КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Факультет комп'ютерних наук та кібернетики
Кафедра інтелектуальних програмних систем

Кваліфікаційна робота
на здобуття освітнього рівня магістра

за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення
на тему:

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ТА СИНТЕЗУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА НА БАЗІ ДОКУМЕНТООБІГУ

Виконав студент 2-го курсу магістратури
Яків АРТЮХОВ _____
(підпис)

Науковий керівник:
доцент, кандидат фіз.-мат. наук
Анатолій ПЕТРУШЕНКО _____
(підпис)

Засвідчую, що в цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Роботу розглянуто й допущено до захисту на засіданні кафедри інтелектуальних програмних систем
«10» травня 2023 р.,
протокол № 9
Завідувач кафедри
Олександр ПРОВОТАР _____
(підпис)

Київ – 2023

РЕФЕРАТ

Обсяг роботи: 65 сторінок, 12 ілюстрацій, 8 таблиць, 20 джерел посилань, 1 додаток.

ЕЛЕКТРОННИЙ ДОКУМЕНТООБІГ, БАЗА ДАНИХ, АЛГОРИТМ ДЕМУКРОНА, ДОКУМЕНТ, ГРАФ, ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ.

Об’єктом дослідження кваліфікаційної роботи є моделі аналізу та синтезу організаційно-технічних систем управління підприємствами на базі документообігу та методи їх реалізації. Об’єктом розроблення програмного засобу є процес створення моделі аналізу та синтезу організаційно-технічних систем управління підприємствами на базі документообігу.

Мета кваліфікаційної роботи - створення автоматизації системи аналізу та синтезу організаційно-технічної системи управління підприємством на базі документообігу. Для досягнення поставленої мети сформульовано наступні задачі:

– розробити алгоритм аналізу та синтезу організаційно-технічної системи управління підприємством на базі документообігу.

– розробити автоматизовану систему, що реалізує всі етапи запропонованого алгоритму.

У даній кваліфікаційній роботі розроблено алгоритм аналізу та синтезу організаційно-технічної системи управління підприємства на базі документообігу. Алгоритм умовно можна розбити на наступні етапи:

– аналіз підприємства;

– побудова моделі руху інформації та її інтерпретація у вигляді СМО;

– розрахунок статистичних характеристик отриманих СМО;

– аналіз проведених розрахунків.

Розглянутий алгоритм реалізований у вигляді відповідного програмного комплексу.

У даній кваліфікаційній роботі використано методи теорії графів, теорії дослідження операцій (СМО), імітаційного та математичного моделювання.

В якості інструментарія розробки програмного продукту в кваліфікаційній роботі використовувалося безкоштовне та вільно поширюване програмне середовище розробки Visual Studio, крос-платформний фреймворк .NET, мова програмування C#, графічну бібліотеку vis.js та СУБД MySQL.

Результатом роботи є розроблений алгоритм синтезу організаційно-технічної системи управління підприємством на базі документообігу та відповідний програмний застосунок, що реалізує етапи даного алгоритму.

Результати роботи можуть бути використані як кінцевим користувачем, для оптимізації документообігу на підприємстві, так і для подальшого дослідження алгоритмів та методів синтезу систем управління.

Розроблений програмний застосунок має широкий потенціал для розвитку. Майбутні найближчі вдосконалення можуть включати розширення програми до системи прийняття рішень, шляхом впровадження модуля формування звітів ефективності організації документообігу з відповідними чітко визначеними пропозиціями по змінам в організаційній структурі підприємства.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.....6

ВСТУП..... 7

РОЗДІЛ 1 ДОКУМЕНТООБІГ ТА ПРОБЛЕМИ ЙОГО АВТОМАТИЗАЦІЇ.....9

1.1 Основні поняття організації документообігу на підприємстві.....9

1.2 Семантичний аналіз документів та його застосування для виявлення зв'язків між документами.....10

1.3 Недоліки традиційних методів управління документацією..... 12

1.4 Системи електронного документообігу та їх переваги..... 14

1.5 Перешкоди на шляху до впровадження СЕД..... 16

1.6 Системи масового обслуговування..... 17

РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНА СИСТЕМА.....20

2.1 Алгоритм аналізу та синтезу організаційно-технічної системи управління..... 20

2.1.1 Аналіз підприємства.....20

2.1.2 Побудова моделі руху інформації та її інтерпретація у вигляді СМО.....21

2.1.3 Розрахунок статистичних характеристик.....22

2.1.4 Аналіз проведених розрахунків.....22

2.2 Застосування алгоритму до обраного підприємства..... 23

2.2.1 Аналіз підприємства.....23

2.2.2 Схема руху інформації та її інтерпретація у вигляді СМО.....33

2.2.2.1 Проблема топологічного сортування.....33

2.2.2.2 Алгоритм Демукрона..... 34

2.2.2.3 Застосування модифікованого алгоритму Демукрона..... 36

2.2.2.4 Модель інформаційних потоків.....44

2.2.3 Розрахунок статистичних характеристик до визначених СМО 46

2.3.4 Аналіз отриманих результатів..... 49

РОЗДІЛ 3 АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ТА СИНТЕЗУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ НА БАЗІ ДОКУМЕНТООБІГУ.....52

3.1 Огляд та формалізація алгоритму..... 52

3.2 Загальний робочий процес застосунку.....53

3.3 Архітектура застосунку та технології реалізації..... 55

3.3.1 Архітектура застосунку.....55

3.3.2 Обрані технології.....56

4.4 Виклики реалізації застосунку та можливі подальші покращення...56

ВИСНОВКИ.....58

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....60

ДОДАТОК А.....62

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

EDM – Electronic Document Management;

IDE – Integrated Development Environment;

API – Application Programming Interface;

БД – база даних;

ІС – інформаційні системи;

ІТ – інформаційні технології;

ЛКМ – локальна комп’ютерна мережа;

СЕД – система електронного документообігу;

СМО – системи масового обслуговування;

СППР – системи підтримки прийняття рішень;

СУБД – системи управління базами даних;

РС – робоча станція.

ВСТУП

Оцінка сучасного стану об’єкта розробки. Впровадження та оптимізація електронного документообігу є одним з ключових питань, які сьогодні ставлять перед собою багато підприємств та навіть держав. Це пов'язано з тим, що цифрова трансформація дозволяє збільшити продуктивність праці, знизити витрати на виконання рутинних задач та підвищити ефективність управління документами. Проте, незважаючи на значні зусилля, направлені на розвиток даної галузі, все ще існує багато невирішених проблем на шляху до повного впровадження ефективної моделі електронного документообігу. Одна з таких причин – брак теоретично-обґрунтованих методів розробки, як організаційно-технічних систем управління підприємствами так і відповідних їм інформаційних систем.

Актуальність роботи та підстави для її виконання. Сучасний світ вже давно став на шлях комп’ютеризації. Це отримало своє відображення не тільки в практичній середі, а і у нормативно-правовій. Багато країн визначили свій вектор розвитку у сфері електронного документообігу в різних законах та постановах. Проголошений ще у 2003 році Україною закон “Про електронні документи та електронний документообіг”, один із таких прикладів. Даним законом зокрема затверджено розробити програму заходів стимулювання підприємств, установ і організацій, які впроваджують електронний документообіг. Розробка алгоритмів та методів синтезу організаційно-технічних систем управління підприємствами на базі документообігу має стати значним вкладом у розвиток та покращення впровадження та використання електронного документообігу [1].

Мета й завдання роботи. Метою кваліфікаційної роботи є створення автоматизації системи аналізу та синтезу організаційно-технічної системи управління підприємством на базі документообігу.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

– розробити алгоритм аналізу та синтезу організаційно-технічної системи управління підприємством на базі документообігу.

– розробити автоматизовану систему, що реалізує всі етапи запропонованого алгоритму.

Об'єкт, методи й засоби дослідження та розроблення. Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є моделі аналізу та синтезу організаційно-технічних систем управління підприємствами на базі документообігу та методи їх реалізації.

Під час проведення дослідження були використані наступні методи: теорії графів, теорії дослідження операцій (СМО), теорії імітаційного та математичного моделювання.

Об'єктом розроблення програмного засобу є процес створення моделі аналізу та синтезу організаційно-технічних систем управління підприємствами на базі документообігу.

В якості інструменту створення програмного засобу було обрано Visual Studio 2022 - інтегроване середовище розробки (IDE) яке є безкоштовним та вільно поширюваним. Також для розробки застосунку було використано наступні засоби: крос-платформний фреймворк .NET, мову програмування C#, бібліотеку зі видкритим кодом vis.js.

Можливі сфери застосування. Розроблений алгоритм та створений програмний продукт можуть бути використані для дослідження та оптимізації вже функціонуючого електронного документообігу на підприємстві, або під час його впровадження.

РОЗДІЛ 1 ДОКУМЕНТООБІГ ТА ПРОБЛЕМИ ЙОГО АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Основні поняття організації документообігу на підприємстві

Організація документообігу є важливою складовою діяльності будь-якого підприємства. Це стосується управління інформацією в компанії чи організації, включаючи створення, зберігання, пошук і розповсюдження документів. Наведемо кілька основних понять, які необхідно розуміти при організації документообігу на підприємстві.

Типи документів. На підприємстві існують різні види документів: внутрішні документи (доповідні записки, звіти та міжвідомча переписка), зовнішні документи (рахунки-фактури, замовлення на покупку та листування з клієнтами), юридичні документи (контракти, угоди, положення). Розуміння різних типів документів та їхнього призначення має вирішальне значення для ефективного управління документообігом.

Створення документа. Документотворення — це процес створення документа, що відповідає потребам підприємства. Це включає в себе рішення про те, яку інформацію слід включити, формат для використання, а також відповідну мову та тон. Підприємство повинно мати стандартизований процес створення документів для забезпечення послідовності та якості.

Затвердження документів. Затвердження документа — це процес перевірки правильності, повноти та чинності документа. Схвалення може знадобитися з боку різних сторін, наприклад керівників відділів, юридичних груп і керівництва. Чіткий процес затвердження має важливе значення для того, щоб усі зацікавлені сторони переглянули та ухвалили документ.

Зберігання документів. Зберігання документів стосується керування фізичними та електронними документами. Системи електронного документообігу (СЕД) стають все більш популярними в останні роки,

дозволяючи компаніям зберігати та отримувати доступ до документів у централізованому місці. Зберігання фізичних документів також вимагає ретельного керування, щоб забезпечити їх безпеку та доступність.

