

УДК 519.6:637.03

Ощипок І. М.,
him1960@ukr.net, ORCID ID:0000-0002-5427-3376,
Researcher ID: F-4641-2019,
д.т.н., проф., завідувач кафедри харчових технологій,
Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

РОЗРОБЛЕННЯ АРХІТЕКТУРИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ІНТЕРФЕЙСУ КОРИСТУВАЧА У ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСНИХ ВИРОБНИЦТВ

Анотація. У статті розглянуті актуальні наукові та прикладні напрямки в індустрії продуктів харчування для моделювання їх рецептур із заданими споживчими властивостями. Наведені результати дослідження можливості застосування методів математичного моделювання багатокomпонентного рецептурного складу м'ясних виробів. Надана характеристика операціям проєктування програмного забезпечення технологічного процесу виготовлення м'ясних виробів. Одним із шляхів реалізації поставленого завдання розглянуті формальний опис і послідовність функціонування процесу виробництва м'ясних виробів, зокрема ковбас, та взаємодія окремих елементів системи. Для цього змодельована оптимальна імітаційна модель, кінцевим завданням якої є програма чи програмний комплекс. При створенні програмного забезпечення розглядуваної системи розроблений інформаційний порядок потреб користувача в основі застосування основних ланок інтелектуальних інтерфейсів розробленої архітектури, діаграми пакетів програмного комплексу (ПК) “Фреймворк міт”, діаграми базових пакетів модуля “Нормативна-довідкова документація”, “Рецептура продуктів”, “Виробничі завдання”. Обґрунтована актуальність моделювання м'ясних виробів із заданим хімічним складом, збагачених функціональними харчовими інгредієнтами. Розглянуто створення продуктів харчування з високим рівнем збалансованості нутрієнтів та збагачення добових раціонів, яке виконується за допомогою комп'ютерного моделювання рецептур м'ясних виробів. Розглянуті основні фази імітаційного моделювання прийнятого класичного алгоритмічного підходу до моделювання з подальшою розробкою комп'ютерних програм. Проаналізовані етапи проєктування програмного забезпечення технологічного процесу виготовлення м'ясних виробів і інтерфейсу користувача технолога м'ясних виробництв. Показана необхідність формування математичної моделі проєктування м'ясних виробів побудовою математичного опису процесів та підпроцесів системи, що складається з сукупності спеціальних аналітичних та ймовірнісних математичних моделей різного характеру та використовуюваного формалізму. Розроблені алгоритми, що імітують процеси, які описуються спеціальними математичними моделями. Формування загального моделюючого алгоритму в єдине ціле відбувається відповідно до логіки причинно-наслідкових зв'язків процесів та підпроцесів, що відбуваються в реальній системі.

Ключові слова: м'ясні вироби, програмне забезпечення, виробництво, проєктування, програмний продукт.

Oshchypok I. M.,
him1960@ukr.net, ORCID ID:0000-0002-5427-3376, Researcher ID: F-4641-2019, Doctor of Engineering,
Professor, Head of the Department of Food Technologies, Lviv University of Trade and Economics, Lviv

DEVELOPMENT OF SOFTWARE ARCHITECTURE AND USER INTERFACE IN TECHNOLOGY OF MEAT PRODUCTION

Abstract. The article considers current scientific and applied areas in the food industry for modeling their recipes with the set consumer properties. The results of the research of the possibility of applying the methods of mathematical modeling of the meat products multicomponent recipe composition are given. The characteristic of software design operations of the meat production technological process is given. One of the ways to implement this task is the formal description and sequence of the process of meat products production, in particular sausages, and the interaction of individual elements of the system. For this purpose, the optimal simulation model is developed, the ultimate task of which is a computer program or a software package. When

creating the software of the considered system the information order of user needs is developed on the basis of application of the basic links of intelligent interfaces of the developed architecture, diagram of packages of a software complex (SC) «Framework Mit», diagrams of basic packages of the module, “Regulatory and Reference Documentation”, “Products Recipes”, “Production Tasks”. The relevance of meat products modeling with a given chemical composition, enriched with functional food ingredients is substantiated. The creation of foods with a high level of nutrient balance and enrichment of daily rations, which is performed by computer simulation of meat recipes is considered. The main phases of simulation modeling of the adopted classical algorithmic approach to modeling with further development of computer programs are considered. The stages of the software design of the technological process of meat products production and the user interface of the meat production technologist are analyzed. The necessity of forming a mathematical model of meat products design by building a mathematical description of processes and subprocesses of the system, consisting of a set of special analytical and probabilistic mathematical models of different nature and the formalism used is showed. Algorithms have been developed that simulate the processes described by special mathematical models. The formation of a general modeling algorithm into a single whole occurs accordingly with the logic of cause-and-effect relationships of processes and subprocesses that occur in a real system.

