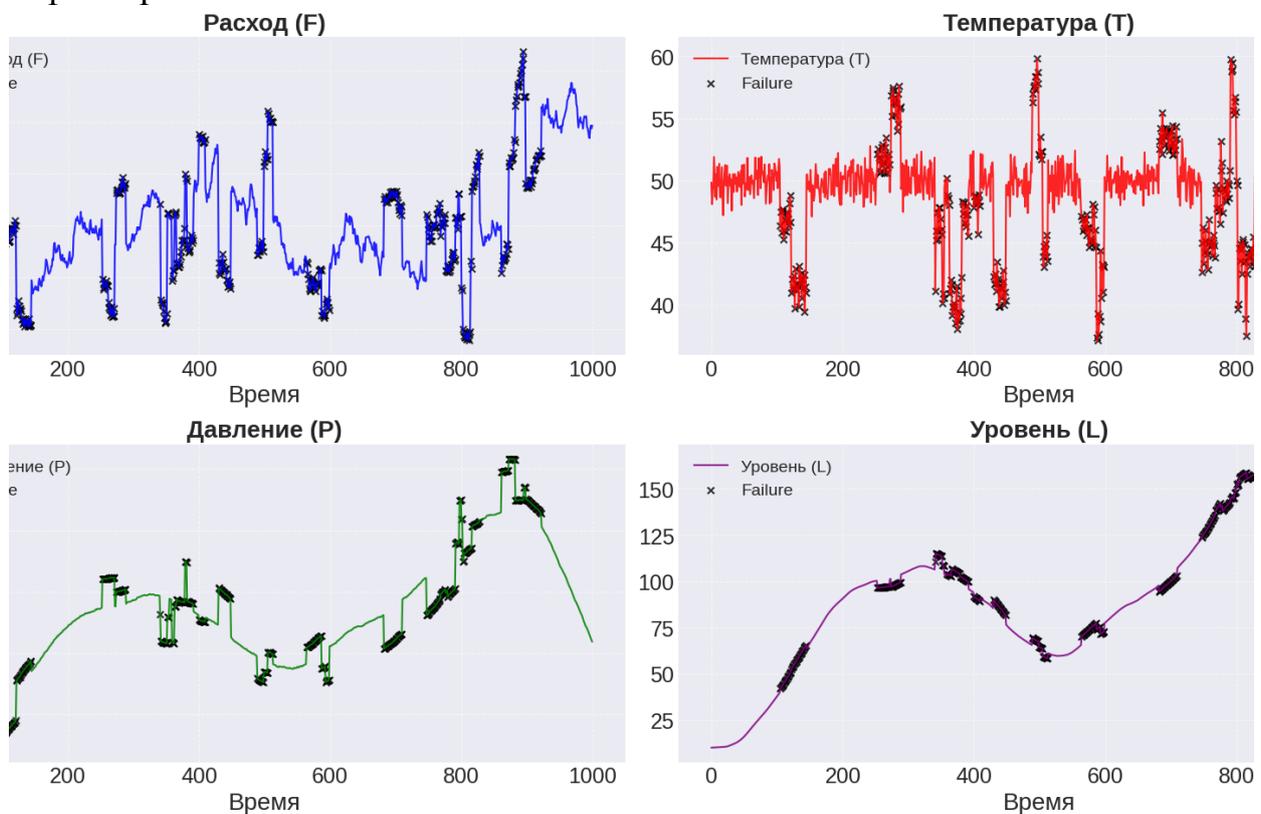
На основе этих степеней принадлежности осуществляется нечёткое агрегирование измерений для каждого потока. Для оценки степени достоверности каждого отдельного измерения  $x_i^{(j)}$  вводится трапецевидная функция принадлежности  $\mu_i^{(j)}(x)$ , задающая, насколько измеренное значение относится к множеству «допустимых» с учётом допустимых границ отклонения. Эта функция задаётся выражением:

$$\mu_i^{(j)}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b, \\ 1, & b < x < c, \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x < d, \\ 0, & x \geq d. \end{cases} \quad (25)$$

Итоговое значение  $\tilde{x}_i$  рассчитывается как взвешенное среднее с нечёткими весами (25):

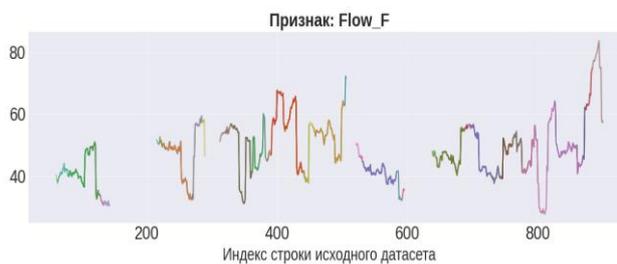
$$\tilde{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^{k_i} \mu_i^{(j)} x_i^{(j)}}{\sum_{j=1}^{k_i} \mu_i^{(j)}}. \quad (26)$$

Введён формализованный алгоритм оценки степени выполнения плановых заданий с учётом критерия помехозащищенности, что позволило повысить отказоустойчивость технологической системы. На рис.12. представлена визуализация изменения основных технологических параметров флотационной машины во времени с указанием моментов, в которых были зафиксированы отказные состояния.

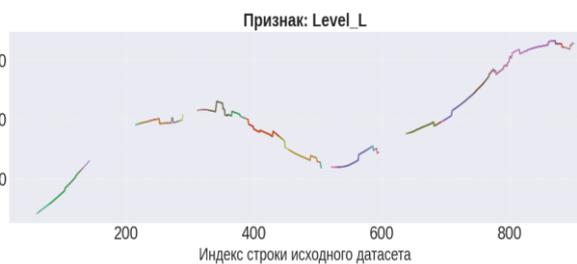


**Рис.12. Динамика технологических параметров флотационной машины с выделением периодов отказов**

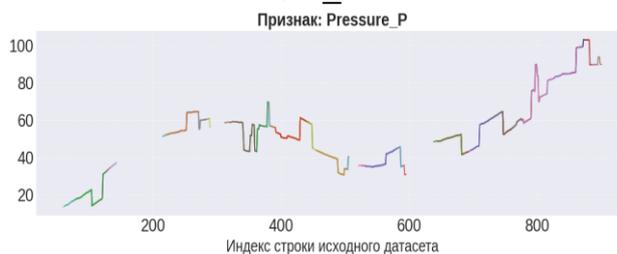
Для детального анализа поведения технологического процесса были построены графики динамики ключевых признаков в зонах, где модель зафиксировала потенциальные отказы. На рис. 13–16 представлены временные ряды по основным контролируемым параметрам:



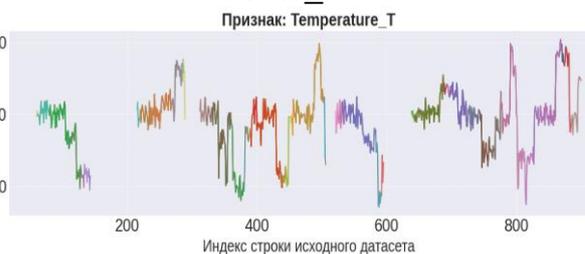
**Рис.13. Динамика признака *Flow\_F***



**Рис.14. Динамика признака *Level\_L***



**Рис. 15. Динамика признака *Pressure\_P***



**Рис.16. Динамика признака *Temperature\_T***

Результаты тестирования показали высокую точность предсказания отказов (Accuracy  $\approx 91\%$ ), устойчивость к переобучению, а также способность модели выявлять предаварийные участки технологических данных. Результаты применения модели LSTM-DNN и облачных вычислений в прогнозировании параметров медно-обогащительной фабрики приведены в табл.2.

**Таблица 2**

**Результаты применения модели LSTM-DNN и облачных вычислений в прогнозировании параметров медно-обогащительной фабрики**

| Прогнозируемый параметр                  | Ошибка предсказания (MSE) для DNN | Ошибка предсказания (MSE) для LSTM-DNN | Снижение ошибок (%) |
|--|-----------------------------------|--|---------------------|
| Содержание меди в концентрате (%)        | 0.024                             | 0.011                                  | 54%                 |
| Уровень пены во флотационной камере (см) | 1.8                               | 0.9                                    | 50%                 |
| Оптимальная дозировка реагентов (г/т)    | 0.62                              | 0.28                                   | 55%                 |

Применение гибридной нейросетевой модели LSTM-DNN обеспечивает точность прогнозирования параметров технологического процесса до 90% и улучшение качества адаптивного управления производством.

Разработанная информационно-управляющая система процессом обогащения на основе облачных технологий и искусственного интеллекта

позволяет стабилизировать технологический режим протекания процесса и повысить эффективность его функционирования.

Экономический эффект от внедрения предложенной информационно-управляющей системы и соответствующих технических средств интеллектуализации заключается в повышении эффективности производства, оперативности вычислений, качества и надежности управления, сопровождаемых экономией электроэнергетических ресурсов и снижением себестоимости выпускаемой продукции. Предложенный подход реализован в ИУС медно-обогащительной фабрики и подтвердил свою эффективность при корректировке технико-экономических показателей в реальных производственных условиях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе общей методологии системного анализа и синтеза, машинного обучения, теории нечетких множеств, оптимизации, компьютерного моделирования, оценки результатов и методов массивных вычислений для облачных систем в диссертации разработаны конструктивные методы и алгоритмы синтеза информационно-управляющих систем на основе технологий облачных вычислений и искусственного интеллекта и получены следующие научные результаты:

1. Разработана технология применения облачных вычислений в измерительных информационно-управляющих комплексах автоматической системы оперативного управления, обеспечивающая поддержку процедур разработки и реализации контроля, управления и предоставленного сервисом запросов и доступа к предметно-ориентированным высокопроизводительным композитным приложениям.

2. Разработаны методы обеспечения достоверности информации в информационно-управляющих системах с применением технологии искусственного интеллекта, включая алгоритмы решения задачи оптимизации, обнаружения и исправления ошибок на основе облачных вычислений. Методы позволяют обеспечить высокую надежность информации при расчете технико-экономических показателей производства.

3. Разработанный метод цифровой регистрации и интеллектуальной обработки данных с использованием гибридных нейросетевых моделей LSTM-DNN позволяет значительно повысить точность измерений в информационно-управляющих системах, обеспечивая эффективную фильтрацию шумов, прогнозирование аномалий и коррекцию ошибок, что критически важно для управления технологическими процессами с целью повышения надежности цифровых данных и автоматизации принятия управленческих решений.

4. Разработаны алгоритмы оперативно-диспетчерского управления технологическими комплексами на основе оценки помехозащищенности информационно-управляющих систем с применением аппарата теории нечетких множеств. Алгоритмы позволяют оценивать производственную

обстановку не только при наличии объективной статистической информации о возмущениях на систему, но и на основе субъективной информации.

5. Разработана имитационная модель технологического комплекса из взаимодействующих технологических узлов в информационно-управляющих системах на основе теории нечётких множеств, позволяющая прогнозировать изменяющиеся характеристики технологических узлов с учётом возмущений и управляющих воздействий.

6. Разработаны алгоритмы синтеза интегрированных информационно-управляющих систем, обеспечивающих контроль достоверности расчета скорректированных решений, преобразований уравнений связи на основе методов теории нечетких множеств.

7. Разработана архитектура программной реализации облачных технологий для повышения эффективности обработки медно-молибденового сырья в технологическом процессе МОФ АО «АГМК». Осуществлена интеграция методов облачных технологии машинного обучения и прогнозирования в информационно-управляющих системах на основе предиктивной аналитики для оптимизации производственных процессов медной обогатительной фабрики.

8. Разработан метод интеграции облачных технологий и машинного обучения в информационно-управляющие системы металлургического производства, позволяющий повысить извлечение полезных металлов, сократить энергозатраты и минимизировать потери сырья. Применение гибридной нейросетевой модели LSTM-DNN обеспечивает точность прогнозирования параметров технологического процесса до 90% и улучшение качества адаптивного управления производством.

9. Разработана архитектурная модель информационно-управляющей системы металлургического производства на основе гибридного облака и нейросетевой модели LSTM-DNN, повышающая точность прогнозирования системы с оптимизацией технико-экономических показателей металлургического производства медно-обогатительной фабрики.

10. Обоснован общий способ решения задачи контроля достоверности независимо от измеренных параметров материальных потоков технологического процесса на основе методов теории нечётких множеств, позволяющий повысить качественные показатели технологических параметров в информационно-управляющих системах.

11. Разработаны алгоритмы структурно-параметрического синтеза на основе гибридных моделей нейронных сетей, позволяющие повысить эффективность функционирования автоматизированных систем оперативно-диспетчерского управления сложными информационно-управляющими системами.

12. Практическая реализация гибридной нейросетевой модели в информационно-управляющей системе медно-обогатительной фабрики с использованием архитектуры LSTM-DNN и структурно-параметрического синтеза позволила значительно повысить эффективность управления технологическими процессами.

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**  
**HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI**  
**DSc.13/05.05.2023.T.07.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

**TEMERBEKOVA BARNOXON MARATOVNA**

**BULUTLI HISOBLASH VA SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARI**  
**ASOSIDA AXBOROT-BOSHQARUV TIZIMLARINI SINTEZ QILISH**  
**USULLARI VA ALGORITMLARI**

**05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt**

**TEXNIKA FANLARI DOKTORI (DSc)**  
**DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2025**

**Doktorlik dissertatsiyasi (DSc) mavzusi O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan B2025.1.DSc/T898 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Toshkent axborot texnologiyalari universitetida bajarilgan.

Dissertatsiyaning avtoreferati uchta tilda (o'zbek, rus, ingliz (annotatsiya)) ilmiy kengashning saytiga (www.tuit.uz) va "Ziyonet" axborot-ta'lim portaliga (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

**Ilmiy maslahatchi:**

**Sevinov Jasur Usmonovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Axatov Akmal Rustamovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Mirzayev Nomaz Mirzayevich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Atajanov Ibragim Ravshanbekovich**  
texnika fanlari doktori

**Yetakchi tashkilot:**

**Andijon davlat universiteti**

Dissertatsiya himoyasi 2025-yil "3" 09 soat 14<sup>00</sup> da Muhammad al-Xorazmiy nomli Toshkent axborot texnologiyalari universiteti huzuridagi ilmiy darajalar berish bo'yicha DSc.13/05.05.2023.T.07.03 ilmiy kengash yig'ilishida bo'lib o'tadi (Manzil: 100084, Toshkent shahri, Amir Temur shohko'chasi, 108-uy. Tel.: (99871) 238-64-43, e-mail: ilmiy\_kengash@tuit.uz).

Dissertatsiya bilan Muhammad al-Xorazmiy nomli Toshkent axborot texnologiyalari universiteti axborot-resurs markazida tanishish mumkin (ro'yxatga olish raqami 363) (Manzil: 100084, Toshkent shahri, Amir Temur shohko'chasi, 108-uy Tel.: (99871) 238-64-70).

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil "20" avgust da tarqatilgan  
(tarqatish bayonnomasi 10 2025-yil "20" avgust).



