

## ВСТУП

Обслуговування пацієнтів медичних закладів в сучасних умовах включає не тільки безпосереднє надання медичних послуг. Перебування хворих в лікарні потребує комплексного підходу до їх утримання в умовах стаціонару. Зокрема, важливим питанням є харчування хворих, в тому числі з урахуванням медичних обмежень, протипоказань, а також особистих переваг та особливостей пацієнтів. При цьому, процес складання раціону не обмежується лише переліками медичних дієт. При складанні раціону можуть бути використані індивідуальні обмеження пацієнтів: медичні (алергічні реакції на певні продукти), матеріальні (обмеження по вартості пакету харчування), морально-соціальні (невживання певних продуктів за переконаннями, наприклад, вегетаріанство чи веганство), інші види обмежень. За наявності великої кількості факторів, що впливають на формування замовлення на послугу харчування у кінцевого постачальника послуг (наприклад, столова, кафетерій тощо), актуальною є задача автоматизованого формування як окремих подібних замовлень, так і загального замовлення на рівні відділення лікарні чи медичного закладу в цілому.

Об'єктом дослідження є забезпечення харчуванням хворих в лікарні.

Предметом дослідження виступають методи та засоби забезпечення харчуванням хворих в лікарні.

Метою роботи є оптимізація бізнес-процесу забезпечення харчуванням хворих в лікарні за рахунок впровадження автоматизованої системи формування замовлень на харчування.

Для досягнення мети у роботі необхідно виконати ряд задач:

- виконати аналіз сучасного стану дослідження, в тому числі аналіз існуючих ІТ-рішень;
- розробити та проаналізувати моделі бізнес-процесу забезпечення харчуванням хворих в лікарні;
- провести проектування системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні;

– реалізувати програмний додаток системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні.

Практична значимість даної роботи полягає в тому, що результат досягнення поставленої мети має можливість застосування в діяльності медичного закладу для оптимізації бізнес-процесу забезпечення харчуванням хворих в лікарні в умовах сучасного функціонування.

# 1 АНАЛІЗ БІЗНЕС-ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ХАРЧУВАННЯМ ХВОРИХ В ЛІКАРНІ

## 1.1 Дослідження організації харчування хворих в лікарні

Раціональне харчування полягає у підтримці енергетичного балансу в організмі за таким принципом: кількість поглиненої енергії повинна відповідати кількості використаної енергії [3].

Енергія надходить в організм людини з їжею у вигляді вуглеводів, жирів і білків. У клітинах організму енергія отримується під час його хімічного перетворення і використовується для різних цілей. Відомо, що при окисненні 1 г вуглеводів і білків виділяється 4 ккал (17 кДж) і жирів 9 ккал (37 кДж) енергії. Знаючи хімічний склад їжі та її калорійність, які вказані в спеціальних таблицях, можна розрахувати калорійність будь-якого меню або дієти. Зазвичай калорійність або енергетична цінність продуктів зазначається в кілокалоріях на 100 г продукту або на рекомендовану порцію.

Калорійність щоденного раціону людини залежить від кількості енергії, яку споживає людина. При короткочасній нестачі енергії (калорійність їжі) організм споживає замітники, переважно жири та важкі вуглеводи, а в довгостроковій перспективі використовуються не тільки жири та вуглеводи, а й білки, що призводить до втрати ваги, м'язової маси марнотратство, анемія, затримка росту, зниження працездатності. Надмірне споживання енергії зменшує використання, тому частина вуглеводів і жирів відкладається в тканинах у вигляді жиру, що може призвести до ожиріння.

Щоденне споживання енергії людським тілом включає основний обмін речовин (мінімальна кількість енергії, необхідної для підтримання основних функцій організму та процесів біосинтезу у відносному стані спокою), специфічний динамічний ефект їжі або споживання енергії на травлення та споживання їжі - в середньому 10-15% щоденного споживання енергії), а також споживання енергії для різних видів діяльності.

Основний обмін залежить від віку, статі, маси тіла, зовнішніх умов, індивідуальних особливостей людини і становить у середньому у дорослих чоловіків з масою тіла 65 кг - 1600-1800 ккал, а у жінок з масою тіла 55 кг 1300-1400 ккал. У дітей базальний рівень обміну на одиницю маси тіла в 1,5 рази вищий, ніж у дорослих, а у людей похилого віку - нижчий, ніж у дорослих.

Конкретний динамічний ефект їжі може мати різні енергетичні витрати залежно від вмісту білка, вуглеводів та жиру в їжі. Найбільше споживання енергії виникає при перетравленні білків (до 30-40%). Це становить 4-14% для жирів і 4-7% для вуглеводів. Навіть випивши чашку рідини збільшує ваш базальний рівень метаболізму приблизно на 8%. При збалансованому споживанні окремих компонентів їжі відбувається збільшення рівня основного метаболізму в середньому на 10-15%.

Різні види діяльності, особливо м'язова, значно збільшують енергетичні витрати людини. Тож якщо читання книги збільшує базовий обмін лише на 16%, то фізична активність - у рази більше. Загальні витрати енергії та споживання калорій населення визначаються відповідно до стандартів харчування, рекомендованих Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ). Однак у різних країнах вони мають свої особливості, оскільки враховуються різні параметри: вік, маса тіла, базальний обмін речовин, фактор активності та інші. Середньодобове споживання енергії для чоловіків студентського віку (19-24 років) становить 2900 ккал / добу, а для жінок цього ж віку - 2200 ккал / добу. Для людей з різною вагою тіла та вищими рівнями фізичної активності, які активні в різних сферах діяльності, споживання енергії може становити приблизно 2200-2500 ккал / добу - для чоловіків та 1800 - 2200 ккал / добу - для відданих жінок, залежно від за важкістю роботи, тоді як і люди, які виконують важку фізичну працю - до 4300 ккал / добу для чоловіків та до 3000 ккал / добу - для жінок. Тому ваш раціон повинен покривати енергетичні витрати, тобто він повинен бути більш калорійним. Постійне перевищення щоденного споживання калорій їжею над енергоспоживанням 300 ккал (калорійність 100 грам булочок,

змащених маслом; однак, це призводить до накопичення запасу жиру в межах 15-30 г на добу, що становить приблизно 5 10 кг на рік).

Споживання енергії пацієнтами різної спеціалізації залежить від інтенсивності фізичних навантажень та характеру захворювання.

Збалансоване споживання вуглеводів, жирів і білків. Сьогодні визначено, що найбільш сприятливе постачання енергії та пластичних потреб людини досягається за рахунок збалансованого надходження в організм вуглеводів, жирів та білків у співвідношенні 4: 1,2: 1. Вуглеводи в цьому випадку повинні становити 50-55%, жири - 30-35%, білки - 10-15% від загальної калорійності їжі.

Для пацієнтів співвідношення вуглеводів, жирів і білків може змінюватися залежно від особливостей захворювання.

У лікарнях існують дві системи внутрішньолікарняної організації приготування їжі і постачання нею відділень:

- а) централізоване;
- б) децентралізоване;
- в) змішане.

При централізованій системі всі процеси обробки сировини і приготування їжі зосереджені в центральному харчоблоці.

При децентралізованій системі ці процеси здійснюються окремо.

Постачання відділень їжею здійснюється спеціальним персоналом за допомогою внутрішньо лікарняного транспорту, забезпеченого спеціальною тарою, або для перенесення їжі використовують бачки і спеціальні візки.

Для здійснення контролю за харчуванням у великих лікарнях є дієтлікарі, а у відділеннях – дієтсестри.

Час харчування пацієнта залежить від числа прийомів їжі, але перерва між прийомами їжі повинна бути не більше 4-х годин в денний час, при 5-и разовому харчуванні вводиться другий сніданок, а при 6-й разовому – ще й полуденок.

## **1.2 Аналіз існуючих підходів та рішень для організації харчування хворих в лікарні**

В даний час в самих різних областях практики виникла необхідність у вирішенні різних імовірнісних завдань, пов'язаних з роботою так званих систем масового обслуговування (СМО). Системами масового обслуговування називаються системи, в яких, з одного боку, виникають масові запити (вимоги) на виконання будь-яких видів послуг, а з іншого боку, відбувається задоволення цих запитів.

Універсальним методом дослідження СМО є імітаційне моделювання, тобто написання комп'ютерної програми, що імітує процес функціонування системи, і проведення експериментів на цій програмі з метою отримання статистичних оцінок характеристик модельованої системи.

Подібні системи включають в себе наступні елементи: джерело вимог, вхідний множина вимог, черга, обслуговуючий пристрій (обслуговуючий апарат, канал обслуговування), множина вимог, що виходить.

З позиції моделювання процесу масового обслуговування ситуації, коли утворюються черги звернень (вимог) на обслуговування, виникають наступним чином. Поступивши в обслуговуючу систему, вимога приєднується до черги інших вимог, що надійшли раніше. Канал обслуговування вибирає вимогу, що знаходиться в черзі, з тим, щоб приступити до її обслуговування. Після завершення обслуговування чергової вимоги канал обслуговування приступає до обслуговування наступної вимоги, якщо така є в блоці очікування.

У загальному випадку під час рішення задач оптимізації управління виробництвом, інформаційними мережами, транспортними системами у своїй більшості виникає ряд однотипних завдань:

- аналіз спроможності мережі по пропуску, тобто здатності кількісного пропускань одиниць;
- аналіз якості роботи одиничного структурного підрозділу;
- прорахунок кількісної складової на приналежність до типу задачі.

Всі ці завдання однотипні в тому сенсі, що в них присутній масовий попит на обслуговування. У задоволенні цього попиту бере участь певна сукупність елементів, що утворює систему масового обслуговування (СМО) (рис. 1.1).

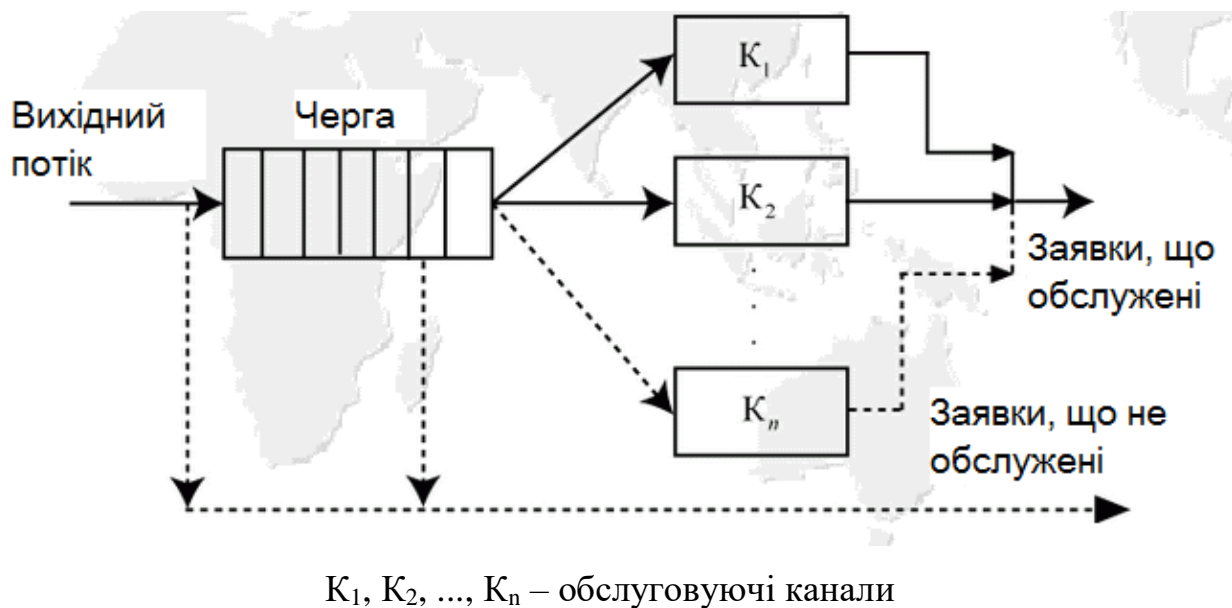


Рисунок 1.1 – Загальний вид системи масового обслуговування

Формування структурної складової СМО ґрунтується на низці елементів, які є обов'язковими:

- вхідний множина вимог (звернень) на обслуговування;
- об'єкти (канали) обслуговування;
- черга звернень, що очікують обслуговування;
- вихідний множина звернень, які вже обслужено;
- множина звернень, що не були обслужені;
- черга вільних каналів (для багатоканальних СМО).

Вхідний множина - це сукупність звернень на обслуговування. Часто звернення порівнюють з її носієм. Наприклад, множина несправної радіоапаратури, що надходить у майстерню об'єднання, і являє собою множина звернень - вимог на обслуговування в даній СМО.

Як правило, на практиці мають справу з так званими рекурентними множинами, множинами, що володіють властивостями:

- стаціонарності;

- ординарності;
- обмеженої післядії.

Сутність обмеженої післядії полягає в тому, що інтервали між вступними зверненнями є незалежними випадковими величинами.

Множина випадків називається ординарним, якщо ймовірність попадання на елементарну ділянку двох або більше випадків пренебрежимо мала в порівнянні з ймовірністю влучення одного випадку. Ординарність потоку означає, що випадки в множині приходять поодинці, а не парами, трійками і т.д.

