

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ  
ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет автоматизації виробництва та цифрових  
технологій

Кафедра цифрових технологій та проектно-  
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 та проектування  
програмного рішення для прогнозування обсягів  
попиту металопрокату на основі нейронних мереж»

Здобувач



Сергій Ляшенко

КРИВИЙ РІГ 2024



Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

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

Керівник:



Мінц Олексій Юрійович,  
професор, д.е.н, каф. ЦТПАР

Захист відбудеться 22 січня 2024 р. о 09:00 год на засіданні  
екзаменаційної комісії ([https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting\\_Y2ZiMjU3N2EtNDAYNC00NzBhLWJhMWEtYmNlMjg4MTBmOTZl%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%22b37b6c3c-67cc-4f8b-8e28-689522318041%22%7d](https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_Y2ZiMjU3N2EtNDAYNC00NzBhLWJhMWEtYmNlMjg4MTBmOTZl%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%22b37b6c3c-67cc-4f8b-8e28-689522318041%22%7d)).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» 19 січня 2024 р.



## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми.

If I knew then what I know now, I'd be a millionaire – відомий світовий вислів, синонімічним якого є багато етнічних варіантів з однією суттю – знання майбутніх змін є великим помічником збагачення [1].

Прогнозування є невід'ємною частиною ведення бізнесу і його точність визначає його успішність та процвітання [2]. Воно допомагає в вирішенні питань актуальності продукції в майбутньому, формуванні трендів, допомагає керувати складськими залишками та вирішення багатьох інших завдань.


Розглянемо найпростіший приклад прогнозування.

Всі знають що попит на продаж ялинок збільшується перед новорічними святами. Ви продавець квітів та вирішили вперше заробити на продажі ялинок в сезон та закупили їх в кількості 20 штук, які швидко та успішно змогли реалізувати за три дні. Наступного року Ви зважаючи на результати минулого року заповуєте для реалізації тепер 40 штук, які так само успішно реалізуєте за три дні. На третій рік Ви в ейфорії вже збільшуєте до 80 штук, але реалізуєте тільки 50. Після такої поразки Ви шукаєте причини і після детального поглиблення в ситуацію Ви розумієте, що така ситуація зумовлена зміною місця торгівлі, покупною спроможністю людей викликану зростанням інфляції та зміною ситуацією в країні в цілому. Вивчивши всі питання детальніше та враховуючи всі деталі та зміни в економіці на четвертий рік Ви заповуєте вже 120 штук які успішно реалізуєте ...

У даному прикладі ілюструється ситуація, яка підкреслює важливість прогнозування попиту у сфері роздрібної торгівлі сезонними товарами, конкретно ялинками перед новорічними святами. Перший рік діяльності вказує на успішний старт бізнесу, де вивчення попиту і правильний прогноз дозволили ефективно задовольнити потреби споживачів.

Однак наступні роки демонструють важливість не лише врахування попередніх результатів, але й адаптації до змін у внавичена ринкового середовища. Вдруге рік вказує на те, що попит залишається стабільним, адже обсяги закупівель подвоюються, і товар успішно реалізовується. Однак на третій рік, при збільшенні обсягів до 80 штук, реалізація виявляється меншою, ніж очікувалося, що свідчить про необхідність аналізу та корекції стратегій.

Зміни в місці торгівлі, покупній спроможності та загальній економічній ситуації в країні на четвертому році вказують на те, що динаміка попиту може зазнавати значних коливань. Особливо важливою стає не лише реакція на попередні помилки, а й уміння адаптуватися до змін в зовнішньому середовищі, аналізувати та



враховувати фактори, що впливають на попит, для ефективного управління запасами та успішного ведення бізнесу.

Отже важливість успішного прогнозування є від'ємною частиною успішного розвитку бізнесу.

Наукова новизна та практична значимість.

Дослідження спрямоване на вирішення важливої наукової проблеми — розробка ефективних методів прогнозування обсягів продажів, специфічних для ринку металопрокату. Наукова новизна полягає в поєднанні інноваційних моделей та передових інформаційних технологій для підвищення точності прогнозування [3].

Практична значимість дослідження виявляється в можливості використання отриманих результатів для оптимізації стратегій продажів, удосконалення бізнес – процесів та забезпечення конкурентних переваг в продажі металопрокату [4].

Об'єкт та предмет дослідження.