**M.M. Kamilov**

Ilmiy darajalar beruvchi

Ilmiy kengash raisi, texnika fanlari doktori,  
professor, O'zR FA akademigi

**N.A. Egamberdiyev**

Ilmiy darajalar beruvchi

Ilmiy kengash kotibi, texnika fanlari  
bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**N.O. Raximov**

Ilmiy darajalar beruvchi

Ilmiy kengash huzuridagi ilmiy seminar raisi,  
texnika fanlari doktori, dotsent

## KIRISH (fan doktori (DSc) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda so‘nggi yillarda raqamli infratuzilma va katta hajmdagi ma‘lumotlar bilan ishlash talablarining keskin ortib borishi sababli, yangi avlod axborot-boshqaruv tizimlari (ABT)ni yaratishda ilg‘or texnologiyalardan foydalanishga alohida e‘tibor qaratilmoqda. Bu borada, bulutli hisoblash (cloud computing) va sun‘iy intellekt (SI) texnologiyalarining integratsiyasi muhim ahamiyat kasb etadi. Ularning sintezi orqali ABTni optimallashtirish, moslashuvchanlikni ta‘minlash va qaror qabul qilish sifatini oshirish imkoniyati yaratiladi. Xorijiy mamlakatlarda, jumladan AQSh, Xitoy, Yevropa Ittifoqi davlatlarida sun‘iy intellekt va bulutli hisoblash texnologiyalari asosida ABTni sintez qilish, ma‘lumotlarning ishonchligini ta‘minlash, texnologik majmualarni imitatsion modellashtirish va tezkor-dispatcherlik boshqarish, integratsiyalashgan ABTni sintezlash, ishonchligini nazorat qilish, strukturaviy-parametrik sintezlashning nazariy masalalarini yechish va ularni sanoatning turli tarmoqlarida amaliy tadbiq etishga katta ahamiyat berilmoqda.

Jahonda raqamli texnologiyalar va sun‘iy intellektni qo‘llash bilan dinamik obyektlarni intellektual boshqarishga qaratilgan universal axborot-boshqaruv tizimlarini yaratish bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, jumladan IoT, bulutli hisoblash va sun‘iy intellektga asoslangan intellektual ishlab chiqarish tizimlarini (Industrial AI, Industry 4.0) yaratish ustuvor yo‘nalishlardan hisoblanmoqda. Shu munosabat bilan bulutli hisoblash va sun‘iy intellekt texnologiyalari asosida axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlash usullari va algoritmlarini takomillashtirish va modifikatsiyalash, intellektual axborot-boshqaruv tizimlarida bulutli hisoblash va mashinali o‘qitishni integratsiyalash usullarini ishlab chiqish, axborot-boshqaruv tizimlarini strukturaviy-parametrik sintezlashni optimallashtirish uchun neyron tarmoqlarining gibridd modellarini yaratish muhim masala bo‘lib hisoblanadi.

Hozirgi vaqtda respublikamizda raqamlashtirish va sun‘iy intellekt yo‘nalishlariga va ularni iqtisodiyot va ijtimoiy muhitning barcha tarmoqlarida keng qo‘llash, ilmiy tadqiqotlar o‘tkazish, bulutli hisoblash va sun‘iy intellekt texnologiyalari, shuningdek boshqa raqamli texnologiyalar asosida boshqarish va ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish bo‘yicha innovatsion mahsulotlarni ishlab chiqishga katta e‘tibor qaratilmoqda. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” Strategiyasida dolzarb vazifalar, jumladan “... iqtisodiyot tarmoqlarida virtual va to‘ldirilgan reallik, sun‘iy intellekt, kriptografiya, mashina o‘rganishi, katta ma‘lumotlarni tahlil qilish va “bulutli” hisoblash texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatlarini o‘rganish va ularni amaliyotga tatbiq etish...”<sup>1</sup> vazifalari belgilab berilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirish, jumladan, bulutli hisoblash va sun‘iy intellekt texnologiyalari asosida samarali axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlash usullari va algoritmlarini ishlab chiqish muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

---

<sup>1</sup> O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi PF-4947 “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha harakatlar Strategiyasi to‘g‘risida” Farmoni.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarda Yangi O‘zbekistonni rivojlantirish Strategiyasi to‘g‘risida”gi, 2021-yil 8-iyundagi PF-5140-son “Ishchi kasblar bo‘yicha kadrlarni tayyorlash tizimini yanada takomillashtirish bo‘yicha choralar to‘g‘risida”gi Farmonlari, 2018-yil 18-apreldagi PQ-3673-son “Idoraviy axborot tizimlarini tezlashtirilgan integratsiyalash va innovatsion loyihalarni amalga oshirish bo‘yicha tashkiliy choralar to‘g‘risida”gi, 2021-yil 17-fevraldagi PQ-4996-son “Sun‘iy intellekt texnologiyalarini tezlashtirilgan joriy qilish uchun shart-sharoitlarni yaratish bo‘yicha choralar to‘g‘risida”gi Qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining IV. “Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish” ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

**Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi**<sup>2</sup>. Bulutli hisoblash texnologiyalari asosida zamonaviy raqamli texnologiyalar va sun‘iy intellekt usullari va algoritmlarini ishlab chiqishga yo‘naltirilgan ilmiy tadqiqotlar jahonning ko‘pgina yetakchi ilmiy markazlari va oliy ta‘lim muassasalarida, jumladan Siemens AI Lab (Germaniya), General Electric IBM Research bilan birgalikda (AQSH), Huawei Cloud (Xitoy), MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (AQSH), Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics (ITWM) (Germaniya), RWTH Aachen University (Germaniya), University of Cambridge (Buyuk Britaniya), KAIST (Janubiy Koreya), Oak Ridge National Laboratory (ORNL, AQSH), Max Planck Institute for Iron Research (Germaniya), National Institute for Materials Science (NIMS) (Yaponiya), DataRobot (AQSH), IndustrialAI Consortium (Yaponiya-AQSH), NVIDIA Omniverse (AQSH), Microsoft Azure Digital Twins (AQSH), Google DeepMind (Buyuk Britaniya), OpenCV (AQSH), N.E. Bauman nomli Moskva davlat texnika universiteti, Sankt-Peterburg informatika va avtomatlashtirish institutida (Rossiya Federatsiyasi) amalga oshirilmoqda.

Bulutli hisoblash va sun‘iy intellekt texnologiyalari asosida axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlash usullari va algoritmlarini yaratish, shuningdek boshqarish tizimlarini takomillashtirish bo‘yicha dunyoning yetakchi ilmiy markazlarida o‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida bir qator natijalar olingan, jumladan texnologiyalar, ilm-fan, neyrobiologiya, ijtimoiy-emotsional robototexnikani qamrab oluvchi noravshan mantiq usullari yaratilgan (Massachusetts Institute of Technology (MIT) va uning Media-laboratoriyasi (MIT Media Lab), Massachusetts Institute of Technology, AQSH); SI va bulutli texnologiyalardan foydalanish bilan amaliy masalalarni yechish usullari va algoritmlari ishlab chiqilgan (Sun‘iy intellekt

<sup>2</sup> Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha ilmiy tadqiqotlarning sharhi <https://elibrary.ru>, <https://new.siemens.com>, <https://www.ge.com/digital>, <https://research.ibm.com>, <https://www.huaweicloud.com>, <https://www.csail.mit.edu>, <https://www.itwm.fraunhofer.de>, <https://www.rwth-aachen.de>, <https://www.cam.ac.uk>, <https://www.kaist.ac.kr>, <https://www.ornl.gov>, <https://www.mpie.de>, <https://www.nims.go.jp>, <https://www.datarobot.com>, <https://www.industrial-ai.org>, <https://www.nvidia.com/omniverse>, <https://azure.microsoft.com>, <https://www.ansys.com>, <https://www.deepmind.com>, <https://opencv.org> va boshqa manbalar asosida tuzilgan.

texnologiyalari Markazi va amaliy sun'iy intellekt Markazi, Skolkov fan va texnologiyalar instituti (Skoltex), Rossiya); katta ma'lumotlar, sun'iy intellekt va dasturiy injeneriyani tahlil qilish algoritmlari ishlab chiqilgan ("Oliy Iqtisodiyot Maktabi" Milliy tadqiqotlar universitetining kompyuter fanlari fakulteti (Rossiya)); o'yinlar va bulutli texnologiyalarni ishlab chiqishda mashinali o'qitish, sun'iy intellekt usullari ishlab chiqilgan, bulutli hisoblash asosida zamonaviy raqamli texnologiyalar usullari va algoritmlari ishlab chiqilgan (Innopolis universiteti: axborot texnologiyalari va robototexnikaga ixtisoslashgan universitet); kompilyator texnologiyalarini sintezlash, parallel va taqsimlangan hisoblashlar usullari, shuningdek dasturiy ta'minotni verifikatsiyalash va testdan o'tkazish texnologiyalari ishlab chiqilgan (Rossiya Fanlar Akademiyasi V.P. Ivannikov nomli tizimli dasturlashtirish instituti); chuqur neyron tarmoqlari va ularni turli sohalarida qo'llash usullari ishlab chiqilgan, tabiiy tilga ishlov berish va kompyuterli ko'rishi ham shu hisobga kiradi (Google Brain: Google tadqiqot loyihalari bilan shug'ullanmoqda, AQSH); SI asosida innovatsion dasturiy ta'minot texnologiyalari ishlab chiqilgan, Nemis sun'iy intellekt tadqiqotlar markazi (DFKI) timsollarni tanib olish, bilimlarni boshqarish, intellektual vizuallashtirish va modellashtirish, ko'p agentli tizimlar, nutq va til texnologiyalari, intellektual foydalanuvchi interfeyslari va robototexnika sohalarida tadqiqotlar olib bormoqda (DFKI, yirik notijorat tadqiqot instituti bo'lib hisoblanadi, Germaniya); hisoblash fanlari va axborot texnologiyalarida sun'iy intellekt, kompyuter tizimlarini loyihalashni avtomatlashtirish tizimlarini sintezlash usullari va algoritmlari ishlab chiqilgan, shuningdek algoritmlar nazariyasi va dasturiy tizimlarni avtomatlashtirilgan sintezlash nazariyasi ishlab chiqilgan (Armaniston Respublikasi milliy fanlar akademiyasi informatika va avtomatlashtirish muammolari instituti); axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlash usullari va algoritmlari ishlab chiqilgan ("Oliy iqtisodiyot maktabi" Milliy tadqiqot universiteti), sun'iy intellekt asosida ma'lumotlarga ishlov berishni sintezlash usullari va algoritmlari ishlab chiqilgan (Rossiya FA axborotni uzatish muammolari instituti). Bu muassasalar murakkab ilmiy va amaliy masalalarni yechish uchun bulutli hisoblashning salohiyatidan foydalanish bilan zamonaviy raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt usullari va algoritmlarini rivojlantirishda asosiy rol o'ynaydi.

Dunyoda bulutli hisoblash va sun'iy intellekt texnologiyalari asosida axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlash usullari va algoritmlarini yaratish bo'yicha qator, jumladan quyidagi ustuvor yo'nalishlarda tadqiqotlar olib borilmoqda: sun'iy intellekt xizmatlarini bulutli platformalarda taqdim etish (mashinali o'qitish va tahlil algoritmlarini bulutli xizmatlar ko'rinishida taklif qilish, ABTda tayyor SI modellarini integratsiyalash va sozlash bo'yicha yechimlar yaratish, o'zgaruvchan talablarga mos ravishda SI xizmatlarini avtomatik masshtablash); global tahlil va optimallashtirish uchun bulutli hisoblashdan foydalanib ma'lumotni lokal qayta ishlash (tezkorlik va xavfsizlik uchun); avtonom ABTni yaratish; resurslarni optimal taqsimlash algoritmlari; axborot oqimlarini real vaqt rejimida boshqarish va vizualizatsiya qilish; ko'p agentli tizimlar va ularni bulutda sintez qilish hamda katta ma'lumotlar asosida qaror qabul qilish tizimlari.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Keyingi yillarda e'lon qilingan – bulutli hisoblash va sun'iy intellekt texnologiyalari asosida axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlash usullari va algoritmlarini ishlab chiqish bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlarga tegishli bo'lgan, so'nggi yillardagi ilmiy-texnik adabiyotlar tahlili ushbu sohada ahamiyatli darajadagi nazariy va amaliy natijalarga erishilganligidan darak beradi. Axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlash muammolariga bag'ishlangan ko'p sondagi ishlar nashr etilgan, umumnazariy mezonlar ishlab chiqilgan, yechilgan amaliy masalalar soni ortib bormoqda. Axborot-boshqaruv tizimlarining rivojiga ko'plab xorijlik olimlar, jumladan Athans M., Stonebraker M., Thalheim V., Morozov A., Biebel L.W., Raj Reddy, Agayan S.S., Gruber T., Pearl J., Leone N. Xinton D., Radjiv Ranade, Piter De Santis, Karpatiy A., Styuart Rassel, Ivan V.O., Uskova O.A., Gribova V.V., Bershteyn L.S., Gorodetskiy V.I., Xramov A.E. va boshqalar hamda mamlakatimiz olimlari, jumladan Bekmuratov T.F., Gulyamov Sh.M., Jumanov I.I., Igamberdiyev X.Z., Kamilov M.M., Qobulov V.K., Maraximov A.R., Mamatov N.S., Muxammadiyeva D.T., Rajabov S.S., Siddiqov I.X., Fozilov Sh.X., Yusupbekov N.R. va boshqalar o'zlarining katta hissalarini qo'shishgan.

Biroq ilmiy-tadqiqot doirasining doimo murakkablashib va kengayib borishi bulutli hisoblash va sun'iy intellekt texnologiyalari qo'llaniladigan axborot-boshqaruv tizimlarida axborotning ishonchliligini ta'minlashning yangi samarali usullari va algoritmlarini ishlab chiqishni talab qiladi. Shuningdek, integratsiyalangan axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlash bo'yicha algoritmlar to'liq ishlab chiqilmagan. Avtomatlashgan tezkor boshqarish tizimlarining o'lchov axborot-boshqaruv majmualarida bulutli hisoblashni qo'llash texnologiyalari ham o'zining rivojlanishini talab qilmoqda. Bundan tashqari, birgina tizimga ta'sir ko'rsatayotgan g'alayonlar to'g'risidagi obyektiv statistik ma'lumotlar asosida emas, balki subyektiv ma'lumotlar asosida ham ishlab chiqarish vaziyatini baholash imkonini beruvchi noravshan mantiq nazariyasi apparatini qo'llash bilan axborot-boshqaruv tizimlarining xalaqitlardan ximoyalanganligini baholash asosida texnologik majmualarni operativ-dispetcherlik boshqarish algoritmlarini ishlab chiqishni amalga oshirish ham maqsadga muvofiq bo'lib hisoblanmoqda. Yuqorida keltirib o'tilganlardan bulutli hisoblash va sun'iy intellekt texnologiyalari asosida axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlashning samarali usullari va algoritmlarni yaratish va kelgusida takomillashtirishning juda zarurligi kelib chiqadi.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Muhammad al-Xorazmiy nomli Toshkent axborot texnologiyalari universitetining I-2017-4-4 – “Axborot tizimlarida axborotga intellektual ishlov berish va ishchi modellarini yaratish va joriy qilish” (2017-2018 yy.) mavzusi bo'yicha va MISIS Milliy tadqiqotlar texnologik universitetining Olmaliq shahar filialining AL-662205558 – “Bulutli texnologiyalar va sun'iy intellekt asosida axborot-boshqaruv tizimlarida o'lchash ma'lumotlarining ishonchliligini oshirish usullari va algoritmlarini ishlab chiqish” (2024-2025 yy.) mavzularidagi loyihalari doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** murakkab texnologik jarayonlarni boshqarishning ishonchliligi va samaradorligini oshirishga qaratilgan bulutli hisoblash va sun'iy intellekt texnologiyalari asosida axborot-boshqaruv tizimlarini sintez qilish usullari va algoritmlarini ishlab chiqish hamda ularni aniq dinamik obyektlarni raqamlashtirish va intellektuallashtirish masalalarini yechishda amaliy qo'llashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

bulutli hisoblash va sun'iy intellekt texnologiyalari asosida axborot-boshqaruv tizimlarini sintez qilish usullari va algoritmlarini ishlab chiqishning tizimli tahlili;

sun'iy intellekt texnologiyasini qo'llagan holda axborot-boshqaruv tizimlarida ma'lumotlarning ishonchliligini ta'minlash usullarini ishlab chiqish;

noravshan to'plamlar nazariyasi apparatini qo'llagan holda axborot-boshqaruv tizimlarining shovqindan himoyalanganligini baholash asosida texnologik majmualarni tezkor-dispatcherlik boshqarish algoritmlarini ishlab chiqish;

noravshan to'plamlar nazariyasi asosida axborot-boshqaruv tizimlarida texnologik majmuaning imitasion modelini ishlab chiqish;

noravshan to'plamlar nazariyasi usullari asosida integratsiyalashgan axborot-boshqaruv tizimlarini sintez qilish algoritmlarini ishlab chiqish;

gibrid bulutli hisoblash va LSTM-DNN neyron tarmoq modeli asosida axborot-boshqaruv tizimining arxitekturali modelini ishlab chiqish;

texnologik parametrlarning axborot-boshqaruv tizimlari ishonchliligini nazorat qilish masalasini yechishning umumiy usulini asoslash;

neyron tarmoqlarining gibrid modellari asosida strukturaviy-parametrik sintezlash algoritmlarini ishlab chiqish;

bulutli hisoblash va sun'iy intellekt texnologiyalari asosida axborot-boshqaruv tizimlarini sintez qilishning ishlab chiqilgan usullari va algoritmlarini amaliyotda qo'llash.

