**Арсенюк Ігор Ростиславович, к. т. н., доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця**

**ORCID: 0000-0003-4045-6144**

**Черниш Роман Олександрович, студент 5-го курсу, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця**

ORCID: 0000-0002-6245-0707

**Підхід щодо реалізації технології планування виробництва**

Актуальність автоматизації виробничого планування з використанням штучного інтелекту (ШІ) обумовлена зростаючими вимогами до гнучкості та ефективності виробничих систем. У традиційних системах планування часто виникають проблеми з урахуванням складних взаємозв’язків між процесами та динамічними змінами у наявності ресурсів [1]. Це обмежує можливості своєчасного оновлення планів та може призводити до простоїв через неузгодженість графіків або недостатню адаптацію до несподіваних змін.

Існуючі системи, такі як SAP APO (Advanced Planner and Optimizer), Oracle APS (Advanced Planning & Scheduling) і Microsoft Dynamics, є широко використовуваними інструментами для виробничого планування, але мають свої недоліки [2, 3, 4]. Основна проблема полягає в тому, що більшість з цих та багатьох інших систем є універсальними, що призводить до певних обмежень у гнучкості та адаптивності під специфічні вимоги конкретного виробництва. Така універсальність призводить до того, що відповідні системи не завжди враховують унікальні параметри кожного підприємства, і їх адаптація може потребувати значних зусиль і ресурсів.

Недоліками існуючих систем є також обмежені можливості щодо прогнозування та адаптації до реальних виробничих умов. Зокрема, вони часто не можуть оперативно реагувати на зміни у доступності працівників або ресурсів, а також мають обмежену інтеграцію з моделями глибинного навчання, що дозволяють передбачати затримки та розподіляти ресурси оптимально. Крім того, такі системи можуть мати низьку швидкість розрахунків, що обмежує їх ефективність у реальному часі. Це створює потребу у розробці нових моделей, здатних працювати у режимі реального часу з урахуванням різних обмежень та змінних параметрів виробничого середовища.

**Результати дослідження**

Основна мета застосування ШІ в управлінні виробництвом полягає в оптимізації розподілу ресурсів і розкладів у реальних умовах. Це дозволяє уникати колізій між завданнями, адаптувати графіки до доступності працівників та обладнання. Наприклад, згідно з дослідженнями, ефективність розкладів значно підвищується завдяки методам ШІ, таким як навчання на основі даних та адаптивні алгоритми, що забезпечують швидку реакцію на зміни [5].

Автоматизація процесу розкладу за допомогою ШІ враховує кількість доступного обладнання, працівників і ресурсів. Моделі, створені на основі глибинного навчання, дозволяють передбачати можливі затримки й перенаправляти ресурси для забезпечення безперервності виробництва [6]. Крім того ШІ може застосовуватися для обробки та аналізу великих масивів даних, що дозволяє знижувати витрати та підвищувати загальну продуктивність, надаючи візуалізацію та інсайти, необхідні для оптимізації процесу [7, 8].

Пропонується здійснити реалізацію технології планування виробництва шляхом інтеграції штучного інтелекту, що дозволяє забезпечити гнучке та адаптивне управління ресурсами, мінімізуючи ризики простоїв та покращуючи ефективність виробничих процесів. Основний підхід передбачає використання методів машинного навчання для аналізу даних і оптимізації розкладу, що дозволяє враховувати динамічні зміни в ресурсах та умовах виробництва.

В основі пропонованого підходу лежить застосування моделей, які враховують обмеження наявності обладнання, доступність персоналу, а також послідовність завдань, що повинна бути дотримана для забезпечення безперервності процесів. Зокрема, застосування алгоритмів прогнозування, таких як LSTM та ARIMA, допомагає визначити оптимальний розподіл ресурсів, прогнозуючи можливі збої або зміни в попиті на ресурси [9, 10]. Це дозволяє заздалегідь планувати необхідні коригування у виробничому розкладі, забезпечуючи стабільність та ефективність виробництва.

Для досягнення високої точності у розкладанні процесів пропонується також використовувати комбінування алгоритмів обмеженого програмування (наприклад, OR-Tools) з методами глибинного навчання. Такий підхід дозволяє автоматично генерувати оптимальні розклади, враховуючи множину умов та обмежень. Використання OR-Tools дозволяє уникати конфліктів у розкладі завдяки накладанню обмежень на розподіл ресурсів і унеможливленню одночасного використання одного обладнання або працівника у різних процесах.

Реалізація запропонованої технології базується на покроковій обробці даних, що містить підготовку, фільтрацію та вибір ключових ознак, які є релевантними для кожного виробничого процесу. Такий підхід дозволяє адаптувати модель до унікальних характеристик конкретного виробництва та забезпечує ефективність її роботи.

**Висновки**

Впровадження ШІ для планування виробничих процесів сприяє значному поліпшенню адаптивності системи, дозволяє підвищити точність, та ефективність розподілу ресурсів і знижує загальні витрати. Завдяки застосуванню інтелектуальних алгоритмів, виробничі підприємства можуть досягти більш високих рівнів автоматизації та гнучкості, що є необхідними умовами для успішного функціонування у цифровій економіці. Використання адаптивних алгоритмів та моделей прогнозування дає змогу уникати конфліктів у розкладі, оперативно реагувати на збої у виробничому процесі, забезпечувати ефективне планування та підвищувати загальну продуктивність підприємства.

**Список використаних джерел**

1. Мялковський Д. В., Месюра В. І., Арсенюк І. Р. Порівняльний аналіз методів оптимізації для задачі планування поставок // Тези доповідей LІ науково-технічної конференції факультету автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій. – Вінниця: ВНТУ, 2022. – Електронний ресурс. – Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2022/paper/view/15952/13386.

2. SAP APO (Advanced Planner and Optimizer) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.sap.com/products/scm/advanced-planner-optimizer.html.

3. Oracle APS (Advanced Planning & Scheduling) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.oracle.com/applications/supply-chain-management/advanced-planning/.

4. Microsoft Dynamics 365 for Finance and Operations [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dynamics.microsoft.com/en-us/finance-operations/.

5. Del Gallo M., Mazzuto G., Ciarapica F. E., Bevilacqua M. Artificial Intelligence to Solve Production Scheduling Problems in Real Industrial Settings: Systematic Literature Review // Electronics. – 2023. – Режим доступу: https://doi.org/10.3390/electronics12234732.

6. Zhang Y., Ding G., Zou Y., Qin S., Fu J. Review of job shop scheduling research and its new perspectives under Industry 4.0 // Journal of Intelligent Manufacturing. – 2019. – DOI: 10.1007/s10845-019-01467-w.

7. Bote J., Tolio T., Urgo M. Adaptive Manufacturing Scheduling Under Disruptions: A Review and New Perspective // Production Planning & Control. – 2021. – Режим доступу: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09537287.2020.1752065.

8. Lee J., Bagheri B., Kao H. A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems // Manufacturing Letters. – 2015. – Vol. 3. – Режим доступу: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213846316300049.

9. Makridakis S., et al. Artificial Intelligence in Production Management: Current Applications and Future Outlook // Computers & Industrial Engineering. – 2022. – DOI: 10.1016/j.cie.2022.108508.

10. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation. – 1997. – Vol. 9, No. 8. – P. 1735-1780. – DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.

11. Zhang G. P. Time Series Forecasting Using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model // Neurocomputing. – 2003. – Vol. 50. – P. 159-175. – DOI: 10.1016/S0925-2312(01)00702-0.