Отримання документів. Пошук документів — це процес пошуку певного документа та доступу до нього в системі зберігання документів підприємства. Ефективна система пошуку документів необхідна для швидкого доступу до важливої інформації.

Розповсюдження документів. Розповсюдження документів — це процес розповсюдження документів відповідним сторонам. Це може включати надсилання документів електронною поштою, факсом або звичайною поштою. Процес розповсюдження має бути безпечним, гарантуючи, що документи надаються лише уповноваженим особам.

Таким чином, організація документообігу має вирішальне значення для ефективної роботи підприємства. Цей процес передбачає розуміння різних типів документів, створення стандартизованих процесів для створення та затвердження документів, керування зберіганням та пошуком документів, а також забезпечення безпечного розповсюдження документів. Впроваджуючи ефективне управління документообігом, підприємство може підвищити ефективність і загальну продуктивність [2].

1.2 Семантичний аналіз документів та його застосування для виявлення зв'язків між документами

Семантичний аналіз документів передбачає використання методів обробки природної мови для вилучення значення та контексту з письмового тексту. Він спрямований на визначення базових концепцій і зв’язків у документі, що дозволяє генерувати інформацію, яка може допомогти покращити процес прийняття рішень, оптимізувати вміст, тощо.

Одним з важливих аспектів семантичного аналізу є ідентифікація зв’язків між документами. Це передбачає аналіз вмісту кількох документів для виявлення спільних тем, концепцій і зв’язків між ними. Завдяки цьому компанії та окремі особи можуть отримати більш глибоке розуміння того, як різні документи пов’язані один з одним, дозволяючи їм приймати кращі рішення та отримувати цінну інформацію [3].

Одним із поширених випадків використання семантичного аналізу документів є аналіз відгуків клієнтів. Аналізуючи відгуки клієнтів із різних джерел, таких як соціальні мережі, електронна пошта та опитування клієнтів, компанії можуть краще зрозуміти, що про них говорять їхні клієнти. Семантичний аналіз може допомогти визначити ключові теми, а також настрій відгуку. Визначаючи взаємозв’язки між різними типами зворотнього зв’язку, компанії можуть отримати уявлення про те, які сфери їм потрібно вдосконалити, та що цінують їхні клієнти.

Іншим випадком використання семантичного аналізу є оптимізація контенту. Аналізуючи вміст кількох документів, підприємства можуть визначити спільні теми та ключові слова, які часто використовуються. Оптимізуючи свій вміст навколо цих тем і ключових слів, підприємства можуть покращити позиції в пошукових системах і залучити більше трафіку на свій веб-сайт.

Семантичний аналіз також можна використовувати для виявлення шаблонів і тенденцій у документі чи групі документів. Аналізуючи вміст багатьох документів з часом, підприємства можуть отримати уявлення про те, як змінюються потреби та уподобання їхніх клієнтів. Це може допомогти їм розробити нові продукти та послуги, які краще відповідають потребам їхніх клієнтів.

Підсумовуючи, семантичний аналіз документів є потужним інструментом, який може допомогти компаніям і окремим особам отримати цінну інформацію про вміст кількох документів. Виявляючи взаємозв’язки між документами та

аналізуючи основні теми та концепції, компанії можуть отримати глибше розуміння потреб і вподобань своїх клієнтів, оптимізувати їхній вміст і приймати кращі рішення на основі даних [4], [5].

1.3 Недоліки традиційних методів управління документацією

У сучасну цифрову епоху все більше і більше компаній переходять до електронних систем управління документацією, залишаючи позаду традиційні методи управління документацією на паперовій основі. Хоча традиційні методи управління документацією широко використовувалися десятиліттями, вони не позбавлені недоліків. Наведемо деякі з основних недоліків традиційних методів управління документацією [6].

Обмежена доступність. Традиційні методи керування документацією, такі як паперові файли та документи, обмежені в доступності. Документи часто зберігаються в картотеках, пошук і доступ до яких можуть бути складними. Через це співробітникам може бути складно знайти потрібні документи, що призведе до затримок та непорозумінь.

Витрата часу. Традиційні методи управління документацією часто забирають багато часу. Співробітники повинні фізично знайти та отримати документи, що може зайняти значну кількість часу, особливо якщо документ зберігається поза межами підприємства. Це може призвести до затримок у прийнятті рішень і продуктивності.

Ризики безпеки. Традиційні методи керування документацією також вразливі до ризиків безпеки. Паперові документи можна легко втратити, вкрасти або пошкодити, що може призвести до витоку даних і втрати конфіденційної інформації. Неуповноважений персонал також може легко отримати доступ до паперових документів, що може поставити під загрозу безпеку інформації, яка в них міститься.

Обмежена співпраця. Традиційні методи керування документацією також можуть обмежити співпрацю між членами команди. Фізичним документам необхідно надавати фізичний доступ, що може бути складно, коли члени команди знаходяться в різних місцях. Це може призвести до затримок у прийнятті рішень і продуктивності, оскільки учасники команди повинні чекати, поки документи будуть фізично надані, перш ніж вони зможуть прогресувати в проекті.

Місце для зберігання. Традиційні методи управління документацією також потребують значного простору для зберігання. Фізичні документи займають місце в картотеках, оренда та обслуговування яких може бути дорогим. Із зростанням бізнесу зростає і кількість фізичних документів, що призводить до збільшення витрат на зберігання.

Вартість. Традиційні методи управління документацією можуть бути дорогими. Для фізичних документів потрібен папір, чорнило, друкарське обладнання та простір для зберігання, і все це може бути дорогим. Крім того, необхідно регулярно підтримувати та оновлювати фізичні документи, що також може збільшити вартість.

Враховуючи зазначені вище недоліки можемо прийти до висновку, що традиційні методи управління документацією мають кілька недоліків порівняно з електронними системами управління документацією. Вони обмежені в доступності, займають багато часу, вразливі до ризиків безпеки, обмежують співпрацю, потребують значного простору для зберігання та можуть бути дорогими. Компанії, які покладаються на традиційні методи управління документацією, можуть отримати вигоду від переходу на системи електронного керування документацією для підвищення продуктивності, співпраці та безпеки [7], [8].

1.4 Системи електронного документообігу та їх переваги

У сучасному швидкому діловому світі керування та зберігання документів може бути складним завданням. Традиційні паперові системи не тільки забирають багато часу, але також можуть бути дорогими, неефективними та схильними до помилок. Системи електронного документообігу пропонують більш спрощений та ефективний спосіб керування документами. Далі з'ясуємо, що таке СЕД, її переваги та яку користь вона може принести бізнесу [9].

Система електронного документообігу — це програмна система, яка призначена для керування та зберігання цифрових документів. Система використовується для створення, керування та організації електронних документів, включаючи текстові, графічні, аудіо- та відеофайли. СЕД зазвичай містить інструменти для створення, зберігання, пошуку, контролю версій і розповсюдження документів. Доступ до системи можна отримати з будь-якого пристрою, який має підключення до Інтернету, що дозволяє легко співпрацювати між членами команди, навіть якщо вони знаходяться в різних місцях. Далі наведено наявні переваги використання електронного документообігу.

Економія коштів. Однією з головних переваг системи електронного документообігу є економія, яку вона пропонує. Для традиційних паперових систем потрібен фізичний простір для зберігання, шафи для документів, папір, чорнило та інші витратні матеріали. СЕД усуває потребу у фізичному місці для зберігання, зменшує використання паперу та скорочує витрати на друк. Система також скорочує витрати на оплату праці, пов'язані з такими завданнями керування документами, як зберігання, пошук і отримання документів.

Підвищена ефективність. СЕД оптимізує процес управління документами, роблячи його більш ефективним. Система забезпечує швидкий і легкий пошук документів, усуваючи потребу в ручному пошуку фізичних файлів. Вона також автоматизує рутинні завдання керування документами, такі як зберігання,

контроль версій і розповсюдження документів. Це допомагає зменшити кількість помилок і звільнити час для співробітників, щоб зосередитися на більш стратегічних завданнях.

Покращена безпек. СЕД пропонує розширені функції безпеки, які недоступні в традиційних паперових системах. Систему можна налаштувати на обмеження доступу до певних документів або папок, забезпечуючи захист конфіденційної інформації. СЕД також забезпечує історію доступу та модифікації, що дозволяє організаціям відстежувати, хто відкрив або змінив документи.

Краща взаємодія. СЕД забезпечує кращу співпрацю між членами команди, незалежно від їхнього місцезнаходження. Документами можна ділитися та редагувати в режимі реального часу, що дозволяє членам команди працювати разом ефективніше. Система також пропонує контроль версій, гарантуючи, що кожен працює над найновішою версією документа.

Відповідність. СЕД допомагає організаціям дотримуватися нормативних вимог, гарантуючи, що всі документи зберігаються та керуються безпечним і відповідним чином. Систему можна налаштувати для забезпечення виконання політики зберігання документів, гарантуючи, що документи зберігаються протягом необхідного періоду, а потім безпечно утилізуються. Це допомагає мінімізувати ризик невідповідності та потенційних юридичних проблем.

Отже, електронна система документообігу пропонує широкий спектр переваг для підприємств будь-якого розміру. Система розроблена для оптимізації процесу керування документами, підвищення ефективності, безпеки та полегшення співпраці. Завдяки СЕД організації можуть заощадити витрати, зменшити кількість помилок і дотримуватися нормативних вимог. Перед запровадженням СЕД, важливо оцінити конкретні потреби та вимоги організації, щоб переконатися, що обрана система буде задовольняти всі поставлені вимоги [9].

1.5 Перешкоди на шляху до впровадження СЕД

Системи електронного документообігу останнім часом стають все більш популярними. Численні переваги від їх використання було розглянуто в попередньому підрозділі. Проте існує ряд перешкод, з якими організації можуть зіткнутися при впровадженні СЕД. Далі розглянемо та охарактеризуємо їх.

Перша перешкода – опір змінам. Багато людей протидіють змінам, і впровадження нових технологій може зустріти опір. Співробітники можуть звикнути працювати з паперовими документами, і їм може бути незручно користуватися новою системою. Щоб подолати цю перешкоду, важливо залучити працівників до процесу планування та провести навчання, щоб вони зрозуміли, як ефективно використовувати нову систему.