Стаціонарність означає, що ймовірнісні властивості множини з часом не змінюються. Для потоку викликів стаціонарність характеризується тим, що ймовірність вхідних та вихідних дзвінків за часовий інтервал  $\Delta t$  залежить лише від розміру інтервалу, а не від його положення на часовій осі (де він починається на часовій осі).

У реальних умовах група виклику демонструє чітко виражений нестабільний стан, особливо якщо група виклику спостерігається протягом дня. Однак можна призначити один-два годинні інтервали, в яких група дзвінків майже нерухома. Ці інтервали відомі як години найбільшого навантаження (ГНН).

Рекурентних множин багато. Кожен закон розподілу інтервалів породжує свою рекурентну множину. Рекурентні множини інакше називають множинами Пальма.

Найпростіша стаціонарна множина - пуассонівська множина з повною відсутністю післядії. У нього випадкові інтервали між зверненнями мають експоненційний розподіл:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}, f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (1.1)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність множини,

$t$  – час між зверненнями,

$F(t), f(t)$ - множини



Назва множини – пуассонівська - походить від того, що для цієї множини ймовірність  $P_k(\Delta t)$  появи  $k$  звернень за інтервал  $\Delta t$  визначається законом Пуассона:

$$P_k(\Delta t) = \frac{(\lambda \Delta t)^k}{k!} e^{-\lambda \Delta t} \quad (1.2)$$

Саме таку множину припускають проектувальники при розробці СМО. Викликано це трьома причинами.

По-перше, множина цього типу в теорії масового обслуговування аналогічна нормальному закону розподілу в теорії ймовірностей в тому сенсі, що до найпростішої множини призводить граничний перехід для множини, яка є сумою множин з довільними характеристиками при нескінченному збільшенні доданків і зменшенні їх інтенсивності. Тобто сума довільних незалежних (без переваги) множин з інтенсивностями  $\lambda_i$  є найпростішою множиною з інтенсивністю

$$\lambda = \sum_i \lambda_i \quad (1.3)$$

Також варто враховувати, що, у випадку коди обслуговуючі канали (прилади) розраховані на мінімалістичну множину звернень, то обслуговування інших типів множин (з тією ж інтенсивністю) буде забезпечено з не меншою ефективністю.

Також варто зазначити, що, саме така множина визначає марківський процес в системі і, отже, простоту математичного аналізу системи. При інших потоках аналіз функціонування СМО складний.

Залежно від характеру взаємодії із зовнішнім середовищем виділяють замкнені та розімкнені мережі систем масового обслуговування.

Замкнена мережа СМО – це ізольована від зовнішнього середовища мережа, для якої не існує зовнішніх джерел і стоків вимог.

Розімкнена мережа СМО – це мережа, в якій вимоги, що обробляються пристроями обслуговування, можуть надходити із зовнішнього середовища або спрямовуватись до нього.

У системі, що розглядається у нашій дипломній роботі, ми маємо справу з багатоканальною СМО з очікуванням з обмеженням на довжину черги.

Заявки можуть мати різні права на початок обслуговування. У цьому випадку говорять, що заявки неоднорідні. Переваги одних множин звернень перед іншими задаються шкалою пріоритетів.

У системі, що розглядається пріоритеті до замовлень не має час обслуговування підпорядкований експоненціальному закону.

Важливою характеристикою вхідного множини є коефіцієнт варіації:

$$\nu = \frac{\sigma}{\tau_{\text{інт}}} \quad (1.4)$$

де  $\tau_{\text{інт}}$  - математичне сподівання довжини інтервалу;

$\sigma$  - середньоквадратичне відхилення випадкової величини (довжини інтервалу)  $\tau_{\text{інт}}$ .

Коефіцієнт варіації - характеристика, що відображає ступінь нерівномірності надходження звернень.

Для найпростішої множини  $\left( \sigma = \frac{1}{\lambda}, \tau_{\text{інт}} = \frac{1}{\lambda} \right) : \nu = 1$

Для більшості реальних множин  $0 \leq \nu \leq 1$ .

При  $\nu = 0$  множина регулярна, детермінована.

У дипломній роботі, ми маємо справу з багатоканальною СМО з очікуванням з обмеженням на довжину черги. Присутня пуассонівська множина з повною відсутністю післядії. У неї випадкові інтервали між зверненнями мають експоненційний розподіл. Пріоритетів до замовлень не має, час обслуговування підпорядкований експоненціальному закону.

У СМО можуть бути один або декілька обслуговуючих приладів (каналів). Згідно з цим СМО називають одноканальними або багатоканальними.

Багатоканальні СМО можуть складатися з однотипних або різнотипних приладів. В нашому випадку канали представлені двома відділами видачі продуктів.

Основна характеристика каналу - час обслуговування. Як правило, час обслуговування - величина випадкова.

Зазвичай практики вважають, що час обслуговування має експоненціальний закон розподілу:

$$F(t) = 1 - e^{-\mu t}, f(t) = \lambda e^{-\mu t}$$

де  $\mu$  - Інтенсивність обслуговування,  $\mu = \frac{1}{\tau_{\text{обсл}}}$ ;

$\overline{\tau_{\text{обсл}}}$  - Математичне очікування часу обслуговування.

Тобто процес обслуговування - марківський, дає істотні зручності в числово-математичному моделюванні.

Крім експоненціального зустрічаються  $k$  - розподіл Ерланга, гіперекспоненціальний трикутний і деякі інші.

У системі, що розглядається час обслуговування підпорядкований експоненціальному закону.

При дослідженні системи масового обслуговування випадає з розгляду сутність обслуговування, якість обслуговування.

Канали можуть бути абсолютно надійними, тобто не виходити з ладу. Вірніше, так може бути прийняте при дослідженні. Канали можуть володіти кінцевої надійністю. У цьому випадку модель системи масового обслуговування значно складніша.

У силу випадкового характеру множин звернень та обслуговування заявки, що прийшла, може застати канал (канали) зайнятим обслуговуванням попередньої заявки. У цьому випадку вона або покине системи масового обслуговування не обслуженою, або залишиться в системі, чекаючи початок

свого обслуговування. Відповідно до цього розрізняють: системи масового обслуговування з відмовами; системи масового обслуговування з очікуванням.

системи масового обслуговування з очікуванням - характеризуються наявністю черг. Черга може мати обмежену або необмежену ємність:  $1 \leq L < \infty$ .

Дослідника зазвичай цікавлять такі статистичні характеристики, пов'язані з перебуванням звернень в черзі:

- середня кількість звернень у черзі за інтервал дослідження;
- середній час перебування (очікування) заявки в черзі. Системи масового обслуговування з обмеженою ємністю черги відносять до системи масового обслуговування змішаного типу.

Системи масового обслуговування змішаного типу - такі системи масового обслуговування, в яких заявки мають обмежений час перебування в черзі незалежно від її ємності.

Наступним елементом системи масового обслуговування є множина. Множина, що виходить - це множина обслужених звернень, які покидають системи масового обслуговування.

Зустрічаються випадки, коли заявки, які проходять через кілька систем масового обслуговування: транзит зв'язок, виробничий конвеєр тощо. У цьому випадку множина є вхідним для наступної системи масового обслуговування.

Багатофазні системи масового обслуговування - сукупність послідовно зв'язаних між собою систем масового обслуговування

Вхідний множина першої системи масового обслуговування, пройшовши через наступні системи масового обслуговування, спотворюється і це ускладнює моделювання. Однак, слід мати на увазі, що при простому вхідному потоці і експоненціальному обслуговуванні (тобто в марковських системах) вихідний множина теж найпростіший. Якщо час обслуговування має не експоненціальне розподіл, то виходить множина не тільки не найпростіший, але й не рекурентний.

Зауважимо, що інтервали між зверненнями множини, що виходить, це не те ж саме, що інтервали обслуговування. Адже може виявитися, що після

закінчення чергового обслуговування системи масового обслуговування якийсь час простоює через відсутність звернень. У цьому випадку інтервал множини, що виходить складається з часу незайнятості системи масового обслуговування та інтервалу обслуговування першої, що прийшла після простою, заявки.

У системах з відмовами є множина необслужених звернень. Якщо в системи масового обслуговування з відмовами надходить рекурентний множина, а обслуговування - експоненціальне, то і множина необслужених звернень - рекурентний.

Наступним елементом системи масового обслуговування є черги вільних каналів.

У багатоканальних системи масового обслуговування можуть утворюватися черги вільних каналів. Кількість вільних каналів - величина випадкова. Дослідника можуть цікавити різні характеристики цієї випадкової величини. Зазвичай це середнє число каналів, зайнятих обслуговуванням за інтервал дослідження.

Таким чином, за ознаками, що впливає на функціонування, системи масового обслуговування може належати до одного з типів відповідно до наведеної класифікації (рис. 1.2).

У рамках данної роботи розглядається багатоканальна система масового обслуговування з очікуванням з обмеженням на довжину черги.

Для позначення простих (однофазних) системи масового обслуговування використовується символіка, запропонована Кендаллом:

$$A/B/n/m. \quad (1.5)$$

де  $A$  - вхідний множина звернень ( $A = GI$  - рекурентний множина;  $A = M$  - найпростіший множина з показовим законом розподілу ймовірностей;  $A = D$  - регулярний або детермінований множина з постійними інтервалами між моментами надходження звернень);

$B$  - випадкова тривалість обслуговування ( $B = G$  або  $B = GI$  - рекурентне обслуговування з однією і тією ж функцією розподілу  $B(t)$  для різних каналів;  $B = D$  - регулярне обслуговування);

$n$  - кількість обслуговуючих каналів (якщо  $n > 1$ , то система називається багатоканальною);

$m$  - кількість місць для очікування звернень в черзі (якщо  $m = 0$ , то системи масового обслуговування з втратами (без очікування);  $m = \infty$  - система з необмеженим очікуванням;  $0 < m < \infty$  - система з обмеженою кількістю місць для очікування).

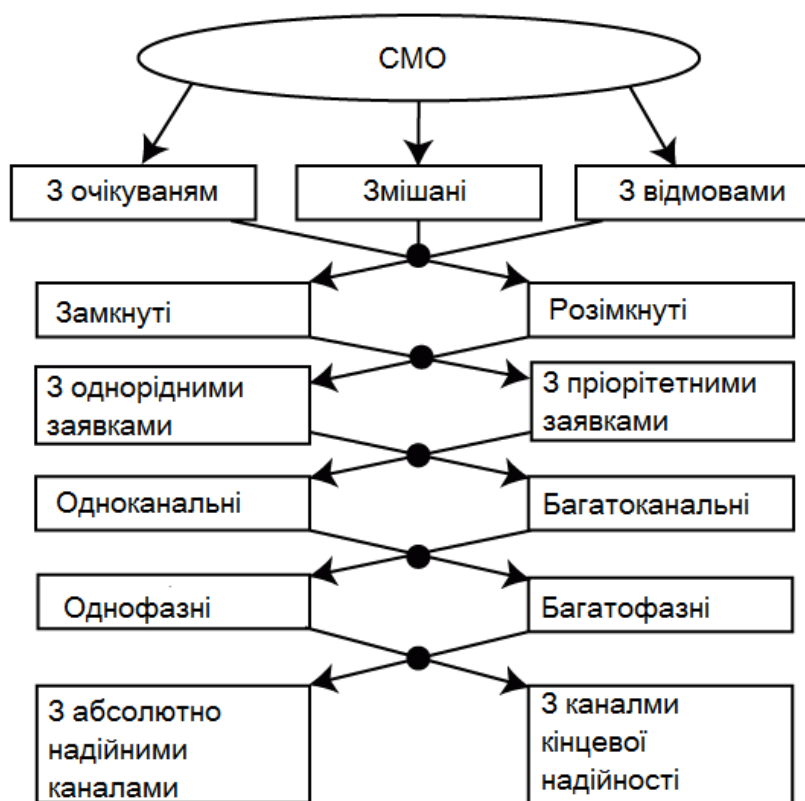


Рисунок 1.2 – Класифікація систем масового обслуговування

Розглянемо докладніше модель роботи відділу харчування лікарні як системи масового обслуговування. Для вирішення завдання було прийнято припущення, що черга запитів від пацієнтів не обмежена, і, отже, дана модель є  $n$ -канальною системою масового обслуговування з очікуванням, де  $n$  - кількість кас обслуговування. Також приймаємо припущення, що всі множини випадків

(випадкові події) в системі є простими або марковськими. Випадковий процес, що протікає в системі, називається марковським, якщо для будь-якого моменту часу  $t_0$  імовірнісні характеристики процесу в майбутньому залежать тільки від його стану в даний момент  $t_0$  і не залежать від того, коли і як система прийшла в цей стан. На рис.1.3 представлений граф станів багатоканальної системи масового обслуговування з очікуванням, обмеженим на довжину черги.

