A white building with a black background

Description automatically generated

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

КАФЕДРА ІНФОРМАТИКИ ТА ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Курсова робота з освітнього компоненту

«Моделювання систем. Курсова робота»

Тема: **Імітаційна модель** **майстерні по ремонту машин на основі формального опису мережею масового обслуговування**

**Керівник**: **Виконавець**:

ст.викл. Стельмах Олександр Петрович Лошак Віктор Іванович

студент групи ІП-11

«Допущено до захисту» залікова книжка № ІП-1120

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2024 р. «24» грудня 2024 р.

Захищено з оцінкою

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Члени комісії:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Інна СТЕЦЕНКО

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Олександр СТЕЛЬМАХ

**Київ – 2024**

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Кафедра інформатики та програмної інженерії

Дисципліна «Моделювання систем»

Спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення

Курс 4 Група ІП-11 Семестр 1

ЗАВДАННЯ

на курсову роботу студента

|  |
| --- |
| Лошака Віктора Івановича |

(прізвище, ім’я, по батькові)

|  |
| --- |
| 1. Тема роботи «Імітаційна модель майстерні по ремонту машин на основі формального опису мережею масового обслуговування» |

2. Термін здачі студентом закінченої роботи "24" грудня\_ 2024р.

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1. Опис 2. Псевдокод 3. Реалізація 4. Реалізація 5. Реалізація 6. Проведення експериментів над моделями. Висновки.

4. Дата видачі завдання "5" листопада 2024 року *а*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Назва етапів виконання курсової роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
| 1 | Отримання індивідуального завдання на курсову роботу | 05.11.2024 |  |
| 2 | Розробка концептуальної моделі системи | 29.11.2024 |  |
| 3 | Розробка формалізованої моделі системи | 03.11.2024 |  |
| 4 | Алгоритмізація моделі системи та її програмна реалізація | 08.11.2024 |  |
| 5 | Експериментальне дослідження моделі системи | 13.11.2024 |  |
| 6 | Інтерпритація результатів моделювання, формулювання висновків та пропозицій | 15.11.2024 |  |
| 7 | Оформлення пояснювальної записки | 17.11.2024 |  |
| 8 | Захист КР | 24.12.2024 |  |

Студент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Лошак В.І

(підпис)

Керівник **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** Стельмах О.П.

# Анотація

Структура та обсяг роботи. Пояснювальна записка курсової роботи складається з 5 розділів, містить 42 рисунки, 13 таблиць, 2 додатки, 7 джерел.

Зміст

# Постановка завдання

Виконати дослідження для такої системи:

Майстерня по ремонту машин складається з цеху ремонту, у який надходять і ремонтуються вузли, і цеху контролю, в якому відремонтовані вузли перевіряються і випускаються з майстерні або направляються на доробку. У цеху ремонту є три однакових робочих місця, а в цеху контролю знаходиться один контролер. Вузли потрапляють у систему через розподілені за експоненціальним законом інтервали часу з математичним сподіванням 10,25 одиниць часу. Час ремонту вузла має ерланговий розподіл із математичним сподіванням 22 і дисперсією 242. У цеху ремонту в першу чергу обслуговуються вузли з найменшим часом ремонту. Черга відремонтованих вузлів до контролеру використовує упорядкування за стратегією FIFO. Перевірка вузла займає 6 од. часу. Після перевірки вузол відправляється на доробку з ймовірністю , де p=, а n кількість разів, що вузол направлявся на доробку. Спрямовані на доробку вузли стають у чергу до цеху ремонту. Задаються такі початкові умови:

1. два робочих місця в цеху ремонту зайняті на обслуговуванні, яке закінчать через 1,0 і 1,5 одиниць часу відповідно;
2. перше надходження вузла станеться в нульовий момент часу;
3. контролер вільний.

Визначити такі величини:

1. завантаження обслуговуючих пристроїв;
2. математичне сподівання, середньоквадратичне відхилення і гістограму загального часу чекання вузлів, що ремонтуються;
3. середню кількість вузлів у системі;
4. математичне сподівання, середньоквадратичне відхилення і гістограму якості циклів ремонту кожного вузла.

Змініть правило диспетчерування вузлів в цеху ремонту так, щоб повернуті на доробку вузли оброблялись перед вузлами, що надійшли знову, а серед вузлів, що повернулися на доробку, пріоритет віддавався б тим, що провели в системі найбільший час, і проаналізуйте результати.