Key words: meat products, software, production, design, software product.

JEL Classification: C53, C88, O32, O33

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2022-30-07>

Постановка проблеми. Забезпечення споживачів високоякісними продуктами харчування є однією з пріоритетних соціальних, економічних та науково-технічних проблем, які вирішуються на високому рівні.

Оптимальний склад та співвідношення інгредієнтів є основним завданням під час проектування складу багатокомпонентних м'ясних виробів. Сучасна сировинна база харчової промисловості складається із значної кількості інгредієнтів, що мають свої особливості та відрізняються за функціональними, фізичними, хімічними та органолептичними показниками, систематизація яких дозволить значною мірою спростити процес проектування складу та рецептур. Якщо вчасно відстежувати актуалізацію видів та властивості харчових інгредієнтів, зміну переваг споживачів, розробку продуктів із заздалегідь визначеним хімічним складом, харчовою цінністю та функціональною спрямованістю, то це дозволить автоматизувати проектування складних багатокомпонентних виробів.

Стадії і етапи роботи з проектування описані в стандарті ДСТУ 34.601-90. Стадія проектування може складатися з наступних етапів:

- проектування програмного забезпечення, де проводиться розробка проектних рішень у всій системі і по її частинах;
- проектування інтерфейсу користувача програмним продуктом;
- розробка документації на автоматизовану систему і її оформлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проектуванням програмного забезпечення тех-

нологічного процесу виготовлення м'ясних виробів займалися Токарев А. В., Красуля О. Н. [9, 12] в задачі оптимізації керуючих впливів у рецептурах ковбасних виробів за наявності технологічних дефектів, Джарратано Д., Райлі Г. [1], Чорний А. І. [10], Попов Ф. А. досліджував проблеми і принципи побудови інтерфейсів користувача інформаційних систем [6–8] та інші автори в працях [2–5, 11].

Розробка програмного забезпечення технологічного процесу включає наступні операції:

- формування вимог до програмного продукту, які коректно і точно відображають цілі і завдання програмного моделювання;
- уточнення складу об'єктів програмного забезпечення (ПЗ) і структури зв'язків блоків програмного продукту (так звані програмні модулі);
- визначення інформаційних систем проектування, які використовуються для розробки моделей складу і структури зв'язків між об'єктами програмного продукту, методів проектування, згідно з якими розробляються алгоритми обробки інформації;
- завершення проектування розробкою технічного проекту.

Етапи проектування інтерфейсу користувача технолога м'ясних виробництв включають наступні види робіт:

- 1) розробка графічного інтерфейсу для комфорту експлуатації користувачем програмного продукту. Тут найчастіше використовують середовища програмування Delphi, Dreamviewer, FrontPage і ін. Графічний інтерфейс користувача представляється у вигляді системи спусканого

меню при використанні систем введення інформації: миші і клавіатури;

2) розробка екранних вікон і форм, що містять об'єкти управління, панелі інструментів із піктограмами, вихідні модулі. Відзначимо стандартні вимоги до графічного інтерфейсу:

- постійне місце розташування графічних об'єктів на екрані;

- лінійка меню включає більше 6 понять (підменю), кожне з яких містить не більше 6 опцій (правило «шести»);

- пункти меню повинні містити звичні і короткі назви. Робота над проектуванням інтерфейсу користувача ПЗ для задач комп'ютерного моделювання найчастіше проводиться тоді, коли програмний продукт готується для передачі замовнику, тиражування або впровадження в фонд алгоритмів і програм.