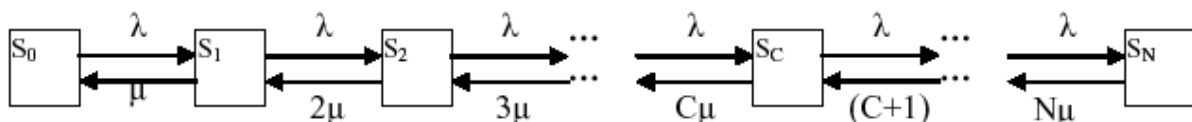


Рисунок 1.3 – Граф станів багатоканальної системи масового обслуговування з обмеженням на довжину черги

Стани системи масового обслуговування мають наступну інтерпретацію:

- $S_0$  – всі канали вільні;
- $S_1$  – зайнятий один канал, інші вільні;
- $S_n$  – зайняті всі  $n$  каналів, черги немає;
- $S_c$  – зайняті всі  $n$  каналів,  $r$  звернень в черзі,  $c = n + r$ .

Характеристиками ефективності обслуговування пацієнтів відділом харчування лікарні будуть - середня кількість звернень в черзі, середній час очікування в черзі, середній час обслуговування заявки, а також відсоток завантаженості.

Мета моделювання системи масового обслуговування полягає в тому, щоб розрахувати показники ефективності системи через її характеристики.

Таблиця 1.1 – Характеристики функціонування замкнутої багатоканальної системи масового обслуговування з необмеженою чергою

№	Характеристики	Формули, позначення
1	2	3
1	Показник навантаження системи, що	$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (1.7)$ де $\rho$ - показник навантаження системи,

	породжується кожним джерелом звернень	$\lambda$ – інтенсивність множини звернень $\mu$ - продуктивність кожного каналу
2	Показник навантаження системи, що породжується усіма $i$ джерелами звернень	$i\rho = i\lambda/\mu, (1.8)$ де $i$ – $i$ -те джерело звернень
3	Вірогідність того, що усі $n$ каналів вільні	$p_0 = \frac{1}{i!} \left( \sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!(i-k)!} + \frac{n^n}{n!} \sum_{k=n-1}^n \frac{\rho^k}{n^k(i-k)} \right)^{-1} (1.9)$ де $n$ – це кількість каналів обслуговування $k$ – $k$ -тий стан системи $p$ - вірогідність
4	Вірогідність станів СМО	$p_k = \begin{cases} \frac{i!}{k!(i-k)!} p^k p_0, k = 1, \dots, n \\ \frac{i!}{n^{k-n} n!(i-k)!} p^k p_0, k = n + 1, \dots, i \end{cases} (1.10)$
5	Середня кількість звернень під обслуговуванням – середня кількість зайнятих каналів	$\overline{N_{об}} = \overline{K} = n - \sum_{k=0}^{n-1} (n-k)p_k = n - i! p_0 \sum_{k=0}^{n-1} \frac{n-k}{k!(i-k)!} p^k (1.11)$ $\overline{N_{об}} = \overline{K}$ - Середня кількість звернень під обслуговуванням – середня кількість зайнятих каналів
6	Середня кількість звернень у системі (у черзі і під обслуговуванням) – середнє число джерел у пасивному стані	$\overline{N_{сис}} = \overline{N_{пас}} = \sum_{k=1}^t k p_k = i - (\overline{K}/\rho) (1.12)$ $\overline{N_{сис}} = \overline{N_{пас}}$ - Середня кількість звернень у системі черзі і під обслуговуванням) – середнє число джерел у пасивному стані
7	Середня кількість звернень у черзі	$\overline{N_{оч}} = \overline{N_{сис}} - \overline{N_{об}} = i - \overline{K} \left( \frac{1}{\rho+1} \right) = \sum_{k=n+1}^t (k-n)p_k (1.13)$ $\overline{N_{оч}}$ - Середня кількість звернень у черзі
8	Абсолютна пропускна здатність	$A = \overline{K}\mu = (i - \overline{N_{сис}})\lambda (1.14)$ $A$ - Абсолютна пропускна здатність
9	Інтенсивність множини обслужених звернень, що виходять	$v = A = \overline{K}\mu = (i - \overline{N_{сис}})\lambda (1.15)$ $v$ - Інтенсивність множини обслужених звернень, що виходять



10	Вірогідність того, що звернення, що поступила, встане в чергу для очікування початку обслуговування	$p_{оч} = 1 - p_{об} = 1 - \frac{i!p_0}{i - \bar{N}_{сис}} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{\rho^k}{k! [i - (k+1)]!} =$ $\sum_{k=n}^{t-1} \tilde{p}_k = \frac{i!n^{n-1}p_0}{(i - \bar{N}_{сис})(n-1)!} \sum_{k=n}^{t-1} \frac{\rho^k}{n^k [i - (k+1)]!} \quad (1.16)$ $p_{оч}$ - Вірогідність того, що звернення, що поступила, встане в чергу для очікування початку обслуговування
11	Середній час очікування заявки в черзі	$\bar{T}_{оч} = \frac{1}{n\mu} \sum_{k=n}^{i-1} (k - n + 1) \tilde{p}_k = \frac{1}{n\mu(i - \bar{N}_{сис})} \sum_{k=n}^{i-1} (k - n + 1)(i - k) p_k = \frac{1}{\Lambda} \bar{N}_{оч} \quad (1.17)$ $T_{оч}$ - Середній час очікування заявки в черзі
12	Середній час обслуговування заявки	$\bar{T}_{об} = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{\Lambda} \bar{N}_{об} \quad (1.18)$ $T_{об}$ - Середній час обслуговування заявки
13	Середній час перебування заявки в системі	$\bar{T}_{сис} = \bar{T}_{оч} + \bar{T}_{об} = \frac{1}{\Lambda} \bar{N}_{сис} \quad (1.19)$ $T_{сис}$ - Середній час перебування заявки в системі
14	Середня виробничість групи джерел, що знаходяться у активному стані	$\bar{N}_{акт} l = (i - \bar{N}_{пас}) l = (i - \bar{K}/\rho) l \quad (1.20)$ $l$ - виробничість $\bar{N}_{акт} l$ - Середня виробничість групи джерел, що знаходяться у активному стані
15	Середня втрата виробничості за рахунок групи, що знаходиться у активному стані	$\bar{N}_{пас} l = (i - \bar{K}/\rho) l \quad (1.21)$ $\bar{N}_{пас} l$ - Середня втрата виробничості за рахунок групи, що знаходиться у активному стані

Припустимо, існує система, яка з часом випадково змінює стан. У цьому випадку кажуть, що в системі відбувається випадковий процес.

Процес - це процес дискретного стану, якщо його стан  $S_1, S_2, S_3, \dots$  можна скласти заздалегідь, а перехід системи з одного стану в інший є стрибком. Процес називається процесом безперервного часу, коли переходи системи із стану в стан відбуваються миттєво.

Робота системи масового обслуговування - це випадковий процес з дискретними станами та безперервним часом.

Випадковий процес - це марковський або випадковий процес без наслідків, якщо ймовірнісні властивості процесу в будь-який момент часу  $t_0$  залежать лише від його поточного стану, а не від того, коли і як система перейшла в цей стан.

При аналізі процесів системи масового обслуговування зручно використовувати геометричну схему - діаграму стану. Зазвичай стани системи представлені прямокутниками, а можливі переходи від стану до стану - стрілками. Приклад графіка стану наведено на рис. 1.4.

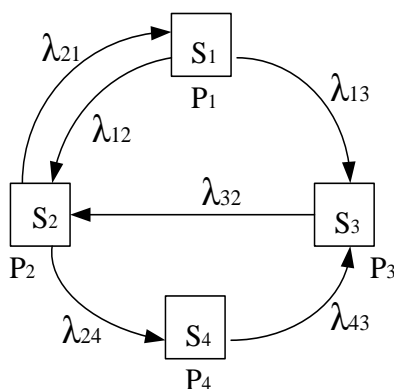


Рисунок 1.4 – Граф станів системи масового обслуговування

Множина випадків – послідовність однорідних випадків, наступаючих одне за іншим у випадкові моменти часу.

Множина характеризується інтенсивністю  $\lambda$  – частотою появи випадків або середнім числом випадків, що надходять у систему масового обслуговування в одиницю часу.

Множина випадків називається регулярним, якщо події слідуєть одне за іншим через певні рівні проміжки часу.

Множина випадків називається стаціонарним, якщо його ймовірнісні характеристики не залежать від часу. Зокрема, інтенсивність стаціонарного множини є величина постійна:  $\lambda(t) = \lambda$ .

Множина випадків називається ординарним, якщо ймовірність попадання на малу ділянку часу  $\Delta t$  двох і більше випадків мала в порівнянні з ймовірністю

влучення однієї події, тобто, якщо події з'являються в ньому поодиноці, а не групами.

Сукупністю випадків називають потік без наслідків, коли протягом будь-яких двох неперервних періодів часу  $\tau_1$  і  $\tau_2$  кількість випадків, що потрапляють на один із них, не залежить від кількості випадків, які припадають на інші.

Багато випадків називають найпростішими (або стаціонарним пуассонівським), коли він одночасно є нерухомим, звичайним і не має наслідків.

Всі переходи в системі зі стану в стан відбуваються під деяким потоком випадків. Нехай система  $S$  знаходиться в деякому стані  $S_i$ , з якого можливий перехід в стан  $S_j$ , тоді можна вважати, що на систему впливає найпростіший множина з інтенсивністю  $\lambda$ , що переводить її зі стану  $S_i$  в  $S_j$ . Як тільки з'являється перша подія множини, відбувається її перехід  $S_i \rightarrow S_j$ . Для наочності на графі станів у кожній стрілці, відповідній переходу, вказується інтенсивність  $\lambda_{ij}$ . Такий розмічений граф станів дозволяє побудувати математичну модель процесу, тобто знайти ймовірності всіх станів  $P_i(t)$  як функції часу. Для них складаються диференціальні рівняння, звані рівняннями Колмогорова.

Правило складання рівнянь Колмогорова: У лівій частині кожного з рівнянь стоїть похідна за часом від імовірності даного стану. У правій частині стоїть сума добутків всіх станів, з яких можливий перехід в даний стан, на інтенсивності відповідних множин випадків мінус сумарна інтенсивність всіх множин, які виводять систему з даного стану, помножена на ймовірність цього стану.

Наприклад, для графа станів, наведеного на рис. 1.4, рівняння Колмогорова мають вигляд:

$$\begin{cases} \frac{dP_1}{dt} = \lambda_{21}P_2 - (\lambda_{12} + \lambda_{13})P_1 \\ \frac{dP_2}{dt} = \lambda_{12}P_1 + \lambda_{32}P_3 - (\lambda_{21} + \lambda_{24})P_2 \\ \frac{dP_3}{dt} = \lambda_{13}P_1 + \lambda_{43}P_4 - \lambda_{32}P_3 \\ \frac{dP_4}{dt} = \lambda_{24}P_2 - \lambda_{43}P_4 \end{cases} \quad (1.6)$$

Так як в правій частині системи кожний доданок входить 1 раз зі знаком "+" і 1 раз зі знаком "-", то, складаючи всі  $n$  рівнянь отримаємо, що

$$\begin{aligned} \frac{dP_1}{dt} + \frac{dP_2}{dt} + \frac{dP_3}{dt} + \dots + \frac{dP_n}{dt} &= 0, \\ \frac{d}{dt}(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n) &= 0, \\ P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n &= 1. \end{aligned} \quad (1.7)$$

Отже, одне з рівнянь системи можна відкинути і замінити рівнянням (1.7).

Щоб отримати конкретне рішення треба знати початкові умови, тобто значення ймовірностей в початковий момент часу.

$$\begin{aligned} P_1(0) &= P_{10}, \\ P_2(0) &= P_{20}, \\ P_n(0) &= P_{n0}. \end{aligned} \quad (1.8)$$

Враховуючи достатньо тривалий час процесу в системі (при  $t \rightarrow \infty$ ), можна визначити ймовірності незалежних від часу станів, які називаються кінцевими ймовірностями, тобто систему перевести в стійкий стан. Якщо число станів системи є нормальним і може переходити з будь-якого з них в будь-який

інший стан за скінченну кількість кроків, тоді остаточні ймовірності існують,

$$\text{тобто } \lim_{t \rightarrow \infty} P_i(t) = P_i.$$

Сенс фінальних ймовірностей полягає в тому, що вони рівні середньому відносному часу перебування системи в даному стані.

Тому в стаціонарному стані похідні за часом дорівнюють нулю, то рівняння для фінальних ймовірностей виходять з рівнянь Колмогорова шляхом прирівнювання нулю їх правих частин.

Графи станів, використовувани в моделях систем масового обслуговування, називаються схемою загибелі й розмноження. Така назва обумовлена тим, що ця схема використовується в біологічних завданнях, пов'язаних з вивченням чисельності популяції. Її особливість полягає в тому, що всі стани системи можна представити у вигляді ланцюжка, в якій кожен зі станів пов'язано з попереднім і наступним (рис 1.5).

