

АНОТАЦІЯ

Ладигець В.І. Інтелектуальна система планування збалансованого харчування людини. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології». – Київський національний університет будівництва і архітектури. – Київ, 2025.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню завдання надання людям надійної, науково обґрунтованої, ефективної і загальнодоступної системи персоналізованого планування збалансованого харчування.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у тому, що:

вперше розроблено:

- метод рекомендації рецептів, що дозволяє враховувати персональні вподобання користувача та його обмеження щодо інгредієнтів та технік приготування страв;
- інтелектуальну систему планування збалансованого харчування людини;

удосконалено:

- модель збалансованого харчування людини в напрямку врахування обмежень щодо інгредієнтів та технік приготування страв;

набули подальшого розвитку:

- технологія створення гібридних систем планування харчування в напрямку покращення адаптивності та ефективності роботи з великою кількістю даних в режимі реального часу за рахунок обґрунтованого вибору і окремого тренування моделей машинного навчання, які використовуються для формування рецептів страв;

- концепція створення гібридних систем планування харчування, що на відміну від існуючих, фокусуються на рекомендації плану харчування, а не пропозиції рецептів однієї страви.

Основний зміст дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота присвячена задоволенню потреби багатьох людей в надійних системах, що забезпечують персоналізоване збалансоване планування харчування з урахуванням таких індивідуальних особливостей користувачів, як дієтичні обмеження, алергії, цілей щодо калорійності та балансу поживних речовин.

Запропоновано концептуальну модель інтелектуальної системи планування харчування людини і метод рекомендації рецептів страв. Запропоновано і протестовано системи рекомендації, що призначені для вирішення задачі формування меню блюд різних категорій прийому їжі в системі планування персоналізованого меню. Для систем рекомендацій обґрунтовано вибір таких моделей машинного навчання, як модель сингулярного розкладання матриці і модель широкого та глибокого навчання. Результати навчання кожної з цих систем рекомендацій страв кожного прийому їжі показали, що використання окремих моделей для різних категорій прийомів їжі підвищує точність рекомендацій.

За результатами дослідження розроблено:

- метод рекомендації рецептів, що дозволяє враховувати персональні вподобання користувача та його обмеження щодо інгредієнтів та технік приготування страв;
- інтелектуальну систему планування збалансованого харчування людини.

У першому розділі «Аналіз сучасних систем рекомендацій і планування харчування людини» висвітлено основні нюанси поняття «рекомендаційна система»; проведено аналіз сучасних систем рекомендацій

і планування харчування людини; проаналізовано сучасні підходи до побудови систем, які здатні полегшити вибір меню і планування харчування людини; показано, що сучасні системи планування харчування переважно орієнтовані на універсальні рішення і часто не враховують індивідуальні особливості користувачів, що призводить до недостатньої ефективності таких систем; з'ясовано, що ефективне планування збалансованого харчування людини стає дедалі актуальнішою проблемою багатьох людей в умовах сучасного способу життя; обґрунтовано використання Precision@K для оцінки ефективності систем рекомендацій; за результатами аналізу проблем і недоліків існуючих систем рекомендацій і планування харчування визначено напрями їх покращення; визначено план розробки інтелектуальної системи планування збалансованого харчування людини на основі сучасних методів машинного навчання.

У другому розділі «Моделі та методи побудови інтелектуальної системи планування харчування» показано узагальнену модель інтелектуальної системи персоналізованого планування збалансованого раціону харчування, при розробці якої основна увага приділялась послідовному формуванню і адаптації індивідуального плану харчування користувача; детально описано і проаналізовано процес планування збалансованого харчування; формалізовано модель збалансованого харчування людини, яка враховує індивідуальні дієтичні та харчові обмеження користувачів; модель побудована як правило-базована логіка і описує допустиму множину рецептів, що формують меню на день; запропоновано критерії визначення відповідності рецепту дієтичним обмеженням користувача; запропоновано і детально описано кожен етап методу рекомендації рецептів, що базується на гібридному підході, інтегрує персональні вподобання і дієтичні обмеження користувачів та враховує особливості приготування страв різних категорій прийому їжі; досліджено

існуючі моделі штучного інтелекту та методи машинного навчання, що можуть бути використані в системі для рекомендації рецептів.

У третьому розділі «Розробка концептуальної моделі та архітектури системи планування збалансованого харчування людини» запропоновано концептуальну модель загальнодоступної інтелектуальної системи планування збалансованого харчування людини, що використовує окремо навчені моделі машинного навчання, спеціалізовані для сніданків, обідів, перекусів і вечерь; описано архітектуру системи; розглянуто життєвий цикл моделей систем рекомендацій; обґрунтовано вибір інструментів для розробки системи і проведено аналіз необхідних для реалізації запропонованої системи компонент; описано схему бази даних системи, модуль формування плану харчування, що перетворює вихід методу рекомендацій рецептів на цілісний меню план для заданого періоду часу, механізми зворотного зв'язку від користувача і вирішення проблеми холодного старту.

У четвертому розділі «Експериментальне дослідження і впровадження моделей машиного навчання в систему планування харчування» описано дані для експериментального дослідження, методологію і середовище експериментів; проаналізовано результати експериментального дослідження перевірки гіпотези щодо доцільності використання окремо навчених моделей машинного навчання для рекомендації різних категорій прийомів їжі; обґрунтовано доцільність використання моделі сингулярного розкладання матриці для генерації меню сніданків і моделі широкого та глибокого навчання для генерації меню перекусів, обідів і ВЕЧЕРЬ; представлені опис роботи розробленої системи планування харчування та надані інструкції щодо взаємодії користувача з системою.