При створенні програмного забезпечення системи виконується розробка програмних модулів – програмування, інакше кажучи, створення програмного коду, який полягає:

- у розробці блоку програм управління функціонуванням системи;

- у розробці блоку програм, що реалізують розрахункові формули і функціональні алгоритми;

- у розробці блоку обробки результатів моделювання. Програмісти розробляють за системними специфікаціями схеми програм і програмні специфікації, потім пишуть і налагоджують програми; проводять налагодження комплексів програм у модулях і задачах. У даний час часто використовуються готові програмні рішення, в яких процес розробки ПЗ зводиться до: модульного і параметричного налаштування; розробки компонентних додатків.

За сценарієм і поточним станом діалогу діалоговий монітор формує або визначає форму спілкування, а також тип завдання, що виконується системою на поточному кроці (типи завдань – генерація питання, розуміння відповіді, генерація відповіді тощо). Важливе місце у структурі діалогового монітора займає запропонований у роботі [8] механізм динамічного завдання таблиць еквівалентностей підпрограм (процедур), що забезпечує використання в процесі діалогу без зміни його сценарію різних за змістом та результатами виконання, але еквівалентних за типом виконуваних дій процедур.

Останній компонент інтерфейсу – бібліотека процедур, що використовуються діалоговим монітором для виконання дій, що відпові-

дають функціональним операторам мови опису діалогів, таким як виконання різних операцій, формування осіб при табличній формі спілкування тощо.

Головна особливість сучасних інформаційних систем (ІС) – це спілкування з користувачами мовами, близькими до природної, що є його підмножиною. При цьому природність даних мов полягає насамперед у тому, щоб вони дозволяли вести взаємодію з комп'ютером за мінімальної підготовки користувача, без необхідності попереднього звернення до інструкцій та запам'ятовування різних правил побудови висловлювань [11].

Постановка завдання. Для реалізації поставленого завдання необхідні формальний опис і послідовність функціонування процесу виробництва м'ясних виробів, зокрема ковбас, та взаємодія окремих елементів системи. Для цього слід змодельовати оптимальну імітаційну модель, кінцевим завданням якої є програма чи програмний комплекс.

При створенні програмного забезпечення системи виконується розробка інформаційного задоволення потреб користувача на основі застосування основних ланок інтелектуальних інтерфейсів на основі розробленої архітектури, діаграми пакетів ПК «Фреймворк міт», діаграми базових пакетів модуля «Нормативна-довідкова документація», «Рецептура продуктів», «Виробничі завдання».

Виклад основного матеріалу дослідження. Структура ПК «Фреймворк міт» з точки зору його архітектури складається з декількох шарів, представлених на рис. 1.

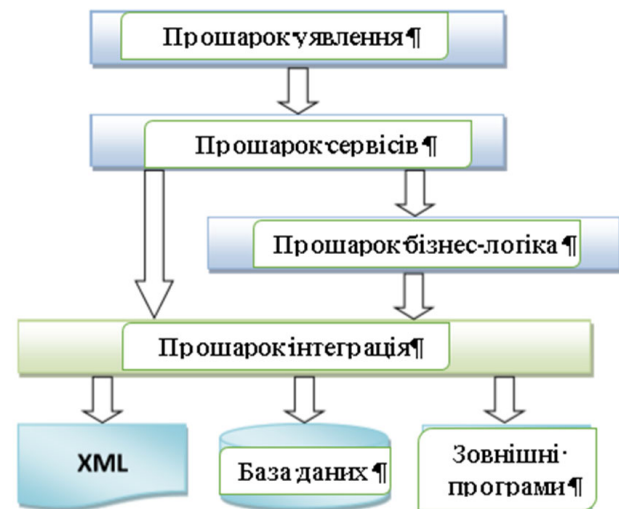


Рис. 1. Архітектура ПК «Фреймворк міт»

Прошарок уявлення охоплює все, що має відношення до спілкування користувача з програмою. Прошарок уявлення представлений у вигляді графічного інтерфейсу. Основна інформація – нормативна документація, архів рецептур, список виробничих завдань, список користувачів, виробничі журнали тощо. Відображається за допомогою таблиць. Крім взаємодії з таблицями, ряд операцій доступні користувачеві за допомогою кнопок і меню.