**Tadqiqotning obyekti** texnologik majmualarning ishonchli va turg'un ishlashini ta'minlavchi axborot-boshqaruv tizimlari hisoblanadi.

**Tadqiqot predmeti** bulutli texnologiyalar va sun'iy intellektga asoslangan axborot-boshqaruv tizimlarini sintez qilish usullari va algoritmlaridan iborat.

**Tadqiqot usullari.** Dissertatsiya ishida tizimli tahlil va sintezlashning umumiy metodologiyasi, mashinali o'qitish, noravshan to'plamlar nazariyasi, optimallashtirish, kompyuterli modellashtirish, natijalarni baholash, bulutli tizimlar uchun massiv hisoblash usullari qo'llanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

ishlab chiqarishning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini hisoblashda ma'lumotlarning yuqori ishonchliligini ta'minlashga imkon beruvchi bulutli hisoblash asosida xatolarni topish, tuzatish va optimallashtirish masalasini yechish algoritmlarini qo'llagan holda axborot-boshqaruv tizimlarida ma'lumotlarning ishonchliligini ta'minlash usuli ishlab chiqilgan;

ishlab chiqarish holatini nafaqat tizimdagi halaqitlar to'g'risida obyektiv statistik ma'lumotlar mavjud bo'lganda, balki subyektiv ma'lumotlar asosida ham baholashga imkon beruvchi noravshan to'plamlar nazariyasi apparatini qo'llagan holda axborot-boshqaruv tizimlarining xalaqitlardan ximoyalanganligini baholash

asosida texnologik majmualarni tezkor-dispetcherlik boshqarish algoritmlari ishlab chiqilgan;

halaqitlar va boshqaruv ta'sirlarini hisobga olgan holda texnologik tugunlarning o'zgaruvchan xususiyatlarini bashoratlashga imkon beruvchi noravshan mantiq asosida axborot-boshqaruv tizimlarida texnologik majmuaning imitatsion modeli ishlab chiqilgan;

noravshan mantiq asosida korrektirovka qilingan yechimlarni hisoblash, aloqa tenglamalarini o'zgartirishning ishonchliligini nazorat qilishni ta'minlaydigan integratsiyalashgan axborot-boshqaruv tizimlarini sintez qilish algoritmi ishlab chiqilgan;

mis-boyitish fabrikasida tizimli bashorat qilishning aniqligini oshirish va metallurgiya ishlab chiqarishining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini optimallashtirishga imkon beruchi gibril bulutli hisoblash va neyron tarmoqning LSTM-DNN modeliga asoslangan metallurgiya ishlab chiqarishini axborot-boshqaruv tizimining arxitekturali modeli ishlab chiqilgan;

axborot-boshqaruv tizimlarida texnologik parametrlarning sifat ko'rsatkichlarini oshirishga imkon beruvchi noravshan mantiq asosida texnologik jarayonning material oqimlarining mustaqil o'lchanadigan parametrlarining ishonchliligini nazorat qilish masalasini yechishning umumiy uslubi asoslangan;

murakkab axborot-boshqaruv tizimlarini tezkor-dispetcherlik boshqarishning avtomatlashtirilgan tizimlari ishlash samaradorligini oshirish uchun neyron tarmoqning LSTM-DNN modeli asosida strukturaviy-parametrik sintezlash algoritmlari ishlab chiqilgan.

#### **Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

dasturiy modullardan tashkil topgan, mis-boyitish fabrikasining axborot-boshqaruv tizimlarida axborotning ishonchliligini nazorat qilish algoritmini sintezlash masalasini yechishning dasturiy-algoritmik qo'llab-quvvatlash uchun mo'ljallangan dasturiy majmua ishlab chiqilgan;

sanoat tajribasi natijalari asosida me'yoriy ish sharoitida ma'danni boyitish jarayonining matematik modellari ishlab chiqilgan;

mis-boyitish fabrikasining axborot-boshqaruv tizimlarini intellektuallashtirishning strukturaviy sxemalari ishlab chiqilgan;

jarayonlar kechishining texnologik rejimlarini barqarorlashtirish va ularning ishlash samaradorligini oshirish imkonini beruvchi mos texnik ta'minotli mis-boyitish fabrikasining axborot-boshqaruv tizimlari neyron tarmoqlarining gibril modellari ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Olingan tadqiqot natijalarining ishonchliligi uslubiy jihatdan asoslangan nazariy hisob-kitoblarning amalga oshirilishi, bulutli hisoblash va sun'iy intellekt asosida dinamik obyektlarni intellektual boshqarish bo'yicha nazariy asoslangan konsepsiyalarning qo'llanilishi, zamonaviy sun'iy intellekt nazariyasining sinovdan o'tgan usullari va algoritmlarining ishlatilishi, axborot-boshqaruv tizimlarining taklif qilingan usullari va algoritmlarining talab darajadagi yaqinligi, nazariy va amaliy tadqiqotlarning olingan natijalari va ularning o'zaro muvofiqligi bilan ta'minlangan.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati bulutli hisoblash va sun'iy intellekt texnologiyalari asosida axborot-boshqarish tizimlarining korreksiyalangan yechimlarni hisoblashning ishonchliligini nazorat qilishni ta'minlaydigan konstruktiv usullari va algoritmlarini ishlab chiqish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati texnologik obyektlarning o'lgangan parametrlarining ishonchliligini nazorat qilish masalalarining matematik va algoritmik ta'minotining ishlab chiqilishi va dinamik jarayonlarni boshqarish tizimlarini loyihalashni intellektuallashtirish va ularning funksional strukturasi qurishda keng qo'llash bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Ishlab chiqilgan tadqiqot usullari va algoritmlari asosida natijalar quyidagi yo'nalishlarda amaliyotga joriy etilgan:

sun'iy intellekt texnologiyasini qo'llagan holda axborot-boshqaruv tizimlarida ma'lumotlarning ishonchliligini ta'minlash usullari, integratsiyalashgan axborot-boshqaruv tizimlarini sintez qilish algoritmlari, noravshan to'plamlar nazariyasi usullari asosida texnologik jarayonning material oqimlarining mustaqil o'lganadigan parametrlarining ishonchliligini nazorat qilish masalasini yechishning umumiy uslubi, shuningdek, neyron tarmoqlarning gibril modellari asosida avtomatik tezkor boshqarish tizimining axborot-boshqaruv majmualarini o'lgashda bulutli hisoblashlardan foydalanish texnologiyasi "Olmaliq KMK" AJning Mis-boyitish fabrikasida joriy qilingan ("Olmaliq KMK" AJning 2025-yil 17-yanvardagi №CJI-0055-son ma'lumotnomasi). Natijada mis-boyitish fabrikasida ma'danni boyitish jarayonidagi texnologik rejimlarini barqarorlashtirish va uning ishlash samaradorligini oshirish imkoniyatini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Tadqiqotning nazariy va amaliy natijalari 7 ta xalqaro va 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 30 ta ilmiy ish, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 12 ta maqola, jumladan, 4 tasi respublika va 8 tasi xorijiy jurnallarda nashr qilingan. 6 ta ilmiy maqola va 9 ta ma'ruzalarning tezislari respublika va xalqaro jurnallar va ilmiy-amaliy konferensiya materiallarida chop qilingan hamda EHM lar uchun dasturiy mahsulotlarga O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligidan ro'yxatdan o'tgan 3 ta guvohnoma olingan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya kirish, beshta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 200 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida o‘tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsad va vazifalari, obyekt va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi asoslangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, tadqiqot natijalari aprotatsiyasi, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlash nazariyasi va amaliyotining bugungi kundagi holati, ularni kelgusida rivojlantirish va takomillashtirish istiqbollari”** deb nomlangan birinchi bobida axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlash nazariyasi va amaliyotining rivojlanishini tizimli tahlil qilish natijalari va ularning o‘ziga xos xususiyatlari, bulutli hisoblash va sun‘iy intellekt texnologiyalari asosida axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlash usullari va algoritmlari, tadqiqot maqsadi va vazifalarini qo‘yilishi keltirilgan.

Zamonaviy axborot-boshqaruv tizimlari o‘zida ma‘lumotlarga ishlov berish, vaziyatlarni tahlil qilish va qarorlarni avtomatlashtirilgan qabul qilishni integratsiyalaydigan murakkab majmualarni taqdim qiladi. Biroq uzatiladigan va ishlov beriladigan axborotning ishonchliligi ayniqsa noaniqlik darajasi yuqori bo‘lganda, o‘lchashlarda shovqinlar mavjud bo‘lganda va texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarni tezkor hisoblash zarur bo‘lganda asosiy talabligicha qolmoqda. Axborot-boshqaruv tizimlarining faoliyat ko‘rsatishining samaradorligi katta darajada texnologik parametrlarni o‘lchash aniqligi bilan shartlanadi. O‘lchanadigan ma‘lumotlarning aniqligi – nazorat qilish va boshqarish tizimlarining faoliyat ko‘rsatishiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta‘sir ko‘rsatuvchi omillardan biri bo‘lib hisoblanadi. Ishonchli ma‘lumotlarning bo‘lmasligi chiquvchi natijalarning og‘ishishiga olib keladi. Texnologik obyektning joriy holati to‘g‘risidagi ma‘lumotlar tizimga ko‘plab o‘lchash kanallari bo‘ylab kirib keladi va ularning soni qanchalik ko‘p bo‘lsa, ABT ga ishonchsiz ma‘lumotlar kelib tushish xavfi shunchalik yuqori bo‘ladi. Shu sababli texnologik ma‘lumotlarga ishlov berishning eng muhim funksiyalaridan biri ma‘lumotlarning ishonchliligini nazorat qilish bo‘lib hisoblanadi, ishonchlilik o‘zida bir xil shart-sharoitlarda amalga oshiriladigan uni aniqlashlarning ixtiyoriy sonida nazorat qilish natijalarining nazorat qilinadigan kattalikning haqiqiy qiymatiga barqaror mos kelishini taqdim qiladi. Datchiklar yoki o‘lchash kanallarining tavsiflari o‘zgarishi axborotga dastlabki ishlov berish priyomlari bilan bartaraf qilish qiyin bo‘lgan o‘lchash xatolari paydo bo‘lishiga olib keladi. Birlamchi ishlab chiqarish-texnologik ma‘lumotlarga ishlov beradigan amaldagi usullar birlamchi ma‘lumotlarning ishonchsizlik manbalarini to‘liq hajmda aniqlash imkonini va birlamchi ma‘lumotlarni boshlang‘ich qiymatgacha qayta tiklash imkonini bermaydi.

O‘lchash ma‘lumotlarining ishonchliligini tahlil qilish uchun bulutli hisoblash texnologiyasini qo‘llash quyidagi modellardan foydalanishga yo‘l qo‘yadi:

– Infrastructure as a Service (IaaS), tizimining hisoblash infratuzilmasini virtuallashtirishga va keyinchalik internet orqali kirish bilan hisoblash protseduralarini yoyish uchun ixtisoslashtirilgan dasturiy majmualarni o‘rnatish

bilan konkret masalalarni hal qilish uchun turli buyurtmachilar va iste'molchilarga uzatishga yo'naltirilgan;

– Platform as a Service (PaaS), modellashtirish va tahlil qilinadigan axborotga kirishni ta'minlaydigan oldindan o'rnatilgan paketlar bilan, virtual hisoblash resurslarini ta'minlash bilan tavsiflanadi;

– Software as a Service (SaaS) o'zida veb-ilovaga kirishni taqdim qiladigan an'anaviy modelni taqdim qiladi;

– Data as a Service (DaaS) o'zida tahlil qilinadigan axborotga jamoaviy kirish maqsadlarida bulutli axborot omborlaridan foydalanish uchun mo'ljallangan yordamchi modelni taqdim qiladi;

– Hardware as a Service (HaaS) o'zida birgina imitatsiyalash asosida emas, balki real o'lchash vositalariga yoki boshqa texnik tizimlarga masofadan turib kirish asosidagi ixtisoslashtirilgan modelni taqdim qiladi.

Mazkur dissertatsiya ishida biz tomonimizdan ABT dagi bulutli texnologiyalar va sun'iy intellekt algoritmlari asosida ABT ning turli shajaraviy bosqichlarida o'lchanadigan texnologik ma'lumotlarning ishonchliligini oshirish imkonini beruvchi usullar va algoritmlarni ishlab chiqishga urinish amalga oshirilgan. Bu faqatgina ma'lumotlarga ishlov berish tezligini oshirish imkonini berib qolmasdan, balki ularning ishonchliligini ham anchagina yaxshilaydi. Bunga qo'shimcha ravishda noravshan mantiq usullaridan foydalanish noaniq, qarama-qarshi yoki turli kelib chiqishli ma'lumotlarni hisobga olishga, shuningdek yechimlarni real vaqt rejimida korreksiyalashga yordam beradi. Tadqiqot ma'lumotlarga ishlov berishning xatolarga nisbatan turg'unlikni, hisoblashlarning ishonchliligi va texnologik jarayonlarning parametrlarini intellektual boshqarishni ta'minlaydigan yangi usullarini ishlab chiqishga qaratilgan. Shunday qilib, ABT da o'lchash ma'lumotlarining talab qilinadigan ishonchliligini ta'minlashday murakkab ilmiy-texnik muammoning bugungi kundagi holatini analitik tahlil qilish natijasida mazkur dissertatsiya ishining aniqlashtirilgan maqsadi ma'lumotlarning ishonchliligi va texnologik jarayonlarni adaptiv boshqarishni ta'minlash imkonini beruvchi bulutli hisoblash, sun'iy intellekt va noravshan mantiq nazariyasini qo'llash bilan axborot-boshqaruv tizimlarida ma'lumotlarga ishlov berish, optimallashtirish va nazorat qilishning samarali usullari va algoritmlarini ishlab chiqish bo'lib hisoblanadi.