Об'єкт дослідження є процес формування попиту на металопрокат

Предмет дослідження.

Предметом дослідження є методи, моделі та інформаційні технології для прогнозування попиту металопрокату

Мета та завдання дослідження.

Метою даного дослідження є розробка ефективних методів, моделей та інформаційних технологій для прогнозування обсягів продажів. Для досягнення цієї мети ставляться наступні завдання:

- Аналіз існуючих методів прогнозування.
- Розгляд сучасних моделей та їх застосування в галузі комп'ютерних наук.
- Вивчення інформаційних технологій для обробки та аналізу даних.
- Розробка власних методів або удосконалення існуючих для підвищення точності прогнозування.

Цей вступ підкреслює важливість теми, визначає актуальність та наукову новизну дослідження, а також конкретизує мету та завдання магістерської роботи.

Структура та обсяг роботи.

Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, 3 додатків. Загальний обсяг роботи становить 95 сторінок, робота містить 41 рисунок, 10 таблиць. Список використаних джерел складається з 32 джерел.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

У відповідності до наказу ректора Університету від 10.11.2023 р. № 217/10.11.2023, автором самостійно було виконано дослідження методів, моделей та інформаційних технологій оцінки релевантності наукових публікацій.



Мета і завдання дослідження.

Метою даного дослідження є розробка ефективних методів, моделей та інформаційних технологій для прогнозування обсягів продажів. Для досягнення цієї мети ставляться наступні завдання:

- Аналіз існуючих методів прогнозування.
- Розгляд сучасних моделей та їх застосування в галузі комп'ютерних наук.
- Вивчення інформаційних технологій для обробки та аналізу даних.
- Розробка власних методів або удосконалення існуючих для підвищення точності прогнозування.

Об'єкт дослідження.

Об'єкт дослідження є процес формування попиту на металопрокат

Предмет дослідження.

Предметом дослідження є методи, моделі та інформаційні технології для прогнозування попиту металопрокату.

Методи дослідження.

У роботі виконано літературний аналіз, що охоплює перегляд наукових джерел з прогнозування обсягів продажів металопрокату, та аналіз існуючих методів прогнозування. Детальне вивчення сучасних моделей, особливо глибоких нейронних мереж, буде проведено в контексті їх застосування. Додатково, буде проведено аналіз інформаційних технологій для обробки та аналізу даних, зокрема з використанням спеціалізованих програмних засобів. Експериментальний підхід забезпечує розробку та удосконалення методів прогнозування, а також їх тестування для оцінки ефективності в конкретному контексті металургійної галузі.

Наукова новизна.

поєднання інноваційних моделей та передових інформаційних технологій для підвищення точності прогнозування.

Практичне значення отриманих результатів.

можливість використання отриманих результатів для оптимізації стратегій продажів, удосконалення бізнес-процесів та забезпечення конкурентних переваг в продажі металопрокату.

Публікації.

Опубліковано тези доповідей у збірнику «MININGMETALTECH 2023 – THE MINING AND METALS SECTOR: INTEGRATION OF BUSINESS, TECHNOLOGY AND EDUCATION», 2023.

Структура та обсяг роботи.

Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, 3 додатків. Загальний обсяг роботи становить 95 сторінок, робота містить 41 рисунок, 10 таблиць. Список використаних джерел складається з 32 джерел.



## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ підкреслює важливість теми, визначає актуальність та наукову новизну дослідження, а також конкретизує мету та завдання магістерської роботи

У першому розділі зроблено висновок, що прогнозування попиту є критичним фактором для багатьох галузей, таких як роздрібна торгівля, логістика, виробництво та управління запасами. Використання нейронних мереж для прогнозування попиту має великий потенціал і може мати значний вплив на ефективність бізнесу. Ось декілька ключових причин, чому прогнозування попиту нейронними мережами важливо і як розвивається ця сфера в майбутньому:

- **Покращена точність прогнозування:** Нейронні мережі можуть забезпечити більш точні прогнози попиту, оскільки вони здатні аналізувати великі обсяги даних та виявляти складні залежності між різними факторами, що впливають на попит. Це дозволяє підприємствам зменшити помилки в прогнозуванні і забезпечити краще планування ресурсів та запасів.

- **Автоматизація та підвищена ефективність:** Використання нейронних мереж дозволяє автоматизувати процес прогнозування попиту, що зменшує залежність від людського фактору та підвищує ефективність. Моделі можуть швидко аналізувати великі обсяги даних та генерувати прогнози в реальному часі, що дозволяє підприємствам швидко реагувати на зміни в попиті та приймати правильні рішення.

