

Концепція побудови інформаційної системи підприємства з використанням ШІ в рамках Індустрії 4.0

Дмитро Костарев^{1†}, Андрій Тевяшев^{1†}, Наталія Сизова^{2†} та Володимир Ткаченко^{1†}

¹ Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки 14, Харків, 61166, Україна

² Харківський національний університет міського господарства, вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002, Україна

Анотація

Подается концепція створення, використання та впровадження інтелектуальних інформаційних технологій управління промисловим підприємством шляхом використання штучного інтелекту.

Ключові слова

інформаційне моделювання, системи управління, промислове підприємство, штучний інтелект, Індустрія 4.0

1. Вступ

Сучасний розвиток економіки, використання цифрових технологій, ускладнення та удосконалення економічних моделей призвели до необхідності запровадження, пристосування до сучасних умов та зміни існуючих технологій управління підприємством, оскільки існуючі моделі управління підприємством стають мало ефективними. На даний час одним із ключових підходів розвитку економіки є підхід, що базується на Індустрії 4.0/5.0, характерні риси якого – розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, автоматизація та роботизація виробничих процесів [1, 2].

Актуальними постають питання створення та розвитку сучасних систем управління промисловими підприємствами, оскільки підприємства є рушійною силою економіки будь-якої держави. Одним із інноваційних методів управління промисловим підприємством є проактивне управління.

Проактивне управління ґрунтується на передбаченні можливих несприятливих процесів у функціонуванні та розвитку підприємств, що дозволяє підприємству бути готовим до можливих проблем, запобігати їх появі та вирішувати їх до того, як вони виникнуть [1, 2].

Одним із підходів проактивного управління є питання створення, використання та впровадження інтелектуальних інформаційних технологій управління промисловим підприємством шляхом використання нових технологій, таких як штучний інтелект, Інтернет промов, великі дані тощо. і створення інформаційної платформи [3]. Ефективне розв'язання завдань проактивного управління підприємством може бути реалізовано у складі інформаційних систем на основі штучного інтелекту [4, 5].

Information Systems and Technologies (IST-2024), November 26-28, 2024, Kharkiv, Ukraine

* Автор-кореспондент.

† Ці автори мають рівний внесок.

✉ dmytro.kostarev@nure.ua (Д. Костарев); andrew.teviashev@nure.ua (А. Тевяшев); sizovnataliad11@gmail.com (Н. Сізова); volodymyr.tkachenko@nure.ua (В. Ткаченко)

ORCID 0000-0002-9928-8571 (Д. Костарев); 0000-0001-5261-9874 (А. Тевяшев);

0000-0002-0103-1939 (Н. Сізова); 0000-0002-5076-0724 (В. Ткаченко)



© 2024 Copyright for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Метою роботи є розробка концепції інформаційної платформи для проактивного управління промисловим підприємством, що включає створення інформаційно-аналітичної системи на основі штучного інтелекту.

Для досягнення цієї мети передбачено вирішення наступних завдань дослідження::

- Аналіз існуючих підходів до проактивного управління підприємствами з акцентом на новітні інформаційно-комунікаційні технології.
- Розробка інформаційно-аналітичної системи на основі штучного інтелекту, здатної збирати, обробляти та аналізувати великі обсяги даних, отримані з виробничих ліній та датчиків.
- Впровадження передових рішень для прогнозування витрат ресурсів та оптимізації виробничих процесів з використанням алгоритмів машинного навчання та IoT.
- Моделювання автоматизованих процесів управління ресурсами на основі даних про споживання електроенергії, води, газу та сировини з можливістю передбачення відхилень та оперативного реагування на них.
- Розробка модулів для передиктивного обслуговування обладнання з використанням інтелектуальних алгоритмів аналізу стану технічного парку підприємства, що дозволить мінімізувати ризики поломок та знизити витрати на технічне обслуговування.
- Оптимізація процесів прийняття рішень керівниками підприємств на основі даних аналітики та прогнозів, наданих системою, з метою підвищення гнучкості та конкурентоспроможності підприємства.