Для вищезазначеної системи:

1. розробити опис концептуальної моделі системи;
2. виконати формалізацію опису об'єкта моделювання в термінах визначеного у завданні формалізму;
3. розробити алгоритм імітації моделі дискретно-подійної системи у відповідності до побудованого формального опису;
4. для доведення коректності побудованого алгоритму виконати верифікацію алгоритму імітації;
5. визначити статистичні оцінки заданих характеристик моделі, що є метою моделювання;
6. провести експериментальне дослідження моделі;
7. інтерпретувати результати моделювання та сфомулювати пропозиції щодо поліпшення функціонування системи;
8. зробити висновки щодо складності розробки моделі та алгоритму імітації на основі використаного формалізму, отриманих результатів моделювання та їх корисності

# Вступ

У сучасному світі оптимізація процесів є ключовим завданням у багатьох галузях. Особливу увагу привертає моделювання та аналіз систем обслуговування, які застосовуються у виробничих середовищах. Майстерні з ремонту машин є одним із прикладів таких систем, де важливо забезпечити безперервний потік вузлів через ремонтні та контрольні операції. Це дозволяє мінімізувати час очікування та підвищити ефективність роботи.

Метою даної курсової роботи є дослідження ефективності роботи системи майстерні з ремонту машин. Завдання включає аналіз завантаження обслуговуючих пристроїв, визначення статистичних характеристик часу очікування вузлів у системі, оцінку якості циклів ремонту та їх розподілу, а також аналіз черг і обґрунтування вибору диспетчерських стратегій.

Для досягнення поставленої мети використовується формалізм мереж масового обслуговування (ММО), який є потужним інструментом для моделювання дискретно-подійних систем. Цей підхід дозволяє точно відтворити динаміку роботи ремонтного цеху, черги вузлів та циклічність процесів. Мережі масового обслуговування дають змогу враховувати випадковість часу ремонту вузлів та їх перевірки, а також можливість багаторазового повернення вузлів на доробку.

У рамках роботи буде проведено моделювання системи за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, яке дозволяє будувати мережі масового обслуговування, виконувати імітацію роботи системи та аналізувати отримані дані. Це забезпечить точність розрахунків і наочність представлення результатів.

Особливу увагу буде приділено зміні правила диспетчеризації вузлів у цеху ремонту. Основна мета полягає у визначенні впливу нових правил, які передбачають пріоритетне обслуговування вузлів, що повернулися на доробку, на загальну ефективність системи. Це дозволить виявити оптимальні стратегії керування потоками вузлів у ремонтному цеху.

Результати дослідження дозволять оцінити поточну ефективність роботи системи та визначити шляхи її вдосконалення. Зокрема, буде проведено аналіз факторів, що впливають на тривалість ремонту вузлів, та запропоновано рекомендації для зменшення часу очікування та підвищення продуктивності майстерні. Це матиме значний внесок у розвиток методів моделювання дискретно-подійних систем та їх практичного застосування у виробничих процесах.

# Концептуальна модель системи

Концептуальна модель системи ремонту машин включає деталізоване представлення всіх підсистем, елементів та зв’язків між ними. В розділі також наведено опис параметрів, необхідних для подальшого моделювання.

## Підсистеми:

Система складається з двох основних цехів:

* Цех ремонту– три ідентичні робочі місця (канали обслуговування), де вузли ремонтуються.
* Цех контролю– один контролер (один канал обслуговування), де перевіряються відремонтовані вузли.

## Елементи системи:

* + Вузли — потік вузлів, що надходять у систему за експоненціальним законом та вузли повернуті для повторного проходження циклів ремонту та контролю.

## Зв'язки між елементами

* Потік вузлів надходить у цех ремонту.
* Вузли після ремонту спрямовуються до цеху контролю.
* Якщо вузол не проходить контроль, він повертається до цеху ремонту.
* Вузли, що успішно пройшли контроль, залишають систему.

## Вхідні змінні моделі

Перелік вхідних змінних моделі можна представити таким чином:

1. Час між надходженнями вузлів:
   * Початкове значення: середнє 10.25 одиниць часу
   * Допустимий діапазон варіювання: (0, +∞)
   * Закон розподілу: експоненціальний зі швидкістю λ = 1 / 10.25
2. Час ремонту вузлів

* Початкове значення: середнє 22 одиниці часу
* Допустимий діапазон варіювання: (0, +∞)
* Закон розподілу: ерланга, параметри якого відповідають математичному сподіванню 22 і дисперсії 242

1. Час перевірки вузлів

* Початкове значення: 6 одиниць часу
* Допустимий діапазон варіювання: фіксована детермінована величина (у задачі не передбачено змін)
* Закон розподілу: детермінований (постійна величина 6)

1. Початкові умови завантаженості ремонтного цеху
   * Початкові значення: два робочих місця зайняті (залишок ремонту 1.0 та 1.5 одиниць часу), одне робоче місце вільне, контролер вільний
   * Допустимий діапазон варіювання: (для задачі фіксується стан на момент t=0; варіювання не передбачене)
   * Закон розподілу: не застосовується, оскільки задається детермінованим чином

## Вихідні змінні моделі

Перелік вихідних змінних можна сформулювати таким чином:

1. Завантаження (коефіцієнт використання) робочих місць у цеху ремонту та контролера
   * Зміст: коефіцієнт використання показує відношення загального часу, протягом якого пристрій був зайнятий обслуговуванням вузлів, до загального часу моделювання.
   * Спостереження необхідних числових значень: потрібно реєструвати загальний час зайнятості кожного пристрою та тривалість імітаційного періоду (або сумарний “фізичний” час від початку до завершення моделювання).
2. Час очікування вузлів на ремонт (математичне сподівання, середньоквадратичне відхилення, гістограма)
   * Зміст: тривалість перебування вузла в черзі перед початком ремонту.
   * Спостереження необхідних числових значень: для кожного вузла фіксують момент його надходження до черги ремонтного цеху і момент фактичного початку ремонту, на основі чого розраховується індивідуальний час очікування.
3. Середня кількість вузлів у системі
   * Зміст: число вузлів, що перебувають у будь-якому стані системи (в черзі на ремонт, у процесі ремонту, в черзі на контроль, на контролі).
   * Спостереження необхідних числових значень: необхідно відстежувати, скільки вузлів перебуває в системі в кожен момент часу (або фіксувати цю кількість через рівні інтервали моделювання), а потім обчислити середнє значення за період імітації.
4. Кількість циклів ремонту (математичне сподівання, середньоквадратичне відхилення, гістограма)

* Зміст: оцінка того, скільки разів вузол повертається в ремонт після перевірки. Це показник “якості” або успішності кожного циклу ремонту.
* Спостереження необхідних числових значень: для кожного вузла необхідно реєструвати кількість його повернень на доробку до цеху ремонту; за накопиченою статистикою розраховуються середнє, середньоквадратичне відхилення та формується гістограма розподілу кількості доробок.

## Параметри моделі (постійні характеристики системи)

1. Кількість робочих місць у ремонтному цеху: 3.
2. Кількість контролерів: 1.
3. Формула ймовірності повернення на доробку: pₙ = 0.15ⁿ, де n – кількість попередніх доробок
4. Порядок ремонту (якщо наявна черга, пристрій бере вузол із найменшим часом ремонту або пріоритет для повторних вузлів) – можна вважати частково параметром, частково “механізмом” у моделі.
5. Максимальний розмір черги: infinity

## Схематичне представлення процесу

BPMN-діаграма (Business Process Model and Notation[1]) – це графічне представлення процесів, яке дозволяє детально описати їхню послідовність, взаємодію елементів системи та потік даних між ними. Вона використовується для візуалізації концептуальної моделі, допомагаючи зрозуміти логіку роботи системи, виявити можливі вузькі місця та полегшити подальшу формалізацію і моделювання.

Рисунок 1.1 ілюструє процес функціонування системи:

1. Потік вузлів**:** Надходять у цех ремонту через вхідну чергу.
2. Ремонт**:** Вузли обробляються на одному з трьох робочих місць.
3. Контроль**:** Вузли проходять перевірку контролером.
4. A diagram of a mail

   Description automatically generatedПовернення на доопрацювання**:** Частина вузлів повертається до ремонту, інші — виходять із системи.
5. Рисунок 1.1 — Схема процесу функціонування системи

## Висновок до розділу

Розроблена концептуальна модель майстерні по ремонту машин лягає в основу подальшої формалізації, побудови алгоритму імітації та проведення експериментального дослідження. Визначені вхідні змінні, параметри та вихідні характеристики дозволяють ефективно аналізувати роботу системи та оптимізувати її продуктивність.

# РОЗРОБКА ФОРМАЛІЗОВАНОЇ МОДЕЛІ

У цьому розділі виконується побудова формалізованої моделі майстерні з ремонту машин на основі мережі масового обслуговування (ММО). Формалізація полягає в описі основних елементів системи (пристрої обслуговування, черги, маршрути слідування) та їх числових параметрів, а також у визначенні формул для розрахунку вихідних характеристик.

У таблиці 2.1 наведено елеменети формалізації мережі масового обслуговування [2][c. 62].

Таблиця 2.1 Мережа масового обслуговування(ММО)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Назва | Позначення | Опис |
| Надходження запитів ззовні |  | Надходження запитів на обслуговування з заданою часовою затримкою (може бути відсутнім). |
| Пристрій обслуговування |  | Обробляє запити по одному з часовою затримкою. |
| Черга |  | Накопичувач запитів, що очікують звільнення пристрою обслуговування. |
| Система масового обслуговування (СМО) |  | Один або кілька ідентичних пристроїв з чергою перед ними. Черга є складовою частиною СМО. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Назва | Позначення | Опис |
| Дуга |  | Маршрут слідування запиту до наступної СМО. |
| Розгалуження маршруту | A diagram of a graph  Description automatically generated | Маршрут слідування запиту до однієї з наступних СМО, вибір якої здійснюється за заданими ймовірностями. |
| Блокування маршруту | A diagram of a diagram  Description automatically generated | Встановлює блокування маршруту слідування у наступну СМО за заданою умовою. |
| Дуга з числовим параметром |  | Групування елементів у вказаній кількості. |

A group of white circles with black background

Description automatically generated

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

* + 1. Business Process Model and Notation [Електронний ресурс]—<https://www.bpmn.org/>
    2. Стеценко, І. В. Моделювання систем: навчальний посібник, 2011. 407