Другою перешкодою є вартість впровадження СЕД. Впровадження СЕД може бути дорогим, і менші організації можуть не мати ресурсів для інвестицій у необхідне апаратне та програмне забезпечення. Щоб подолати цю перешкоду, організації можуть розглянути хмарні рішення, які пропонують більш економічно ефективний варіант. Крім того, організації можуть з часом поступово впроваджувати СЕД, щоб розподілити витрати.

Третя перешкода – складність процесу впровадження. Впровадження СЕД вимагає ретельного планування та координації. Організації повинні визначити свої потреби, вибрати правильну систему та переконатися, що система належним чином інтегрована з існуючими процесами. Щоб подолати цю перешкоду, організації можуть звернутися за допомогою до досвідченого постачальника або консультанта, який допоможе їм у процесі.

Четвертою перешкодою є необхідність міграції даних. Організації, які роками використовують паперові документи, можуть мати великий обсяг документів, які необхідно оцифрувати та перенести на нову систему. Це може бути трудомістким і складним процесом. Щоб подолати цю перешкоду,

організації можуть визначити пріоритетність міграції найважливіших документів і розробити поетапний підхід для міграції решти документів.

П'ятою перешкодою є потреба в безпеці та відповідності до вимог контролю. СЕД може містити конфіденційну інформацію, яку необхідно захистити. Організації повинні гарантувати, що система безпечна та відповідає відповідним нормам. Це може вимагати додаткових інвестицій у заходи безпеки та навчання персоналу. Щоб подолати цю перешкоду, організації можуть співпрацювати з постачальниками, які спеціалізуються на безпеці та відповідності СЕД.

Підсумовуючи, хоча запровадження СЕД може надати організаціям багато переваг, є кілька перешкод, які необхідно подолати. Стійкість до змін, вартість, складність впровадження, міграція даних, а також безпека та відповідність – це лише деякі з проблем, з якими можуть зіткнутися організації. Ретельно плануючи та залучаючи співробітників до процесу, організації можуть успішно впровадити СЕД, яка відповідає їхнім потребам і забезпечує бажані переваги [10].

1.6 Системи масового обслуговування

Система масового обслуговування - це математична модель або підхід до організації та управління процесами обслуговування клієнтів або заявок, що надходять до певної системи. Вона використовується для оптимізації розподілу ресурсів та покращення продуктивності, забезпечуючи ефективне функціонування при певних обмеженнях [11].

Системи масового обслуговування вивчаються у галузі теорії черг, операційного дослідження та управління послугами. Вони враховують фактори, такі як природа заявок, час обслуговування, розподіл часу між заявками, кількість обслуговуючих пристроїв або операторів, пріоритети та стратегії керування чергами.

Ці системи широко застосовуються в різних сферах, включаючи громадський транспорт, банківські установи, ресторани, медичні заклади, контактні центри та інші організації надання послуг. Вони дозволяють оптимізувати процес обслуговування, забезпечуючи збалансовану пропускну здатність, мінімізацію часу очікування та задоволення потреб клієнтів.

Системи масового обслуговування є важливим інструментом для організації та управління процесами обслуговування в різних сферах діяльності. Вони забезпечують оптимальне розподілення ресурсів і мінімізують час очікування для клієнтів. Розглянемо деякі типи систем масового обслуговування та основні ознаки, за якими їх можна поділити.

Системи з одним приладом обслуговування. У таких системах є лише один прилад або оператор, який обслуговує всіх клієнтів. Прикладом може бути лікар або касир в невеликому магазині. Основна ознака цих систем - простота, але вони можуть бути не ефективними при великому потоку клієнтів.

Системи з декількома приладами обслуговування. У таких системах є кілька приладів або операторів, які обслуговують клієнтів. Наприклад, багато кас у супермаркеті або декілька банківських віконець. Основна ознака цих систем - паралельне обслуговування, що дозволяє збільшити продуктивність та знизити час очікування.

Системи з обслуговуванням за запитом. У цих системах клієнти звертаються до приладу або оператора за обслуговуванням, коли вони його потребують. Прикладами можуть бути ресторани, транспортні послуги або готелі. Основна ознака цих систем - індивідуальне обслуговування за вимогою клієнта, що дозволяє керувати часом і послідовністю обслуговування.

Системи з обслуговуванням за розкладом. У таких системах обслуговування надається за певним розкладом або графіком. Наприклад, громадський транспорт або лікарські приймальні із встановленими годинами прийому пацієнтів. Основна ознака цих систем - організація обслуговування

заздалегідь, що дозволяє клієнтам планувати свій час і передбачати доступність послуг.

Поділ систем масового обслуговування можна проводити і за деякими іншими ознаками.

Форма надходження заявок. Системи можуть бути розділені на системи з випадковим надходженням заявок (наприклад, випадкова кількість клієнтів у магазині) та системи з детермінованим надходженням заявок (наприклад, автоматична лінія виробництва, де заявки надходять з регулярним інтервалом).

Природа обслуговування. В залежності від природи обслуговування, системи можуть бути поділені на системи з обслуговуванням однієї черги (клієнти обслуговуються по одній черзі в послідовності надходження) та системи з обслуговуванням декількох черг (клієнти розподіляються між декількома чергами для обслуговування).

Розмір системи. Системи масового обслуговування можуть бути класифіковані за розміром на малі (наприклад, маленький кіоск), середні (наприклад, відділення банку) та великі (наприклад, міжнародний аеропорт), залежно від кількості приладів, що обслуговуються, та потоку клієнтів.

За кількістю каналів СМО підрозділяють на одноканальні (коли є один канал обслуговування) і багатоканальні, точніше n-канальні (коли кількість каналів $n \geq 2$). Тут і далі будемо вважати, що кожен канал одночасно може обслуговувати тільки одну заявку і, якщо не обумовлено спеціально, кожна заявка обслуговується тільки одним каналом. Багатоканальні СМО можуть складатися з однорідних каналів, або з різнорідних, що відрізняються тривалістю обслуговування однієї заявки [12], [13].

РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНА СИСТЕМА

2.1 Алгоритм аналізу та синтезу організаційно-технічної системи управління

В рамках дослідження було розроблено алгоритм аналізу та синтезу організаційно-технічної системи управління підприємством на базі документообігу. Алгоритм розбитий на 4 основні етапи:

– аналіз підприємства;

– побудова моделі руху інформації та її інтерпретація у вигляді СМО;

– розрахунок статистичних характеристик отриманих СМО;

– аналіз проведених розрахунків.

Далі детально розглянемо кожний етап алгоритму: сформулюємо задачі, що вирішуються на кожному з етапів та методи їх вирішення, опишемо вхідні дані, та очікуваний результат після проходження кожного з етапів.

2.1.1 Аналіз підприємства

Для ефективної побудови організаційно-технічної системи управління підприємством на базі документообігу необхідно провести ретельний аналіз структур підприємства та документів, що на ньому циркулюють. Для цього було виокремлено наступні завдання:

– аналіз організаційної структури підприємства (поділ підприємства на структурні одиниці: відділи, цехи, підрозділи, тощо);

– аналіз локальної мережі підприємства (визначення робочих станцій та їх розподілу між підрозділами);

– аналіз документів (виявлення кожного документу, що використовується на підприємстві, та формування таблиці розподілу документів між станціями, на яких вони обробляються);

– семантичний аналіз документообігу (виявлення взаємозв’язків і залежностей між документами).

Одже, після виконнання поставлений завдань на першому етапі, ми отримуємо детальний вигляд структури підприємства, а саме: маємо перелік залежностей між документами, та знаємо розподіл обробки документів за робочими станціями на підприємстві. Саме ці дані нам знадобляться для наступного етапу.

2.1.2 Побудова моделі руху інформації та її інтерпретація у вигляді СМО

Для побудови схеми руху інформації між документами нам буде необхідно виконати наступні завдання:

– використовуючи схему залежності документів створити матрицю суміжності документів;

– за матрицею суміжності побудувати орієнтований граф;

– до орієнтовного графа застосувати алгоритм топологічного сортування, для визначення пріоритетності документів, та розбиття вершин графа за рівнями [14];

– надати кожній залежності, кожному ребру графа, унікальний порядковий номер.

Топологічно відсортований граф із відповідною нумерацією залежностей і буде являти собою схему руху інформації між документами підприємства.

Використовуючи створену схему руху інформації, а також таблицю розподілу документів за робочими станціями, можна створити схему інформаційних потоків у локальній комп’ютерній мережі, яка буде відображати всі робочі станції та вхідні й вихідні залежності документів, які на них обробляються. Це і є наступним завданням даного етапу.

Нарешті знаючи схему інформаційних потоків у ЛКМ, можемо поділити робочі станції на групи, відповідно до кількості вхідних залежностей

документів (вхідних інформаційних потоків). Відповідні групи документів можна інтерпретувати як одноканальні системи масового обслуговування з *n* кількістю входів, де *n* - це число вхідних інформаційних потоків. Це і є останнім завданням другого етапу.

2.1.3 Розрахунок статистичних характеристик

Маючи отриманий на попередньому етапі перелік груп СМО, виділених у залежності від кількості вхідних інформаційних потоків сформулюємо перше завдання – для кожної групи розрахуємо наступні статистичні показники:

– середня довжина черги;

– середнє число заявок у системі;

– середній час чекання заявки в черзі;

– середній час перебування заявки в системі.

Другим завданням буде – використовуючи отримані статистичні показники, побудувати графіки залежностей цих величин від статистично визначеної інтенсивності надходження документів до кожної станції [15], [16].

Таким чином підсумком даного етапу буде побудова для кожної станції графіків залежності статистичних показників від можливого рівня навантаження.

2.1.4 Аналіз проведених розрахунків

За допомогою отриманих на попередньому етапі графіків можна легко визначити дійсну завантаженість кожної з робочих станцій, та виявити, чи являється поточний розподіл обробки документів між станціями оптимальним.

Якщо знайдуться перевантажені станції, або навпаки, станції, що мають брак навантаження, керівництво підприємства може прийняти відповідні рішення для оптимізації обробки документів. Найняти додаткових

співробітників для розвантаження станцій, провести скорочення, або ж перерозподілити документи між станціями.

2.2 Застосування алгоритму до обраного підприємства

Для демонстрації роботи сформульованого алгоритму аналізу та синтезу організаційно-технічної системи управління підприємством на базі документообігу, та визначення конкретних методів його реалізації застосуємо алгоритм до обраного реального підприємства. Це буде важливим етапом в проектуванні майбутнього програмного застосунку.