Dissertatsiyaning **“Bulutli hisoblash texnologiyasi asosida axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlash usullari va algoritmlarini ishlab chiqish”** deb nomlangan ikkinchi bobi gibrid bulutli hisoblash texnologiyasi asosidagi sun'iy intellekt usullarini qo'llash bilan avtomatlashtirilgan tezkor boshqarish tizimlarining axborot-boshqaruv majmualarida bulutli hisoblashni ishlab chiqish; axborot-boshqaruv tizimlarida gibrid bulutli hisoblash usullarini ishlab chiqish; bulutli hisoblashning gibrid modelidan foydalanish uchun instrumentlar, platformalar va server yechimlarini ishlab chiqish; murakkab texnologik jarayonlarni boshqaradigan gibrid bulutli tizimlarda halaqitlardan himoyalanganlik mezonlari; axborot-boshqaruv tizimlarida ma'lumotlarning ishonchliligini ta'minlash usullarini sintezlashga bag'ishlangan.

Sining gibrid bulutli hisoblash bazasida berilgan chegaralashlarni qanoatlantiradigan mezonlardan biri bo'yicha optimal usulni tanlash masalasi o'zida

quyidagi ko‘rinishdagi butun sonli dasturlashtirish (ko‘p mezonli optimallashtirish) masalasini taqdim qiladi:

$$q_i = \sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^{n_k} a_{kij} x_{k_j} \rightarrow \max(\min) . \quad (1)$$

Ko‘p mezonli optimallashtirish holatida xuddi o‘sha chegaralashlarda bir nechta maqsad funksiyalariga ega bo‘lgan butun sonli dasturlashtirish masalasi o‘rinli bo‘ladi:

$$\forall_i = \overline{1, R}, q_i = \sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^{n_k} a_{kij} x_{k_j} \rightarrow \max ; \quad (2)$$

$$\forall_i = \overline{R+1, m}, q_i = \sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^{n_k} a_{kij} x_{k_j} \rightarrow \min .$$

Usulni tanlashni optimallashtirish masalasini yechish algoritmi 1-rasmda keltirilgan. Agar yechim optimal bo‘lsa, u holda algoritm tugallanadi. Natijada axborotning ishonchliligini ta‘minlash tizimlarining qo‘yilgan chegaralashlarga rioya qilinganda maqsad funksiyasining ekstremumi ta‘minlanadigan optimal to‘plamni tanlangan bo‘lishi lozim (2-rasm).

$$P_R = \sum_{k=1}^M (1 - P_{E(k)}), \quad (3)$$

bu yerda  $P_{E(k)} = 1 - P_{R(k)}$  –  $k$ -bosqichda axborotning og‘ishish ehtimoli.

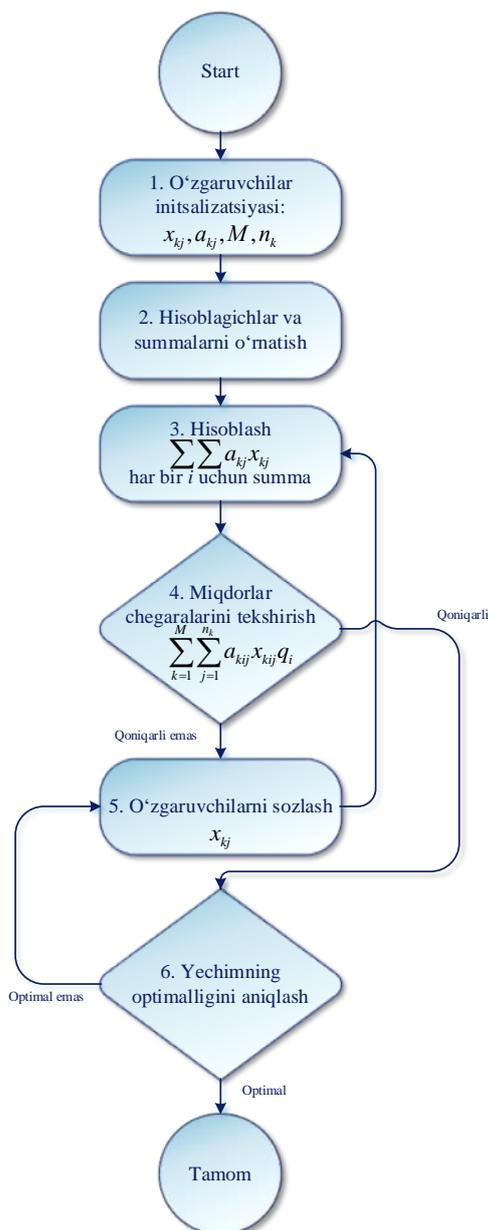
Axborot ishonchliligining ortishi (3) quyidagicha tasvirlanadi:

$$\Delta P = P_R - P_{R(0)} \approx \sum_{k=1}^M \sum_{j=1}^{N_k} \Delta p_{k_j}, \quad (4)$$

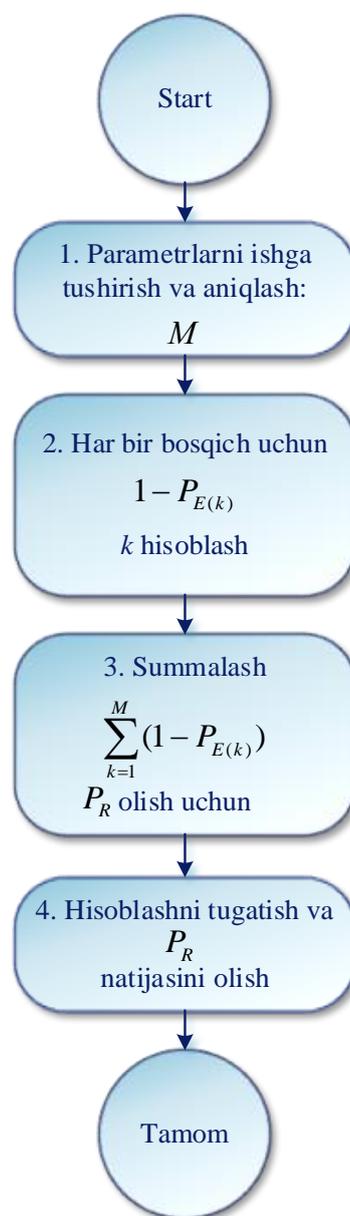
bu yerda  $\Delta p_{k_j}$  – axborotning ishonchliligini ta‘minlashning  $j$  ta usullarini qo‘llash tufayli  $k$ -bosqichda ishonchlilikning ortishi.  $N_k$  –  $k$ -bosqichda qo‘llaniladigan axborotning ishonchliligini ta‘minlash usullarining soni. Axborotning ishonchliligini ta‘minlashning turli usullari ko‘pincha  $P_R$  xatolarni topish ehtimolining umumlashtirilgan kattaligi bilan tavsiflanadi (3-rasm). SIning murakkab hisoblashlari asosida axborotning ishonchliligini ta‘minlashning turli usullari birgalikda qo‘llanilganda xatolarning aniqlanadigan tiplari qisman mos tushishini hisobga oladigan bo‘lsak, u holda har bir “bosqich-usul” juftligini baholash talab qilinadi. Bu fikrlarni hisobga olish bilan to‘g‘ri yechimning ehtimoli quyidagicha (4):

$$P_R = \prod_{k=1}^M \left( 1 - \sum_{\xi=1}^{Q_k} p_k^{(\xi)} \prod_{j=1}^{N_k} p_{E.kj}^{(\xi)} \right), \quad (5)$$

bu yerda  $Q_k$  –  $k$ -bosqichda vujudga keladigan xatolarning tiplari soni;  $p_k^{(\xi)}$  –  $k$ -bosqichda xatolarning  $\xi$  – tipi vujudga kelish ehtimoli;  $\sum_{\xi=1}^{Q_k} p_k^{(\xi)}$  –  $k$ -bosqichda har qanday tipdagi xatoning vujudga kelish ehtimoli;  $p_{E.kj}^{(\xi)}$  – ishonchlilikni ta‘minlashning  $j$  – usulida  $k$ -bosqichda xatoning  $\xi$  – tipini o‘tkazib yuborish ehtimoli.



**1-rasm. Optimallashtirish masalasini yechish algoritmining blok-sxemasi**



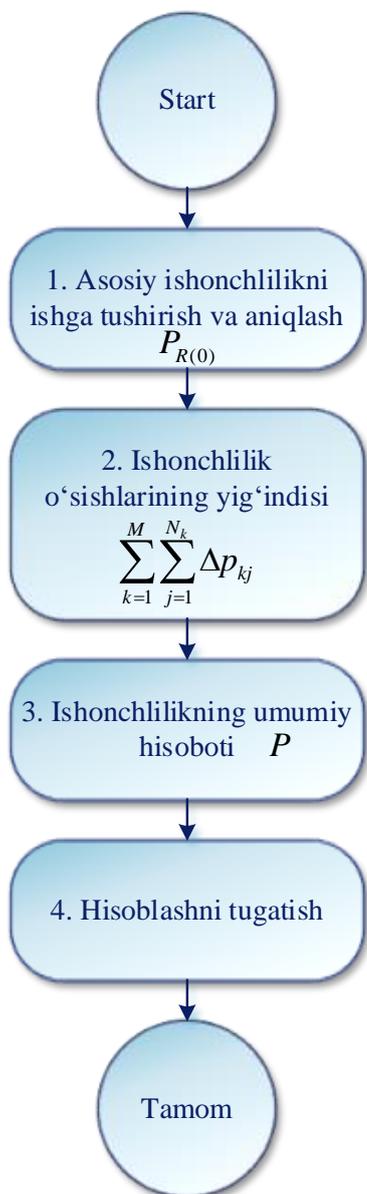
**2-rasm. Tizimning ishonchliligini hisoblash algoritmining blok-sxemasi**

Ehtimollikni hisoblash algoritmi 4-rasmda keltirilgan. Butun tizim uchun to'g'ri yechim ehtimolining oxirgi qiymati olingan. Ko'rib chiqilayotgan usullarning har biri  $\Delta t_j$  ishlov beriladigan axborot hajmining nisbiy ortishi,  $\Delta c_j$  xarajatlar,  $\Delta v_j$  eslab qolish qurilmasining talab qilinadigan hajmining nisbiy ortishi bilan tavsiflanishi mumkin.

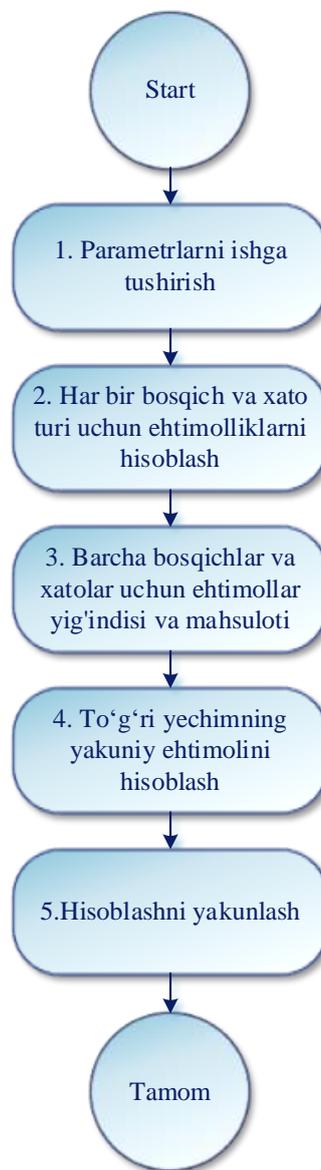
Ishonchlilikni oshirishning  $j$ -usuli qo'llanilganda  $k$ -bosqichda ishlov beriladigan axborot hajmining nisbiy ortishi:

$$\beta_{kj} = W_{kj} / W_k^{(0)}, \quad (6)$$

bu yerda  $W_{kj}$  – ishonchlilikni oshirishning  $j$ -usuli qo‘llanilganda  $k$ -bosqichda ishlov beriladigan axborotning hajmi;  $W_k^{(0)}$  – ishonchlilikni oshirish usullari qo‘llanilmaganda  $k$ -bosqichda ishlov beriladigan axborotning hajmi.



**3-rasm. Tizimning chiqishida axborotning ishonchligining ortishini hisoblash algoritmining blok-sxemasi**



**4-rasm. To‘g‘ri yechim ehtimolini hisoblash algoritmining blok-sxemasi**

Iшонchlikni oshirishning  $j$ -usuli qo‘llanilganda  $k$ -bosqichda axborotga ishlov berish vaqtining nisbiy ortishi:

$$t_{kj} = T_{kj} / T_k^{(0)}, \quad (7)$$

bu yerda  $T_{kj}$  – ishonchlilikni oshirishning  $j$ -usuli qo‘llanilganda  $k$ -bosqichda axborotga ishlov berish vaqti;  $T_k^{(0)}$  – ishonchlilikni oshirish usullari qo‘llanilmaganda  $k$ -bosqichda axborotga ishlov berish vaqti.

Ishlab chiqilgan algoritm bulutli hisoblash texnologiyasi asosida ishlab chiqarishning texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini hisoblashlarda axborotning yuqori ishonchliligini ta‘minlash imkonini beruvchi ma‘lum bosqichda katta hajmdagi ma‘lumotlarga ishlov berish uchun bulutli muhitda yoyiladi.

Dissertatsiyaning “**Sun’iy intellekt asosida axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlash usullari va algoritmlarini ishlab chiqish**” deb nomlangan uchinchi bobida LSTM-DNN gibrid neyron tarmog‘i asosida axborot-boshqaruv tizimini ishlab chiqish natijalari; mis-boyitish fabrikalarida texnologik jarayonlarni boshqarishda neyrotarmoqli modellarning prognozlash aniqligining solishtirma tahlili; ABTda signallarga ishlov berish masalalarida LSTM-DNN rekurrent neyrotarmoq arxitekturasi; intellektual algoritmlar asosida chiziqli strukturaga ega bo‘lgan texnologik majmuaning halaqitlardan himoyalanganligini baholash usullari keltirilgan.

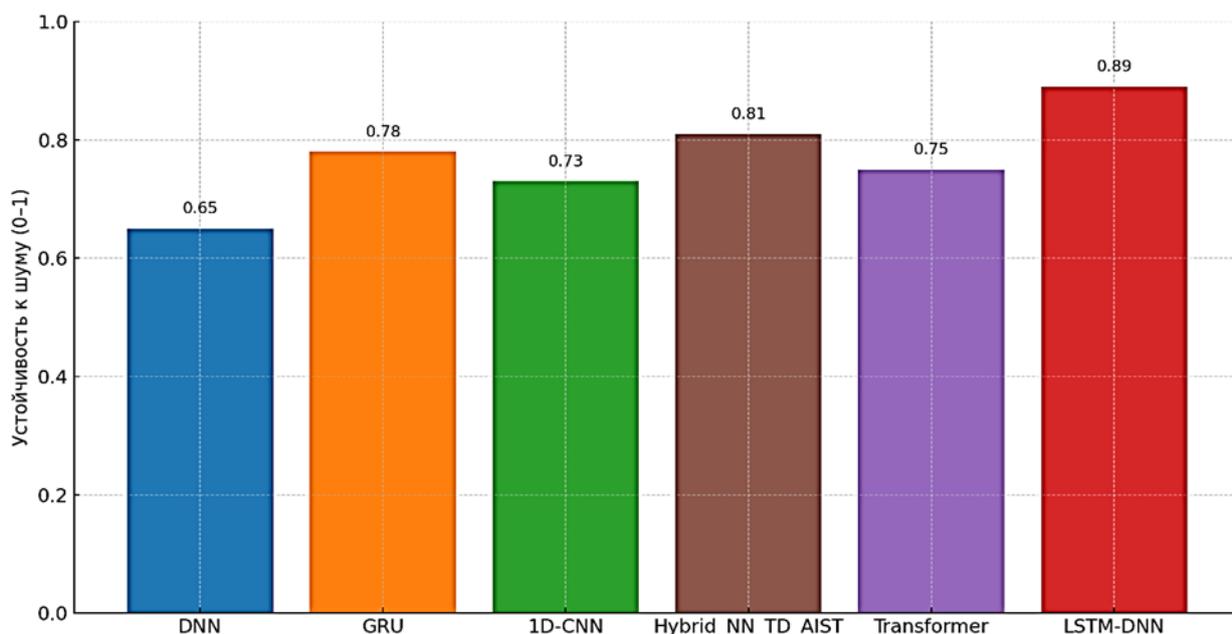
Gibrid LSTM-DNN modeli tarixiy va real vaqtda ma‘lumotlarni tahlil qilishi, g‘ayritabiiy anomalliklarni aniqlashi, ularning ta‘sirini bashorat qilishi va jarayonni boshqarishda foydalanishdan oldin o‘lchangan qiymatlarni sozlashi mumkin. Taklif etilayotgan LSTM-DNN gibrid neyron tarmog‘i modelining samaradorligini obyektiv baholash uchun bir qator muqobil arxitekturalar bilan taqqoslash amalga oshirildi: klassik to‘liq bog‘langan neyron tarmoq (DNN), takrorlanuvchi GRU tarmog‘i, 1D-CNN konvolyutsion modeli va hybrid\_nn\_td\_aist gibrid arxitekturasi. Taqqoslash uchta asosiy metrikada amalga oshirildi: tekshirish to‘plamidagi aniqlik (Accuracy), test to‘plamidagi o‘rtacha kvadrat xato (RMSE) va ma‘lumotlar shovqiniga (Stability under Noise) modelning turg‘unligi (1-jadval).

