

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра цифрових технологій та проєктно-аналітичних рішень

АВТОРЕФЕРАТ
кваліфікаційної роботи

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Комп'ютерні науки та цифровий інтелект»
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

**на тему «Дослідження методів, моделей та інформаційних
технологій використання нейронних мереж в
підвищенні рудозбагачувальних фабрик»**

Здобувач

Андрій КОНИК

КРИВИЙ РІГ 2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень.

Керівник:

Костіков Олександр Анатолійович,
доцент, канд. техн. наук,
каф. ЦТПАР

Захист відбудеться 24 січня 2024 р. о 09:00 год на засіданні екзаменаційної комісії (https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_M2U2NzllMmQtMDU1NS00NDAzLWI4YzltM2VmNjNhOWM0NWl1%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2201efadc2-6354-43fb-8f92-8e8c2485636b%22%7d).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» 21 січня 2024 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Основні мети розвитку гірничо-металургійного комплексу включають в себе створення нових технологій з високим рівнем науковості та покращення управління цим комплексом. Однією з ключових проблем є необхідність вдосконалення автоматизації і комп'ютеризації, оскільки продуктивність наших гірничорудних підприємств відстає від світового рівня. Технологічні процеси рудопідготовки (наприклад, дроблення і здрібнювання) формують значну частину витрат, і зниження їх вимагає ефективних систем автоматизованого керування.

Управління цими процесами складне через їх динамічність, нестабільні параметри та чутливість до якості вихідної сировини. Існуючі системи керування не завжди ефективно працюють у змінних умовах, що створює відмінність між складністю технологій та методами управління ними.

Різноманіття технологічних схем і їх складність вимагають універсальних та результативних принципів управління, які можна реалізувати через оптимальне керування за допомогою аналітичного конструювання регуляторів. Проте практичне застосування таких підходів може викликати певні складнощі.

Ефективне керування потребує точних прогнозів інформації та засобів оцінювання, для чого використання інтелектуальних підходів, таких як нейронні мережі чи системи нечіткої логіки, є перспективним напрямком. Додатково, для успішного керування нестабільними умовами потрібні адаптивні системи, які можуть працювати при змінних умовах.

Отже, важливим є обґрунтування принципів і розробка засобів для автоматизованих систем оптимального керування процесами дроблення та здрібнювання руд, що підвищить ефективність управління цими процесами в умовах змінних режимів обладнання та навколишнього середовища.

Мета дослідження. Метою дослідження магістерської роботи є розв'язання актуальної проблеми підвищення продуктивності технологічних секцій по руді за допомогою нейронних мереж в умовах змінних параметрів і режимів роботи, а також відхилень у середовищі. Це досягається шляхом розробки та впровадження оптимальних управлінських рішень у роботі автоматизованих систем контролю, базованого на прогнозуванні та ідентифікації стану керованих процесів з урахуванням основних збурень.

Об'єкт дослідження – керування технологічним процесом подрібнення руди у барабанних млинах на гірничо-збагачувальних комбінатах.

Предмет дослідження – методи управління технологічним процесом подрібнення руди та збагачувальні процеси у технологічних секціях гірничозбагачувальних секцій

Предмет і задачі роботи – принципи та методи розробки автоматизованих систем оптимального управління процесами подрібнення руди в барабанних млинах, а також засоби їх реалізації. У цьому дослідженні використовуються методи автоматизованого керування технологічним процесом подрібнення руди, а також розробка методів контролю крупності вхідної руди барабанних млинів, а також густини вихідного потоку з млина.

Ідея роботи полягає в поліпшенні автоматизованої системи управлінням технологічного процесу, яка контролює процес подрібнення руди у барабанних млинах за рахунок добавлення додаткових систем з використанням нейронних мереж в діючі системи АСУТП.

Методи дослідження. Для вирішення поставленої задачі були використані наукові досягнення у розробці інформаційних систем, адаптивних алгоритмів і програмного забезпечення.

Зв'язок роботи з інвестиційними програмами підприємств, планами науково-дослідних робіт.

Результати даної дипломної роботи мають значний потенціал для практичного впровадження на гірничо-збагачувальних фабриках з метою оперативного управління продуктивністю в автоматизованій системі управління (АСУ) процесом подрібнення руди в барабанних млинах (БМ).