- **Врахування складних залежностей:** Нейронні мережі можуть виявляти складні залежності та взаємозв'язки між різними факторами, які впливають на попит. Вони можуть аналізувати не тільки історичні дані про продажі, але й інші фактори, такі як погода, соціальні показники, економічні показники та інші зовнішні фактори. Це дозволяє отримувати більш повний і точний прогноз попиту.

- **Розвиток методів глибокого навчання:** Останні роки принесли значний прогрес у глибокому навчанні, зокрема у сфері нейронних мереж. Здійснюється вдосконалення архітектур мереж, оптимізація алгоритмів та зростання обчислювальної потужності. Ці поліпшення сприяють подальшому покращенню точності та швидкості прогнозування попиту. В майбутньому можна очікувати ще більші досягнення у цій галузі.

- **Використання великих обсягів даних:** Зростання доступності даних і покращення технологій збору даних дозволяють збирати та аналізувати все більші обсяги інформації. Нейронні мережі можуть використовувати ці великі обсяги даних для покращення прогнозування попиту. Чим більше даних доступно для навчання моделі, тим кращі будуть її прогнози.



- Підвищення конкурентоспроможності: Ефективне прогнозування попиту дозволяє підприємствам краще планувати виробництво, управляти запасами та оптимізувати ланцюг постачання. Це допомагає знижувати витрати, уникати нестачі або перепродажу товарів, а також покращує задоволення клієнтів та конкурентоспроможність підприємства.

У майбутньому можна очікувати інтеграцію нейронних мереж в управління ланцюгом постачання, розробку більш точних методів прогнозування попиту та розширення застосування цих методів на різні галузі. Більш точне прогнозування попиту допоможе підприємствам зменшити витрати, запобігти перевантаженням або недостачам товарів і покращити задоволення клієнтів.

У другому розділі отримані під час прогнозування результати свідчать про наявну можливість підвищення ефективності прогнозування попиту на металопрокату, якщо використовувати нейронні мережі. За допомогою Neural Designer можливо отримати прогнозні значення, які найбільш точно відображають реальний попит і виявляються найближчими до фактичних даних.


Застосування нейронних мереж виявляється перспективним напрямком у покращенні прогнозування в порівнянні з існуючим методом, що використовується в СМЦ. Такий підхід може призвести до більш точних та надійних прогнозів, які у своїй ситуації дозволять ефективніше управляти запасами металопрокату, оптимізувати виробничі процеси та забезпечити вищий рівень задоволення потреб замовників.

Перехід до використання нейронних мереж у прогнозуванні – це використання їхньої здатності виявляти складні залежності та взаємозв'язки між даними, які в свою чергу складно або непродуктивно можуть моделюватися іншими традиційними методами. Такий підхід відкриває нові можливості для оптимізації стратегій управління запасами та зростання ефективності у сфері постачання металопрокату.

У третьому розділі було створено чітку та структуровану модель для реалізації проекту прогнозування попиту металопрокату. Використання інструментів, таких як WBS, діаграма Ганта, IDEF0, контекстна діаграма, діаграма Use Case та BPMN, дозволяє не лише систематизувати завдання та етапи проекту, але й візуалізувати їх взаємозв'язки.

Ці моделі успішно виконують ключову роль у розумінні, оптимізації та управлінні проектом. Вони створюють чіткий контур для роботи, сприяючи плануванню та покращуючи взаємодію всіх учасників проекту.

Загалом, використання цих інструментів сприяє ефективному впровадженню методу прогнозування та підвищує важливість якісного моделювання в проекті.



У четвертому розділі проведений експертний та порівняльний аналіз, який показав, що найбільш точним є комбінований метод пошуку релевантності, а найбільш повним на результат пошуку є метод релевантності на основі вагів пар слів. Усі три обрані методи повернули більшу частину публікацій, які за експертною думкою є релевантними.

У п'ятому розділі з урахуванням отриманих висновків експериментів можна зробити висновок, що система забезпечує достатню точність прогнозування, особливо порівняно з існуючими методами. Проте для повного впровадження можливо знадобиться більше часу на розробку та впровадження готового рішення, оскільки необхідно буде створювати модель для кожного продукту окремо.