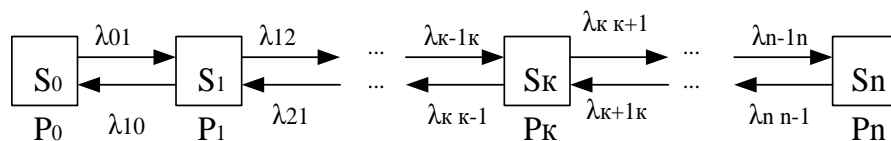


Рисунок 1.5 - Схема загибелі і розмноження СМО

Припустимо, що всі множини, що переводять систему з одного стану в інший, найпростіші. За графом, представленим на рис. 1.5, складемо рівняння для фінальних ймовірностей системи. Вони мають вигляд:

$$\begin{cases} S_0 : \lambda_{10}P_1 - \lambda_{01}P_0 = 0 \\ S_1 : \lambda_{21}P_2 - \lambda_{12}P_1 = 0 \\ S_2 : \lambda_{32}P_3 - \lambda_{23}P_2 = 0 \\ \dots \\ S_k : \lambda_{k+1k}P_{k+1} - \lambda_{kk+1}P_k = 0, \quad k = 0, \dots, n-1 \\ P_0 + P_1 + \dots + P_n = 1 \end{cases} \quad (1.9)$$

Виходить система з  $(n + 1)$  рівняння, яка вирішується методом виключення. Цей метод полягає в тому, що послідовно всі ймовірності системи виражаються через ймовірність  $P_0$ .

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{10}} P_0, \\
 P_2 &= \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} P_1 = \frac{\lambda_{01}\lambda_{12}}{\lambda_{21}\lambda_{10}} P_0, \\
 P_k &= \frac{\lambda_{01}\lambda_{12}\dots\lambda_{k-1k}}{\lambda_{kk-1}\dots\lambda_{21}\lambda_{10}} P_0.
 \end{aligned}
 \tag{1.10}$$

Підставляючи ці вирази в останнє рівняння системи, знаходимо  $P_0$ , потім знаходимо інші ймовірності станів СМО.

Мета моделювання СМО полягає в тому, щоб розрахувати показники ефективності системи через її характеристики. Як показники ефективності СМО використовуються:

- абсолютна пропускна здатність системи ( $A$ ), тобто середнє число звернень, що обслуговуються в одиницю часу;
- відносна пропускна здатність ( $Q$ ), тобто середня частка звернень, що надійшли та обслуговуються системою;
- ймовірність відмови ( $P_{om}$ ), тобто ймовірність того, що звернення покине СМО не обслуженою;
- середнє число зайнятих каналів ( $k$ );
- середнє число звернень в СМО ( $L_c$ );
- середній час перебування заявки в системі ( $T_c$ );
- середнє число звернень в черзі ( $L_o$ ) – довжина черги;
- середнє число звернень в системі ( $L_{cум}$ );
- середній час перебування заявки в черзі ( $T_o$ );
- середній час перебування заявки в системі ( $T_{cум}$ );

- ступінь завантаження каналу ( $P_{зан}$ ), тобто ймовірність того, що канал зайнятий;
- середня кількість звернень, що обслуговуються в одиницю часу;
- середній час очікування обслуговування;
- ймовірність того, що число звернень в черзі перевищить певне значення і т.п.

Розглянемо багатоканальну систему масового обслуговування з очікуванням. Процес масового обслуговування при цьому характеризується наступним: вхідний і вихідний множини мають інтенсивності  $\lambda$  і  $\mu$  відповідно, паралельно обслуговуватися можуть не більше  $C$  клієнтів, тобто система має  $C$  каналів обслуговування. Середня тривалість обслуговування одного клієнта дорівнює  $\frac{1}{\mu}$

Ймовірності того, що в системі знаходяться  $n$  звернень ( $C$  обслуговуються, решта чекають у черзі) дорівнює:

$$\begin{cases} P_n = \frac{\rho^n}{n!} \cdot P_0, & 0 \leq n \leq C; \\ P_n = \frac{\rho^n}{C! \cdot C^{n-C}} \cdot P_0, & n \geq C, \end{cases} \quad P_0 = \left( \sum_{n=0}^{C-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^C}{C! \left[ 1 - \left( \frac{\rho}{C} \right) \right]} \right)^{-1}.$$

Рішення буде дійсним, якщо виконується така умова:  $\left[ \frac{\lambda}{\mu \cdot C} \right] < 1$ .

Решта імовірнісні характеристики функціонування в стаціонарному режимі багатоканальної СМО з очікуванням і необмеженою чергою визначається за такими формулами:

середнє число клієнтів в черзі на обслуговування

$$L_q = \left[ \frac{C \cdot \rho}{(C - \rho)^2} \right] \cdot P_C;$$

середнє число що знаходяться в системі клієнтів (звернень на обслуговування і в черзі)

$$L_s = L_q + \rho;$$

середня тривалість перебування клієнта (заявки на обслуговування) в черзі

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda};$$

середня тривалість перебування клієнта в системі

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}.$$

### 1.3 Методи та засоби оптимізації бізнес процесів

Основна мета моделювання - відтворити поведінку досліджуваної системи на основі аналізу найважливіших взаємозв'язків її елементів.

Комп'ютерне моделювання слід розглядати як статичний експеримент.

З теорії функцій випадкових величин відомо, що для моделювання випадкової величини  $\xi(\omega)$  з будь-якою безперервною і монотонно зростаючою функцією розподілу  $F_\xi(x)$  достатньо вміти моделювати випадкову величину  $\eta(\omega)$ , рівномірно розподілену на відрізку  $[0;1]$ . Отримавши реалізацію  $y_k$  випадкової величини  $\eta(\omega)$ , можна знайти відповідну їй реалізацію  $x_k$  випадкової величини  $\xi(\omega)$ , так як вони пов'язані рівністю

$$x_k = F_\xi^{-1}(y_k) \quad (1.11)$$

Припустимо, що в деякій системі масового обслуговування час обслуговування однієї заявки розподіленої по експонентному закону з параметром  $\mu$ , де  $\mu$  - інтенсивність множини обслуговування. Тоді функція розподілу  $G(t)$  часу обслуговування має вигляд

$$G(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\mu t}, & t > 0; \\ 0, & t \leq 0. \end{cases}$$



Нехай  $y_k \in [0;1]$  - реалізація випадкової величини  $\eta(\omega)$ , рівномірно розподіленої на відрізку  $[0;1]$ , а  $t_k$  - відповідна їй реалізація випадкового часу обслуговування однієї заявки. Тоді, згідно (1.11),

$$t_k = G^{-1}(y_k) = -\frac{1}{\mu} \ln(1 - y_k) \quad (1.12)$$

Побудова імітаційних моделей.

Першим кроком у створенні імітаційної моделі є опис фактичної системи з точки зору характеристик основних випадків. Ці події, як правило, пов'язані з переходами досліджуваної системи з одного можливого стану в інший і називаються точками на тимчасовій осі. Для досягнення головної мети моделювання достатньо спостерігати за системою під час реалізації основних справ.

Розглянемо приклад одноканальної системи обслуговування. Метою моделювання такої системи є визначення оцінок її основних характеристик, таких як середній час перебування в черзі, середня тривалість черги та відсоток простою системи.

Характеристики самого процесу масового обслуговування можуть змінювати свої значення або в момент надходження нової заявки на обслуговування, або при завершенні обслуговування чергової заявки. До обслуговування чергової заявки СМО може приступити негайно (канал обслуговування вільний), але не виключена необхідність очікування, коли заявці доведеться зайняти місце в черзі (СМО з чергою, канал обслуговування зайнятий). Після завершення обслуговування чергової заявки СМО може відразу приступити до обслуговування наступної заявки, якщо вона є, але може і простоювати, якщо така відсутня. Необхідну інформацію можна отримати, спостерігаючи різні ситуації, що виникають при реалізаціях основних випадків. Так, при надходженні заявки в СМО з чергою при зайнятому каналі обслуговування довжини черги збільшується на 1. Аналогічно довжина черги

зменшується на 1, якщо завершено обслуговування чергової заявки і безліч звернень в черзі не порожньо.

Для того, щоб використовувати імітаційну модель, вам потрібно вибрати одиницю часу. Залежно від типу системи, що моделюється, такою одиницею може бути мікросекунда, година, рік тощо.

Оскільки комп'ютерне моделювання по суті є обчислювальним експериментом, то спостережувані результати разом повинні мати характеристики реалізації випадкової вибірки. Лише в цьому випадку забезпечується правильна статистична інтерпретація змодельованої системи.

В комп'ютерному моделюванні головний інтерес представляють спостереження, отримані після того, як досліджувана система переходить у стійкий режим роботи, оскільки в цьому випадку дисперсія вибірки різко зменшується.

Час, необхідний системі для досягнення стійкого робочого стану, визначається значеннями її параметрів та початковим станом.

Оскільки основною метою є отримання даних спостережень із якомога меншою кількістю помилок, ви можете досягти цієї мети:

1) Розширити тривалість імітаційного моделювання функціонального процесу досліджуваної системи. У цьому випадку система не тільки збільшує ймовірність досягнення стаціонарного режиму роботи, а й збільшує кількість використовуваних псевдовипадкових чисел, що також позитивно впливає на якість результатів.

2) із фіксованою тривалістю моделювання  $T$  для проведення  $N$  обчислювальних експериментів, які також називаються модельними прогонами, з різними наборами псевдовипадкових чисел, кожен з яких забезпечує спостереження. Усі запуски починаються з однакового початкового стану моделюваної системи, але використовують різні набори псевдовипадкових чисел. Перевагою цього методу є незалежність отриманих спостережень

$x_k = \overline{1, N}$ , показники ефективності системи. Якщо число  $N$  моделі досить велике,

межі симетричного довірчого інтервалу для параметра  $x$  визначаються наступним чином:

$$\underline{x} = \bar{x} - t_\gamma \frac{S}{\sqrt{N}}, \quad \bar{x} = \bar{x} + t_\gamma \frac{S}{\sqrt{N}}, \quad \text{тобто} \quad \bar{x} - t_\gamma \frac{S}{\sqrt{N}} < x < \bar{x} + t_\gamma \frac{S}{\sqrt{N}},$$

де  $\bar{x}$  – математичне очікування (середнє значення), знаходиться за формулою

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k,$$

$S$  – виправлена дисперсія,

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (x_k - \bar{x})^2,$$

$N$  – число прогонів програми,  $\gamma$  – надійність,  $t_\gamma = t(\gamma, N)$ .

## 2 РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ БІЗНЕС-ПРОЦЕСУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ХАРЧУВАННЯМ ХВОРИХ В ЛІКАРНІ

### 2.1 Структурне моделювання

Функціональна структура системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні представлена на діаграмі (рис. 2.1). На схемі зображені основні функціональні модулі системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні і зв'язок між ними. Кожен функціональний модуль системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні відповідає за виконання певної функції в системі, але не є класом програми, так як одна фізична одиниця структури програми може містити декілька функціональних модулів.



Рисунок 2.1 – Структурна схема системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні

Укрупнена функціонально-структурна модель досліджуваної предметної області системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні, побудована в IDEF0, представлена на рисунку 2.2.

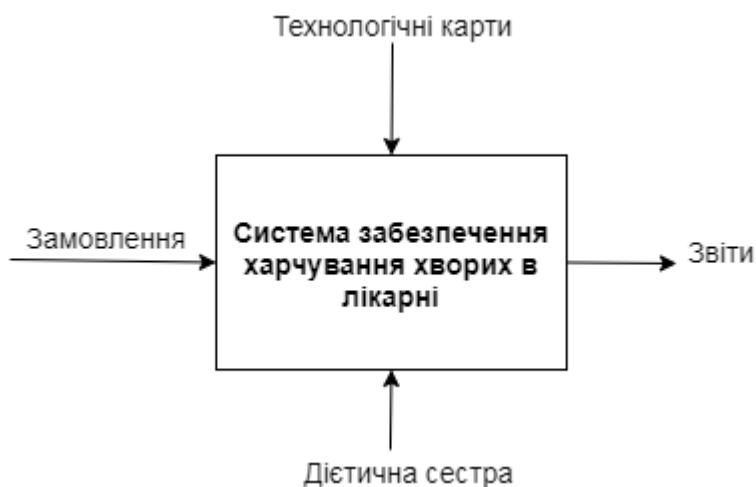


Рисунок 2.2 – Модель IDEF0 системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні(as is)

Згідно з основними бізнес-процесам, що відбуваються у лікарні з боку забезпечення хворих харчуванням, проведемо декомпозицію первісної діаграми на більш докладні діаграми, до тих пір, поки не буде досягнута необхідна ступінь деталізації.

Декомпозиція системи забезпеченням харчування наведено на рис.2.3 та 2.4 (діаграми as is та to be).

Далі наведемо DFD-діаграми функцій системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні.

Функція введення даних. Ця функція буде забезпечувати введення даних по наданих замовлень на харчування у спеціальній формі. Програма зберігає числові дані кожного показання для подальшого використання системою щодо нарахування оплат за виконанні замовлення у рамках системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні. Основні аспекти цієї функції зображено на рис. 2.4.