Прошарок сервісів містить набір сервісів, що являють собою пов'язані між собою програмні класи й інтерфейси і призначені для вирішення окремих функціональних завдань. Сервісний шар інкапсулює логіку програми та ізолює бізнес-логіку від її уявлення. Крім цього, в сервісному прошарку здійснюється попередня перевірка коректності введених даних. Також у сервісному шарі знаходяться класи для роботи із зовнішніми сервісами.

Прошарок бізнес-логіки містить програмні класи, що відображають предметну область. Логіка даного шару описує функції програми, призначені для досягнення поставленої перед ним мети, обчислення на основі введених і збережених даних.

Прошарок інтеграції являє собою набір програмних інтерфейсів і класів, які пов'язують сховище даних (база даних, XML-документи, зовнішні програми тощо), з концепціями об'єктно-орієнтованих мов програмування, створюючи «віртуальну об'єктну базу даних». Код даного прошарку несе відповідальність за моніторинг транзакцій, завантаження і збереження даних у сховищі даних, управління іншими додатками, обмін повідомленнями. Прошарок Інтеграція є провідником між сховищем даних і класами

предметної області, виконуючи ключову роль у формуванні об'єктно-реляційного відображення (ORM – Object-Relational Mapping).

На рис. 2 представлена діаграма пакетів ПК «Фреймворк міт».

Структура програми являє собою набір пов'язаних між собою пакетів (модулів і їх інтерфейсів та класів), кожен із яких вирішує певний набір завдань. Головний пакет програми називається «Application», який у своїй роботі використовує інші допоміжні пакети:

- «Application» – головний пакет програми, що здійснює завантаження і внутрішнє управління додатком;
- «AppLibrary» – пакет, що містить константи, типи, допоміжні програмні інтерфейси, класи і функції для роботи програми;
- «DBConnection» – пакет, класи якого здійснюють процедуру підключення до бази даних, зберігається реєстр доступних баз даних;
- «DBService» – пакет, що забезпечує верхній сервісний шар із управління базою даних: з'єднання, резервування, відновлення, виправлення помилок, оновлення;
- «CAD» – пакет, сервіси якого формують ядро (платформу) Додатки, управляють списком доступних модулів, а також відкривають глобальну сесію доступу до даних програми та бази даних для внутрішніх пакетів;
- «AppConfig» – пакет, що надає сервіс із налаштування конфігурації програми;
- DataCommunication – пакет, що надає сервіс із інтеграції та обміну даними із зовнішніми додатками;
- «Desktop» – пакет, який формує робочий стіл Додатки;

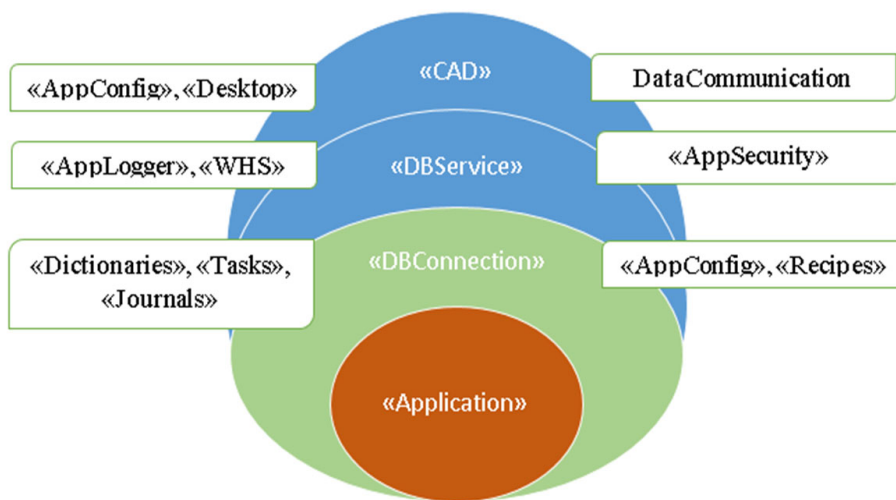


Рис. 2. Діаграма пакетів ПК «Фреймворк міт»

– “AppLogger” – пакет, сервіс якого веде лог-файл із виникаючими помилками в додатку і базі даних;

– “AppSecurity” – пакет контролю доступу, що визначає, який користувач може отримувати доступ до конкретного об’єкта і які саме операції дозволено або заборонено йому проводити над цим об’єктом;

– “WHS” – пакет, відповідальний за надання та організацію роботи зі складами підприємства;

– “Dictionaries” – пакет, відповідальний за надання та організацію роботи з нормативно-довідковою документацією;

– “Recipes” – пакет, відповідальний за надання та організацію роботи з рецептурами продуктів, у тому числі їх моделювання, оптимізацію й експертний аналіз якості;

– “Tasks” – пакет, відповідальний за надання та організацію роботи з виробничими завданнями;

– “Journals” – пакет, відповідальний за надання та організацію роботи з виробничими журналами.