З огляду на різницю в точності прогнозування для різних продуктів, система може бути корисною для оптимізації витрат, управління запасами на складі та підвищення прибутковості компанії, зокрема щодо прогнозування попиту на металопрокат.

Проте важливо відзначити, що модель прогнозування вимагатиме додаткового дослідження та налаштувань для оптимального використання.

## ВИСНОВКИ

Аналіз стану питання, концепцій прогнозування попиту (літературний огляд, недоліки існуючих систем, сучасні тенденції) показав, що прогнозування попиту в сучасному бізнес-середовищі є надзвичайно важливим елементом управління, особливо в галузях, таких як роздрібна торгівля, логістика, виробництво та управління запасами. Аналіз літературних джерел та існуючих систем прогнозування попиту виявив певні недоліки, які можна ефективно вирішити за допомогою нейронних мереж.

Використання нейронних мереж для прогнозування попиту виявляє великий потенціал у полі підвищення точності прогнозування попиту, автоматизації та урахування складних запасів.

Основні переваги використання нейронних мереж включають підвищену точність прогнозів, автоматизацію процесу, здатність виявляти складні залежності та враховувати різноманітні фактори, такі як часові та економічні показники. Це дозволяє підприємствам краще планувати виробництво, управляти запасами та оптимізувати постачання.

Вирішуючи завдання з обґрунтування вибору методів теоретичних та експериментальних досліджень прогнозування попиту було побудовано та порівняно різні моделі прогнозування. Отримані під час досліджень результати свідчать про значущі можливості



підвищення ефективності прогнозування попиту на металопрокат за допомогою використання нейронних мереж. Використання Neural Designer виявилось важливим інструментом, що дозволяє отримувати прогнозні значення, які найбільш точно відображають реальний попит та найближчим чином відповідають фактичним даним.

Перехід до використання нейронних мереж у прогнозуванні є обґрунтованим стратегічним кроком, оснований на їхній здатності виявляти складні залежності та взаємозв'язки між даними. Це відкриває нові можливості для оптимізації стратегій управління запасами та підвищення ефективності в галузі постачання металопрокату. Такий перехід обіцяє сприяти підвищенню конкурентоспроможності та стабільності підприємства, забезпечуючи точні, адаптивні та ефективні стратегії управління попитом.


В розробці, програмно-методичного комплексу прогнозування попиту з використанням штучних нейронних мереж була розроблена чітка та структурована модель, що дозволила ефективно реалізувати поставлені завдання. Використання інструментів, таких як WBS, діаграма Ганта, IDEF0, контекстна діаграма, діаграма Use Case та BPMN, виявилось ключовим у систематизації завдань та етапів проекту, а також візуалізації їх взаємозв'язків.

Ці моделі відіграють важливу роль у розумінні, оптимізації та управлінні проектом. Вони створюють чіткий контур для роботи, полегшуючи планування та підвищуючи взаємодію всіх учасників проекту. Використання інструментів управління проектом сприяє не лише ефективному впровадженню методу прогнозування попиту, але і підвищує важливість якісного моделювання в рамках проекту.

Загалом, використання цих інструментів виявляється необхідним етапом у підвищенні ефективності управління проектом та сприяє успішному впровадженню методів прогнозування попиту на металопрокат.

Провівши дослідження модуля прогнозування обсягів попиту металопрокату на основі нейронних мереж із отриманих результатів експериментів можна зробити висновок, що розроблена система прогнозування обсягів попиту на металопрокат на основі нейронних мереж забезпечує високу точність прогнозів, особливо у порівнянні з існуючими методами. Це свідчить про потенціал використання нейронних мереж у сфері прогнозування попиту на металопрокат.

Проте, для повного впровадження системи можливо знадобиться додатковий час на розробку та впровадження готового рішення, оскільки необхідно буде створювати модель для кожного продукту окремо. Однак, з огляду на різницю в точності прогнозування для різних продуктів, система може стати корисною для оптимізації витрат, управління запасами та підвищення прибутковості компанії, зокрема щодо прогнозування попиту на металопрокат.



Важливо відзначити, що модель прогнозування вимагатиме додаткового дослідження та налаштувань для досягнення оптимального використання. Потребується уважний моніторинг та апгрейд системи відповідно до змін в ринкових умовах та особливостей попиту на різні види металопрокату. Такий підхід забезпечить довгострокову стабільність та ефективність системи прогнозування попиту.