2. Концепція інформаційної системи проактивного управління

Концепція інформаційної системи передбачає комплексний підхід до проактивного управління підприємством, починаючи від збору та обробки даних і закінчуючи підготовкою документів для впровадження їх у процес управління.

Концепція системи управління підприємствам у рамках Індустрії 4.0 передбачає:

- збір даних про витрати ресурсів на тих чи інших виробничих лініях (електроенергія, вода, газ, сировина);
- мати дані норми витрат у базі даних для встановлені на виробництво тих чи інших видів продукції, що випускаються на підприємстві;
- отримувати дані про кількість та якість сировини, необхідну для виготовлення продукції;
- дані про продаж тих чи інших видів продукції у попередній період, а також аналогічний період попередніх років (з CRM підприємства).

Інформаційна система на підставі аналізу даних система повинна:

- мати можливість адаптації лімітів сировини та витрат ресурсів на виробничих лініях залежно від виробленої продукції (встановлювати ліміт витрати ресурсів на ту чи іншу продукцію та у разі відхилення від прийнятих норм інформувати оператора);
- мати можливість прогнозувати витрати ресурсів залежно від встановленого виробничого плану;
- система повинна мати портфель пропозицій з виробництва тієї чи іншої продукції залежно від запланованого обсягу продажів на підставі інформації про вхідну сировину.

Використання передових технологій штучного інтелекту дозволяє не лише прискорити процеси, а й значно підвищити ефективність функціонування підприємства та його конкурентоспроможність.

3. Структура інформаційної системи

Структура інформаційної системи складається з інтегрованих підсистем – модулів, які мають такі компоненти.

1. Модуль збору даних про витрати ресурсів на виробничих лініях, що інтегрується з різними датчиками та вимірювальними пристроями на виробничих лініях для збору даних про споживання ресурсів (електроенергія, вода, газ). Він також пов'язаний із базою даних, де зберігаються нормативи витрати цих ресурсів для різних видів продукції.
2. Модуль повідомлення про відхилення від лімітів, що модуль дозволяє підприємству оперативно реагувати на будь-які відхилення у витраті ресурсів чи виробничих параметрах від встановлених норм. Наприклад, якщо витрата води або електроенергії на будь-якій виробничій лінії перевищує встановлений ліміт, система миттєво надсилає повідомлення відповідальним особам. Це дозволяє швидко ідентифікувати та усунути причини неефективності, запобігаючи додатковим витратам і втратам.
3. Модуль сповіщення про необхідність обслуговування обладнання. Система також включає модуль передиктивного обслуговування, який відстежує відпрацьовані мотогодини та інші параметри роботи обладнання. На основі цих даних система прогнозує оптимальні інтервали для проведення технічного обслуговування, що допомагає запобігти раптовим поломкам і простоям у роботі. Крім того, систематичне обслуговування обладнання продовжує його термін служби та підвищує загальну надійність виробництва.
4. Модуль контролю якості та кількості сировини (наприклад, молока). Цей модуль дозволяє отримувати дані про кількість і якість сировини, включаючи компоненти сировини та інші важливі параметри. Ця інформація використовується для планування виробничих процесів.
5. Модуль аналізу даних продажів з CRM. Система інтегрована з CRM підприємства для отримання даних про продаж різних видів продукції. Це дозволяє аналізувати сезонні тренди та переваги споживачів, наприклад, збільшення продажів йогуртів влітку та сметани взимку.
6. Модуль пропозицій щодо виробництва продукції. Використовуючи дані про передбачуваний обсяг продажів та інформацію про якість та кількість вхідної сировини, система пропонує оптимальний асортимент продукції для виробництва. Це допомагає підвищити ефективність виробництва та задовольнити попит споживачів.

Зв'язок між модулями системи проактивного управління підприємством представлений на рис. 1.

Інтегрована інформаційна система підприємства складається з взаємозалежних модулів, які спільно забезпечують оптимізацію виробничих процесів та ефективне управління ресурсами.

