

транспортної пригоди у відеопотоці, що надходить від комп'ютеризованих систем відеонагляду.

У межах дослідження проаналізовано актуальні підходи до обробки відеоданих, зокрема моделі глибинного навчання, такі як YOLO та інші представники сімейства згорткових нейронних мереж. Розглянуто ключові характеристики, за якими можна виявити потенційну аварію: нестандартні зміни траєкторій руху транспортних засобів, раптове гальмування, зіткнення об'єктів або поява фрагментів ушкоджень на дорозі.

На основі аналізу сформовано архітектуру системи, що включає модуль виявлення транспортних засобів, блок аналізу поведінкових аномалій та механізм сповіщення про підозрілу подію. Для забезпечення роботи в режимі реального часу застосовано оптимізовані моделі нейронних мереж та методи попередньої обробки кадрів, що підвищують продуктивність системи.

Перевірку працездатності розробленого підходу здійснено на реальних відеофрагментах дорожніх камер, де присутні як звичайні ситуації, так і сцени з аваріями. Під час експериментів встановлено, що комбінація згорткових нейронних мереж з аналізом траєкторій руху забезпечує високу точність автоматичного визначення більшості типів ДТП.

Отримані результати підтверджують доцільність інтеграції методів комп'ютерного зору в системи відеоспостереження, а запропонований підхід може слугувати основою для вдосконалення інфраструктури моніторингу дорожнього руху та підвищення рівня безпеки на транспортних магістралях.

УДК 658.62:664

В.В. Левицький, канд. техн. наук, доцент, А. Г. Микитишин, канд. техн. наук, доцент, А.Ю. Гураль, А.В. Михайлюк
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИГОТОВЛЕННЯ КИСЛОМОЛОЧНИХ СИРІВ

V.V. Levytskyi, Ph.D., Assoc. Prof., A.G. Mykytyshyn, Ph.D., Assoc. Prof., A.Yu. Gural, A.V. Mykhailiuk

AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF FERMENTED CHEESE PRODUCTION

Технологічний процес виготовлення дитячих сирків включає низку взаємозалежних етапів: приймання молока, очищення, нормалізація, пастеризація, введення заквасочних культур, термостатне зсідання, видалення сироватки, механічне оброблення сирного згустку, додавання наповнювачів, гомогенізація, фасування та охолодження.

Для забезпечення стабільної якості та безпечності продукції визначено критичні контрольні точки:

- температура пастеризації: 85–92 °C;
- час витримки пастеризації: 20–30 с;
- рН на стадії зсідання: 4,6–4,7;
- швидкість перемішування під час гомогенізації: 800–1400 об/хв;
- температура охолодження перед фасуванням: 4–6 °C.

Ідентифіковано ділянки з високими вимогами до точності керування: пастеризатор, термостатна ванна, сепаратор-нормалізатор, гомогенізаційний модуль. Саме вони формують основу для побудови автоматизованих контурів регулювання.

Архітектура АСКТП сформована за модульним принципом та включає такі апаратні компоненти:

1. ПЛК середнього рівня (Siemens S7-1200 або аналог), що підтримує цифрові та аналогові входи/виходи, зв'язок по Modbus TCP та можливість інтеграції зі SCADA.
2. Датчики температури (Pt100, термопари типу ТХК) з точністю $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ для зони пастеризації.
3. Електродні або ISFET-датчики рН, стійкі до молочної середовища, з автоматичною температурною компенсацією.
4. Частотні перетворювачі для керування насосами і мішалками, що дає можливість регулювати витрати і швидкість перемішування з похибкою не більше ніж $\pm 2\%$.
5. Витратоміри (електромагнітні) для контролю подачі молока та дозування компонентів.
6. Система SCADA (WinCC, Ignition, TRACE MODE), що забезпечує візуалізацію технологічних параметрів, архівування, формування звітів і передачу даних на рівень MES.

На рівні SCADA передбачено модулі журналювання, діагностики відмов, керування рецептами та відображення трендів критичних параметрів.