2.2.1 Аналіз підприємства

На цьому етапі було здійснено ознайомлення зі структурою актуального підприємства та з’ясовано основні його підрозділи. Досліджувана компанія намагається бути прогресивною та не зупинятися на досягнутому, запроваджуючи постійні зміни та інноваційні технології.

Для аналізу організаційно-технічної структури було обрано вітчизняне підприємство у виробничій сфері та торгівлі. Компанія має потужний технічний та інтелектуальний потенціал і прагне надавати своїм клієнтам високоякісні продукти.

На підприємстві функціонує дев'ять відділів:

– відділ управління;

– відділ кадрів;

– бухгалтерський відділ;

– відділ логістики;

– відділ закупівель;

– відділ маркетингу;

– технічний відділ;

– архівний відділ;

– виробничий відділ.

Кожен відділ має певні потреби в документах, і деякі документи спільно використовуються між відділами. Розуміючи потреби кожного відділу в документах і їх залежності, підприємство може забезпечити обмін і ефективне використання важливої інформації. Завдяки належному управлінню документами компанія може підвищити продуктивність, зменшити кількість помилок і покращити співпрацю між відділами. Застосовуючи запропонований алгоритм можна оптимізувати та покращити документообіг всередині офісної частини підприємства.

Далі детально розглянемо організаційну структуру підприємства, надавши характеристику кожному з відділів.

Відділ управління. Цей відділ відповідає за нагляд за загальною діяльністю компанії. Він розробляє та реалізує стратегії для досягнення цілей і завдань компанії. Він також керує фінансами компанії, забезпечує дотримання законів і нормативних актів і підтримує хороші стосунки із зацікавленими сторонами.

Відділ кадрів. Цей відділ відповідає за набір, навчання та управління співробітниками. Він займається винагородами та пільгами працівників, забезпечує дотримання трудового законодавства, та вирішує питання відносин із працівниками. Він також розробляє та впроваджує кадрову політику та процедури.

Бухгалтерський відділ. Цей відділ відповідає за управління фінансовими операціями компанії, підготовку фінансової звітності та забезпечення дотримання податкового законодавства та правил. Він також керує бюджетами та прогнозами компанії, а також надає фінансовий аналіз та консультації іншим відділам.

Відділ логістики. Цей відділ відповідає за управління рухом товарів і матеріалів у компанію та поза нею. Він займається управлінням запасами,

транспортуванням, складуванням і розподілом. Він також контролює, що товари будуть доставлені клієнтам вчасно та за найнижчою ціною.

Відділ закупівель. Цей відділ відповідає за пошук і закупівлю матеріалів, обладнання та послуг, необхідних компанії. Він укладає контракти з постачальниками, оцінює роботу постачальників і гарантує, що товари та послуги закуповуються за найкращою ціною та якістю.

Відділ маркетингу. Цей відділ відповідає за просування продуктів і послуг компанії серед клієнтів. Він проводить дослідження ринку, розробляє маркетингові стратегії для компанії, а також керує рекламою та діяльністю зі зв'язків з громадськістю.

Технічний відділ. Цей відділ відповідає за розробку та підтримку технічної інфраструктури та систем компанії. Він розробляє та впроваджує програмні та апаратні рішення для підтримки бізнес-операцій, керує інформаційно технологічною безпекою та захистом даних, а також надає технічну підтримку іншим відділам.

Архівний відділ. Цей відділ відповідає за управління документацією та інформацією компанії. Це гарантує, що записи належним чином зберігаються та архівуються, а також що вони легко доступні у разі потреби. Він також керує системою управління документами компанії та забезпечує дотримання законодавства про захист даних.

9. Відділ виробництва. Цей відділ відповідає за фактичне виробництво товарів і послуг. Він проектує та розробляє нові продукти, керує виробничим процесом і забезпечує дотримання стандартів якості. Він також керує графіком виробництва та рівнем запасів, щоб задовольнити попит клієнтів.

Також визначимо топологію існуючої локальної комп'ютерної мережі в даній організації (офісній її частині). Таким чином, ЛКМ складається з 13 робочих станцій, або персональних комп'ютерів (рисунку 2.1).

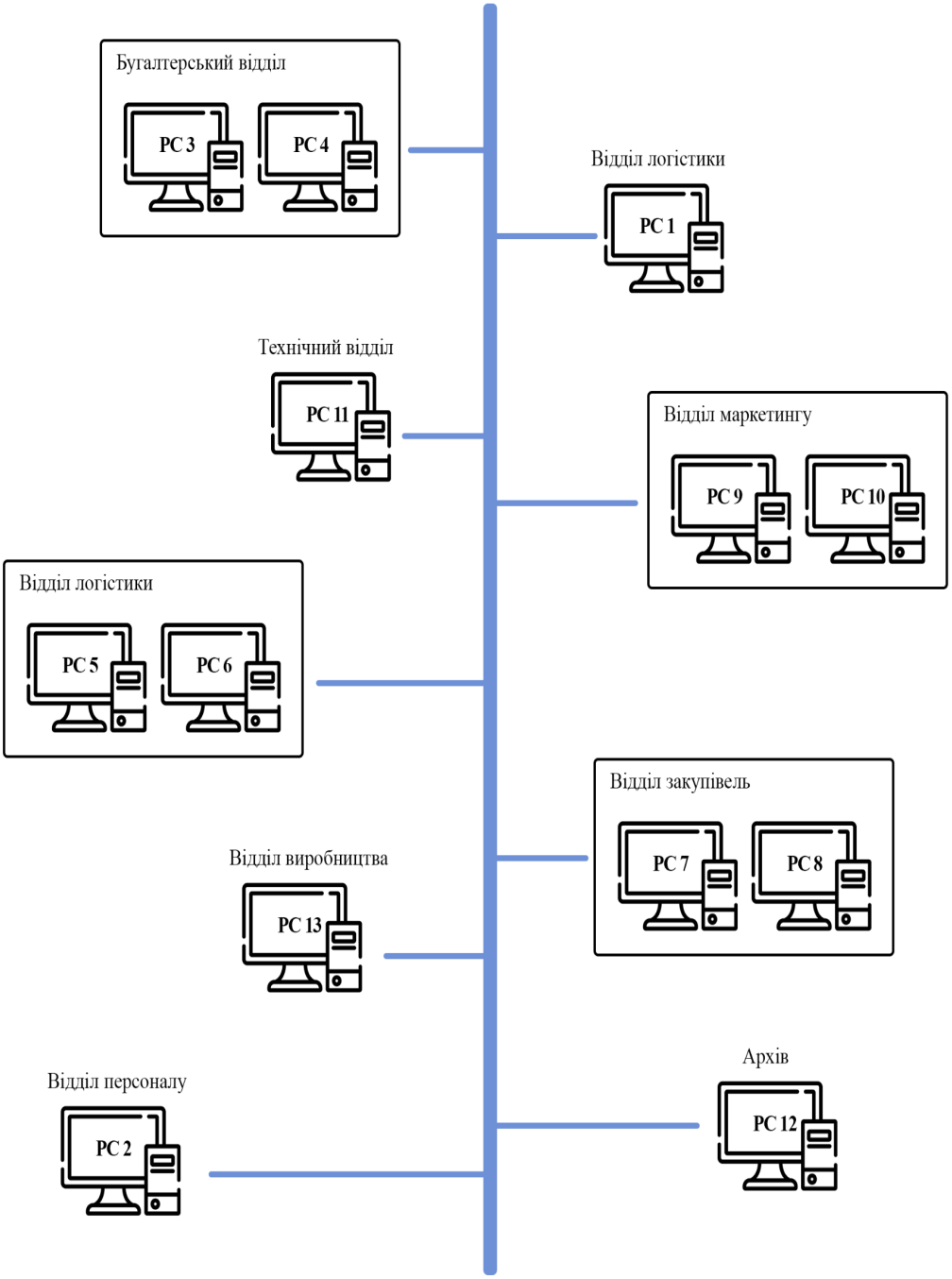

Рисунок 2.1 – Топологія існуючої в організації локальної комп’ютерної мережі

Далі необхідно детально проаналізувати документообіг на даному підприємстві. Таким чином, визначимо документи, що циркулюють в ЛКМ організації, а також здійснюємо семантичний аналіз між ними. У розглянутих відділах обробкою інформації займаються робітники, задачею кожного з яких є

обробка визначених видів документів. Керуючись штатним розкладом і функціональними обов'язками співробітників по кожному відділу, проведемо семантичний аналіз залежностей між документами. Для кожного документу необхідно зрозуміти, яка інформація передається в даний документ, і яка інформація передається з даного документу в інші. Результати семантичного аналізу приведені в таблиці 2.1, де для кожного документу надається короткий опис, визначається його унікальний код та порядковий номер, а також формується список залежностей від інших документів.