Особливий внесок магістра включає в себе наступні ключові елементи:

1. Вибір методів досліджень і технології реалізації:

В дипломній роботі досліджені та обрані ефективні методи використання нейронних мереж у контурі АСУ для оптимального управління процесом подрібнення руди. Це включає аналіз різних архітектур нейронних мереж, їхню конфігурацію та параметризацію для оптимальної продуктивності.

2. Створення інтерфейсу автоматизованої системи управління:

Робота включає в себе розробку інтерфейсу для АСУ на основі технології Docker, який реалізує механізми оптимального управління. Це може включати в себе інтерактивний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для операторів, який дозволяє здійснювати контроль та втручання в процес подрібнення руди з використанням нейронних мереж.

3. Розробка теоретичної частини роботи:

Магістр вносить значний внесок у розуміння і систематизацію знань про існуючі підходи до систем керування автоматизованими

системами подрібнення руди у барабанних млинах. Це включає в себе дослідження та аналіз існуючих технологій, методів і стратегій управління, а також визначення оптимальних підходів для використання нейронних мереж в цьому контексті.

Загальною метою є підвищення ефективності та автоматизації процесу подрібнення руди, що в свою чергу може призвести до підвищення продуктивності та зменшення витрат. Цей підхід може стати ключовим компонентом вдосконалення гірничо-збагачувального виробництва та підвищення його конкурентоспроможності на ринку.

Апробація результатів магістерської роботи:

Основні ідеї та досягнення у магістерській роботі були узагальнені в тезах та обговорені під час міжнародної науково-технічної конференції «MININGMETALTECH 2023 – Гірничо-металургійний комплекс: інтеграція бізнесу, технологій та освіти»

Структура та обсяг роботи.

Робота складається з вступу, п'ятих розділів і висновків. Містить 112 сторінок друкованого тексту, в тому числі 89 сторінок тексту основної частини з 5 рисунками, 9 таблиць, список використаних джерел з 30 найменуваннями, 14 додатків на 24 сторінках.

ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У роботі обґрунтовується актуальність теми дослідження, формулюється мета та завдання, об'єкт, предмет дослідження, розкривається практичне значення одержаних результатів дослідження, наводяться данні щодо їх апробації.

Здійснено огляд наукової літератури та програмних продуктів, пов'язаних з використанням нейронних мереж для підвищення продуктивності рудозбагачувальних фабрик, стало очевидним, що штучний інтелект виявляється важливим інструментом у вдосконаленні управління та оптимізації технологічних процесів в даній галузі. Визначено, що застосування нейронних мереж може ефективно вирішувати завдання з підвищення якості та продуктивності секцій в рудозбагачувальній промисловості. Інноваційні методи та моделі, засновані на нейронних мережах, дозволяють досягти більш точного прогнозування та автоматизації ключових етапів технологічного процесу.

Розглянуті різноманітні методи АСУ технологічного обладнання. Аналіз показав, що діючі системи АСУТП є частково застарілими, а також швидкий технологічний прогрес сильно впливає на термін служби обладнання та програмного забезпечення АСУТП, що

вимагає його постійного оновлення. Розвиток нейронних мереж замість традиційних методів ПЗ вимагає використання ефективніших методів контролю та управління роботи рудозбагачувальним обладнанням.

Було проведено аналіз та моделювання програмно-технічного комплексу (ПТК). Зроблено порівняння згорткових і рекурентних нейронних мереж з докладним описом переваг та недоліків кожної в задачах розпізнавання різних об'єктів та фотографічних даних.

Зроблено докладний опис технічного та програмного забезпечення сервісу з використанням контейнерної технології на основі Docker, а також представлена структура ПТК.

ВИСНОВКИ

У ході написання науково-дослідної роботи був проаналізований теперішній стан АСУТП секцій рудозбагачувальних секцій та запропоновано інноваційне рішення по впровадженню ПТК з використанням нейронних мереж, яке дозволить підвищити продуктивність рудозбагачувальних підприємств:

1. Оптимальне керування процесами подрібнення руди в кульових барабанних млинах (РЗФ-1) і в млинах самоздрібнювання (РЗФ-2) формується в процесі функціонування системи керування за принципом мінімуму узагальненої роботи та за синергетичним принципом із поточним оцінюванням стану керованого процесу і його майбутнього стану за прогнозуючими моделями з контролем основних збурень, що забезпечує, на відміну від відомого, підвищення ефективності процесів шляхом формування керування, інваріантного до збуреного середовища та нелінійності процесів.