На рис. 3 представлена діаграма базових пакетів модуля «Нормативно-довідкова документація» ПК «Фреймворк міт».

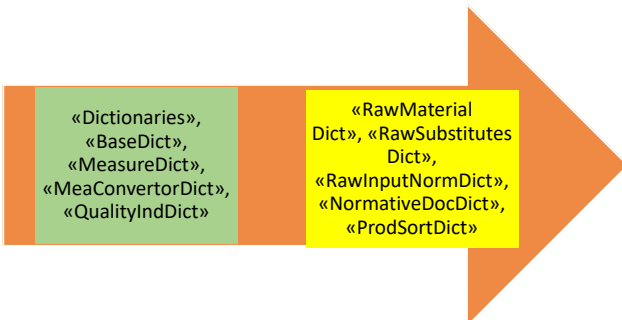


Рис. 3. Діаграма базових пакетів модуля «Нормативна-довідкова документація» ПК «Фреймворк міт»

“Dictionaries” є основним пакетом реалізації модуля “Нормативно-довідкова документація” і складається з декількох допоміжних пакетів:

– “BaseDict” – пакет, що надає базовий набір інтерфейсів і класів для реалізації довідників;

– “MeasureDict” – пакет, який реалізує довідник “Одиниці виміру”;

– “MeaConvertorDict” – пакет, який реалізує довідник “Конвертор одиниць вимірювань”, в якому зберігається інформація про коефіцієнт перекладу з одних одиниць вимірювання в інші;

– “QualityIndDict” – пакет, який реалізує довідник “Показники якості”;

– “RawMaterialDict” – пакет, який реалізує довідник “Сировина і матеріали”;

– “RawSubstitutesDict” – пакет, який реалізує довідник “Взаємозамінність сировини”, в якому зберігається інформація про заміники сировини, тобто яку сировину і за яких умов можна замінити;

– “RawInputNormDict” – пакет, який реалізує довідник “Норми введення інгредієнтів”, в якому зберігається інформація про допустимі норми вмісту інгредієнтів у рецептурі продукту;

– “NormativeDocDict” – пакет, який реалізує довідник “Нормативна документація”, в якому зберігається інформація про нормативну документацію: ДСТУ, ТУ і т.п.;

– “ProdSortDict” – пакет, який реалізує довідник “Сорти виробів”.

На рис. 4 представлена діаграма базових пакетів модуля “Рецептури продуктів” ПК “Фреймворк міт”.

“Recipes” є основним пакетом реалізації модуля “Рецептури продуктів” і складається з декількох допоміжних пакетів:

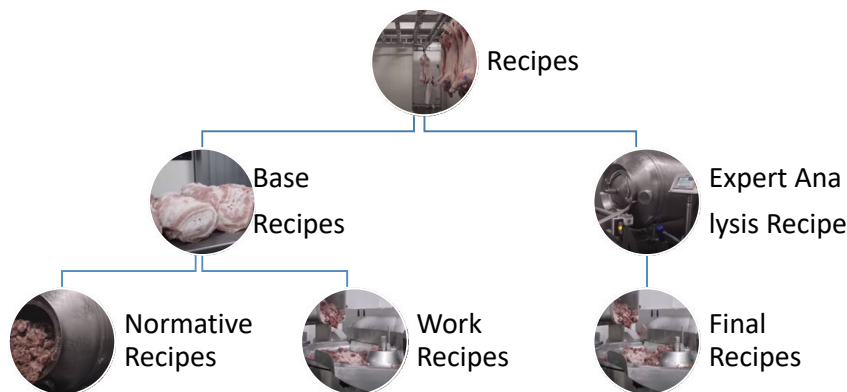


Рис. 4. Діаграма базових пакетів модуля «Рецептури продуктів» ПК «Фреймворк міт»