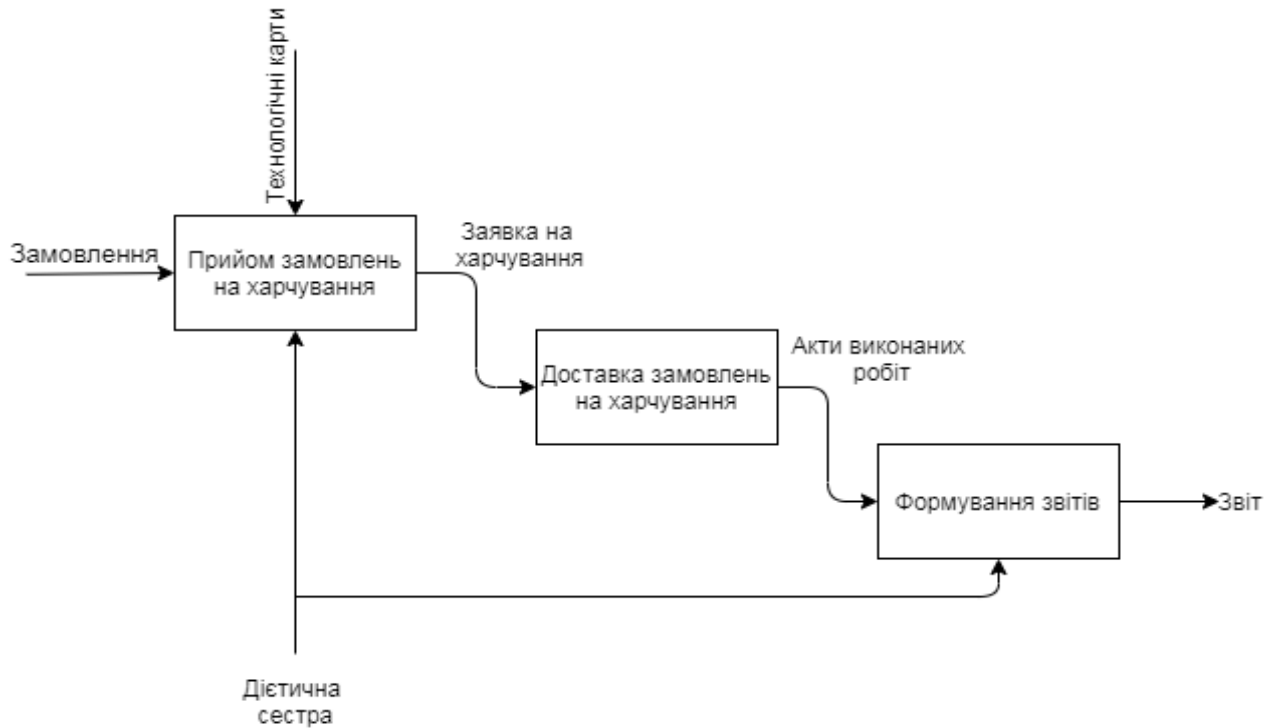


Рисунок 2.3 – Декомпозиція системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні на даний момент(as is)

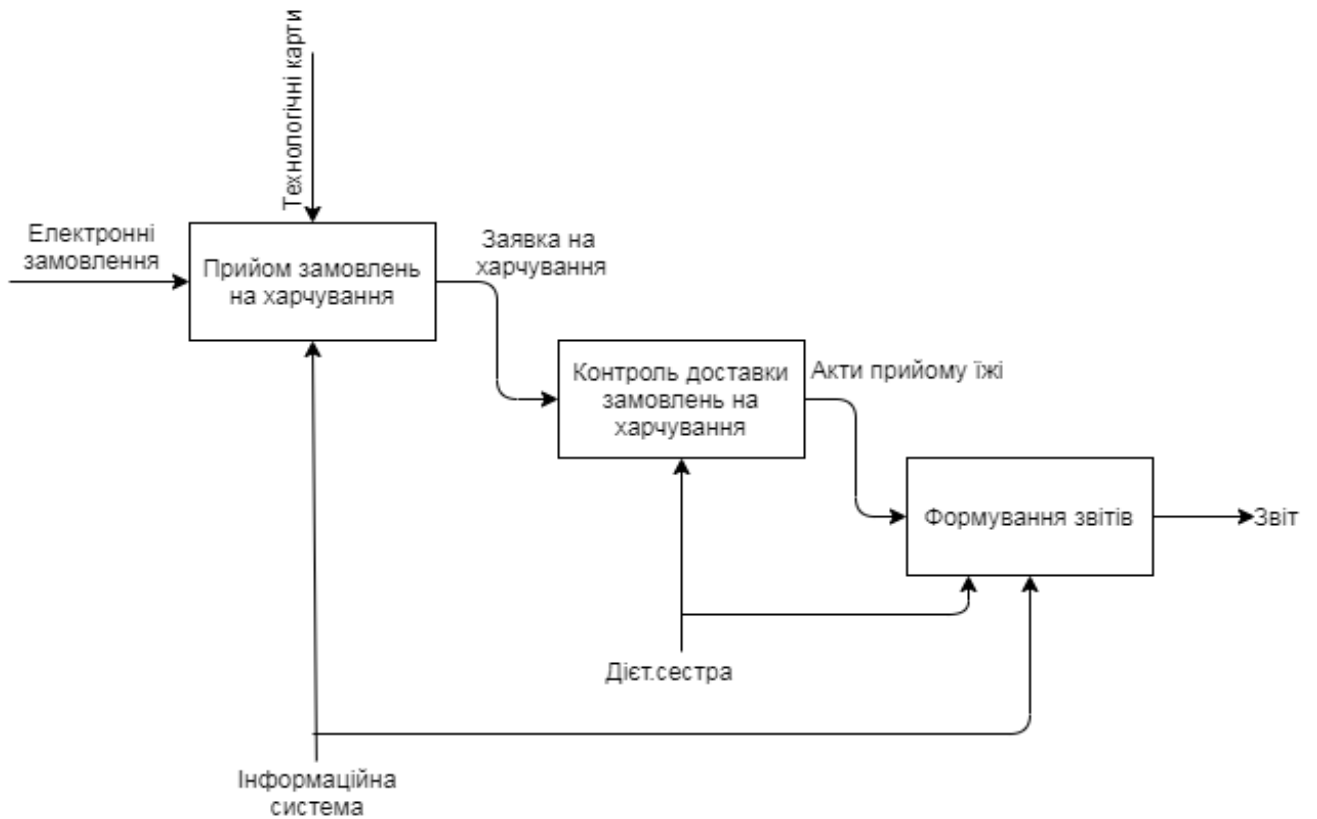


Рисунок 2.4 – Декомпозиція системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні (to be)



Рисунок 2.5 – DFD-діаграма введення даних системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні

Функція аналізу даних. Ця функція буде аналізувати введені показання щодо виконаних замовлень у системі забезпечення харчуванням хворих в лікарні та зберігати їх за для подальшого використання у цілях нарахування оплат за виконанні замовлення. Основні аспекти цієї функції зображено на рис. 2.6.

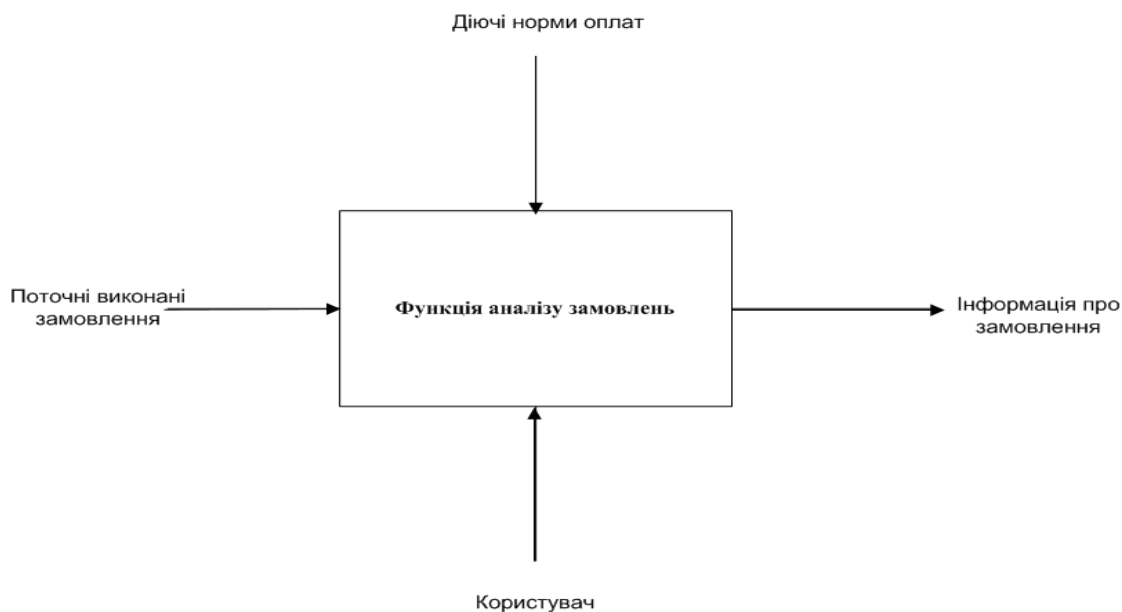


Рисунок 2.6 – DFD-діаграма аналізу даних системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні

Функція аналізу користувачів. Ця функція буде зберігати дані щодо користувачів системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні, та зберігати всі дані щодо користувачів системи системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні (ім'я, телефон, логін, пароль таке ін.)

Нові показники будуть поступово доповнювати та змінювати остаточний результат. Основні аспекти цієї функції системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні зображено на рис. 2.7.

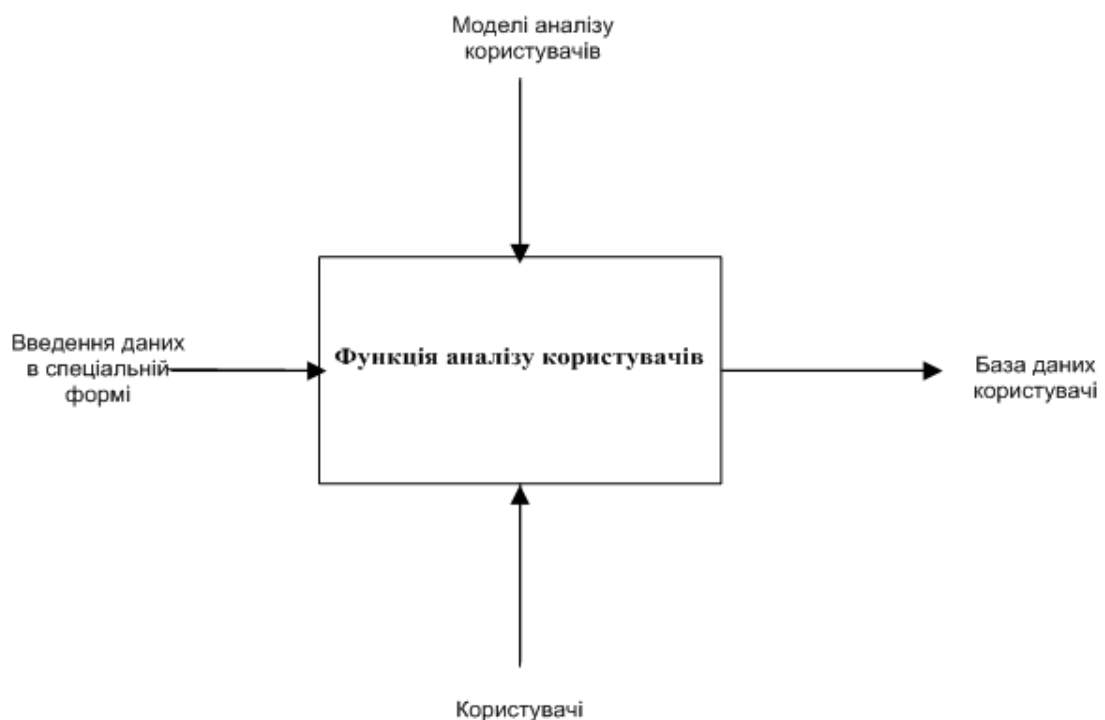


Рисунок 2.7 – DFD-діаграма аналізу користувачів системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні

Функція представлення результатів роботи системи системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні. Ця функція буде представляти текстовому вигляді поточні результати аналізу системи системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні. Чим більше буде введено інформації, тим детальніше та точніше будуть результати. Основні аспекти цієї функції зображено на рисунку (рис. 2.7).

Загальне представлення архітектури програми можливо зобразити при узагальненні функціональної і фізичної структури системи забезпечення



харчуванням хворих в лікарні. Схема архітектури системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні буде мати наступний вигляд (рис. 2.8).