Розроблена структурна схема АСКТП містить три логічні рівні:

1. Нижній рівень (польові пристрої). Включає датчики температури й рН, виконавчі механізми (клапани, насосні агрегати, мішалки), частотні перетворювачі та локальні контролери. Уся інформація передається до ПЛК через аналогові входи або цифрові інтерфейси.
2. Середній рівень (ПЛК), що реалізує контури регулювання:
 - PID-регулятор температури пастеризації з компенсацією інерційності теплообмінника.
 - Алгоритм керування термостатним зсіданням, що автоматично коригує тривалість процесу відповідно до зміни рН.
 - Регулювання швидкості перемішування у процесі гомогенізації через частотний привід.
 - Логічний алгоритм керування етапами технологічного циклу: послідовне вмикання насосів, перемикання клапанів, блокування нештатних станів (перегрів, відсутність продукту, перевищення тиску).

Передбачена можливість дистанційної зміни рецептури (температурних кривих, швидкостей та часових параметрів).

3. Верхній рівень (SCADA), що забезпечує:

- візуалізацію стану всіх технологічних вузлів;
- архівування температурних та рН-показників з дискретністю 1–2 с;
- побудову звітів для системи НАССР;
- можливість ручного або напівавтоматичного керування режимами.

Для аналізу роботи контурів регулювання виконано моделювання у середовищі MATLAB/Simulink. Модель включає:

- теплову підсистему пастеризатора як об'єкт 2-го порядку з нелінійністю теплообміну;
- модель динаміки рН-зміни під час ферментації з урахуванням кінетики молочнокислих бактерій;
- модель приводу мішалки з урахуванням моменту навантаження.

- Результати моделювання показали:
- час встановлення температури пастеризації: 18–25 с, перерегулювання < 4 %;
- стабілізацію рН у визначеному діапазоні з відхиленням не більше $\pm 0,02$;
- зниження енергоспоживання насосів на 7–12% при використанні частотних перетворювачів.

Таким чином, розроблена автоматизована система керування технологічним процесом виготовлення дитячих сирків забезпечує комплексний контроль критичних технологічних параметрів, підтримує стабільність якості продукції та підвищує ефективність роботи виробничої лінії. Запропонована архітектура може бути адаптована для інших молочних продуктів та інтегрована в загальнозаводську систему управління виробництвом (MES/ERP). Подальші дослідження передбачають застосування алгоритмів предиктивного керування (MPC) та машинного навчання для прогнозування зміни рН і оптимізації рецептурних режимів.

Література

5. Patil, M., Riyaj, S. A., Shahabuddin, S. S., & Kanifnath, W. H. (2025). PLC and SCADA Design of Dairy Industry. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 10(10), 816–820.

6. Shraga, R., Katz, G., Badian, Y., Calderon, N., & Gal, A. (2022). From Limited Annotated Raw Material Data to Quality Production Data: A Case Study in the Milk Industry. *arXiv*.

7. Keskin, E., & Yildirim, İ. O. (2025). Cultivating Precision: Comparative Analysis of Sensor-Based Yogurt Fermentation Monitoring Techniques. *arXiv*.

8. Тузова, Д. К. (2023). Автоматизація процесу виготовлення сухого молока для сиру. *Центральноукраїнський нац. техн. ун-т*.

УДК 004.4

Р.В. Лесик

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ У ВЕБТРЕНАЖЕРІ ПАМ'ЯТІ

R.V. Lesyk

RESEARCH ON ADAPTIVE ALGORITHMS FOR COGNITIVE LOAD REGULATION IN A WEB MEMORY TRAINER

Адаптивні математичні моделі та алгоритми регулювання когнітивного навантаження у вебтренажерах пам'яті є актуальною задачею сучасних технологій, пов'язаною з розробкою інтелектуальних систем навчання та цифрових платформ для персоналізованого розвитку когнітивних здібностей. Вони забезпечують динамічне підлаштування складності завдань відповідно до індивідуальної продуктивності користувача, підвищуючи ефективність тренування короткочасної та робочої пам'яті. Використання таких алгоритмів у вебсередовищі дозволяє реалізувати моніторинг показників продуктивності, автоматичну корекцію рівня складності завдань та аналіз динаміки навантаження у реальному часі. У межах цієї роботи планується дослідження методів побудови адаптивних алгоритмів, оцінка їх ефективності у вебтренажері та визначення перспектив подальшого розвитку інтелектуальних навчальних систем [1].