### 1-jadval

#### Neyron tarmoq modellarining qiyosiy tahlili

| Model                          | Accuracy (Val, %) | RMSE (Test) | Shovqinga chidamlilik (0–1) |
|--------------------------------|-------------------|-------------|-----------------------------|
| DNN                            | 78,2              | 0,164       | 0,65                        |
| GRU                            | 87,4              | 0,102       | 0,78                        |
| 1D-CNN                         | 82,9              | 0,139       | 0,73                        |
| Hybrid_NN_TD_AIST              | 91,8              | 0,086       | 0,81                        |
| LSTM-DNN (taklif qilinayotgan) | 92,4              | 0,079       | 0,89                        |

Tavsiya etilgan LSTM-DNN arxitekturasi eng yuqori aniqlik va minimal xato qiymatlarini ko‘rsatdi. Uning shovqinga turg‘unligi afzalligi, ayniqsa, diqqatga sazovor bo‘ldi: model sanoat o‘lchash tizimlari sharoitlari uchun muhim bo‘lgan buzilishlar, portlashlar va ma‘lumotlar yetishmasligi mavjud bo‘lganda aniqlikni saqlash qobiliyatini namoyish etdi. Ushbu natijalar 5-rasmda keltirilgan.



### 5-rasm. Neyron tarmoq modellarining shovqinga turg'unligini taqqoslash

Kirish signallarining vektor ko'rinishi. Har biri vaqt bo'yicha o'lchanadigan  $n$ -ta parametr (bizning holatimizda  $n=4$ ) bo'lsin. Har bir  $t$  vaqt momenti uchun kirish xususiyatlarining vektori hosil bo'ladi:

$$x_t = \begin{bmatrix} x_t^{(1)} \\ x_t^{(2)} \\ x_t^{(3)} \\ x_t^{(4)} \end{bmatrix} \in R^4, \quad (8)$$

4 ta parametr va 5 vaqt qadamiga ega bo'lamiz. Keyin  $X \in R^{5 \times 4}$  kirish matritsasi quyidagi shaklga ega (8):

$$x_t = \begin{bmatrix} x_1^{(1)} & x_1^{(2)} & x_1^{(3)} & x_1^{(4)} \\ x_2^{(1)} & x_2^{(2)} & x_3^{(3)} & x_4^{(4)} \\ x_3^{(1)} & x_3^{(2)} & x_3^{(3)} & x_3^{(4)} \\ x_4^{(1)} & x_4^{(2)} & x_4^{(3)} & x_4^{(4)} \\ x_5^{(1)} & x_5^{(2)} & x_5^{(3)} & x_5^{(4)} \end{bmatrix}, \quad (9)$$

bu yerda:  $x_t^{(k)}$  –  $t$  vaqtdagi  $k$ -chi parametrning qiymati;  $t = 1, \dots, 5$  – qatorlar vaqt momentlari;  $k = 1, \dots, 4$  – ustunlar parametrlar:  $k=1$  – harorat,  $k=2$  – bosim,  $k=3$  – daraja,  $k=4$  – oqim tezligi.

LSTM blokining matematik tavsifi. Har bir  $t$  qadami uchun:

$$\begin{aligned}
f_t &= \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) && (\text{forget gate}) \\
i_t &= \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) && (\text{input gate}) \\
\tilde{c}_t &= \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c) && (\text{candidate memory}) \\
c_t &= f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot \tilde{c}_t && (\text{cell state}) \\
o_t &= \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) && (\text{output gate}) \\
h_t &= o_t \odot \tanh(c_t) && (\text{hidden state output})
\end{aligned} \tag{10}$$

bu yerda:  $x_t \in R^n$  –  $t$  vaqtdagi kirish xususiyati vektori;  $h_t \in R^m$  –  $t$  vaqtdagi yashirin holat;  $c_t \in R^m$  – xotira xujayrasining holati;  $W_*, b_*$  – o‘rgatish mumkin bo‘lgan parametrlar;  $\sigma$  – sigmasimon,  $\tanh$  – giperbolik tangens;  $\odot$  – elementlar bo‘yicha ko‘paytirish hisoblanadi.

Model arxitekturasida LSTM qatlamlari bilan takrorlanuvchi qismdan va ommaviy normallashtirish yordamida ma’lumotlarni barqarorlashtirishdan so‘ng, chuqur neyron tarmog‘ini (Deep Neural Network, DNN) shakllantirish uchun to‘liq bog‘langan qatlamlar kaskadi ishlatiladi. Ushbu blok murakkab noxiziqli bog‘liqliklarni aniqlash va ma’lumotlarni qayta ishlashning oldingi bosqichlarida olingan xususiyatlarni birlashtirish uchun mo‘ljallangan.

To‘liq ulangan tarmoqning tuzilishi. Modelning to‘liq bog‘langan qismi neyronlar soni ketma-ket kamayib borayotgan uchta qatlamni o‘z ichiga oladi:

$$z^{(1)} = \phi(W^{(1)} \cdot h^{(BN)} + b^{(1)}), \tag{11}$$

$$z^{(2)} = \phi(W^{(2)} \cdot z^{(1)} + b^{(2)}), \tag{12}$$

$$z^{(3)} = \phi(W^{(3)} \cdot z^{(2)} + b^{(3)}), \tag{13}$$

bu yerda:  $W^{(i)} \in \mathbb{R}^{n_i \times n_{i-1}}$  – har bir qatlamning og‘irlik matritsalarini;  $b^{(i)} \in \mathbb{R}^{n_i}$  – egilish vektorlari;  $\phi(x)$  – ReLU faollashtirish funksiyasi:  $\phi(x) = \max(0, x)$ .

Noto‘g‘ri yoki shovqinli ma’lumotlar jarayon liniyasi turg‘unligini noto‘g‘ri hisoblashga olib kelishi mumkin. Noravshan to‘plamlar nazariyasi apparatidan foydalanish obyektiv ma’lumotlarni (o‘lchov natijalari, neyron tarmoq prognozlarini) va subyektiv ekspert baholarini yagona analitik modelga birlashtirish imkonini beradi. Bu, ayniqsa, yuqori noaniqlik sharoitida, an’anaviy ehtimollik usullari yetarlicha aniq bo‘lmaganda juda muhimdir. LSTM-DNN jarayon liniyasi parametrlari bo‘yicha obyektiv ma’lumotlarni tahlil qiladi.

$Z_a(Q(t_0))$  – qiymatni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$Z_a(Q(t_0)) = \bigoplus_{x \in X_a(Q(t_0))} \mu_\varepsilon(x), \tag{14}$$

bu yerda  $\bigoplus$  – yoki yig‘ish operatsiyasi (a’zolik funksiyasining ehtimollik talqini bilan) yoki  $max$  operatsiya (14):

$$X_a(Q(t_0)) = \{x \in X : r(x, Q(t_0)) \geq a\}. \tag{15}$$

Taqdim etilgan model tizimning obyektiv parametrlarini ham, subyektiv omillarni ham hisobga olishga imkon beradi (operatorning fikriga ko‘ra xavf), real

vaqt rejimida ishlab chiqarish jarayonining turg'unligini adaptiv baholashni ta'minlaydi.

Baholash tartibi akkumulyatorlar orqali bir-biriga ulangan  $G_i(t) (i=1, \dots, N; t \in [t_0, T])$  kompleksining bir qismi sifatida ishlaydigan texnologik birliklarning ishlanmalari uchun quyidagilar to'g'ri keladi, degan fikrga asoslanadi:

$$G_i(t) = \min \{G_i(t_0) + g_i(t_0)(t - t_0) - W_i^e, V_i^-(t), V_i^+(t)\}, \quad (16)$$

bu yerda  $W_i^e - \Pi_i$  birligining ichki yo'qotishlari, ya'ni bu birlikka  $V_i^-(t)$  va  $V_i^+(t)$  qo'llaniladigan buzilishlar natijasida hosil bo'lgan yo'qotishlar va  $\Pi_i$  birligining texnologik imkoniyatlarining potensial cheklovlarini ifodalovchi miqdorlar.

Texnologik majmuani tezkor-dispetcherlik boshqarish jarayonida dispetcherning oldiga asosiy maqsad-reja topshiriqlarining bajarilishini ta'minlashdan tashqari qo'shimcha vazifalar – ishlab chiqarish jarayonining qaysidir-bir parametrlarini optimallashtirish vazifasi qo'yilishi mumkin.

Dissertatsiyaning **“Intellectual axborot-boshqaruv tizimlarida bulutli hisoblash va mashinali o'qitishni integratsiyalash usullari”** deb nomlangan to'rtinchi bobi bulutli hisoblash usullari va mashinali o'qitish algoritmlarini integratsiyalashning ilmiy va amaliy asoslariga, xususan mis-boyitish fabrikalarida texnologik jarayonlarning samaradorligini oshirish uchun LSTM-DNN gibrid neyrotarmoqli modelni intellektual axborot-boshqaruv tizimlarining arxitekturasiga integratsiyalashga bag'ishlangan. Texnologik majmuaning o'zaro harakatlarga kirishadigan texnologik va to'plagich liniyalarini hisobga olish bilan noravshan mantiq va adaptiv boshqarish nazariyasiga asoslangan intellektual imitatsion modeli ishlab chiqilgan.

Ko'rib chiqiladigan texnologik majmua  $M$  ta  $P_i (i=1, \dots, M)$  texnologik liniyalar va  $N$  ta  $S_j (j=1, \dots, N)$  to'playdigan liniyalardan tashkil topgan. Ushbu taxmin bilan texnologik va saqlash liniyalari o'rtasidagi tizimli aloqalar matritsa shaklida aniqlanishi mumkin:

$$D = (d_{ij}) (i=1, \dots, M; j=1, \dots, N). \quad (17)$$

Kiritilgan belgilar bilan mahsulotning iste'molchilar tomonidan qabul qilinishi o'rtasidagi  $B_j(t)$  nomutanosibligining joriy qiymati quyidagi ifoda bilan ifodalanadi:

$$B_j(t) = \sum_{i=1}^M d_{ij} g_i(t). \quad (18)$$

$G_i(t)$  qiymatlarini hisoblash quyidagi formula bo'yicha amalga oshiriladi:

$$G_i(t) = \int_0^{t_i} g_i(t) dt. \quad (19)$$

U ushbu nosozliklarning  $x$  xarakteristikalarini to'plami yordamida aniqlanadi:

$$x = \{ \tau_1, g_{1,k_1}^B, t_{1,k_1}^B, \dots, \tau_M, g_{1,k_M}^B, t_{1,k_M}^B \}. \quad (20)$$

Ishda taklif qilingan yondashuvga muvofiq, vaqtinchalik jarayonlarda  $\Pi_i$  texnologik liniyasining (18) va (19) chiqishidagi o'zgarishlar  $g_i(t)$  shaklining qismli chiziqli funksiyasidan foydalangan holda modellashtiriladi:

$$\bar{g}_i(t) = \begin{cases} t_0 \leq t \leq t_0 + B_i & \text{b'lganda, } g_i^0, \\ t_0 + B_i < t_0 + t_i^s & \text{b'lganda, } g_i^0 + P_i^s(t - B_i), \\ t \geq t_0 + t_i^s & \text{b'lganda, } g_i^1. \end{cases} \quad (21)$$

Axborot-o'lchash signallarining ishonchligini nazorat qilishning axborot ortiqchaligi va noaniqlik sharoitlarida ma'lumotlarni tenglashtirish asosida amalga oshiriladigan matematik modellari ifodalangan. Berilgan  $y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*$  lar bo'yicha ularda:

$$Q(\tilde{y}_1, \dots, \tilde{y}_m) = \sum m \sum P_i v_i^2 = \min, \quad (22)$$

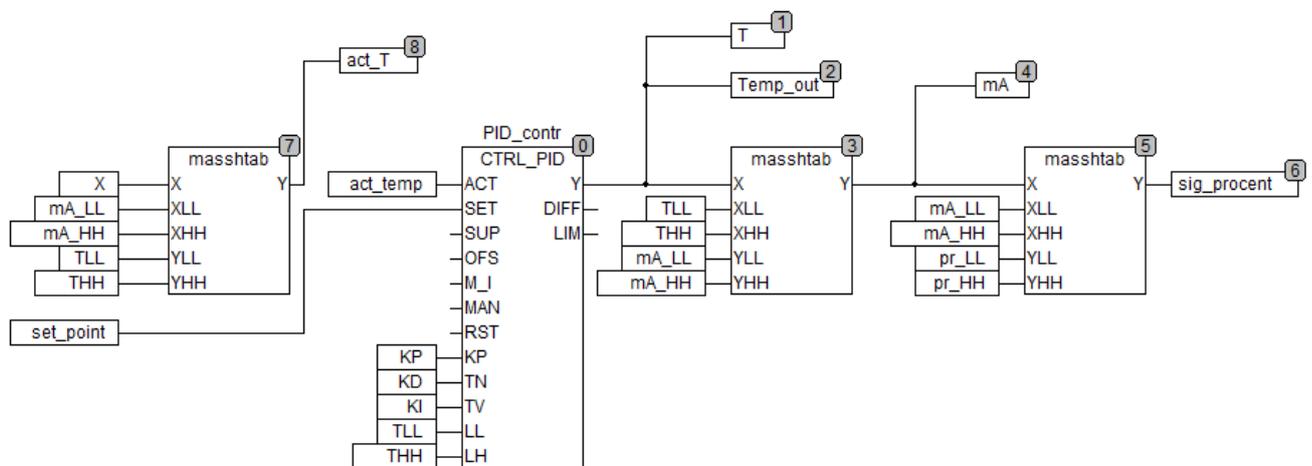
$$\begin{cases} a_{10} + a_{11}\tilde{y}_1 + \dots + a_{1m}\tilde{y}_m = 0, \\ a_{q0} + a_{q1}\tilde{y}_1 + \dots + a_{qm}\tilde{y}_m = 0 \end{cases} \quad (23)$$

bo'ladigan  $y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*$  larni qidirish talab qilinadi.