2. Основні принципи функціонування та управління системами автоматизованого управління технологічними процесами (АСУТП) у ПРАТ «ІНГЗК». Особлива увага була приділена принципам планування, розробки та алгоритмізації технологічних процесів, а також засобам автоматизації проектування та процедурам оформлення робочої документації для інформаційних систем.

3. Розглянуто можливість використання нейронних мереж у системах АСУТП, дослідження практики сприяло досягненню декількох важливих результатів. В ході аналізу було досліджено процес контуру управління технологічним процесом АСУТП, виявлені особливості цього процесу у контексті використання архітектури побудови АСУТП. Також був проведений огляд наукових джерел для аналізу сучасних методів, моделей та інформаційних технологій

обробки транзакцій, включаючи використання нейронних мереж у системах АСУТП.

Крім того, під час дослідження теми були освоєні засоби проектування і моделювання інформаційних систем з можливостями використання нейронних мереж у контексті управління технологічними процесами. На основі отриманих дослідницьких даних були розроблені пропозиції для вдосконалення обробки транзакцій в інформаційних системах діючих АСУТП, спрямовані на підвищення ефективності та точності управління технологічними процесами з застосуванням нейронних мереж. Також мною отримані практичні навички розробника програмних продуктів та дослідника, що є важливим аспектом для розробки та впровадження систем управління з використанням передових технологій, включаючи нейронні мережі. Мною було ретельно вивчено заходи та технічні засоби охорони праці, навколишнього середовища та техніки безпеки, що важливо у забезпеченні стабільності та безпеки у процесі використання систем управління технологічними процесами на підприємстві.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. KONYK A.B., KOSTIKOV O.A. RESEARCH OF METHODS, MODELS AND INFORMATION TECHNOLOGIES USING NEURAL NETWORKS IN INCREASE OF PRODUCTIVITY OF ORE ENRICHING FACTORIES ” //Publishing House “Baltija Publishing”. – 2023.

АНОТАЦІЯ

Коник А.Б. Дослідження методів, моделей та інформаційних технологій використання нейронних мереж в підвищенні продуктивності секцій рудозбагачувальних фабрик. Кваліфікаційна робота на здобуття ступеню вищої освіти – магістр за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки, освітньо-професійна програма «Комп'ютерні науки та цифровий інтелект». – ТОВ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кривий Ріг, 2024.

Метою магістерської роботи є розробка програмно-технічного комплексу з використанням згорткових нейронних мереж, як додатковий модуль АСУТП технологічних секцій, який стане додатковим інструментом контролю крупності вхідної сировини а

також продуктів розвантаження млинів. Об'єктом дослідження є технологічний процес подрібнення руди у барабанних млинах та збагачувальні процеси технологічних секцій на гірничозбагачувальних комбінатах. Предметом дослідження є методи управління технологічним процесом подрібнення руди та збагачувальні процеси у технологічних секціях гірничозбагачувальних комбінатів.

При виконанні роботи проаналізовано математичну модель існуючих АСУТП систем керування технологічним процесом. Огляд та аналіз існуючої АСУТП системи керування технологічним процесом на підприємстві, вказали на ряд недоліків у функціональності та управлінні.

Дослідження аналізу систем керування процесами подрібнення руди в барабанних млинах та технологій дроблення і подрібнення руди в дробарках і барабанних млинах вказують на важливість ефективного управління цими процесами для підвищення продуктивності та якості виробництва залізорудного концентрату. Аналіз сучасних методів управління вказує на те, що автоматизовані системи грають ключову роль в оптимізації процесів переробки руди. Впровадження сучасних технологій, моделей та інформаційних систем сприяє покращенню точності та швидкості управління, що в свою чергу призводить до зменшення витрат та підвищення виробничої ефективності. Ефективні автоматизовані системи управління дозволяють реалізовувати оптимальні стратегії обробки руди, враховуючи різноманітні параметри, такі як розмір часток, хімічний склад і фізичні властивості. Інтеграція передових технологій, таких як штучний інтелект та машинне навчання, дозволяє створювати гнучкі та адаптивні системи, які можуть самостійно вдосконалюватися на основі зібраної інформації.

Отже, розвиток та вдосконалення систем управління процесами подрібнення руди в барабанних млинах, технологій дроблення і подрібнення руди, а також використання сучасних методів та інформаційних технологій в автоматизованих системах є важливим етапом для оптимізації виробничих процесів та забезпечення стабільної та ефективної виробництва залізорудного концентрату.