Таблиця 2.1 – Опис документів та їх взаємозв’язків

Код	Назва	Опис	Залежності
MG 001 (1)	Організаційна схема	Візуальне представлення ієрархії компанії та структури звітності.	
MG 002 (2)	Стратегічний план	Окреслює довгострокові цілі та завдання компанії	MA001
MG 003 (3)	Протокол засідання	Запис обговорень і рішень, прийнятих під час зустрічі	AR002
PE 001 (4)	Довідник працівника	Посібник, який описує політику компанії, процедури та очікування для працівників	

Продовження таблиці 2.1

Код	Назва	Опис	Залежності
PE 002 (5)	Посадові інструкції	Описує обов'язки та відповідальність кожної посади в компанії	
PE 003 (6)	Оцінки ефективності	Оцінка ефективності роботи співробітників і прогресу в досягненні цілей	PE001
AC 001 (7)	План рахунків	Перелік усіх рахунків, які використовуються компанією для фінансового обліку	
AC 002 (8)	Рахунки-фактури	Рахунки, надіслані клієнтам за надані товари або послуги	
AC 003 (9)	Фінансова звітність	Звіт, що підсумовує фінансові показники компанії	AC002
LG 001 (10)	Доставка замовлень	Документ, що детально описує відвантаження товарів клієнтам	

Продовження таблиці 2.1

Код	Назва	Опис	Залежності
LG 002 (11)	Графіки доставки	Графіки, у яких детально вказано, коли і де товари будуть доставлені клієнтам	LG001, PU002
LG 003 (12)	Акти інвентаризації	Звіт з детальною інформацією про рівні запасів компанії	AC002, PR002
PU 001 (13)	Замовлення на закупівлю	Документ, що дозволяє придбання товарів або послуг у постачальників	PU003
PU 002 (14)	Контракти постачальників	Угода, що окреслює умови партнерства з постачальниками	
PU 003 (15)	Запит пропозицій	Документ, який використовуються для збору пропозицій від потенційних постачальників	LG002
MA 001 (16)	Маркетинговий план	Описує маркетингові цілі та стратегії компанії	PU003

Продовження таблиці 2.1

Код	Назва	Опис	Залежності
MA 002 (17)	Рекламні матеріали	Матеріали, що використовуються для просування продуктів або послуг компанії, такі як брошури, флаєри та оголошення	AC003, PE003
MA 003 (18)	Звіти про дослідження ринку	Звіт з детальним описом цільової аудиторії компанії та ринкових тенденцій	AC003, PU002, PU003
TE 001 (19)	Технічні характеристики	Документ, що викладає технічні вимоги до продуктів або послуг компанії	
TE 002 (20)	Звіти про контроль якості	Звіт з детальним описом результатів тестування контролю якості продуктів або послуг компанії	MG003
TE 003 (21)	Інструкції з технічного обслуговування	Документ, що містить інструкції з технічного обслуговування та ремонту продукції компанії	PE002

Кінець таблиці 2.1

Код	Назва	Опис	Залежності
AR 001 (22)	Політика зберігання записів	Документ, який визначає вимоги компанії щодо зберігання та утилізації записів	
AR 002 (23)	Система індексування документів	Система, яка використовується для організації та зберігання документів компанії	
AR 003 (24)	Політика утилізації документів	Політика, що визначає вимоги компанії щодо утилізації записів	
PR 001 (25)	Специфікації конструкції виробу	Документ, що викладає вимоги до дизайну продукції компанії	TE001, TE003
PR 002 (26)	Інвентарний список	Список інвентарних запасів компанії	
PR 003 (27)	Графік виробництва	Графік, у якому детально описано виробничі плани компанії	PR001, PR002

Також в таблиці 2.2 наведемо розподіл робочих станцій за департаментами, та розподіл документів за робочими станціями.

Таблиця 2.2 – Робочі станції та документи, що обробляються на них

Відділ	Робоча станція	Документ
Відділ управління	PC1	MG001, MG002, MG003
Відділ персоналу	PC2	PE001, PE002
	PC3	PE003
Бухгалтерський відділ	PC4	AC001
	PC5	AC002, AC003
Відділ логістики	PC6	LG001, LG002, LG003
Відділ закупівель	PC7	PU001
	PC 8	PU002, PU003
Відділ маркетингу	PC9	MA001, MA002
	PC10	MA001
Технічний відділ	PC 11	TE001, TE002, TE003
Архівний відділ	PC12	AR001, AR002, AR003
Відділ виробництва	PC 13	PR001, PR002, PR003

2.2.2 Схема руху інформації та її інтерпретація у вигляді СМО

На цьому етапі необхідно буде виконати топологічне сортування графа залежностей, тому далі буде доречно розглянути цю проблему, та обрати підходящий алгоритм для її розв’язання.

2.2.2.1 Проблема топологічного сортування

Проблема топологічного сортування є захоплюючою та важливою концепцією в математиці, особливо в області теорії графів. Це лінійне впорядкування вершин орієнтованого ациклічного графа, так що для кожного орієнтованого ребра (u, v) вершина u стоїть перед вершиною v у відповідному порядку. Топологічне сортування має широкий спектр застосувань у сценаріях реального світу, включаючи планування завдань із залежностями, визначення послідовності курсів у навчальній програмі, та визначення порядку збірки під час компіляції програмного забезпечення.

Існує кілька алгоритмів для вирішення проблеми топологічного сортування, наведемо деякі з них.

Алгоритм пошуку в глибину. Цей алгоритм обходить орієнтований ациклічний граф за допомогою пошуку в глибину, зберігаючи відвіданий набір і стек рекурсії. Алгоритм позначає вершину як відвідану, коли всі її нащадки були відвідані, а потім вона додається до відсортованої послідовності. Цей підхід гарантує, що вершини додаються до відсортованої послідовності в топологічно правильному порядку.

Алгоритм Кана. Цей алгоритм підтримує чергу вершин без вхідних ребер. Він послідовно видаляє вершини з черги, додає їх до відсортованої послідовності та видаляє їхні вихідні ребра з графа. Після видалення вхідних ребер вершини вона додається до черги. Процес триває, доки черга не спорожниться або не буде виявлено цикл.

Алгоритм Демукрона. Суть цього алгоритму полягає в обчисленні порядкової функції графа, таким чином, що для кожної вершини графа буде відповідне число рівня на якому вона знаходиться відносно залежності від інших вершин. Алгоритм поступово проходиться по кожній вершині, ідентифікуючи вершини без вхідних ребер, та вилучає їх із загального переліку, разом із вихідними ребрами. Крок алгоритму повторюється, доки в графі не буде порожнім.

Серед наведених алгоритмів для нашої задачі найбільше підходить останній - алгоритм Демукрона, адже він дозволяє розбити вершини графа за чітко визначеними рівнями. Тому далі розглянемо його детальніше, надавши його чітке формулювання [17].

2.2.2.2 Алгоритм Демукрона

Нехай вершини графа пронумеровані від 1 до n (для нашого прикладу n дорівнює 27). Рівень вершини графа Ni – це натуральне число i, яке визначається наступним чином:

– якщо півстепінь входу вершини дорівнює 0, то її рівень дорівнює 0 (тобто нульовий рівень N_0 – це множина всіх входів) і навпаки;

– якщо множини Ni вершин рівня i визначені для всіх i менше або дорівнює k, то рівень N_{k+1} містить лише ті вершини, попередники яких належать будь-якому з рівнів з номером від 0 до k, причому існує хоча б один попередник рівня k, тобто, якщо $\Gamma^{-1}(v) = \{x: x \rightarrow v\}$ – множина попередників вершини v, то

$N_{k+1} = \{v: \Gamma^{-1}(v) \subset N\,1 \cup \ldots \cup N_k,\ \Gamma^{-1}(v) \cap N_k$ не дорівнює $\varnothing\}$ [18].

Зазначимо, що рівень вершини графа можна інтерпретувати як довжину максимального шляху від входів графа до цієї вершини.

Порядковою функцією графа $G = (V, E)$ називають відображення $ord: V \rightarrow N$, яке зіставляє кожній вершині графа номер її рівня (тут – N множина натуральних чисел). Наочно процес визначення рівнів вершин можна

представити таким чином. Нульовий рівень утворюють входи графа – вершини з півстепенем заходу, що дорівнює 0. Видаливши з графа всі вершини нульового рівня і ребра, що виходять з них, знову отримаємо граф, входами якого будуть вершини першого рівня початкового графа. Зазначений процес «пошарового» видалення вершин продовжується до тих пір, доки всі вершини нашого графа не будуть розподілені за рівнями.

На вхід алгоритму Демукрона поступає матриця суміжності **B** вершин графа типу $n \times n$. Легко бачити, що сума елементів k-го стовпця матриці **B** дорівнює півстепені заходу вершини k. Тому, знайшовши суму елементів матриці по всіх стовпцях і вибравши вершини, що відповідають стовпцям з нульовою сумою, отримаємо множину вершин нульового рівня – входи графа.

Процес обчислення порядкової функції можна організувати в такий спосіб. Запишемо суми елементів стовпців матриці ***B*** у вектор ***M*** довжини n. При цьому елемент m_k вектора **M** буде містити півстепінь заходу вершини k. Нехай з графа видалені вершина i та всі ребра, що виходять з неї. Зауважимо, що елемент b_{ik} матриці суміжності **B** дорівнює 1, якщо з вершини i йде ребро в вершину k, і дорівнює 0 в іншому випадку. Тому, щоб отримати нову півстепінь заходу вершини k, необхідно з елемента $\mathrm{m_k}$ вектора **M** відняти елемент b_{ik} матриці **B**. Щоб перерахувати півстепені заходу всіх вершин графа, що залишилися в ній після видалення вершини i, треба з вектора **M** відняти i-й рядок матриці **B**.

Якщо на черговому кроці входами графа є вершини v_i , ..., v_{ir} , то для визначення наступного «шару» вершин потрібно з вектора **M** відняти рядки матриці **B** з номерами i_1 , ..., i_r і зафіксувати нові нульові елементи вектора **M**, що з'явилися після віднімання. Фіксувати слід саме нові нульові елементи, оскільки елементи вектора **M**, які відповідають вершинам, що належать попереднім рівням, стали рівними 0 на попередніх кроках алгоритму.

Зазначимо, що порядкову функцію графа можна задати, вказавши множину вершин, що належать кожному рівню, або зіставивши кожній вершині

її номер рівня. Перший спосіб більш зручний при теоретичних міркуваннях, другий – при обчисленнях.

Алгоритм Демукрона обробляє матрицю **B** суміжності вершин графа порядку *n* і на виході видає масив **Ord** довжини *n*, *i*-й елемент якого дорівнює номеру рівня вершини *i*. Кроки алгоритму Демукрона наступні:

0. Сформувати множину $\mathbf{V_1}$ вершин графа. Значення лічильника рівнів *r* покласти рівним *0*. Знайти суми елементів по всіх стовпцях матриці **B** (півстепені заходу вершин) і заповнити ними масив **M**.

1. Якщо множина $\mathbf{V_1}$ не порожня, то перейти на крок 2, інакше – на крок 5.

2. Визначити множину **I** номерів всіх нових нульових елементів масиву **M**, тобто таких, що вершини, що відповідають цим номерам, належать множині V_1.

3. Присвоїти елементам масиву **Ord** з номерами з множини **I** номер рівня *r* і видалити вершини з цими номерами з множини $\mathbf{V_1}$ («замаскувати» вершини). Відняти від масиву **M** рядки матриці **B**, що відповідають вершинам з номерами з множини **I** (тобто вершин останнього обчисленого рівня).

4. Збільшити лічильник рівнів на *1* (*r* дорівнює *r* плюс *1*). Повернутися до кроку 1.

5. Закінчити.