Lagranj usuli bo'yicha  $k_1, k_2, \dots, k_q$  noaniq ko'paytuvchilarni kiritamiz va  $m, q$  o'zgaruvchilarning quyidagi funksiyasini ko'rib chiqamiz (23):

$$\varphi(\tilde{y}_1, \dots, \tilde{y}_m, k_1, \dots, k_q) = Q(\tilde{y}_1, \dots, \tilde{y}_m) - k_1 \left[ a_{10} + \sum_{i=1}^m a_{ij}\tilde{y}_i \right] - \dots - k_q \left[ a_{q0} + \sum_{i=1}^m a_{qi}\tilde{y}_i \right]. \quad (24)$$

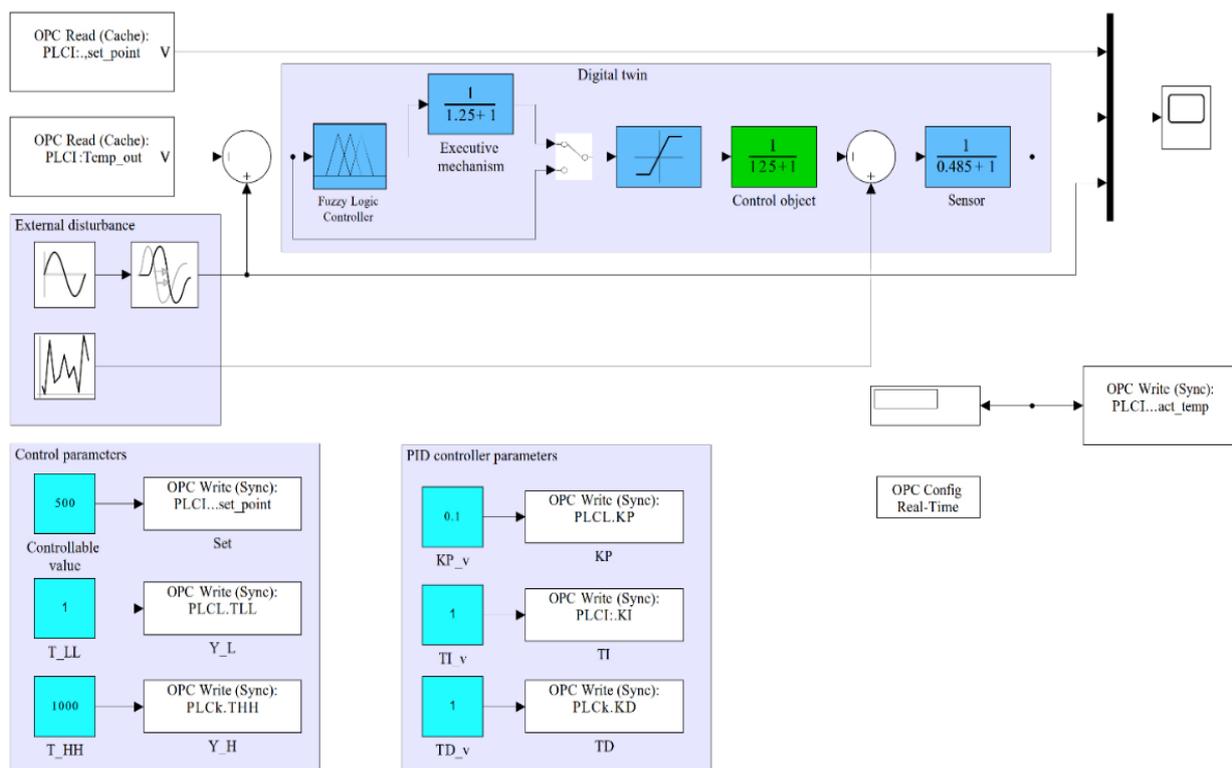
Nazorat qilish va boshqarish tizimlarining strukturaviy-dasturiy arxitekturasini amalga oshirish uchun Matlab imitatsion modellashtirish muhitida va sanoat muhitlarida (masalan, CODESYS, 6-rasm) amalga oshirilgan raqamli egizaklarning tarkibiy qismlarini o'z ichiga oladigan yondashuv taklif qilingan.



**6-rasm. Axborot-o'lchash signallariga sanoat-texnologik ishlov berish masalasida issiqlik jarayonlari rostlagichini dasturiy amalga oshirish**

Taklif qilingan axborot-o'lchash signallarining ishonchligini nazorat qilish algoritmi CTRL\_PID blokning ish funksionaliga kiritilgan. Shuningdek, o'lchash signallarini korrektilovkalash uchun rostlagichni dasturiy amalga oshirishning strukturasi CORRECTION funksional bloklar qo'llanilgan.

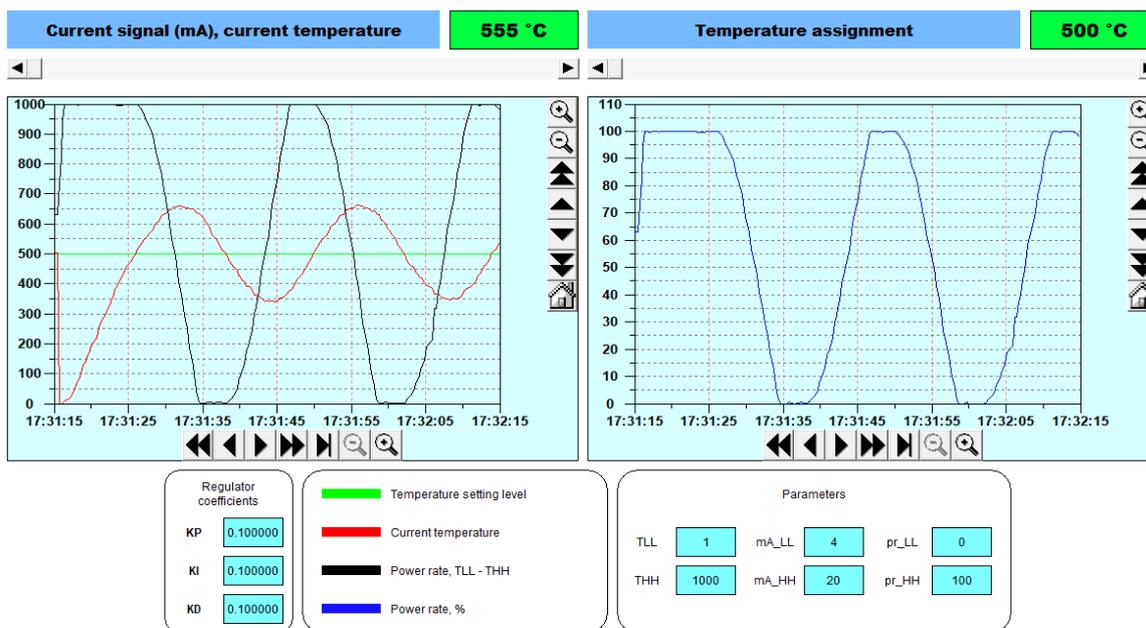
CTRL\_PID blok tomonidan ishlov berilgan Temp\_out signal boshqarish obyektlarining Matlab 2021b imitatsion modellashtirish muhitida amalga oshirilgan raqamli egizakni strukturaviy-dasturiy amalga oshirishga beriladi (7-rasm).



**7-rasm. Bulutli hisoblash texnologiyalarini qo'llash bilan boshqarish obyektlarining axborot-o'lchash signallariga ishlov beradigan va boshqaradigan raqamli egizakni strukturaviy-dasturiy amalga oshirish**

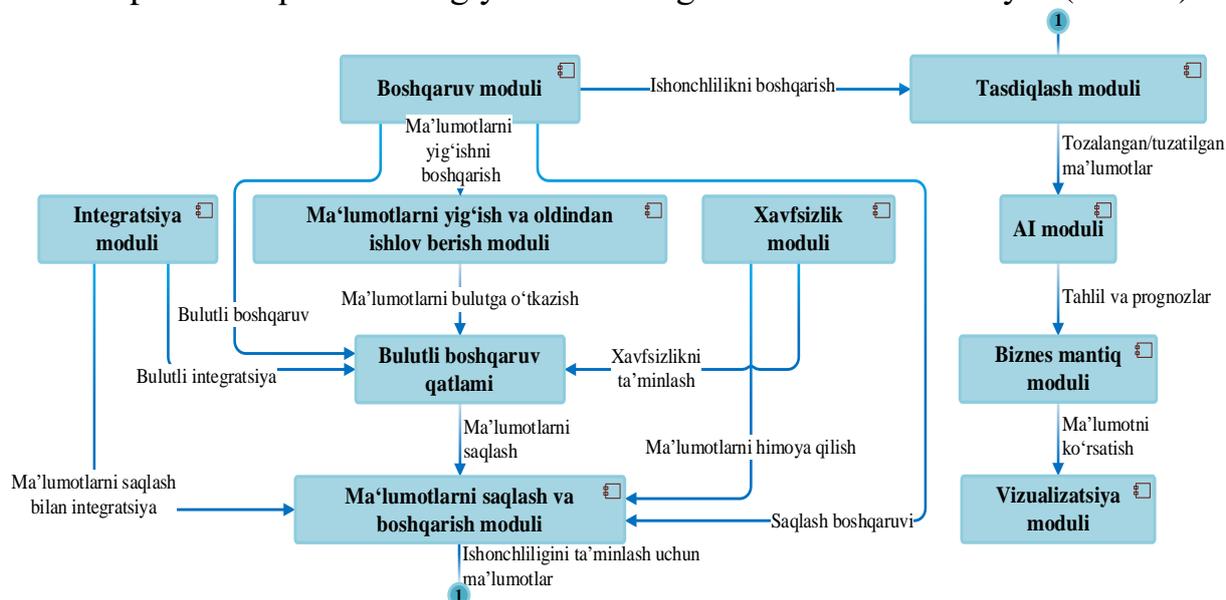
Boshqarish obyektlarining bulutli hisoblash asosida axborot-o'lchash signallariga ishlov beradigan raqamli egizaklarining ish natijalari kon-metallurgiya ishlab chiqarishining issiqlik texnologik jarayonlarining odam-mashina o'zaro harakatlarining o'tish jarayonlarida ko'rsatilgan (8-rasm). Bulutli infratuzilma, jumladan, o'qitishga va prediktiv prognozlashga qobiliyatli bo'lgan LSTM-DNN gibrid modelni qo'llash bilan, texnologik signallarga ishlov berish, saqlash va analitik tahlil qilishni ta'minlaydi.

Model prediktiv oldindan aytishlar asosida texnologik liniyalarning parametrlarini avtomatik korrektilovkalashni ta'minlaydi, energiya sarflarini kamaytiradi, foydali tarkibiy qismining yo'qolishlarini minimallashtiradi, ishdan chiqishlarga nisbatan barqarorlikni oshiradi.



**8-rasm. Boshqarish obyektlarining axborot o‘lchov tizimlariga ishlov berish va boshqarish raqamli egizaklarining ishini vizuallashtirish**

ABT ning sanoat IT-infratuzilmasiga integratsiyalangan to‘plash, ishlov berish, ishonchlilikni nazorat qilish, intellektual analitika, vizuallashtirish va boshqarish modullarini o‘z ichiga oladigan arxitekturasi ishlab chiqilgan. Axborot oqimlari SCADA, MES, LIMS va ERP-tizimlarining ma’lumotlarini qamrab oladi, analitik tarkibiy qismlar esa bulutli platformalar va intellektual algoritmlardan foydalanish bilan adaptiv boshqarish strategiyalarini amalga oshirishni ta’minlaydi (9-rasm).

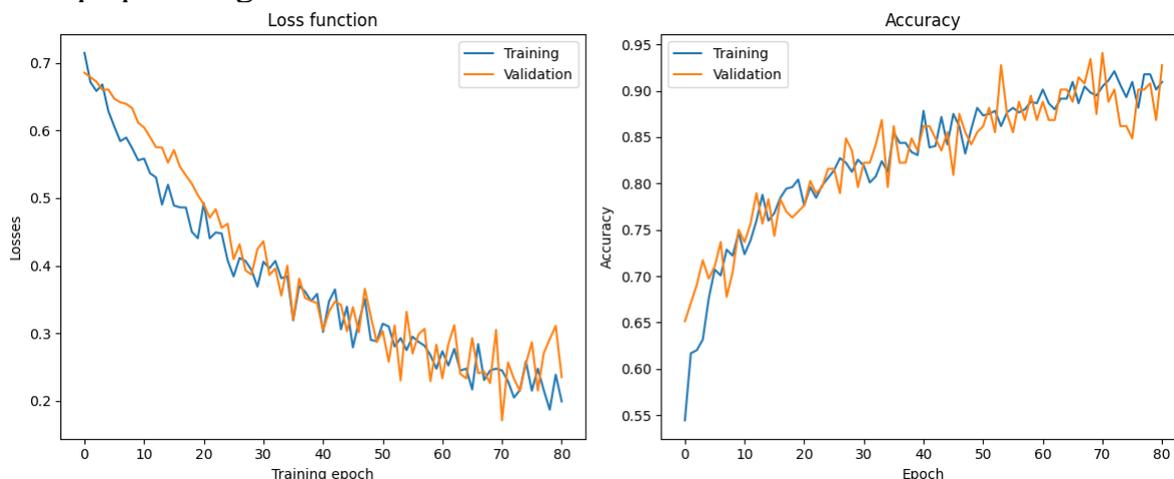


**9-rasm. Mis-boyitish fabrikasining metallurgiya ishlab chiqarishi sharoitida IT-arxitekturasi umumiy tuzilishi**

10-rasmda o‘qitadigan va validatsion tanlanmalarda yo‘qolishlar va aniqlik funksiyasining o‘zgarish dinamikasi keltirilgan.

“OKMK” AJ ning ma’lumotlari asosida o‘tkazilgan eksperimental tadqiqotlar taklif qilingan yondashuvlar samarador ekanligini tasdiqladi: prognozlarning 95%

gacha aniqligiga, energiya sarflarini 10% gacha qisqartirishga, misning yo‘qotishlarini 20% gacha qisqartirishga, uskunalarning turib qolishlarini 30% gacha qisqartirishga erishildi.



**10-rasm. O‘qitadigan va validatsion tanlanmalarda yo‘qotishlar va aniqlik funksiyasining o‘zgarish dinamikasi**

Testovyye poteri: 0.3240, Testovaya tochnost: 0.8842

6/6 ————— 1s 101ms/step

Predskazannoe chislo otkazov na testovoy vyborke: 60

Отказы предсказаны для последовательностей с индексами: [ 4 9 12 20

25 28 34 36 40 41 42 46 47 52 54 56 58 60

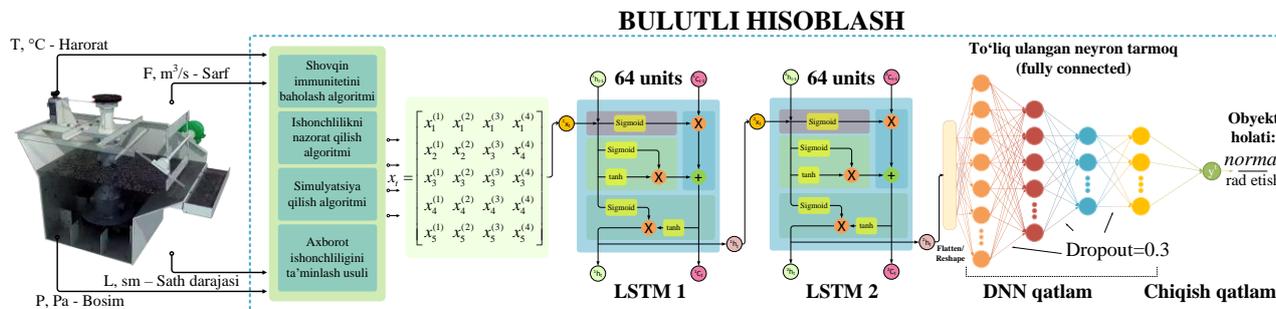
61 65 68 69 72 84 86 87 93 99 102 103 108 110 115 116 124 125

126 127 130 131 137 139 142 150 151 153 155 156 157 166 169 171 174 175

177 178 183 186 187 188]

“Axborot-boshqaruv tizimlarini strukturaviy-parametrik sintezlash va optimallashtirish neyron tarmoqlarining gibridd modellari” deb nomlangan beshinchi bobida noravshan to‘plamlar nazariyasi asosida ishonchlilikni nazorat qilish muammosini hal qilish uslublari natijalari keltirilgan; tizimlarning samaradorligini tahlil qilish uchun ma’lumotlarning shovqinga qarshiligi muammolarida gibridd neyron tarmoq modellari; mis-boyitish fabrikasining axborot-boshqaruv tizimida gibridd neyron tarmoq modelining amaliy tatbiq etilishi ko‘rsatilgan.

