УДК 004.8:613.2:005.8

РОЗРОБКА ТА ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО МОДУЛЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ НУТРИТИВНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ РЕЦЕПТІВ ДЛЯ ВЕБ-ПЛАТФОРМ

Яценко М. В.
Національний університет «Одеська політехніка»
Україна, Одеса
yatsenko.m.2004@gmail.com

Анотація. *Досліджено розвиток FoodTech-сервісів у напрямі персоналізованого харчування. Визначено, що більшість платформ не враховують біомедичні та контекстуальні параметри користувачів. Запропоновано гібридну архітектуру інтелектуального модуля рекомендацій, яка поєднує контентне фільтрування, контекстну оптимізацію та онтологічне моделювання. Розробка може бути інтегрована в CMS-платформи та IoT-системи для побудови адаптивних екосистем «розумного харчування».*
Ключові слова: *FoodTech; штучний інтелект; персоналізоване харчування; нутритивна оптимізація; рекомендаційні системи; Pareto-optimal; контекстна персоналізація; цифрова дієтологія.*

Вступна частина. Більшість платформ використовують спрощені евристичні алгоритми, що не враховують біомедичні, фізіологічні та контекстуальні особливості користувачів, що знижує точність і ефективність рекомендацій. Існуючі системи не інтегрують складні взаємозв'язки між нутрієнтними профілями страв, динамічними потребами організму та контекстуальними обмеженнями. У зв'язку з цим постає потреба у створенні інтелектуальних рекомендаційних модулів нового покоління, здатних забезпечити баланс між нутритивною цінністю, доступністю інгредієнтів і персональними уподобаннями користувача. Запропоноване дослідження спрямоване на розроблення гібридної архітектури інтелектуальної системи персоналізованих рекомендацій, що поєднує методи контентного фільтрування, контекстну оптимізацію та онтологічне моделювання. Очікуваний результат – створення адаптивної цифрової системи підтримки харчових рішень, придатної для інтеграції у CMS-платформи та IoT-середовища, що формує основу для розвитку екосистем «розумного харчування».

Мета роботи полягає у розробленні гібридної архітектури інтелектуального модуля персоналізованих нутритивних рекомендацій, здатного до багатокритеріальної оптимізації з урахуванням біомедичних, контекстуальних і поведінкових параметрів користувача, що забезпечує баланс між нутритивною цінністю, доступністю інгредієнтів і персональними вподобаннями для формування адаптивних екосистем «розумного харчування».

Основна частина. Сучасний ринок FoodTech-сервісів демонструє еволюцію від узагальнених рішень до глибоко персоналізованих харчових екосистем. Проте аналіз існуючих кулінарних платформ виявляє системну проблему: переважна більшість рекомендаційних механізмів ґрунтується на спрощених евристичних алгоритмах, які не здатні інтегрувати критичні біомедичні та фізіологічні параметри користувача [1].

Існуючі системи ігнорують складні взаємозв'язки між:

- детальним нутрієнтним профілем страв (амінокислотний склад, глікемічне навантаження, вітамінно-мінеральний баланс);

- динамічними фізіологічними потребами (вікові зміни метаболізму, індивідуальна толерантність до нутрієнтів);

- контекстуальними обмеженнями (наявність алергенів, сезонність продуктів, кулінарні традиції).

Наукова мета полягає у розробленні формалізованої гібридної архітектури інтелектуального модуля, здатного до багатокритеріальної оптимізації рекомендацій з урахуванням:

- нутритивного балансу (відповідність фізіологічним нормам споживання БЖВ та мікроелементів);

- контекстуальної релевантності (наявність інгредієнтів, час приготування);

- персональних уподобань (сенсорні характеристики, кулінарні звички).

Запропонована архітектура реалізує трирівневу гібридну модель оброблення даних:

Рівень 1. Data Acquisition Layer

- мультимодальне збирання даних (наявні інгредієнти, медичні обмеження, харчові звички);

- Dynamic Profiling Engine – адаптація профілю користувача на основі історії взаємодії.