Розширемо алгоритм певною модифікацією. Візьмемо матрицю суміжності, яка поступає на вхід алгоритму, та пронумеруємо і виконаємо індексацію кожного інформаційного потоку в ній. Очевидно, така модифікація ніяк не впливає на результат роботи алгоритму Демукрона, але, як ми побачимо далі, має суттєве значення для аналізу.

2.2.2.3 Застосування модифікованого алгоритму Демукрона

Використовуючи отриману на минулому етапі схему залежностей між документами (таблиця 2.1) можемо побудувати матрицю суміжності документів.

Для чого кожному документу присвоєно унікальний порядковий номер, та заповнимо матрицю наступним чином: якщо між документом i та j є зв'язок (j залежить від i), то на перетині i-того рядка та j-того стовпця впишемо одиницю; в іншому випадку – в клітинку матриці вписуємо нуль. Для зручності матрицю суміжності розіб'ємо на чотири сектори та подамо у вигляді окремих таблиць (таблиця 2.3 - таблиця 2.6).

Таблиця 2.3 - Матриця суміжності графа (сектор 1, вершини 1 - 14)

Вер-шина	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Таблиця 2.4 - Матриця суміжності графа (сектор 2, вершини 1 - 14)

Вер-шина	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблиця 2.5 - Матриця суміжності графа (сектор 3, вершини 15 - 27)

Вер-шина	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Кінець таблиці 2.5

Вер-шина	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблиця 2.6 - Матриця суміжності графа (сектор 4, вершини 15 - 27)

Вер-шина	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
15	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Використовуючи отриману матрицю суміжності можемо побудувати орієнтований граф, який і буде відображати структуру залежностей документів (рис. 2.2).

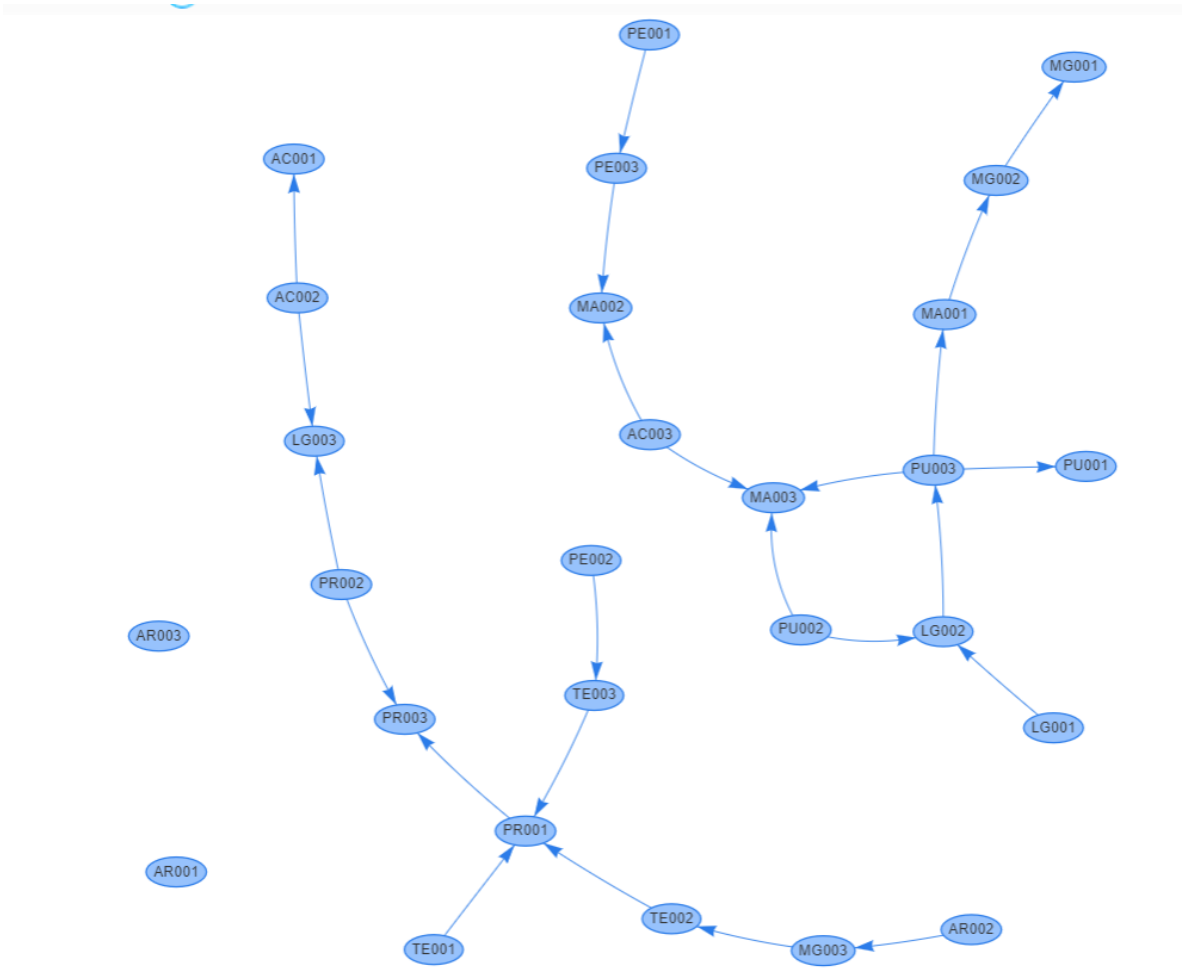

Рисунок 2.2 – Граф залежностей документообігу

До отриманої матриці суміжності застосуємо модифікований алгоритм Демукрона. Очевидно, що наша модифікація ніяк не впливає на результат роботи алгоритму, проте, як ми побачимо далі, має суттєве значення для аналізу. Отже кожному ребру графа буде наданий порядковий номер, що визначить інформаційні потоки між документами. Результат обчислень зображено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Етапи обчислення алгоритму Демукрона

I	M1	M2	M3	M4	M5	M6
1	5	4	3	2	1	0
2	4	3	2	1	0	-
3	1	0	-	-	-	-
4	0	-	-	-	-	-
5	0	-	-	-	-	-
6	1	0	-	-	-	-
7	1	0	-	-	-	-
8	0	-	-	-	-	-
9	0	-	-	-	-	-
10	0	-	-	-	-	-
11	1	0	-	-	-	-
12	1	0	-	-	-	-
13	3	2	1	0	-	-
14	0	-	-	-	-	-
15	1	2	0	-	-	-
16	1	2	3	0	-	-
17	1	2	0	-	-	-
18	1	2	3	0	-	-

Кінець таблиці 2.7

I	M1	M2	M3	M4	M5	M6
19	0	-	-	-	-	-
20	1	2	0	-	-	-
21	1	0	-	-	-	-
22	0	-	-	-	-	-
23	0	-	-	-	-	-
24	0	-	-	-	-	-
25	3	2	1	0	-	-
26	0	-	-	-	-	-
27	4	3	2	1	0	-
Li	4,5,8,9,10, 14,19,22,2 3,24,26	3,6,7,11,1 2,21	15,17,20	13,16,18, 25	2,27	1

Отриманий граф після застосування алгоритму Демукрона це і є наша інформаційна модель документообігу в мережі.

Результат застосування алгоритму Демукрона топологічного сортування графа інформаційних потоків показаний на рисунку 2.3. Уже первинний аналіз цього результату дозволяє зробити наступні висновки:

– граф став упорядкованим і однонаправленим;

– усі вершини графа розподілені по рівнях;

– визначено вхідні, проміжні (транзитні) та вихідні документи.

– знання вершин, що містяться в кожному рівні, дозволяє, зокрема, провести оцінку інформаційного навантаження по рівнях;

– виявлені взаємозв’язки між елементами організаційної структури з однієї сторони і розподіленими по рівнях елементами інформаційної структури з іншої надають можливість упорядкувати інформаційні потоки між цими структурами і т.д.

Алгоритм Демукрона може бути модифікований так, щоб він зупинявся, якщо орієнтований граф, поданий на його вхід, не є безконтурним. Можна показати, що аналізований граф не буде безконтурним лише тоді, коли при черговому перерахуванні масиву *M* не з’являться нові нулі.