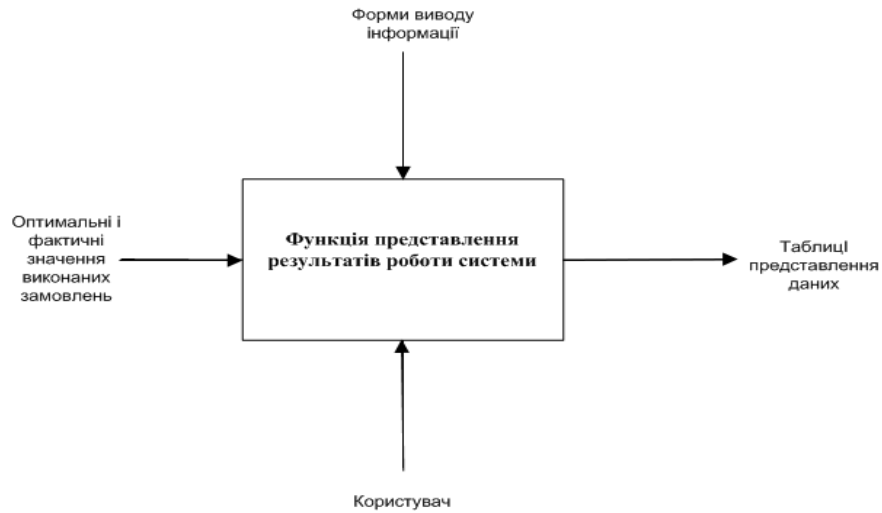


Рисунок 2.7 – DFD-діаграма представлення результатів роботи системи системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні

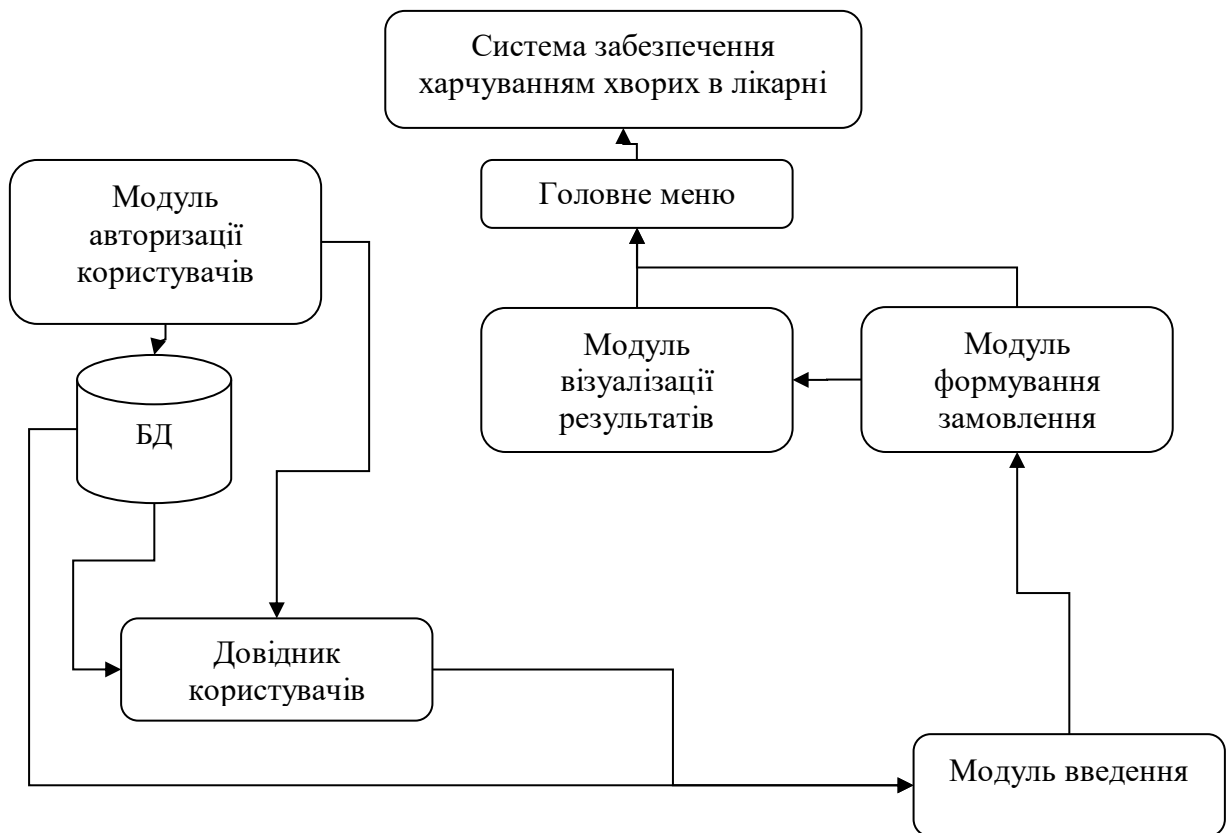


Рисунок 2.8 – Загальна структура системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні

## 2.2 Оптимізація багатокритеріальної задачі процесу харчування у лікарні

Основними принципами оптимізації системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні є:

- виконання аналізу зібраних замовлень;
- автоматизація процесу виведення результату формування замовлення, та його складу;
- автоматизація процесу проведення аналізу та прогнозування отриманого прибутку та виконаних замовлень.

Для вирішення завдання оптимізації системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні пропонується використовувати схему, представлену на рис. 2.9.



Рисунок 2.9 – Схема реалізації запропонованої моделі оптимізації системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні

Попередню модель інформаційної системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні можна представити у вигляді функціональних схем претендентів.

Діаграма прецедентів системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні показана на рис 2.10.

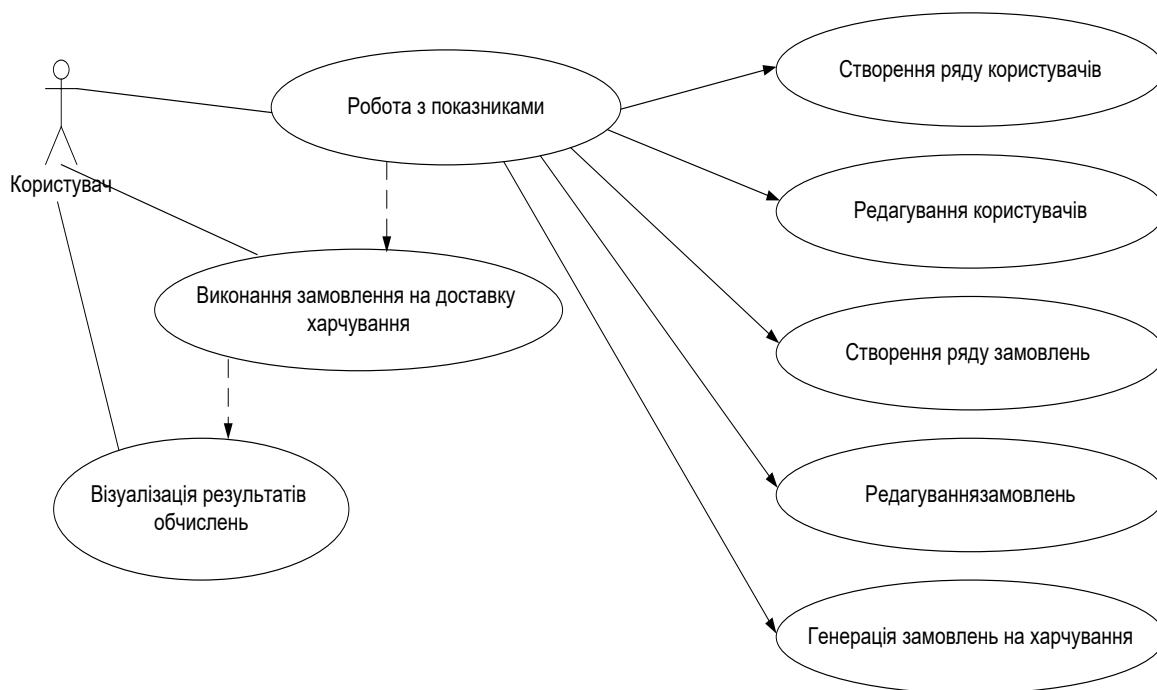


Рисунок 2.10 – Діаграма прецедентів системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні

Сутність структури системи передбачає можливість розподілу функціональних можливостей на дві бази.

– перша база має на меті формування ряду показників та представлення загальної системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні (рис. 2.11)

– друга база ґрунтується на математичній складовій, виконуючи всі необхідні обчислення генерації системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні (рис. 2.12).

Механізм виведення замовлень системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні базується на визначенні моделі вхідного ряду. У разі визначення структури замовлень на харчування хворих в лікарні результат генерації виводиться у табличній формі враховуючи тенденції зміни на всьому відрізку.



Рисунок 2.11 – Діаграма формування ряду показників та представлення загальної моделі системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні

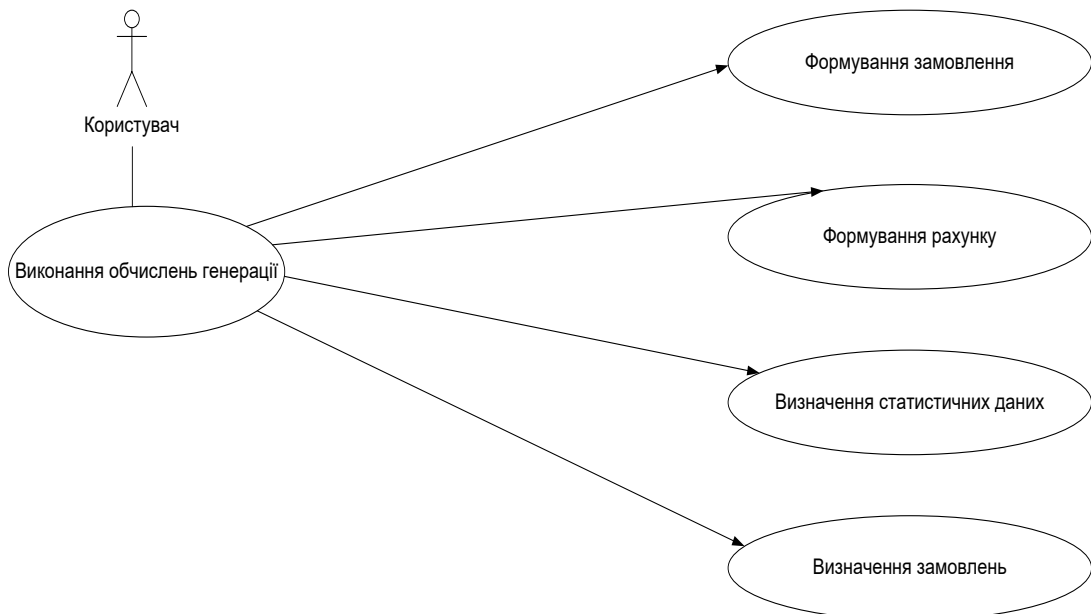


Рисунок 2.12 – Діаграма принципів проведення математичних обчислень та формування результату генерації замовлень системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні

### **2.3 Алгоритм реалізації бізнес-процесу забезпечення харчуванням хворих в лікарні**

Принципи формування системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні базуються на реалізації класів та методів. На початку роботи системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні відбувається створення екземпляра класу, що представляє собою реалізацію windows ini файлу. І інкапсулюючого в собі методи роботи з ним. У конструкторі класу вказується ім'я файлу для відкриття. Потім за допомогою методу ReadString читається ім'я останньої робочої БД. Якщо все нормально, то відбувається копіювання файлу "db.mdb" під введеним ім'ям і запускається процедура відкриття БД. Розглянемо блок-схему алгоритму (рис. 2.13.):

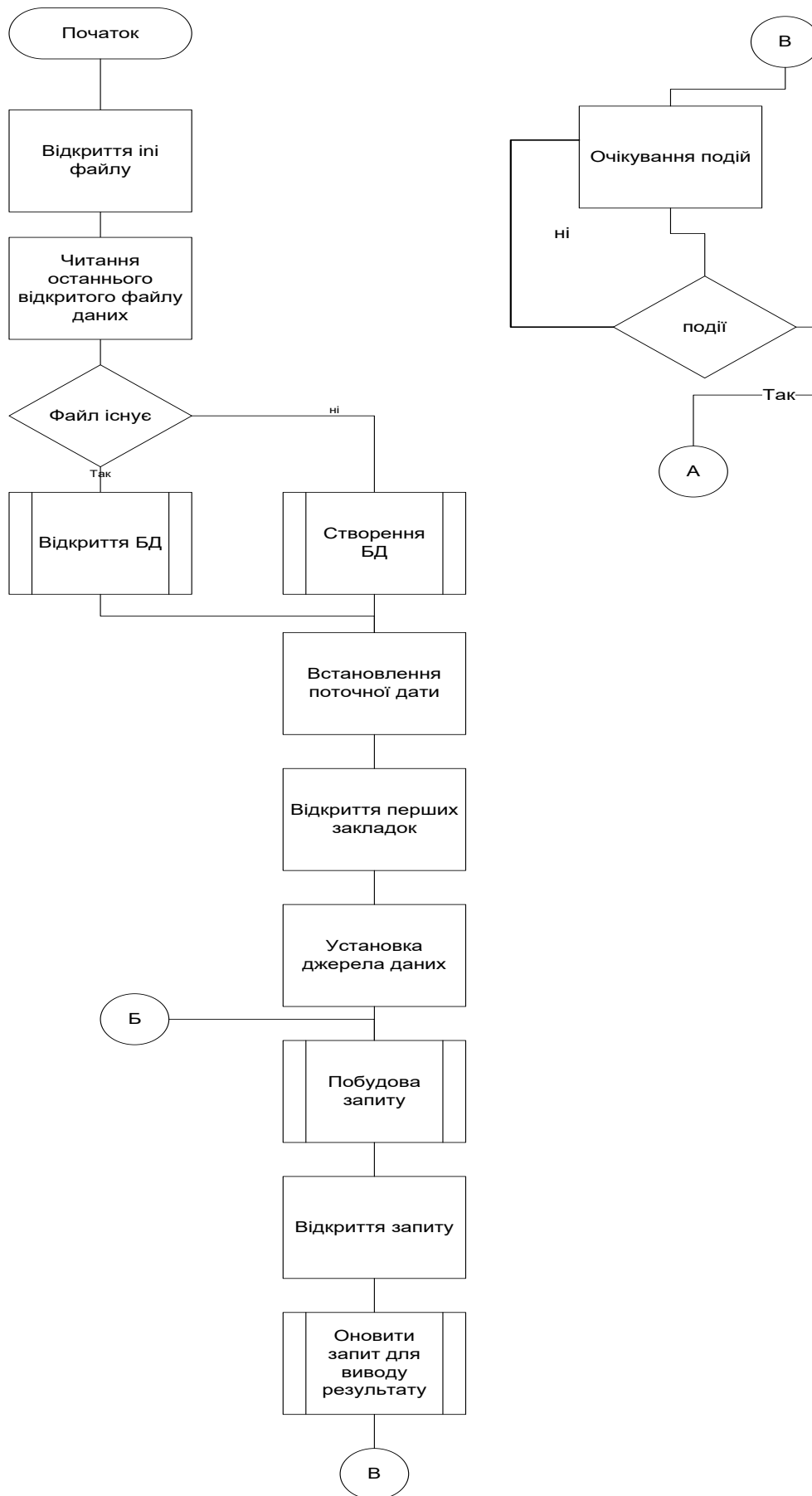


Рисунок 2.13 – Блок схема алгоритму роботи системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні

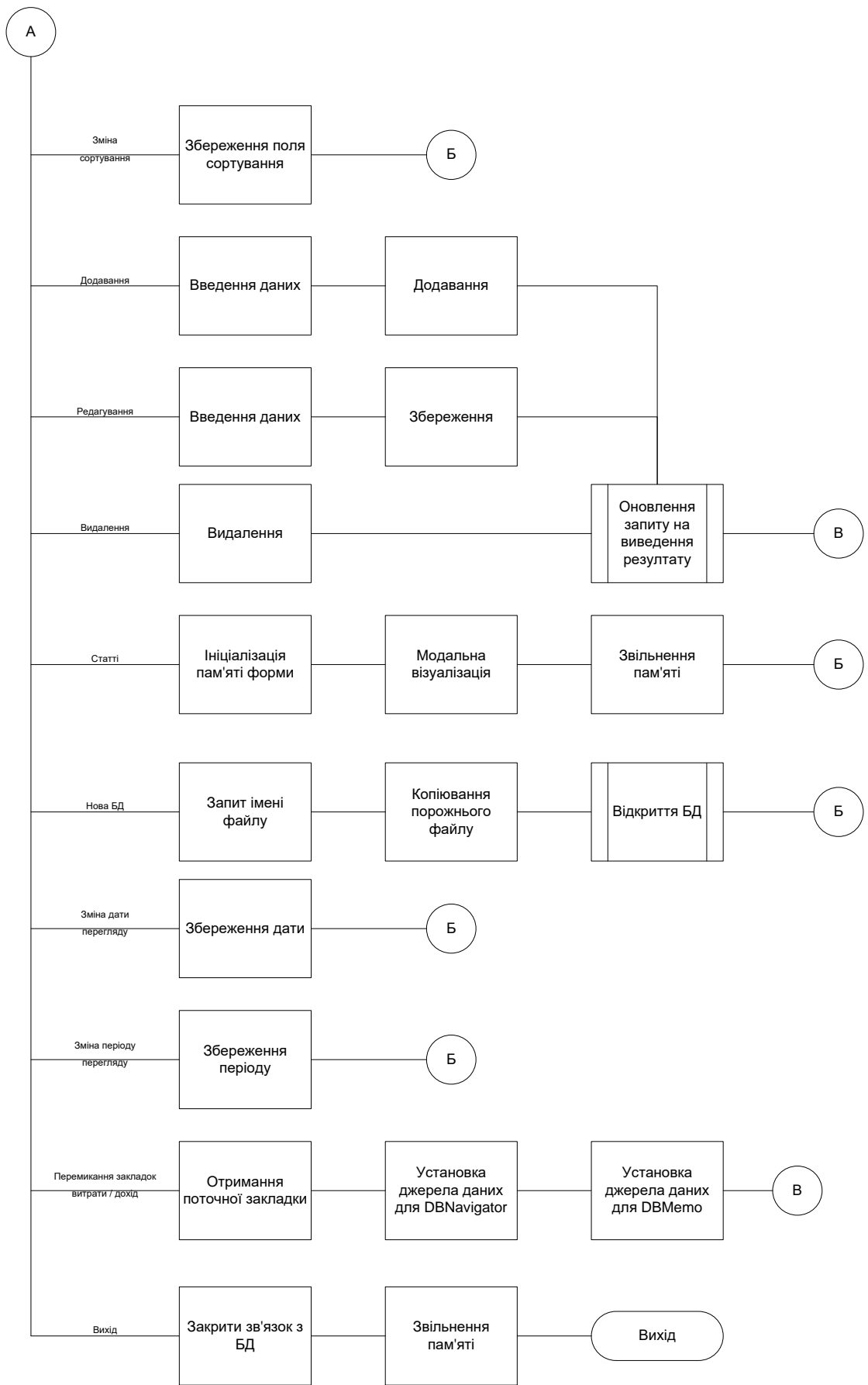


Рисунок 2.13 – Блок схема алгоритму роботи системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні (продовження)

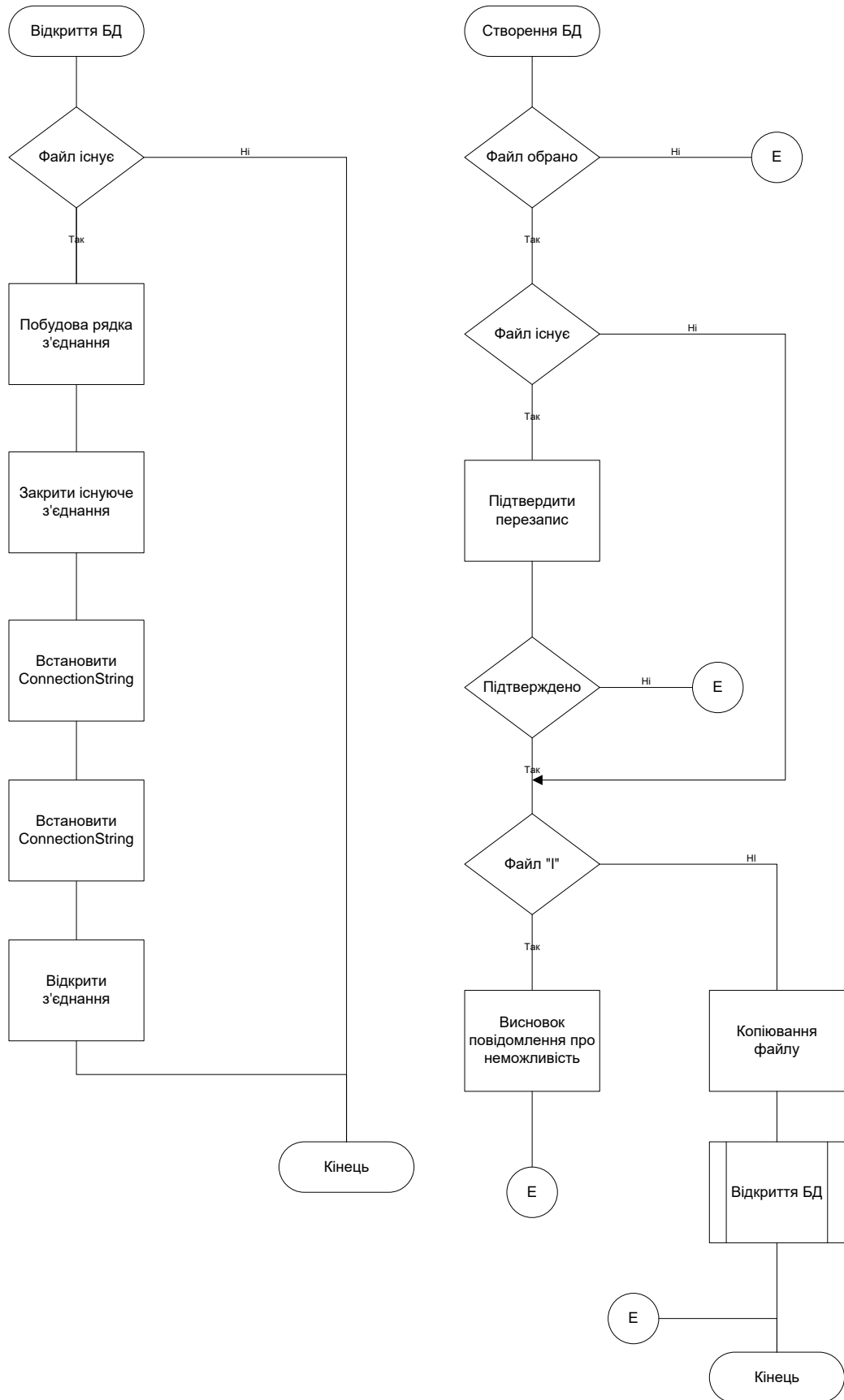


Рисунок 2.13 – Блок схема алгоритму роботи системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні (продовження)



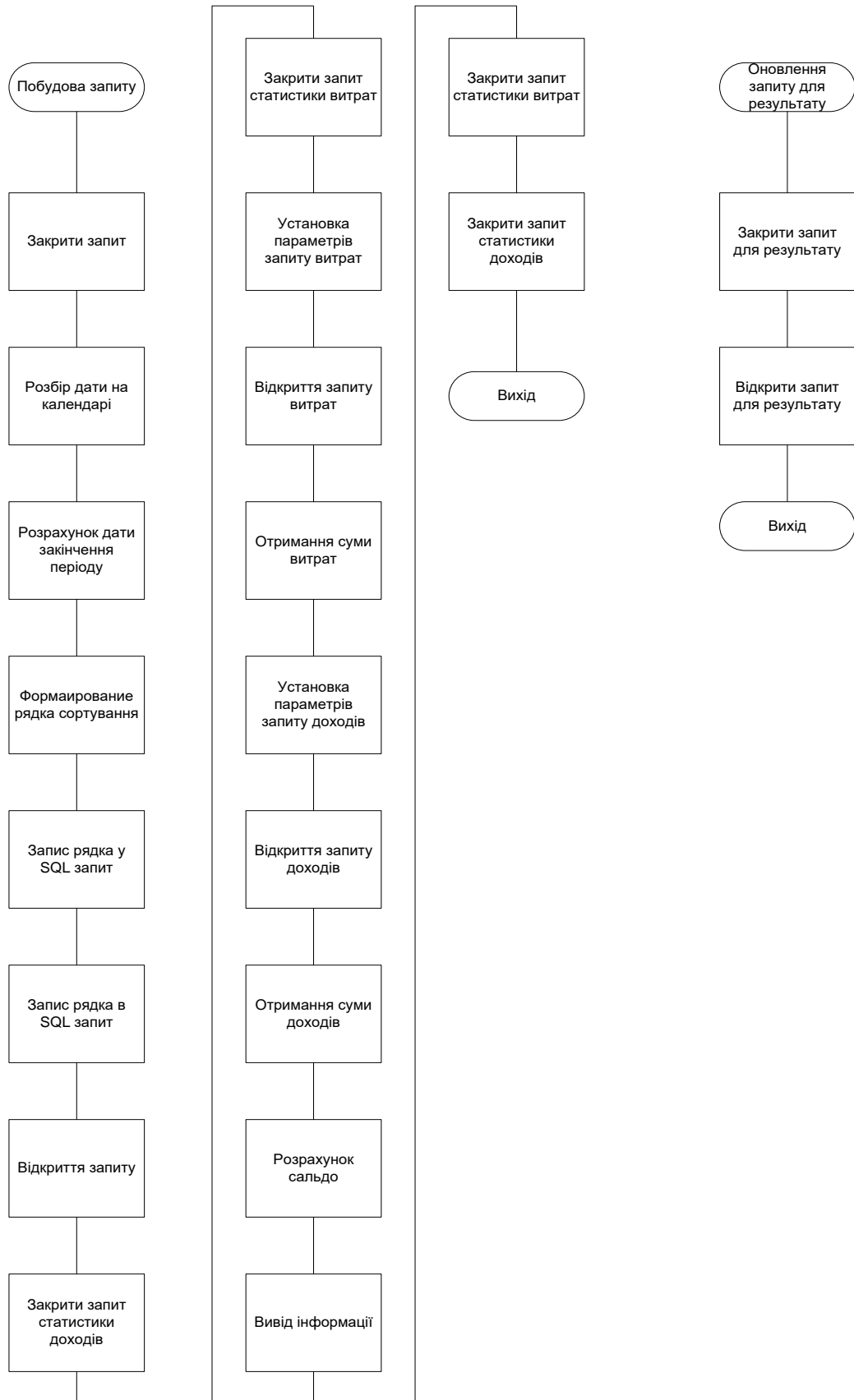


Рисунок 2.13 – Блок схема алгоритму роботи системи забезпечення харчуванням хворих в лікарні (продовження)

## 3 РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ РІШЕНЬ ДЛЯ ХАРЧУВАННЯМ ХВОРИХ В ЛІКАРНІ

### 3.1 Розробка інтерфейсу та головних модулів

Система організації забезпечення харчуванням хворих в лікарні написана на мові програмування Delphi 7. Головний інтерфейс системи організації забезпечення харчуванням хворих в лікарні наведено на рис. 3.1.