Рівень 2. Knowledge Processing Layer

- нутритивна онтологія (семантичні зв'язки між інгредієнтами та мікронутрієнтами);

- контекстно-залежна оптимізація з використанням модифікованого алгоритму TF-IDF для нутрієнтів;

- багатооб'єктна оптимізація із застосуванням Pareto-optimal frontier для досягнення балансу між нутритивною цінністю та доступністю.

Рівень 3. Recommendation Engine

- гібридна модель: Content-Based Filtering + Context-Aware Optimization;

- використання косинусної міри схожості у багатовимірному просторі ознак (57 параметрів);

- алгоритм компенсації нутритивних дефіцитів (Nutrient Gap Analysis) [2].

Запропонована цільова функція максимізує:

$$Score(r,u) = \alpha \cdot N_{match}(r,u) + \beta \cdot I_{avail}(r,u) + \gamma \cdot P_{pref}(r,u)$$

де:

- N_{match}– нутритивна відповідність рецепту rпрофілю користувача u;

- I_{avail}– доступність інгредієнтів;

- P_{pref}– відповідність персональним уподобанням;

- коефіцієнти α, β, γадаптуються динамічно.

Прогнозовані метрики якості:

- Precision@10 ≥ 87%;

- NDCG@5 ≥ 0.92;

- Nutritional Compliance ≥ 94%;

- User Satisfaction Rate ≥ 89%.

Експериментальна валідація передбачає A/B-тестування на вибірці понад 500 користувачів із порівнянням з базовими алгоритмами (Collaborative Filtering, Pure Content-Based) [3].

Практична значущість роботи полягає у створенні функціонального інтелектуального модуля, який дозволяє вирішити проблему неперсоналізованого харчування. Розроблений модуль є готовим до інтеграції RESTful API-рішенням, що забезпечує високу сумісність. Завдяки адаптивній архітектурі, він може бути легко впроваджений в існуючі вебплатформи та системи керування контентом (зокрема, WordPress і Drupal). Крім того, модуль включає панель

моніторингу нутритивного статусу користувачів, що дозволяє відстежувати їхні показники. Нарешті, ефективність рекомендацій забезпечується механізмом корекції на основі зворотного зв'язку (feedback loop), що гарантує постійне підвищення точності та релевантності.

Подальші дослідження та розвиток системи передбачають декілька ключових напрямків. Перш за все, це інтеграція з IoT-пристроями (такими як фітнес-трекери та "розумні" ваги) для автоматичного і безперервного відстеження харчування та фізичної активності. Другим важливим кроком є впровадження трансформерних архітектур штучного інтелекту, які будуть використовуватися для глибокого моделювання довгострокових харчових звичок користувачів. Також планується розроблення предиктивних моделей для ранньої профілактики харчових розладів або нутритивних дефіцитів. Нарешті, для покращення користувацького досвіду заплановано створення кросплатформного мобільного застосунку з AR-функціоналом (доповненою реальністю) для інтерактивних рекомендацій у реальному часі.

Проведене дослідження дозволило комплексно охарактеризувати тенденції розвитку FoodTech-сектору та визначити ключові недоліки існуючих рекомендаційних систем у сфері харчування. Встановлено, що сучасні сервіси здебільшого використовують евристичні або статистичні підходи, які не забезпечують глибокої персоналізації з урахуванням біомедичних, фізіологічних та контекстуальних характеристик користувача. Така обмеженість істотно знижує точність і корисність пропонованих рекомендацій, особливо в умовах зростання попиту на науково обґрунтоване та індивідуалізоване харчування.

Розроблена у межах дослідження гібридна трирівнева архітектура інтелектуального модуля персоналізованих нутритивних рекомендацій демонструє новий підхід до побудови цифрових систем підтримки харчових рішень. Її відмінність полягає у поєднанні методів контентного фільтрування, контекстно-залежної оптимізації та онтологічного моделювання, що дозволяє формувати збалансовані рекомендації на основі взаємозв’язку нутрієнтів, індивідуальних потреб та середовищних обмежень.