1. Модуль збору даних про витрати ресурсів: Цей модуль відповідає за автоматизований збір фактичних показників споживання ресурсів, таких як електроенергія, вода та газ, безпосередньо з датчиків і вимірювальних пристроїв

на виробничих лініях. Отримані дані співставляються з нормативними значеннями, що зберігаються в базі даних, для виявлення можливих відхилень.



Рисунок 1: Взаємозв'язок між модулями у системі управління підприємством

2. Модуль повідомлення про відхилення від лімітів: Отримуючи інформацію від першого модуля, цей компонент здійснює аналіз на предмет перевищення встановлених лімітів споживання ресурсів. У разі виявлення аномалій, модуль оперативно генерує сповіщення для відповідальних осіб, забезпечуючи швидку реакцію на потенційні проблеми.
3. Модуль сповіщення про необхідність обслуговування обладнання: Використовуючи дані про мотогодини та інші експлуатаційні параметри від модуля збору даних, цей модуль прогнозує оптимальні інтервали для проведення технічного обслуговування обладнання. Це дозволяє запобігти несподіваним поломкам та мінімізувати простой у виробництві.
4. Модуль контролю якості та кількості сировини: Цей компонент забезпечує моніторинг кількості та якості вхідної сировини, наприклад, молока. Отримані дані використовуються для точного планування виробничих процесів та гарантування відповідності продукції встановленим стандартам якості.
5. Модуль аналізу даних продажів з CRM: Інтегрований з системою CRM підприємства, цей модуль аналізує дані про продажі, враховуючи сезонні тренди та споживчі вподобання. Це дозволяє прогнозувати попит на різні види продукції та адаптувати виробництво відповідно до ринкових умов.
6. Модуль пропозицій щодо виробництва продукції: На основі інформації від модулів контролю сировини та аналізу продажів, цей модуль формує науково обґрунтовані пропозиції щодо оптимального асортименту та обсягів продукції для виробництва. Це сприяє підвищенню ефективності виробництва та максимальному задоволенню потреб споживачів.

Взаємодія модулів у системі:

- Модуль збору даних про витрати ресурсів тісно інтегрується з модулем повідомлення про відхилення від лімітів та модулем сповіщення про необхідність обслуговування обладнання. Така взаємодія забезпечує постійний контроль за споживанням ресурсів та технічним станом обладнання, що є критичним для безперервного та ефективного виробничого процесу.

- Модуль контролю якості та кількості сировини спільно з модулем аналізу даних продажів з CRM надають ключові дані для модуля пропозицій щодо виробництва

продукції. Ця взаємодія дозволяє синхронізувати виробничі плани з реальним станом ресурсів та ринковим попитом, забезпечуючи гнучкість та адаптивність виробництва.

- Модуль пропозицій щодо виробництва продукції виступає як центральний елемент, який інтегрує інформацію з різних джерел та генерує оптимальні виробничі стратегії. Це сприяє раціональному використанню ресурсів та підвищенню конкурентоспроможності підприємства.

Інтеграція цих модулів базується на принципах системного аналізу та управління, використовуючи сучасні інформаційні технології для забезпечення високої точності та оперативності в прийнятті рішень. Застосування передових методів збору та обробки даних дозволяє підприємству здійснювати проактивний контроль за всіма аспектами виробництва, від забезпечення ресурсами та сировиною, через контроль якості і планування до задоволення кінцевого споживача.

Такий системний підхід забезпечує синергію між різними функціональними областями підприємства, підвищуючи ефективність управління та сприяючи сталому розвитку в умовах динамічного ринкового середовища.

Автоматизація та підтримка прийняття рішень при такому підході дозволяє розробляти рекомендації з управління виробництвом, що базуються на аналізі поточних даних, історичних тенденцій та прогнозів.