– “BaseRecipes” – пакет, що надає базовий набір інтерфейсів і класів для реалізації конкретного типу рецептури;

– “ExpertAnalysisRecipe” – пакет, інтерфейси і класи якого є переважно програмною реалізацією експертної системи аналізу якості рецептури продукту;

– “NormativeRecipes” – пакет, який реалізує нормативні (базові) рецептури, – документ, в якому вказано інгредієнтний склад продукту, вимоги до його якості, допоміжні матеріали та інші властивості рецептури, що відповідають нормативній документації (ДСТУ, ТУ тощо);

– “WorkRecipes” – пакет, який реалізує оперативні (робочі) рецептури, які виконують одну з основних функцій програми. Оперативна рецептура отримується шляхом розрахунку оптимальної рецептури (тобто продукт якої має мінімальну собівартість, але при цьому відповідає висунутим вимогам до його якості) на базі нормативної рецептури або при розробці нового продукту із заданими споживчими характеристиками;

– “FinalRecipes” – пакет, який реалізує затверджені рецептури. Вони формуються з нормативних і оперативних рецептур. Саме за цими рецептурами виготовляється продукція підприємства;

– “OptimizationRecipe” – пакет, інтерфейси і класи якого є переважно програмною реалізацією моделювання оптимальної рецептури продукту.

На рис. 5 представлена діаграма базових пакетів модуля «Виробничі завдання» ПК «Фреймворк міт».

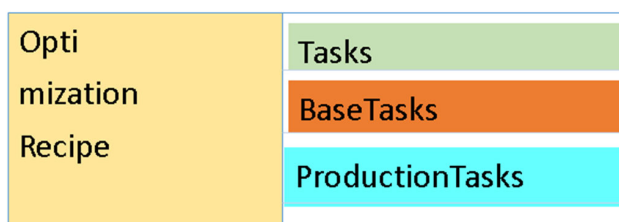


Рис. 5. діаграма базових пакетів модуля «Виробничі завдання» ПК «Фреймворк міт»

“Tasks” є основним пакетом реалізації модуля «Виробничі завдання» і складається з декількох допоміжних пакетів:

– “BaseTasks” – пакет, що надає базовий набір інтерфейсів і класів для реалізації конкретного типу виробничого завдання;

– “ProductionTasks” – пакет, який реалізує функціонал модуля «Завдання на вироблення продукції».

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. В результаті проведеного дослідження обґрунтована актуальність моделювання м'ясних виробів із заданим хімічним складом, збагачених функціональними харчовими інгредієнтами. Застосування комп'ютерного моделювання рецептур м'ясних виробів сприятиме створенню продуктів харчування з високим рівнем збалансування нутрієнтів та збагачення добових раціонів.

Розглянута сутність імітаційного моделювання прийнятого класичного алгоритмічного підходу до програмування, вираженого у наступних основних фазах:

– побудова математичного опису процесів та підпроцесів системи, що складається з сукупності спеціальних аналітичних та ймовірнісних математичних моделей різного характеру та використовуваного формалізму, яка є загальною математичною моделлю проєктування м'ясних виробів;

– розроблені алгоритми, що імітують процеси, які описуються спеціальними математичними моделями. Формування загального моделюючого алгоритму в єдине ціле відповідно до логіки причинно-наслідкових зв'язків процесів та підпроцесів, що відбуваються в реальній системі, і формування сукупності цих алгоритмів.

У процесі подальших досліджень необхідно реалізувати на ЕОМ програми імітації та статистичного аналізу ефективності розробленої системи інтерфейсів на основі запропонованої архітектури, діаграми пакетів ПК «Фреймворк міт», діаграми базових пакетів модуля «Нормативна-довідкова документація», «Рецептура продуктів», «Виробничі завдання», її налагодження, тестування та експлуатацію. Математичне та імітаційне моделювання – один із найнеобхідніших інструментів вирішення визначених завдань.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирования. Москва : Издательский дом «Вильямс», 2007. 1152 с.
2. Зайцев Д. А. Математические модели дискретных систем : учеб. пособие. Одесса : ОНАС им. А.С. Попова, 2004. 40 с.
3. Маликов Р. Ф. Основы разработки компьютерных моделей сложных систем [Текст] : учеб. пособие. Уфа : Изд-во БГПУ, 2012. 257 с.
4. Минский М. Фреймы для представления знаний. Москва : Энергия, 1978. 201 с.