11-rasmda tavsiya etilgan LSTM-DNN gibridd modelning arxitekturasini ko‘rsatilgan.



**11-rasm. Taklif qilinayotgan LSTM-DNN gibridd modelning arxitekturasini**

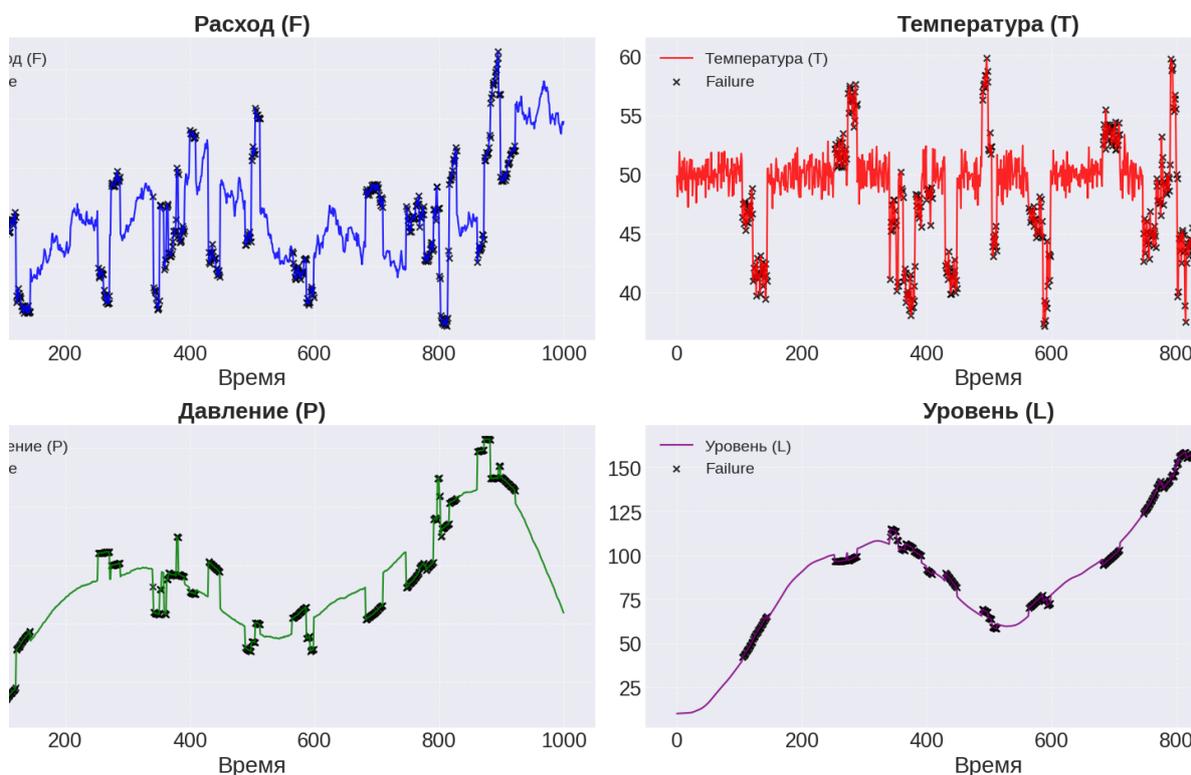
Ushbu a'zolik darajalariga asoslanib, har bir oqim uchun o'lchovlarni noravshan yig'ish amalga oshirildi. Har bir individual  $x_i^{(j)}$  o'lchovining ishonchlilik darajasini baholash uchun trapezoidal a'zolik funksiyasi  $\mu_i^{(j)}(x)$  kiritiladi, bu o'lchangan qiymatning ruxsat etilgan og'ish chegaralarini hisobga olgan holda "qabul qilinadigan"lar to'plamiga qanchalik bog'liqligini belgilaydi. Ushbu funksiya quyidagi ifoda bilan belgilanadi:

$$\mu_i^{(j)}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b, \\ 1, & b < x < c, \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x < d, \\ 0, & x \geq d. \end{cases} \quad (25)$$

Yakuniy  $\tilde{x}_i$  qiymati noravshan vaznliklar bilan o'rtacha og'irlik sifatida hisoblanadi (25):

$$\tilde{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^{k_i} \mu_i^{(j)} x_i^{(j)}}{\sum_{j=1}^{k_i} \mu_i^{(j)}}. \quad (26)$$

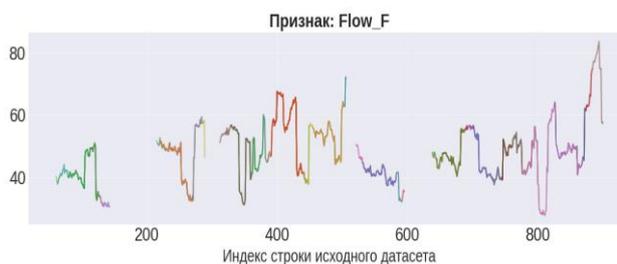
Shovqinga chidamlilik mezonini hisobga olgan holda rejalashtirilgan vazifalarning bajarilish darajasini baholashning rasmiylashtirilgan algoritmi joriy etildi, bu texnologik tizimning nosozliklarga chidamliligini oshirish imkonini berdi.



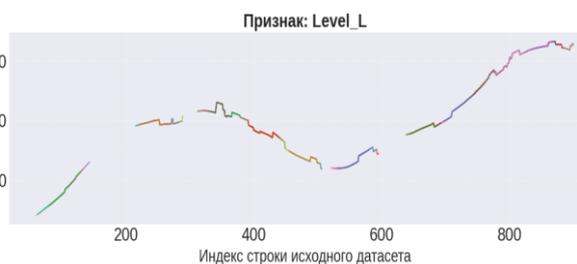
**12-rasm. Ishlamay qolish davrlarini taqsimlash bilan flotatsiya mashinasining texnologik parametrlarining dinamikasi**

Jarayon parametrlarining dinamikasini tahlil qilish. 12-rasmda vaqt o'tishi bilan flotatsiya mashinasining asosiy texnologik parametrlari o'zgarishining vizualizatsiyasi ko'rsatilgan, bunda buzilish holatlari qayd etilgan momentlar ko'rsatilgan.

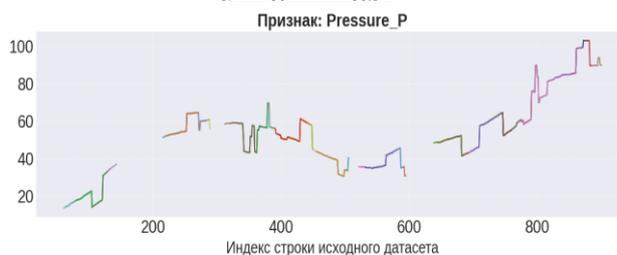
Jarayonning harakatlarini batafsil tahlil qilish uchun model mumkin bo'lgan nosozliklar qayd etilgan zonalarda asosiy xususiyatlar dinamikasi grafiklari tuzilgan. 13-16-rasmda asosiy boshqariladigan parametrlar uchun vaqt seriyasi ko'rsatilgan:



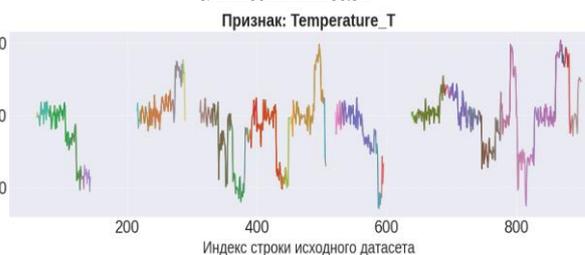
**13-rasm. *Flow\_F* xususiyatining dinamikasi**



**14-rasm. *Level\_L* xususiyatining dinamikasi**



**15-rasm. *Pressure\_P* xususiyatining dinamikasi**



**16-rasm. *Temperature\_T* xususiyatining dinamikasi**

Sinov natijalari nosozlikni bashorat qilishning yuqori aniqligini (Accuracy  $\approx$  91%), qayta o'qitishga turg'unligini va modelning texnologik ma'lumotlarning nosozlikdan oldingi joylarini aniqlash qobiliyatini ko'rsatdi. Mis-boyitish fabrikasining parametrlarini prognozlashda LSTM-DNN modelni qo'llash natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

**2-jadval**

**Mis-boyitish fabrikasining parametrlarini prognozlashda LSTM-DNN modelini qo'llash natijalari**

| Prognozlanadigan parametr                 | DNN uchun oldindan aytishning xatosi (MSE) | LSTM-DNN uchun oldindan aytishning xatosi (MSE) | Xatolarning kamayishi (%) |
|---|--|---|---------------------------|
| Konsentratda mis miqdori (%)              | 0.024                                      | 0.011   | 54%                       |
| Flotatsion kamerada ko'pikning sathi (sm) | 1.8  | 0.9   | 50%                       |
| Reagentlarning optimal dozasi (g/t)       | 0.62                                       | 0.28  | 55%                       |

LSTM-DNN gibrid neyron tarmog‘i modelini joriy etish ishlab chiqarishning texnologik jarayon parametrlarini 90% gacha prognozlash aniqligini ta‘minlaydi va adaptiv boshqarish sifatini yaxshilaydi.

Bulutli texnologiyalar va sun‘iy intellekt asosida boyitish jarayonining ishlab chiqilgan axborot-boshqaruv tizimi jarayonining texnologik rejimini barqarorlashtirish va uning ishlash samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Taklif etilayotgan axborot-boshqaruv tizimi va intellektuallashtirishning tegishli texnik vositalarini joriy etishning iqtisodiy samarasi ishlab chiqarish samaradorligini, hisoblash tezkorligini, boshqarish sifati va ishonchliligini oshirishdan iborat bo‘lib, bu elektr energiyasini tejash va ishlab chiqarilgan mahsulot tannarxini pasaytirish bilan birga keladi. Taklif etilgan yondashuv mis-boyitish fabrikasining avtomatlashtirilgan boshqarish tizimining bir qismi sifatida amalga oshirildi va real ishlab chiqarish sharoitida texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarni moslashtirishda o‘zining samaradorligini isbotladi.

## XULOSA

Tizimni tahlil va sintezlashning umumiy metodologiyasi, mashinali o‘qitish, noravshan to‘plamlar nazariyasi, optimallashtirish, kompyuter modellashtirish, natijalarni baholash, bulutli tizimlar uchun massiv hisoblash usullaridan foydalanib dissertatsiya ishida bulutli hisoblash va sun‘iy intellekt texnologiyalari asosida axborot-boshqaruv tizimlarini sintezlashning konstruktiv usullari va algoritmlari ishlab chiqilgan va quyidagi ilmiy natijalar olingan:

1. Nazorat qilish, boshqarish va servis tomonidan taqdim qilingan so‘rovlarni, shuningdek predmetli-yo‘naltirilgan yuqori unumdor kompozit ilovalarga kirishni qo‘llab-quvvatlashni ta‘minlaydigan avtomatlashtirilgan tezkor boshqarish tizimining o‘lchaydigan axborot-boshqaruv majmualarida bulutli hisoblashni qo‘llash texnologiyasi ishlab chiqilgan.

2. Bulutli hisoblash asosida xatolarni topish, tuzatish va optimallashtirish masalasini yechish algoritmlarini qo‘shib, sun‘iy intellekt texnologiyasini qo‘llagan holda axborot-boshqaruv tizimlarida ma‘lumotlarning ishonchliligini ta‘minlash usuli ishlab chiqilgan. Ushbu usul ishlab chiqarishning texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini hisoblashda ma‘lumotlarning yuqori ishonchliligini ta‘minlashga imkon beradi.

3. Axborot-boshqaruv tizimlarida o‘lchash aniqligini sezilarli oshirish inkonini beruvchi LSTM-DNN gibrid neyrotarmoqli modellaridan foydalanib, ma‘lumotlarni raqamli qayd qilish va intellektual ishlov berish usuli ishlab chiqilgan. Bu raqamli ma‘lumotlarning ishonchliligini oshirish va boshqaruv qarorlarini qabul qilishni avtomatlashtirish maqsadida texnologik jarayonlarni boshqarish uchun juda muhim shovqinlarni samarali filtrlashni ta‘minlash, anomaliyalarni prognozlash va xatolarni korreksiyalash imkonini beradi.

4. Noravshan to‘plamlar nazariyasi apparatini qo‘llagan holda axborot-boshqaruv tizimlarining halaqitlardan himoyalanganligini baholash asosida texnologik majmualarni tezkor-dispatcherlik boshqarish algoritmlari ishlab chiqilgan. Algoritmlar nafaqat obyektiv statistik ma‘lumotlar mavjud bo‘lganda,

balki subyektiv ma'lumotlar asosida ham ishlab chiqarish holatini baholash imkonini beradi.

5. Halaqitlar va boshqaruv ta'sirlarini hisobga olgan holda texnologik tugunlarning o'zgaruvchan xususiyatlarini bashoratlashga imkon beruvchi noravshan to'plamlar nazariyasi asosida axborot-boshqaruv tizimlarida texnologik majmuaning imitatsion modeli ishlab chiqilgan.

6. Noravshan to'plamlar nazariyasi usullari asosida korrektirovka qilingan yechimlarni hisoblash, aloqa tenglamalarini o'zgartirishning ishonchliligini nazorat qilishni ta'minlaydigan integratsiyalashgan axborot-boshqaruv tizimlarini sintez qilish algoritmi ishlab chiqilgan.

7. "OKMK" AJ mis-boyitish fabrikasining texnologik jarayonida mis-molibden xomashyosiga ishlov berish samaradorligini oshirish uchun bulutli texnologiyalarni dasturiy amalga oshirish arxitekturasi ishlab chiqilgan. Mis-boyitish fabrikasida ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish uchun prediktiv analitika asosida axborot-boshqaruv tizimlarida mashinali o'qitish va prognozlashning bulutli texnologiyalari usullarini integratsiyalash amalga oshirilgan.

8. Metallurgiya ishlab chiqarishining axborot-boshqaruv tizimida foydali metallarni ajratib olishni ko'paytirish, energiya sarflarini qisqartirish va xomashyoning yo'qolishini minimallashtirish imkonini beruvchi bulutli texnologiyalar va mashinali o'qitishning integratsiyalash usuli ishlab chiqilgan. LSTM-DNN gibrid neyrotarmoqli modelni qo'llash texnologik jarayonning parametrlarini prognozlashning 90% aniqligini ta'minlaydi, ishlab chiqarishni adaptiv boshqarishni yaxshilaydi.