4. Огляд інформаційної системи в концепції Індустрія 4.0

Можна відзначити, що на сьогоднішній день є розроблені інформаційні системи, серед яких інтелектуальна система ЕКОФЛЕКС [6], що є IoT системою і впроваджується відповідно до концепцій Industry 4.0/5.0 [7]. Ця система вирішує завдання моніторингу витрат споживання ресурсів, здійснює автоматизований збір, облік, зберігання даних та надає аналітичну інформацію щодо споживання та витрат ресурсів як для всього підприємства, так і окремих його підрозділів. Система ЕКОФЛЕКС постійно удосконалюється у напрямку створення та реалізації системи управління підприємством, це стосується таких потань як

1. Моніторинг витрат та споживання ресурсів: Система автоматично збирає дані про витрати ресурсів (електроенергії, води, газу) на виробничих лініях, забезпечуючи детальний аналіз та оптимізацію використання ресурсів для всього підприємства.
2. Автоматизований збір та обробка даних: ЕКОФЛЕКС здійснює збір, облік та зберігання великих обсягів даних, що дозволяє в режимі реального часу отримувати інформацію про споживання ресурсів на різних етапах виробництва.
3. Аналітика та надання звітів: Система надає аналітичну інформацію як для всього підприємства, так і для окремих підрозділів, дозволяючи керівникам приймати обґрунтовані рішення на основі даних.
4. Проактивне управління ресурсами: Використовуючи технології штучного інтелекту та великі дані, система здатна прогнозувати майбутні витрати ресурсів та заздалегідь попереджати про можливі відхилення або нестачі ресурсів, запобігаючи негативним наслідкам.
5. Автоматизація виробничих процесів: ЕКОФЛЕКС сприяє роботизації виробничих процесів, забезпечуючи автоматичне налаштування та адаптацію систем до змін у виробничих умовах.
6. Предиктивне обслуговування обладнання: Завдяки автоматизованому моніторингу роботи обладнання система може передбачати несправності, оптимізувати графіки технічного обслуговування та зменшувати ризик раптових поломок.

7. Оптимізація управлінських рішень: Система надає керівництву підприємства можливість оперативно реагувати на зміни у виробничих процесах, впроваджуючи проактивні рішення для покращення ефективності та конкурентоспроможності.

5. Наукові та технічні рішення в системі Екофлекс

При побудові системи було застосовано низку математичних моделей і методів для забезпечення її ефективності та надійності [8-10]. У модулі збору даних про витрати ресурсів використовувалися методи сигналового аналізу та статистичної обробки для точного вимірювання та фільтрації даних від датчиків. Модуль повідомлення про відхилення від лімітів базується на статистичному процесному контролі, зокрема на контрольних картах Шухарта, що дозволяє своєчасно виявляти аномалії у виробничих процесах.

Модуль сповіщення про необхідність обслуговування обладнання застосовує методи машинного навчання, такі як регресійні моделі та дерева рішень, для прогнозування технічного стану обладнання на основі аналізу часових рядів. У модулі контролю якості та кількості сировини використовуються статистичний контроль якості та класифікаційні алгоритми для оцінки відповідності сировини встановленим стандартам.

Модуль аналізу даних продажів з CRM використовує моделі прогнозування часових рядів, зокрема ARIMA та нейронні мережі LSTM, для прогнозування попиту з урахуванням сезонних трендів. Модуль пропозицій щодо виробництва продукції базується на методах оптимізації, таких як лінійне програмування та генетичні алгоритми, для визначення оптимального плану виробництва з метою максимізації прибутку.

Для побудови інформаційної системи Екофлекс використовуються сучасні технології. Система базується на модульній та мікросервісній архітектурі, з використанням Інтернету речей (IoT) для збору даних у реальному часі та систем реального часу для негайної обробки. Дані зберігаються в реляційних та нереляційних базах даних. Хмарні платформи забезпечують масштабованість.

Застосовуються технології штучного інтелекту: машинне навчання та предиктивна аналітика (TensorFlow, PyTorch) для прогнозування технічного обслуговування, аналізу продажів та оптимізації виробництва.