5. Норвиг П. Современный подход к искусственному интеллекту. Санкт-Петербург : Дрофа, 2007. 1408 с.

6. Попов Ф. А., Овечкин Б. П., Максимов А. В. Проблемы и принципы построения пользовательских интерфейсов информационных систем. *Известия АГУ*. №1/2000. С. 57–60.

7. Попов Ф. А. Проблемы интеллектуализации пользовательских интерфейсов информационных систем. *Ползуновский вестник*. 2004. № 3. С. 99–103.

8. Попов Ф. А., Груздев Г. П., Галигузов С. Н. Информационно-поисковая система в автоматизированной системе проектирования. *Эксплуатация вычислительной машины БЭСМ-6* : матер. VI конф. Тбилиси : ТГУ, 1977. 231 с.

9. Токарев А. В., Красуля О. Н. Оптимизация управляющих воздействий в рецептурах колбасных изделий при наличии технологических дефектов. *Вестник ВГУИТ*. 2015. № 4. С. 66–71.

10. Черный А. И. Введение в теорию информационного поиска. Москва : Наука, 1975. 176 с.

11. Marthin J. Application Development without Programmers. Savant Institute, 1981. 97 p.

12. Potoroko I. I., Krasulia O. N., Tokarev A. V. Innovative solutions in management of process and accounting tasks at meat industry enterprises as a product quality factor. *Economics & Management Research Journal of Eurasia*. 2014. № 1. С. 58–65.

REFERENCES:

1. Dzharratano D. and Rajly H. (2007), *Ekspertnye systemy: pryntsypy razrabotky y prohrammyrovaniya*, Yzdatel'skyj dom "Vyl'iams", Moskva, 1152 s.

2. Zajtsev, D. A. (2004), *Matematycheskye modely dyskretnykh system* : ucheb. posobyе, ONAS ym. A.S. Popova, Odessa, 40 s.

3. Malykov, R. F. (2012), *Osnovy razrabotky komp'yuternykh modelej slozhnykh system* [Tekst] : ucheb. posobyе, Yzd-vo BHPU, Ufa, 257 s.

4. Mynskiy M. (1978), *Frejmy dlia predstavleniya znanyj*, Enerhyia, Moskva, 201 s.

5. Norvyh P. (2007), *Sovremennyj podkhod k yskusstvennomu yntellektu*, Drofa, Sankt-Peterburh, 1408 s.

6. Popov, F. A. Ovechkyn, B. P. and Maksymov, A. V. Problemy y pryntsypy postroeniya pol'zovatel'skykh ynterfejsov ynformatsyonnykh system, *Yzvestyia AHU*, № 1/2000, s. 57–60.

7. Popov, F.A. (2004), *Problemy yntellektualyzatsyy pol'zovatel'skykh ynterfejsov ynformatsyonnykh system*, *Polzunovskiy vestnyk*, № 3, s. 99–103.

8. Popov, F. A. Hruzdev, H. P. and Halyhuzov, S. N. (1977), *Ynformatsyonno-poyskovaia systema v avtomatyzirovannoj systeme proektyrovaniya*, *Ekspluatatsyia vychyslytel'noj mashyny BESM-6* : mater. VI konf, THU, Tbylysy, 231 s.

9. Tokarev, A. V. and Krasulia, O. N. (2015), *Optymyzatsyia upravliaiuschykh vozdeystvyj v retsepturakh kolbasnykh yzdelyj pry nalychyy tekhnolohycheskykh defektov*, *Vestnyk VHUYT*, № 4, s. 66–71.

10. Chernyj, A. Y. (1975), *Vvedeniye v teoriyu ynformatsyonnoho poyska*, Nauka, Moskva, 176 s.

11. Marthin J. (1981), *Application Development without Programmers*, Savant Institute, 97 r.

12. Potoroko, I. I. Krasulia, O. N. and Tokarev, A. V. (2014), *Innovative solutions in management of process and accounting tasks at meat industry enterprises as a product quality factor*, *Economics & Management Research Journal of Eurasia*, № 1, s. 58–65.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2022