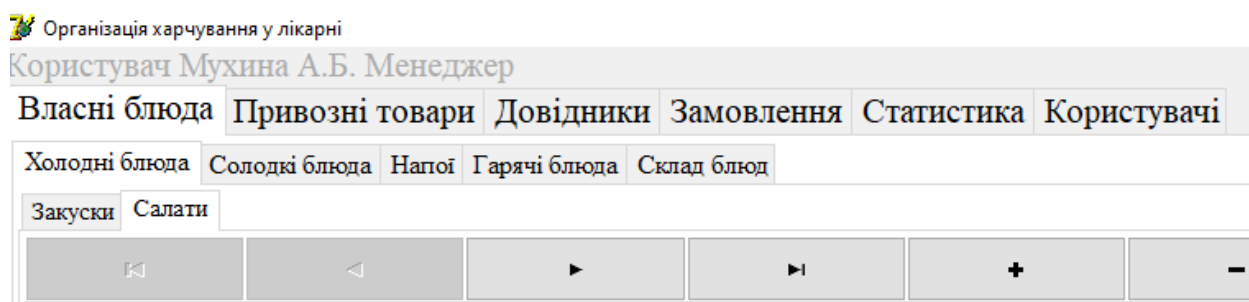


Рисунок 3.1 – Інтерфейс головного вікна системи організації забезпечення харчуванням хворих в лікарні

Головне вікно системи складається з поля виведення результату та активних вкладень наведених у верхній панелі головного вікна.

Кожне активне вкладення відповідає за певну модульну категорію. Таких категорій у рамках озробленого додатку 6. Це:

- власні страви;
- привозні страви;
- довідники;
- замовлення;
- статистика;
- користувачі.

У свою чергу довідники та власні блюда також розподіляються за категоріями.

Проведемо тестування розробленої системи організації забезпечення харчуванням хворих в лікарні.

### 3.2 Тестування програмного забезпечення харчуванням хворих в лікарні

Тестування розробленої системи організації забезпечення харчуванням хворих в лікарні виконаємо на найбільш навантажених режимах, з метою виявлення та усунення недоліків. Результати тестування наведено на рис. 3.2-3.6.

🏠 Організація харчування у лікарні  
Користувач Мухина А.Б. Менеджер

Власні блюда | Привозні товари | Довідники | Замовлення | Статистика | Користувачі

Холодні блюда | Солодкі блюда | Напої | Гарячі блюда | Склад блюд

Десерт | Кондитерські вироби

Тип товару	Категорія	Наименование	Состав
▶ Свой	Десерт	Полуничний пудінг	

Рисунок 3.2 – Результат тестування

🏠 Організація харчування у лікарні  
Користувач Мухина А.Б. Менеджер

Власні блюда | Привозні товари | Довідники | Замовлення | Статистика | Користувачі

Холодні блюда | Солодкі блюда | Напої | Гарячі блюда | Склад блюд

М'ясні | Рибні | Супи

Тип товару	Категорія	Наименование	Состав	Энергетическая ценность
Свой	Супы	Бульон дієтичний	Куриця відварна, морква, цибуля	80
▶ Свой	Супы	Курачий бульон	Кириця, морква, цибуля	80
Свой	Супы	Курачий бульон	Кириця, морква, цибуля	185
Свой	Супы	Суп курячий	Кириця, морква, цибуля	85
Свой	Супы	Курачий бульон	Кириця, морква, цибуля	85

Рисунок 3.3 – Результат тестування

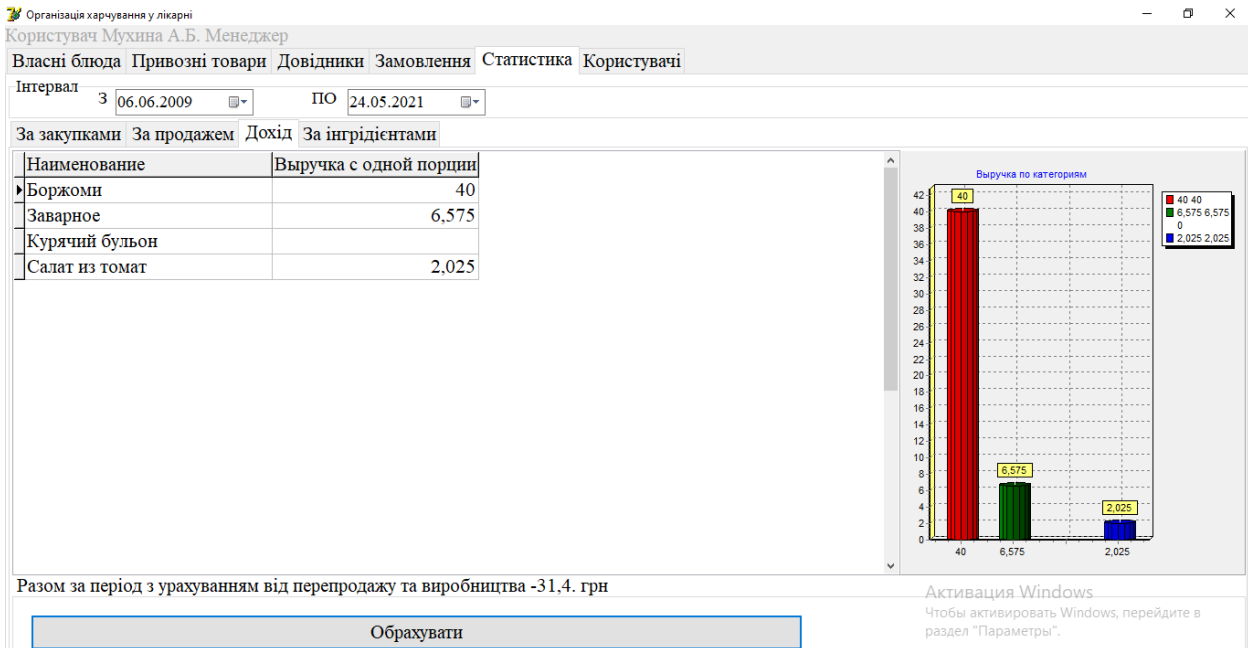


Рисунок 3.4 – Результат тестування

Організація харчування у лікарні  
Користувач Мухина А.Б. Менеджер

Власні блюда | Привозні товари | Довідники | Замовлення | Статистика | Користувачі

Тип сотрудника	ФИО	Паспорт	Телефон	Дата приема
Менеджер	Мухина А.Б.	6546464	987321576	01.01.2021
Начальник	Васильев И.В.	646563	65643287976	05.01.2021
Менеджер	Муркин А.И.	8788658	87097546	02.04.2021
Начальник	Новый сотрудник	4543654	856865	02.04.2021

Управління доступом

Змінити користувача | Змінити пароль

Рисунок 3.5 – Результат тестування

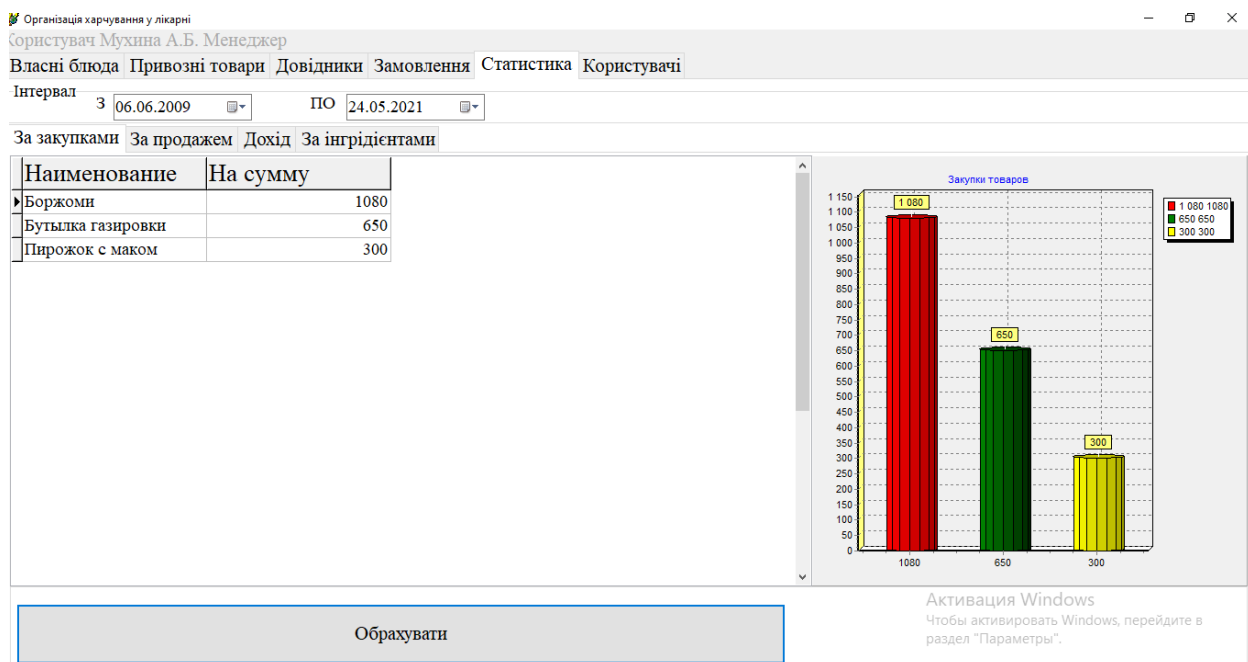


Рисунок 3.6 – Результат тестування

Під час тестування збоїв та недоліків у роботі програми не виявлено.

### 3.3 Верифікація результатів дослідження

Метою проведення верифікації є оцінювання комерційного потенціалу системи організації забезпечення харчуванням хворих в лікарні, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Результати оцінювання комерційного потенціалу системи організації забезпечення харчуванням хворих в лікарні відображено в таблиці 3.1.

За даними таблиці 3.1 робимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу системи організації забезпечення харчуванням хворих в лікарні. Рівень комерційного потенціалу системи організації забезпечення харчуванням хворих в лікарні середній. Розробка відрізняється від аналогів тим, що використовується метод аналітичних мереж, який у порівнянні з аналогами, здійснює графічний аналіз у двох інтерпретаціях та надає можливість самостійного завдання рівнів аналізу, а також вагових коефіцієнтів.

Таблиця 3.1 – Результати оцінювання комерційного потенціалу системи організації забезпечення харчуванням хворих в лікарні

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	1 .....	2 .....	3 .....
	Бали, виставлені експертами:		
1	3	1	0
2	4	2	1
3	0	3	3
4	1	4	4
5	1	0	1
6	2	1	0
7	3	1	1
8	4	3	3
9	1	4	4
10	0	1	3
11	1	2	4
12	1	1	1
Сума балів	СБ <sub>1</sub> = 21	СБ <sub>2</sub> = 23	СБ <sub>3</sub> = 25
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = 23$		

## ВИСНОВКИ

У межах даної бакалаврської роботи здійснено оптимізацію бізнес-процесу забезпечення харчуванням хворих в лікарні шляхом розробки програмного забезпечення, націленого на оптимізацію процесу доставки харчування до лікарні. Всі поставлені задачі було виконано.

У дипломній роботі, ми маємо справу з багатоканальною СМО з очікуванням з обмеженням на довжину черги. Присутня пуассонівська множина з повною відсутністю післядії. У нього випадкові інтервали між зверненнями мають експоненційний розподіл. Час обслуговування підпорядкований експоненціальному закону, пріоритетів до замовлень не має.

В комп'ютерному моделюванні головний інтерес представляють спостереження, отримані після того, як досліджувана система переходить у стійкий режим роботи, оскільки в цьому випадку дисперсія вибірки різко зменшується.

Час, необхідний системі для досягнення стійкого робочого стану, визначається значеннями її параметрів та початковим станом.

В даній роботі показано принципи організації харчового процесу в лікарні, проведено аналіз сучасних систем масового обслуговування та зроблено ряд припущень щодо оптимізації бізнес-процесів для надання послуг громадського харчування на підприємстві. Запропоновано структурне моделювання системи госпітального харчування, сформовано основні принципи оптимізації багатокритеріальних завдань, що застосовуються на базі системи госпітального харчування, наведено алгоритм реалізації бізнес-процесу госпітального харчування.

Розробка відрізняється від аналогів тим, що використовується метод аналітичних мереж, який у порівнянні з аналогами, здійснює графічний аналіз у двох інтерпретаціях та надає можливість самостійного завдання рівнів аналізу.

Комерційний потенціал організаційної системи обслуговування пацієнтів у лікарні є середнім.