Штучний інтелект був технічно інтегрований у систему шляхом впровадження алгоритмів машинного навчання та аналітики даних у ключові модулі. У Модулі сповіщення про необхідність обслуговування обладнання були реалізовані предиктивні моделі, які на основі даних про мотогодини та інші параметри прогнозують оптимальний час для технічного обслуговування. Модуль аналізу даних продажів з CRM використовує алгоритми глибинного навчання для аналізу історичних даних продажів та прогнозування майбутнього попиту, враховуючи сезонні тренди. У Модулі пропозицій щодо виробництва продукції застосовані алгоритми оптимізації та ШІ для формування оптимального асортименту продукції, базуючись на даних про якість сировини та прогнозований попит. Модуль контролю якості та кількості сировини використовує технології ШІ для аналізу параметрів сировини в реальному часі та виявлення відхилень від норм. ШІ інтегрований у систему через ці модулі, підвищуючи ефективність, точність прогнозування та автоматизуючи процеси прийняття рішень.

Таким чином, система інтегрує моделі, архітектурні, технічні та програмні рішення з галузей статистики, машинного навчання, оптимізації та системного аналізу. Це забезпечує можливість ефективно обробляти великі обсяги даних, точно прогнозувати та оптимізувати виробничі процеси, що сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень і підвищенню загальної ефективності роботи підприємства.

6. Висновки

Впровадження технологій штучного інтелекту на підприємстві дозволяє досягти більшої гнучкості та адаптивності до змін ринкових умов і потреб споживачів. Автоматизація та прискорення бізнес-процесів сприяють підвищенню ефективності діяльності та забезпечують додаткову економію ресурсів. Ефективна інтеграція та застосування цих технологій і моделей не тільки покращують поточні операційні показники, але й гарантують довгострокову стійкість і конкурентоспроможність підприємства на ринку.

Описана концепція та наведений приклад представляють собою наступний крок у побудові подібних систем та їх впровадженні у виробничі процеси. Це демонструє можливості сучасних технологій у інтеграції з існуючими системами для досягнення більш високого рівня автоматизації та інтелектуалізації виробництва. Такий підхід є важливим етапом у реалізації концепції "Індустрія 4.0", де технології та дані стають ключовими елементами в управлінні підприємством.

Література

- [1] Schwab, K. "The Fourth Industrial Revolution". World Economic Forum, 2017. <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab/>.
- [2] Frank, AG, Dalenogare, LS, Ayala, NF "Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies". International Journal of Production Economics, 2019. International o Production Economics V 210. - p.15-26.
- [3] Ковтуненко Ю.В. Застосування штучного інтелекту в системі управління підприємством: проблеми та переваги / Ю.В. Ковтуненко // Економічний журнал Одеського політехнічного університету. - 2019. - № 2 (8). - С. 93-99. DOI: 10.5281/zenodo.4171114.
- [4] Фещур Р. В., Шишковський С. В., Якимів А. І. Інструменти управління проактивним розвитком підприємств // Бізнесінформ – 2018. № 2. – С.283-289.
- [5] Чорноус Г. Інформаційне забезпечення проактивного управління // Вісник КНТЕУ, 2012. – №5. – С.102-114.
- [6] <https://flexsys.com.ua/o-nas/>
- [7] Задорожний Г.В., Дуна Н.Г., Задорожна О.Г., Особливості та перспективи індустрії 4.0 в економіці України (науковий огляд) // Вісник економічної науки України, 2021. - № 1. - с.159-179.
- [8] Баган Т.Г. Методи машинного навчання при проектуванні автоматизованих систем керування [Електронний ресурс] /Т. Г. Баган - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 28 с.
- [9] Литвин В. В. Методи та засоби інженерії даних та знань / В.В. Литвин, Ю.В.Нікольський, В.В. Пасічник – Львів: Магнолія 2006, 2021. - 252 с.
- [10] D. B. Kostarev, A. D. Tevyashev, N. D. Sizova, V. P. Tkachenko. Analysis of the Problem of Forecasting in Proactive Enterprise Management / Intelligent Sustainable Systems. Selected Papers of WorldS4 2023, Volume 1. - 2024. -PP. 539-549. <https://doi.org/10.1007/978-981-99-8031-4>.