Провівши економічні розрахунки впровадження моделі прогнозування попиту на основі нейронних мереж можна зазначити, що впровадження моделі прогнозування, базованої на використанні Neural Designer, обіцяє значний економічний ефект, який виявляється в перевищенні позитивного впливу над затратами на розробку та впровадження системи. Це робить впровадження такої моделі обґрунтованим та стратегічним рішенням для підприємства.

Отриманий економічний ефект може проявлятися у позитивному впливі на ефективність бізнес-процесів компанії та призводити до значного підвищення її прибутковості. Аналіз прибутковості компанії свідчить про можливість зменшення витрат і збільшення чистого прибутку завдяки впровадженню нової системи прогнозування попиту.

Зазначений економічний ефект визначає велику цінність та потенційний внесок впровадження прогнозної моделі на основі нейронних мереж у стратегію розвитку підприємства. При цьому важливо продовжувати моніторинг та оцінку ефективності системи відповідно до змін у бізнес-середовищі та попитових умовах для максимізації отриманого економічного вигоду.


Загалом враховуючи важливість точності прогнозування для бізнесу впровадження і розширене дослідження прогнозування за допомогою нейронних мереж має перспективи розвитку та застосування.

## ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

1. Lyashenko S. V. ANALYSIS OF METHODS OF FORECASTING VOLUMES OF ROLLED METAL DEMAND //Publishing House “Baltija Publishing”. – 2023.

## АНОТАЦІЯ

Ляшенко С. В.. Дослідження та проектування програмного рішення для прогнозування обсягів попиту металопрокату на основі нейронних



мереж. – Кваліфікаційна (магістерська) робота на здобуття освітньо-професійного рівня вищої освіти спеціалізації 122 «Комп'ютерні науки», освітньо-професійної програми «Комп'ютерні науки та цифровий інтелект». – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кривий Ріг, 2024.

Метою дослідження є розробка ефективних методів та інформаційних технологій для прогнозування обсягів продажів металопрокату. Задачі включають аналіз існуючих методів прогнозування, вивчення сучасних моделей, їх застосування в галузі комп'ютерних наук, а також вивчення інформаційних технологій для обробки та аналізу даних.

Результатами роботи є розроблена модель для вдосконалення методу прогнозування обсягів попиту металопрокату, поєднуючи аналіз існуючих підходів та використання передових методів, зокрема нейронних мереж. Для підтвердження важливості покращення методу прогнозування розроблена модель була протестована на тестових значеннях.

Результати роботи засвідчують економічну ефективність розробки та впровадження повноцінного методу для підвищення точності прогнозування. Інтеграція розробленого модуля в бізнес-процес компанії сприятиме оптимізації стратегій продажів, зниженню витрат і, в результаті, підвищенню прибутку компанії. Такий підхід не лише покращує конкурентоспроможність компанії на ринок бізнесу, але й сприяє створенню стабільної моделі в умовах нестабільного економічного середовища.


Ключові слова: прогнозування, попит, СМЦ, neural designer, вхідні історичні дані

## ABSTRACT

S. Lyashenko. Research and design of a software solution for forecasting the volume of demand for rolled metal on the basis of neural networks. – Qualification (master's) work for obtaining the educational and professional level of higher education, specialization 122 "Computer science", educational and professional program

"Computer Science and Digital Intelligence." – LLC "METINVEST POLYTECHNIC TECHNICAL UNIVERSITY", Kryvyi Rih, 2024.

The purpose of the study is to develop effective methods and information technologies for forecasting sales volumes of rolled metal. Tasks include the analysis of existing forecasting methods, the study of modern models, their application in the field of computer science, as well as the study of information technologies for data processing and analysis.



The results of the work are a developed model for improving the method of forecasting the volume of demand for rolled metal, combining the analysis of existing approaches and the use of advanced methods, in particular neural networks. To confirm the importance of improving the forecasting method, the developed model was tested on test values.

The results of the work prove the economic efficiency of the development and implementation of a full-fledged method for increasing the accuracy of forecasting. Integration of the developed module into the company's business process will help optimize sales strategies, reduce costs and, as a result, increase the company's profits. Such an approach not only improves the company's competitiveness for business profits, but also contributes to the creation of a stable model in the conditions of an unstable economic environment.

Keywords: forecasting, demand, SMC, neural designer, input historical data