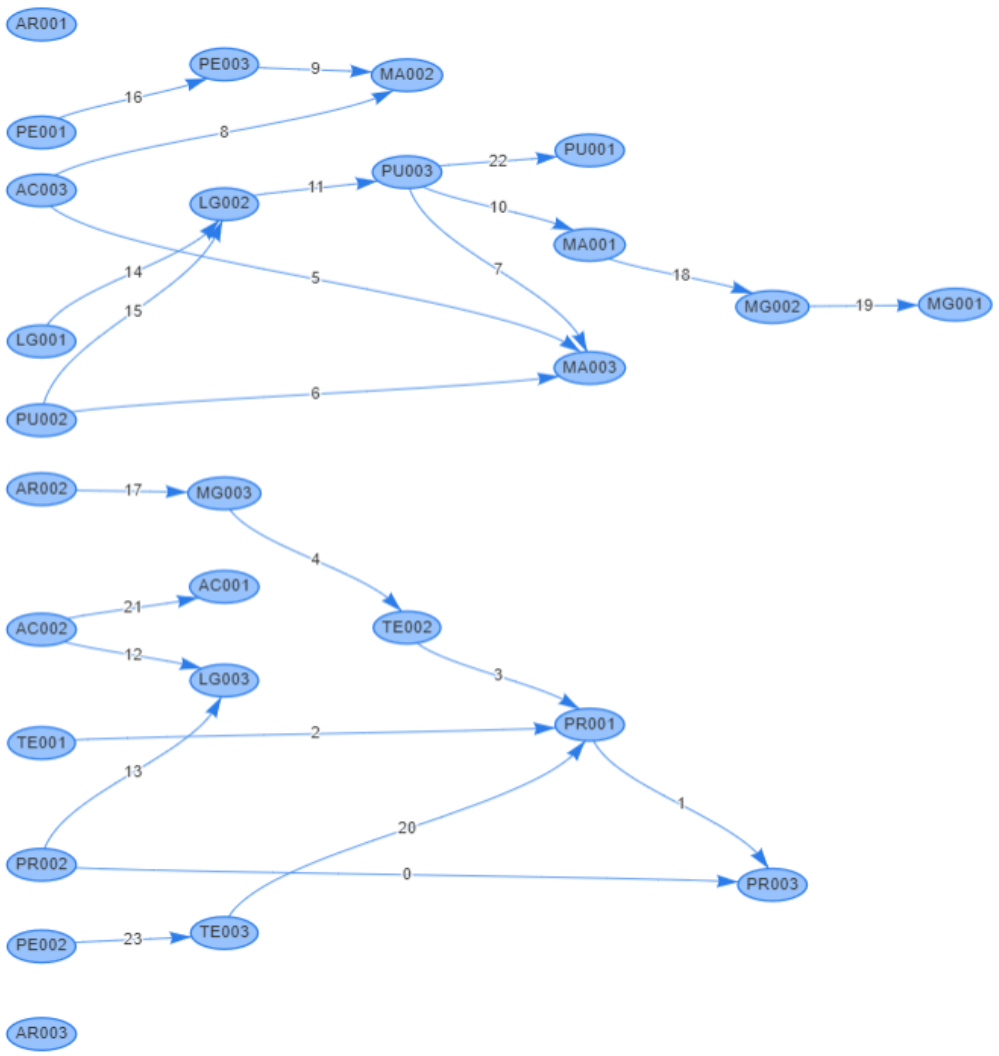

Рисунок 2.3 – Впорядкований граф інформаційних потоків

2.2.2.4 Модель інформаційних потоків

На підставі топології існуючої в організації локальної комп'ютерної мережі робочих станцій (рисунок 2.1) та документів, що обробляються на них (таблиця 2.2), а також впорядкованого графа інформаційних потоків (рисунок 2.3) будується модель руху інформації в ЛКМ (рисунок 2.4). Структура моделі має наступний вигляд: основним елементом є робоча станція; до кожної робочої станції направлено інформаційний потік, який відображає собою перелік залежностей (пронумерованих ребер графа), які необхідні для обробки документів на даній робочій станції; від кожної робочої станції виходить інформаційний потік, який являє собою перелік залежностей, які утворюють оброблювані документи на даній робочій станції.

Ретельно проаналізувавши рисунок 2.4 можна зробити наступний висновок: робочі станції можна поділити на групи відповідно до кількості вхідних залежностей документів (вхідний інформаційних потік). Таким чином сформуємо наступні групи:

– з одним входом (PC 2, PC 3, PC 7, PC 8);

– двома (PC 5, PC 6, PC 11);

– трьома (PC 1, PC 9, PC 10, PC 13);

– не має входів (PC 4, PC 12).

Отримані групи, утворені від розбиття по кількості інформаційних потоків можна проінтерпретувати, як одноканальні системи масового обслуговування з очікуванням та нескінченною чергою. Причому, визначимо час затримки інформації в робочій станції ($t_з$), сталою та спільною для всіх станцій величиною - 0.1 секунди.

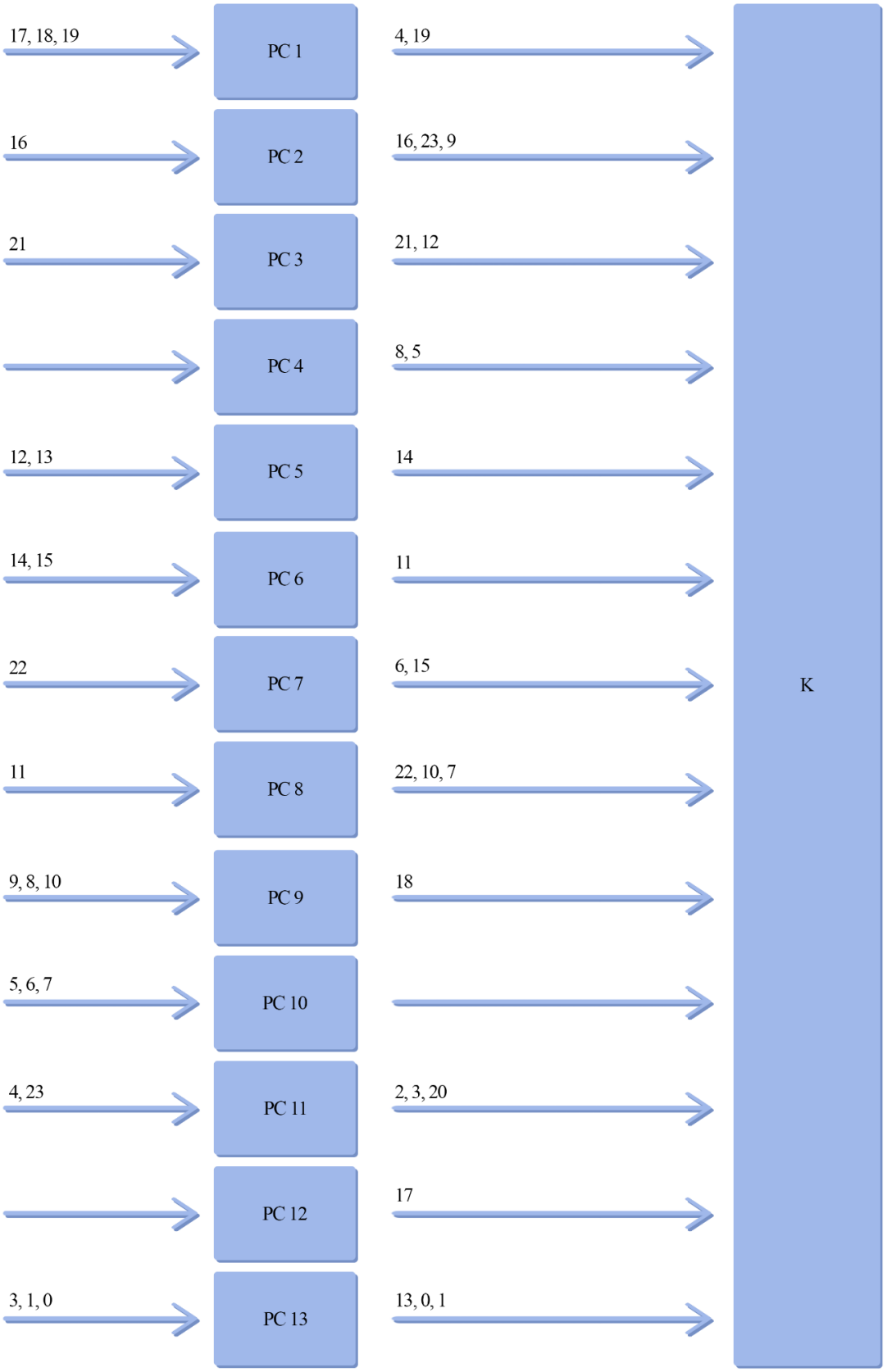

Рисунок 2.4 - Структурна модель руху інформації в мережі

2.2.3 Розрахунок статистичних характеристик до визначених СМО

Знаючи значення статистично виявленої інтенсивності λ надходжень документів на робочі станції (спостерігаючи та занотовуючи роботу РС протягом дня і на протязі кількох тижнів), а також визначивши час затримки інформації в робочих станціях, розрахуємо наступні основні статистичні параметри:

– середню довжину черги;

– середнє число заявок у системі;

– середній час чекання заявки в черги;

– середній час перебування заявки в системі.

Для розрахованих статистичних параметрів побудуємо відповідні графіки залежностей цих величин від інтенсивності надходження документів на робочі станції – λ.

Виходячи з того, що: РСі – одноканальні системи масового обслуговування з очікуванням і нескінченною буферною пам'яттю, для розрахунку основних статистичних параметрів мережі нам будуть потрібні наступні формули [19].

Для одноканальних систем:

1) середня довжина черги $r = \frac{p^2}{1-p}$;
2) середнє число заявок у системі $k = \frac{p}{1-p}$;
3) середній час чекання заявки в черзі $t_q = \frac{p^2}{\lambda(1-p)}$;
4) середній час перебування заявки в системі $t_s = \frac{1}{\mu(1-p)}$,

де $p = \frac{\lambda}{\mu}$, $\mu = \frac{1}{tз}$

Тут і надалі визначимо, що інтенсивність надходження документів на робочі станції, середній час чекання заявки в черзі та середній час перебування заявки в системі будемо вимірювати в годинах. Тоді як середню довжину черги

та середнє число заявок у системі будемо вимірювати у заявках (документах) [20].

На попередньому етапі системи масового обслуговування було поділено на групи за кількістю вхідних потоків (далі будемо вважати це завантаженням СМО). Таким чином будемо знаходити статистичні параметри для кожної групи. А графіки залежностей необхідно будувати для кожної окремої робочої станції, використовуючи виведені формули відповідної групи СМО, до якої належить РС.

На підставі формул для одноканальних систем для РС з одним входом одержимо:

$$r(\lambda) = \frac{\left(\frac{\lambda}{10}\right)^2}{1-\frac{\lambda}{10}};\ k(\lambda) = \frac{\frac{\lambda}{10}}{1-\frac{\lambda}{10}};\ t_q(\lambda) = \frac{\left(\frac{\lambda}{10}\right)^2}{\lambda\left(1-\frac{\lambda}{10}\right)};\ t_s(\lambda) = \frac{1}{10\left(1-\frac{\lambda}{10}\right)}.$$

Далі для побудови графіків залежностей шуканих параметрів від зміни вхідних значень λ, побудуємо відповідні таблиці значень. Як було визначено раніше, до групи СМО з одним входом входять робочі станції РС 2, РС 3, РС 7, РС 8.

У таблиці 5 приведені значення для побудови графіків функцій r(λ), k(λ), $t_q(\lambda)$, $t_s(\lambda)$ для РС 2. Занотовуючи роботу даної РС протягом дня, було виявлено, що інтенсивність надходження документів неї коливається в межах від 1 до 9, тому саме ці точки необхідно обрати при побудові графіків залежності.