9. Mis-boyitish fabrikasida metallurgiya ishlab chiqarishining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini optimallashtirish orqali tizimli bashorat qilishning aniqligini oshirishga imkon beruvchi gibrid bulutli hisoblash va LSTM-DNN neyron tarmog'i modeliga asoslangan metallurgiya ishlab chiqarishining axborot-boshqaruv tizimining arxitekturali modeli ishlab chiqilgan.

10. Axborot-boshqaruv tizimlarida texnologik parametrlarning sifat ko'rsatkichlarini oshirishga imkon beruvchi noravshan to'plamlar nazariyasi usullari asosida texnologik jarayonning material oqimlarining mustaqil o'lchanadigan parametrlarining ishonchliligini nazorat qilish masalasini yechishning umumiy uslubi asoslangan.

11. Murakkab axborot-boshqaruv tizimlarini tezkor-dispetcherlik boshqarishning avtomatlashtirilgan tizimlari ishlash samaradorligini oshirishga imkon beruvchi neyron tarmoqlarning gibrid modellari asosida strukturaviy-parametrik sintezlash algoritmlari ishlab chiqilgan.

12. LSTM-DNN arxitekturasi va strukturaviy-parametrik sintezdan foydalangan holda mis-boyitish fabrikasining axborot-boshqaruv tizimida gibrid neyrotarmoq modelini amaliy tatbiq etish texnologik jarayonlarni boshqarish samaradorligini sezilarli darajada oshirish imkonini berdi.

**SCIENTIFIC COUNCIL (DSc.13/05.05.2023.T.07.03)  
FOR THE AWARD OF ACADEMIC DEGREES  
AT TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

---

**TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

**TEMERBEKOVA BARNOKHON MARATOVNA**

**METHODS AND ALGORITHMS FOR THE SYNTHESIS OF  
INFORMATIONAL CONTROL SYSTEMS BASED ON CLOUD  
COMPUTING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES**

**05.01.11 – Digital Technologies and Artificial Intelligence**

**ABSTRACT OF THE DISSERTATION OF  
DOCTOR OF SCIENCE (DSc) ON TECHNICAL SCIENCES**

**The theme of the Doctor of Science (DSc) dissertation is registered with the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2025.1.DSc/T898.**

The dissertation was carried out at Tashkent University of Information Technologies.

The author's abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, and English) is published on the University's website ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) and in the information-analytics portal Ziyonet ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Scientific Advisor:**

**Sevinov Jasur Usmonovich**

Doctor of Technical Sciences, Professor

**Official Opponents:**

**Akhatov Akmal Rustamovich**

Doctor of Technical Sciences, Professor

**Mirzayev Nomaz Mirzayevich**

Doctor of Technical Sciences, Professor

**Atajanov Ibragim Ravshanbekovich**

Doctor of Technical Sciences

**Leading Organization:**

**Andijan State University**

The defense of the dissertation will take place on "3" 09 2025 at 14<sup>00</sup> o'clock at the meeting of the Scientific Council DSc.13/05.05.2023.T.07.03 for awarding academic degrees at Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi (address: 100084, Tashkent, Amir Temur Avenue, 108; Tel: (99871) 238-64-43; e-mail: [ilmiy\\_kengash@tuit.uz](mailto:ilmiy_kengash@tuit.uz)).

The dissertation can be accessed at the Information Resource Center of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi (registration number: 363) (Address: 100084, Tashkent, Amir Temur Avenue, 108; Tel.: (99871) 238-64-70).

The author's abstract of the dissertation was issued on «20» august 2025 year.  
(mailing report No. 10 on 20.08 2025 year.)



**M.M. Kamilov**

Chairman of the Scientific Council  
on awarding academic degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Academician of the Academy of Sciences  
of the Republic of Uzbekistan

**N.A. Egamberdiev**

Secretariat of the Scientific Council  
on awarding academic degrees,  
Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences

**N.O. Rakhimov**

Chairman of the Scientific Seminar of the  
Scientific Council on awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

## INTRODUCTION (abstract of DSc thesis)

**The aim of the research** is to develop methods and algorithms for the synthesis of information and control systems based on cloud computing technologies and artificial intelligence.

**The object of the research work** is operational dispatch control of complex information and control systems based on hybrid neural network models.

**The subject of the research** is methods and algorithms of information management systems based on cloud technologies and artificial intelligence.

**Research methods.** The dissertation uses general methodologies of system analysis and synthesis, machine learning, fuzzy set theory, optimization, computer modeling, evaluation of results and methods of mass computing for cloud systems.

**The scientific novelty of the dissertation research** is as follows:

methods have been developed to ensure the reliability of methods have been developed to ensure reliable data processing in management systems using artificial intelligence technology, including algorithms for solving the problem of optimization, detection and correction of errors based on cloud computing, which so that technical and economic indicators of production can be calculated with high information reliability;

algorithms for the synthesis of integrated information and control systems have been developed, ensuring control over the reliability of the calculation of adjusted solutions, transformations of communication equations based on methods of fuzzy set theory;

a general method for solving the problem of monitoring the reliability of independently measured parameters of material flows of a technological process based on methods of fuzzy set theory has been substantiated, which makes it possible to improve the quality indicators of technological parameters in information and control systems;

a simulation model of a technological complex of interacting technological units in information and control systems has been developed based on the theory of fuzzy sets, which makes it possible to predict changing characteristics of technological units taking into account disturbances and control actions;

a technology has been developed for the application of cloud computing in measuring information and control complexes of the automatic operational control system, providing support for procedures for the development and implementation of control, management, providing a service for queries and access to high-performance subject-oriented, applications based on cloud technology methods;

algorithms for operational dispatch control of technological complexes have been developed based on the assessment of noise immunity of information and control systems using the apparatus of fuzzy set theory, which make it possible to assess the production situation not only in the presence of objective statistical information about disturbances to the system, but also on the basis of subjective information;

to improve the efficiency of automated systems for operational dispatch control of complex information and control systems, algorithms for structural-parametric synthesis based on hybrid models of neural networks have been developed.

**Implementation of the research results.** Based on the developed research methods and algorithms, the results were implemented into practice in the following areas:

methods for ensuring the reliability of information in information management systems using artificial intelligence technology; algorithms for the synthesis of integrated information management systems; a general method for solving the problem of monitoring the reliability of independently measured parameters of material flows of a technological process based on methods of fuzzy set theory, as well as the technology of using cloud computing in measuring information and control complexes of the automated operational control system based on hybrid models of neural networks have been implemented at the at the Copper Concentrator of JSC AMMC (the reference letter of JSC “Almalyk MMC” №CJI-0055, January 17, 2025). The obtained results make it possible to stabilize the technological modes of the ore beneficiation process in the copper concentrator and increase the efficiency of its operation.

**The structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 200 pages.

**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ  
E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI  
LIST OF PUBLISHED WORKS**

**Часть I (I bo'lim; Part I)**

1. Темербекова Б.М. Анализ помехозащищенности химико-технологического комплекса с линейной структурой // *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн.*, 2020. №11(80). – С.91-95. (12, Index Copernicus, IF 6,4)

2. Темербекова Б.М. Имитационная модель технологического комплекса из взаимодействующих технологических узлов в информационно-управляющих системах // *Промышленные АСУ и контроллеры*, №8, 2020. – С.51-59. (05.00.00; №69).

3. Temerbekova B.M. Simulation Model of a Chemical-Technological Complex with Continuous Character of Production from Interaction Technological and Storage Nodes in Information – Control Systems // *Test Engineering and Management/Article Info*, Vol. 83, Issue: May-June. 2020. – PP. 458-468. (3 Scopus, SJR=0.1).

4. Темербекова Б.М., Эрназарова З.Х., Махмуджонов М.М. Ўлчов ахборотини ишончлилигини назорат қилиш технологиясини интеллектуаллаштириш // “STANDART” ilmiy-texnik jurnali. 2021. №1. -Б.12-15. (ОАК Rayosatining 2021 yil 27 fevraldagi 293/6-son qarori)

5. Темербекова Б.М. Обеспечение достоверности независимо измеренных параметров технологических потоков в информационно-управляющих системах // *Ежемесячный научно-технический производственный журнал «Промышленные АСУ и контроллеры»*, 2021. №12. –С. 20-25. (05.00.00; №69).

6. Темербекова Б.М. Применение методики выявления систематической погрешности интегральных измерений технологических параметров в сложных технологических процессах и производствах // «Цветные металлы» *Ежемесячный научно-технический и производственный журнал*, 2022. №5. -С. 79-86. (3 Scopus, SJR=0.21).

7. Темербекова Б.М., Маманазаров У.Б., Бекимбетов Б.М., Ибрагимов Ж.М. Разработка интегрированных цифровых двойников систем управления для обеспечения достоверности информационно-измерительных сигналов на основе облачных технологий и искусственного интеллекта // «Черные металлы» *Ежемесячный научно-технический и производственный журнал*, 4/2023, №1096. -С. 39-46. (3 Scopus, SJR=0.22)

8. Темербекова Б.М., Маманазаров У.Б., Бекимбетов Б.М. Разработка методологии идентификации и моделирование динамических систем на основе нейронных сетей в среде MATLAB // *Издательство «Научтехлитиздат». Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика.* - 2024. - №10. - С.53-62. (05.00.00; №65).

9. Темербекова Б.М., Маманазаров У.Б., Бекимбетов Б.М. Анализ применения нейросетевых регуляторов в сложных металлургических процессах // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2024. 8(125). – С. 47-52. (12, Index Copernicus, IF 6,4)

10. Sevinov J.U., Temerbekova B.M., Mamanazarov U.B., Bekimbetov B.M. Synthesis of methods for ensuring the reliability of information in information and control systems using artificial intelligence methods on the basis of cloud computing technology // *Uzbek Journal of the Problems of Informatics and Energetics.* – Tashkent, 2024. - №3. -PP. 18-29. (05.00.00; № 05).

11. Севинов Ж.У., Темербекова Б.М., Маманазаров У.Б., Бекимбетов Б.М. Синтез методов цифровой регистрации в системах сбора и обработки измерительной информации для обеспечения достоверности в информационно-управляющих системах // «*Al-Fargʻoniy avlodlari*» elektron ilmiy jurnali, 4-son 1(8), 2024. С.91-96. (ОАК Rayosatining 2023 yil 30 sentyabrdagi 343-son qarori)

12. Jasur Sevinov, Barnokhon Temerbekova, Ulugbek Mamanazarov, Jamshid Ibragimov. Integration of Cloud-Based Machine Learning Techniques and Prediction of Information and Control Systems // *Bulletin of TUIT: Management and Communication Technologies*, № 3(27)2024. (05.00.00; № 31).

## **Часть II (II boʻlim; Part II)**

13. Темербекова Б.М. Operational management of technological complexes based on the evaluation of noise immunity of information and control systems // *International Engineering Journal For Research & Development*, Vol.5, Issue 4. - PP.1-5 2020 (IF=6,193).

14. Темербекова Б.М. Построение вектора для выполнения плановых заданий оперативно-диспетчерского управления в информационно-управляющих системах // *Science and education scientific journal*. Vol. 1, Issue 2. 2020. -С. 343-593.

15. Темербекова Б.М. Имитационная модель технологического комплекса с непрерывным характером производства в информационно-управляющих системах оперативно-диспетчерского управления производством // *Science and education scientific journal*. Vol. 1, Issue 2. 2020. -С. 586-593.

16. Темербекова Б.М. Облачные вычисления в измерительных информационно-управляющих системах // *Science and education scientific journal*. 27 April 2020. Часть 2. 2020. -С.124-127.

17. Темербекова Б.М., Эрназарова З.Х., Онбаши Л.Р. Построение вектора минимальных выработок для выполнения плановых заданий оперативно-диспетчерского управления технологическим комплексом // *Интернаука: электрон. научн. журн.* 2021. №14(190). Часть 2. -С.29-32.

18. Темербекова Б.М., Маманазаров У.Б. Применение облачных вычислений в измерительно-информационно управляющих комплексах

автоматической системы оперативного управления // International independent scientific journal, №34, Vol 1. 2021. -PP. 39-43.

19. Темербекова Б.М., Хакимова Г.А. Анализ погрешностей средств цифровой регистрации в системах сбора и обработки многомерной измерительной информации в технологических процессах и производствах // Международная конференция «Перспективы и проблемы метрологического обеспечения инновационных технологий» Сборник научных трудов, май 18-19, 2021 год, Ташкент, Узбекистан. 2021. -С. 216-219.

20. Темербекова Б.М. Модель облачных вычислений для применения в автоматизированных системах управления технологическими процессами // Международная научно-практическая конференция «Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов» Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического университета 27 май, г.Алмалык, Узбекистан. – 2021. -С.342.

21. Темербекова Б.М. Результат задачи контроля достоверности измеренных параметров технологических потоков // Международная научно-практическая конференция «Проблемы, перспективы и инновационный подход эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов» Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического университета 27 май, г.Алмалык, Узбекистан, – 2021. -С.341.

22. Темербекова Б.М., Чадин Д.А. Преимущества применения облачных технологий на производстве // I Молодежной научно-практической конференции «Наука и молодежь – 2021» 19-20 мая 2021 г. АФ НИТУ «МИСиС». 2021. -С.777.

23. Темербекова Б.М., Чадин Д.А., Аскарлов Б.Б. Применение нейросетевого моделирования для управления технологическими процессами производства // Международная научная конференция молодых ученых «Наука и инновации-2021», Ташкент, С.595-596.

24. Темербекова Б.М., Чадин Д.А., Аскарлов Б.Б. Решение задачи состояния объекта управления по критерию помехозащищенности в технологических процессах и производствах // Международная научная конференция молодых ученых «Наука и инновации-2021», Ташкент, С.592-594.

25. Темербекова Б.М., Эргашева А.М. Модель облачных вычислений NIST для решения задач контроля измерительных информации в технологических процессах // Международная научная конференция молодых ученых «Наука и инновации-2021», Ташкент, С.590-592.

26. Темербекова Б.М. Применение облачных технологий обеспечения достоверности измерительной информации в сложных металлургических процессах // Сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию АО «Узметкомбинат», 16-17 мая 2024 года, С.143-145.

27. Темербекова Б.М. Применения искусственного интеллекта на основе технологии облачного вычисления для обеспечения достоверности

информации // Sun'iy intellekt nazariyasi va amaliyoti: tajribalar, uammolar va istiqbollar respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi maqolalar to'plami, 21-22 may 2024, – Toshkent "Iqtisodiyot", С.407-411.

28. Темербекова Б.М., Райханова Г.Е., Эрназарова З.Х. Программное обеспечение для решения задачи контроля достоверности исходной информации, диагностики частичных отказов и коррекции результатов измерений в автоматизированной системе управления технологическими процессами. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронных-вычислительных машин DGU 07519. 20.01.2020.

29. Темербекова Б.М., Маманазаров У.Б., Бекимбетов Б.М., Ибрагимов Ж.М. Программное обеспечение для решения задачи достоверности измерительной информации циркулирующих в информационно-управляющих системах производственного процесса на основе искусственного интеллекта. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронных-вычислительных машин. DGU44555. 28.11.2024.

30. Темербекова Б.М., Маманазаров У.Б., Бекимбетов Б.М., Ибрагимов Ж.М. Программный продукт для решения задач идентификации и моделирования динамических систем на основе нейронных сетей. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронных-вычислительных машин. DGU44584. 29.11.2024.

Avtoreferat «Texnika fanlari va innovatsiyalar» jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazilib, o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o'zaro muvofiqlashtirildi.

**Bosmaxona litsenziyasi:**



**9338**

Bichimi: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» garniturasini.

Raqamli bosma usulda bosildi.

Shartli bosma tabog'i: 4. Adadi 100 dona. Buyurtma № 31/25.

Guvohnoma № 851684.

«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.

Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko'chasi, 83-uy.