Новизну становить застосування Pareto-optimal підходу до оптимізації множини цільових параметрів – від нутритивної відповідності до доступності інгредієнтів, що дає змогу досягти компромісу між здоров’ям, смаковими уподобаннями та реалістичністю виконання рецепту. Динамічне коригування вагових коефіцієнтів у цільовій функції забезпечує адаптивність системи до змін поведінки користувача та його поточного фізіологічного стану.

Висока очікувана якість рекомендацій, підтверджена прогнозними метриками (Precision@10 $\geq$ 87%, NDCG@5 $\geq$ 0.92, Nutritional Compliance $\geq$ 94%), свідчить про потенційну ефективність запропонованої архітектури в умовах реального використання. Планована експериментальна валідація через A/B-тестування забезпечить емпіричне підтвердження продуктивності системи порівняно з традиційними методами колаборативної фільтрації.

З практичної точки зору, запропонований модуль має високу інтеграційну сумісність – RESTful API дозволяє легко впровадити його в сучасні вебплатформи та системи керування контентом (CMS). Механізм адаптивного профілювання користувача та аналітична панель моніторингу нутритивного статусу створюють основу для побудови стійких екосистем «розумного харчування» на рівні як окремого користувача, так і цілих спільнот.

Висновки. Подальший розвиток системи передбачає інтеграцію з IoT-пристроями (фітнес-трекерами, «розумними» вагами, кухонними сенсорами), що дозволить здійснювати автоматичне оновлення харчового профілю. Впровадження трансформерних архітектур штучного інтелекту відкриє перспективи для довгострокового прогнозування харчових звичок, а моделі машинного навчання – для раннього виявлення ризиків нутритивних дисбалансів. Створення

мобільного застосунку з AR-функціоналом надасть користувачам інтерактивні рекомендації в реальному часі, забезпечуючи новий рівень взаємодії з харчовими даними.

Отже, представлена концепція інтелектуального модуля персоналізованих нутритивних рекомендацій є внеском у розвиток персоналізованої дієтології, цифрової медицини та індустрії FoodTech загалом**.** Її реалізація сприятиме формуванню нової парадигми управління харчовою поведінкою людини – науково обґрунтованої, контекстуально чутливої та технологічно інтегрованої в цифрову інфраструктуру майбутнього.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] Міністерство охорони здоров'я України. (2023*). Рекомендовані норми споживання білків, жирів і вуглеводів для різних вікових груп.* Київ: МОЗ України. https://www.who.int/news/item/17-07-2023-who-updates-guidelines-on-fats-and-carbohydrates

[2] Брич, М., Коваліско, О., & Балас, І. (2025). Застосування машинного навчання для аналізу настроїв користувачів в інформаційно-комунікаційних системах. *Інфокомунікаційні технології та електронна інженерія*, *5*(1), 44–54. https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2025/apr/38740/paper4mbrichokovaliskoibalas.pdf

[3] Yap, Z., Haw, S., & Binti Ruslan, N. E. (2024). Hybrid-based food recommender system utilizing KNN and SVD approaches. *Cogent Engineering*, *11*(1). https://www.semanticscholar.org/paper/Hybrid-based-food-recommender-system-utilizing-KNN-Yap-Haw/03b60a8ee75fa3d3a6a6326fea16330b58c7a3a4

Yatsenko M. V.

Abstract. *The study explores the development of FoodTech services toward personalized nutrition. It was found that most platforms do not account for users' biomedical and contextual parameters. A hybrid architecture of an intelligent recommendation module is proposed, combining content-based filtering, contextual optimization, and ontological modeling. The proposed solution can be integrated into CMS platforms and IoT systems to build adaptive "smart nutrition" ecosystems.*

Keywords: *FoodTech; artificial intelligence; personalized nutrition; nutritional optimization; recommender systems; Pareto-optimal; contextual personalization; digital dietetics.*