Ключові слова: багатовимірна модель даних, гібридна модель, інформаційна система, інформаційна підтримка, інформаційна технологія,

машинне навчання, мікросервісна архітектура, нейронна мережа, обробка даних, персоналізоване планування, програмне забезпечення, система підтримки рішень, система рекомендації, штучний інтелект.

ABSTRACT

Ladyzhets V.I. Intelligent system for planning a balanced human diet.

– Qualifying scientific work presented as a manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 126 "Information systems and technologies". – Kyiv National University of Construction and Architecture. – Kyiv, 2025.

The dissertation is focused on solving the problem of providing people with a reliable, scientifically sound, effective, and universally accessible system for personalized balanced nutrition planning.

Scientific novelty of the obtained results. The scientific novelty of the dissertation consists in the fact that:

developed for the first time:

- The method for recommending recipes that takes into account the user's personal preferences and restrictions on ingredients and cooking techniques;
- The intelligent system for planning a balanced diet for humans; improved;

improved:

- The model of a balanced diet for humans that takes into account restrictions on ingredients and cooking techniques;

further advanced:

- The technology for creating hybrid diet planning systems aimed at improving adaptability and efficiency when working with large amounts of data in real time through the informed selection and separate training of machine learning models used to generate recipes;
- The concept for creating hybrid diet planning systems which, unlike existing ones, focus on meal plan recommendations rather than single dish recipes;

Main content of the dissertation.

The dissertation is dedicated to meeting the needs of many people for reliable systems that provide personalized balanced meal planning, taking into account such individual characteristics of users as dietary restrictions, allergies, calorie and nutrient balance goals.

The conceptual model of an intelligent human nutrition planning system and a method for recommending recipes are proposed. Recommendation systems designed to solve the problem of forming menus of different food categories in a personalized menu planning system are proposed and tested. For recommendation systems, the choice of machine learning models such as the singular matrix decomposition model and the broad and deep learning model is justified. The results of training each of these meal recommendation systems for each meal type showed that using separate models for different meal categories improves the accuracy of recommendations.

Based on the research results, the following were developed:

- The recipe recommendation method that allows for the user's personal preferences and restrictions on ingredients and cooking techniques to be taken into account;
- The intelligent system for planning a balanced diet for humans.

The first chapter “Analysis of modern diet nutrition recommendation and planning systems” highlights the main nuances of the concept of a “recommendation system”; analyzes modern human diet recommendation and planning systems; analyzes modern approaches to building systems that can facilitate menu selection and human diet planning; it is shown that modern diet planning systems are mainly focused on universal solutions and often do not take into account the individual characteristics of users, which leads to the insufficient effectiveness of such systems; it is found that effective planning of a balanced human diet is becoming an increasingly pressing issue for many people in the context of modern lifestyles; the use of Precision@K for evaluating the effectiveness of recommendation systems has been justified; based on the

analysis of problems and shortcomings of existing recommendation and meal planning systems, directions for their improvement have been identified; a plan for developing an intelligent system for planning a balanced human diet based on modern machine learning methods has been defined.

The second chapter «Models and methods for developing an intelligent meal planning system» presents a generalized model of an intelligent system for personalized balanced diet planning, which was developed with a focus on the sequential formation and adaptation of an individual user diet plan. The process of balanced diet planning is described and analyzed in detail, and a formalized model of a balanced human diet is presented, which takes into account the individual dietary and nutritional restrictions of users; the model is built as rule-based logic and describes the permissible set of recipes that form the daily menu; criteria for determining the compliance of a recipe with the user's dietary restrictions are proposed; each stage of the recipe recommendation method is proposed and described in detail, based on a hybrid approach, integrating personal preferences and dietary restrictions of users and taking into account the peculiarities of cooking dishes of different food categories; existing artificial intelligence models and machine learning methods that can be used in the system for recipe recommendation have been investigated.

The third chapter “Development of Conceptual Model and Architecture of a System for Planning a Balanced Human Diet,” proposes a conceptual model of a publicly available intelligent system for planning a balanced human diet that uses separately trained machine learning models specialized for breakfast, lunch, snacks, and dinner; describes the system architecture; considers the life cycle of recommendation system models; justifies the choice of tools for developing the system and analyzes the proposals necessary for implementation; the database scheme, the module for generating a meal plan that transforms the output of the recipe recommendation method into a complete menu plan for a given period,

user feedback mechanisms and solutions to the problem of cold start are described.

The fourth chapter “Experimental research and implementation of machine learning models in the meal planning system,” describes the data for the experimental research, the methodology, and the experimental environment; analyzes the results of the experimental research to test the hypothesis regarding the feasibility of using separately trained machine learning models to recommend different categories of meals; justifies the feasibility of using a singular matrix decomposition model to generate breakfast menus and a broad and deep learning model to generate snack, lunch, and dinner menus; describes the operation of the developed meal planning system and provides instructions for user interaction with the system.

Keywords: artificial intelligence, data processing, decision support system, hybrid model, information support, information system, information technology, machine learning, microservice architecture, multidimensional data model, neural network, personalized planning, recommendation system, software.