Представлені результати теоретичних досліджень, які були проведені з метою вивчення заданого об'єкта. В процесі роботи було здійснено опис перебігу досліджень, а також представлені отримані результати, включаючи приклади розрахунків. Аналіз теоретичних аспектів дозволив отримати глибше розуміння властивостей та характеристик досліджуваного об'єкта. Описані методи та підходи виявилися ефективними для досягнення поставлених цілей та вирішення конкретних завдань. Результати експериментальних досліджень, які включають в себе чисельні дані, графіки та приклади

розрахунків, свідчать про високий рівень об'єктивності та достовірності отриманих результатів.

Це дозволяє зробити висновки щодо властивостей та робочих характеристик досліджуваного об'єкта. Отже, в розділі підкреслено важливість проведення теоретичних та експериментальних досліджень для вивчення та розуміння заданого об'єкта. Отримані результати є основою для подальших висновків та рекомендацій, а також можуть служити основою для подальших досліджень та розвитку області.

Виконані розрахунки витрат на реалізацію проекту, порівняні результати розрахунків різними методами, а також розрахований економічний ефект від впровадження ПТК на одному гірничо-добувному підприємстві.

Ключові слова: згорткові нейронні мережі, автоматизована система управління технологічним процесом, барабанний млин, алгоритм, подрібнення руди, нейронна мережа, комп'ютерний зір.

ABSTRACT

Konyk A.B. Researching methods, models and information technologies for the use of neural networks in increasing the productivity of ore beneficiation plant sections. Theses for a Master's degree in the specialty 122 Computer Science, Educational Programme "Computer Science and Digital Intelligence". – TECHNICAL UNIVERSITY "METINVEST POLYTECHNICS", LLC, Kryvyi Rih, 2024.

The goal of the master's work is the development of a software and technical complex using convolutional neural networks as an additional module of the control system of technological sections, which will become an additional tool for controlling the size of incoming raw materials as well as mill unloading products. The object of research is the technological process of grinding ore in drum mills and beneficiation processes of technological sections at mining and beneficiation plants. The subject of the study is methods of managing the technological process of ore grinding and beneficiation processes in the technological sections of mining and beneficiation plants.

During the performance of the work, the mathematical model of the existing control systems of the technological process was analyzed. The review and analysis of the existing automated control system of the technological process control system at the enterprise indicated a number of shortcomings in functionality and management.

Studies of the analysis of control systems for ore crushing processes in drum mills and ore crushing and grinding technologies in crushers and

drum mills indicate the importance of effective management of these processes to increase the productivity and quality of iron ore concentrate production. Analysis of modern management methods indicates that automated systems play a key role in optimizing ore processing processes. The introduction of modern technologies, models and information systems helps to improve the accuracy and speed of management, which in turn leads to a reduction in costs and an increase in production efficiency. Effective automated control systems allow for the implementation of optimal ore processing strategies, taking into account various parameters such as particle size, chemical composition and physical properties. The integration of advanced technologies, such as artificial intelligence and machine learning, allows for the creation of flexible and adaptive systems that can improve themselves based on the collected information.

Therefore, the development and improvement of control systems for ore grinding processes in drum mills, ore crushing and grinding technologies, as well as the use of modern methods and information technologies in automated systems is an important stage for optimizing production processes and ensuring stable and efficient production of iron ore concentrate.

The results of theoretical studies, which were conducted for the purpose of studying the given object, are presented. In the course of the work, a description of the course of research was carried out, as well as the obtained results were presented, including examples of calculations. The analysis of theoretical aspects made it possible to gain a deeper understanding of the properties and characteristics of the object under study. The described methods and approaches proved to be effective for achieving the set goals and solving specific tasks. The results of experimental studies, which include numerical data, graphs and examples of calculations, testify to a high level of objectivity and reliability of the obtained results.

This allows us to draw conclusions about the properties and operating characteristics of the object under study. So, the chapter emphasizes the importance of conducting theoretical and experimental research for the study and understanding of a given object. The obtained results are the basis for further conclusions and recommendations, and can also serve as a basis for further research and development of the area.

Calculations of costs for the implementation of the project were performed, the results of calculations using different methods were compared, and the economic effect of the implementation of PTK at one mining enterprise was calculated.

Keywords: convolutional neural networks, automated technological process control system, drum mill, algorithm, ore crushing, neural network, computer vision.