Таблиця 2.8 – Розрахункові значення для СМО з одним входом - РС 2

λ	r(λ)	k(λ)	$t_q(\lambda)$	$t_s(\lambda)$
1	0,011111	0,111111	0,011111	0,111111
2	0,05	0,25	0,025	0,125
3	0,128571	0,428571	0,042857	0,142857
4	0,266667	0,666667	0,066667	0,166667

Кінець таблиці 2.8

λ	r(λ)	k(λ)	$t_q(\lambda)$	$t_s(\lambda)$
5	0,5	1	0,1	0,2
6	0,9	1,5	0,15	0,25
7	1,633333	2,333333	0,233333	0,333333
8	3,2	4	0,4	0,5
9	8,1	9	0,9	1

На підставі розрахунків із таблиці 2.8 одержимо наступні графіки залежностей (рисунок 3.4):

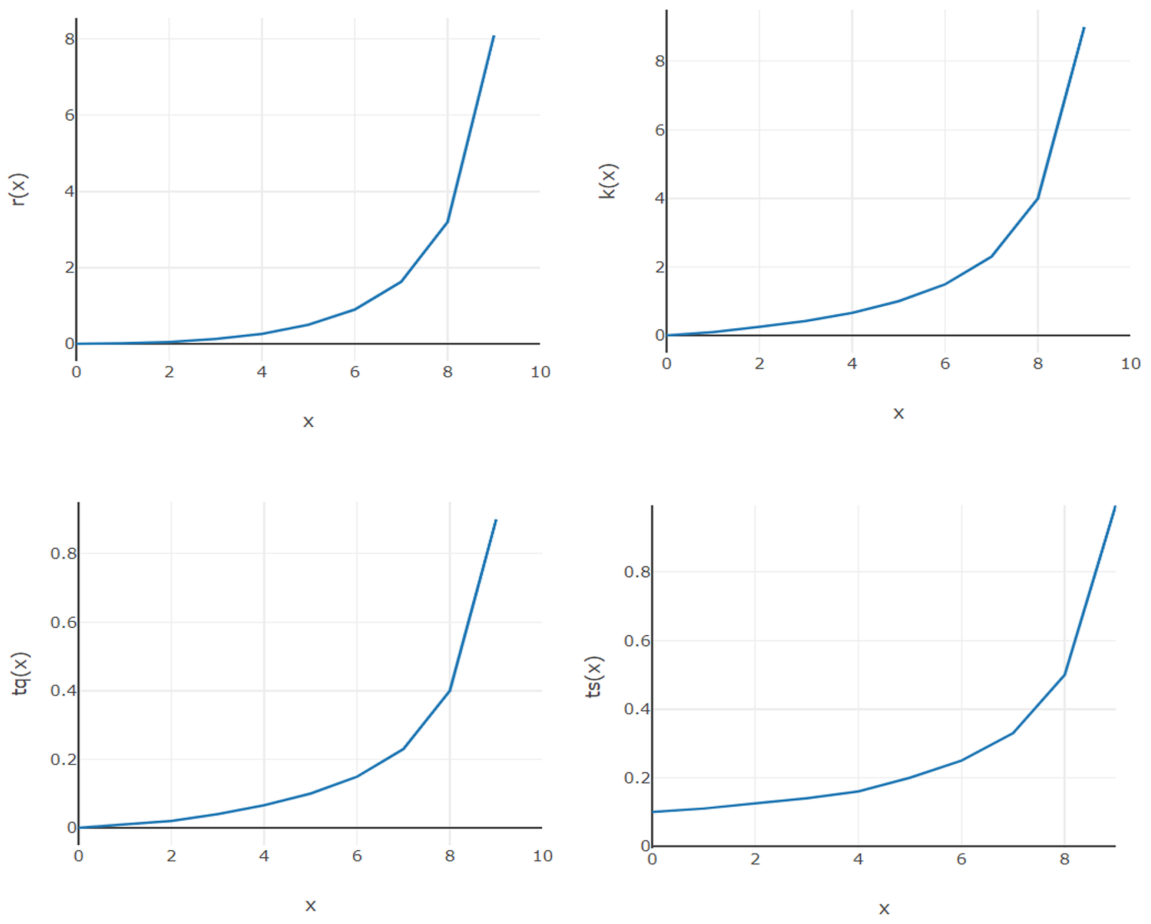

Рисунок 2.5 - Графіки залежностей для РС 2 з одним входом

Аналогічні дії необхідно проробити для усіх інших груп завантаження СМО. Тобто, для кожної групи завантаження треба вивести формули статистичних показників, та для кожної РС у групі – побудувати таблиці значень залежності характеристик від λ, та відповідні графіки.

Оскільки процес обчислення та побудови графіків не будуть відрізнятись від наведених вище – їх можна опустити, навівши лише ті графіки, що будуть необхідні на наступному етапі для аналізу ефективності розподілу навантаження на робочі станції. Проте варто вказати вигляд формул статистичних показників для СМО з двома та трьома входами, адже їх побудова буде дещо відрізнятись.

Для РС з двома входами:

$$r(\lambda) = \frac{\left(\frac{2\lambda}{10}\right)^2}{1-\frac{2\lambda}{10}};\ k(\lambda) = \frac{\frac{2\lambda}{10}}{1-\frac{2\lambda}{10}};\ t_q(\lambda) = \frac{\left(\frac{2\lambda}{10}\right)^2}{2\lambda\left(1-\frac{2\lambda}{10}\right)};\ t_s(\lambda) = \frac{1}{10\left(1-\frac{2\lambda}{10}\right)}.$$

Для РС з трьома входами:

$$r(\lambda) = \frac{\left(\frac{3\lambda}{10}\right)^2}{1-\frac{3\lambda}{10}};\ k(\lambda) = \frac{\frac{3\lambda}{10}}{1-\frac{3\lambda}{10}};\ t_q(\lambda) = \frac{\left(\frac{3\lambda}{10}\right)^2}{3\lambda\left(1-\frac{3\lambda}{10}\right)};\ t_s(\lambda) = \frac{1}{10\left(1-\frac{3\lambda}{10}\right)}.$$

2.3.4 Аналіз отриманих результатів

Для отримання результатів від побудованої моделі та проведених обчислень розглянемо 3 різні типи робочих станцій.

Спочатку звернемо увагу на РС 2, а саме звернемося до графіків залежностей статистичних величин від інтенсивності надходження документів (рисунок 2.5). Як можна зазначити, графіки r(λ) та k(λ) ростуть досить повільно: при майже максимально граничній величині λ, вони ледь досягають відмітки в чотири документи. Тоді як графіки $t_q(\lambda)$ та $t_s(\lambda)$ навіть за максимальної величини λ плавно прямують до 1. Це свідчить про гарну збалансованість навантаження на дану робочу станцію. Отже РС 2 є прикладом робочої станції з помірним

навантаженням. Для таких типів станцій немає необхідності виконувати перерозподіл документів.

Далі розглянемо робочу станцію 13. Побудовані для неї графіки (рисунок 2.6) суттєво відрізняються від розглянутих вище. Вже за середнього значення статистично визначеної інтенсивності, графіки r(λ) та k(λ) різко прямують вгору, досягаючи відмітки в майже десять документів, а при максимальній інтенсивності, взагалі перевищують позначку в 50 документів. Графіки $t_q(\lambda)$ та $t_s(\lambda)$ ростуть не так інтенсивно, проте і для них швидкість росту в 2-3 рази більша порівняно з відповідними графіками для РС 2. Таким чином, можемо зробити висновок, що дана станція є перевантаженою: при мінімальному збільшенні інтенсивності надходження документів значно зростає середня довжина черги, що негативно сказується на ефективності обробки документів. Таку станцію можна віднести до перевантажених. Для неї необхідно зробити перерозподіл дкументів. Оскільки це єдина робоча станція у відділі виробництва логічно було б додати ще одну, для розвантаження, та пришвидшення обробки документів.

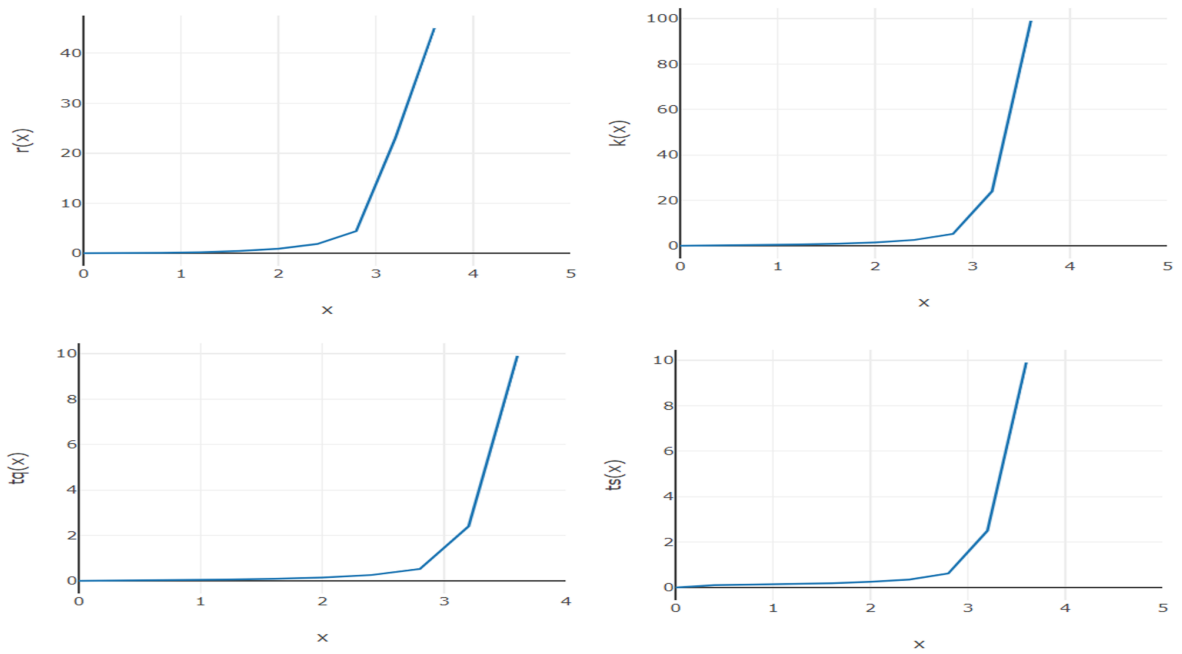

Рисунок 2.6 - Графіки залежностей для РС 13 з трьома входами

Тепер варто звернути увагу на робочу станцію 8. Графіки, побудовані для неї (рисунок 2.7) знову мають принципову відмінність. Значення r(λ) та k(λ) тримаються на рівні в два документи, навіть за максимальних значень λ. А значення $t_q(\lambda)$ та $t_s(\lambda)$ ростуть дуже повільно на всій протяжності вісі λ. Це є свідченням того, що робочій станції явно бракує навантаження. Оскільки дана РС знаходиться у відділі закупівель, як і станція РС 7, гарним рішенням було б перенести обробку документів на одну станцію, та зайву прибрати.

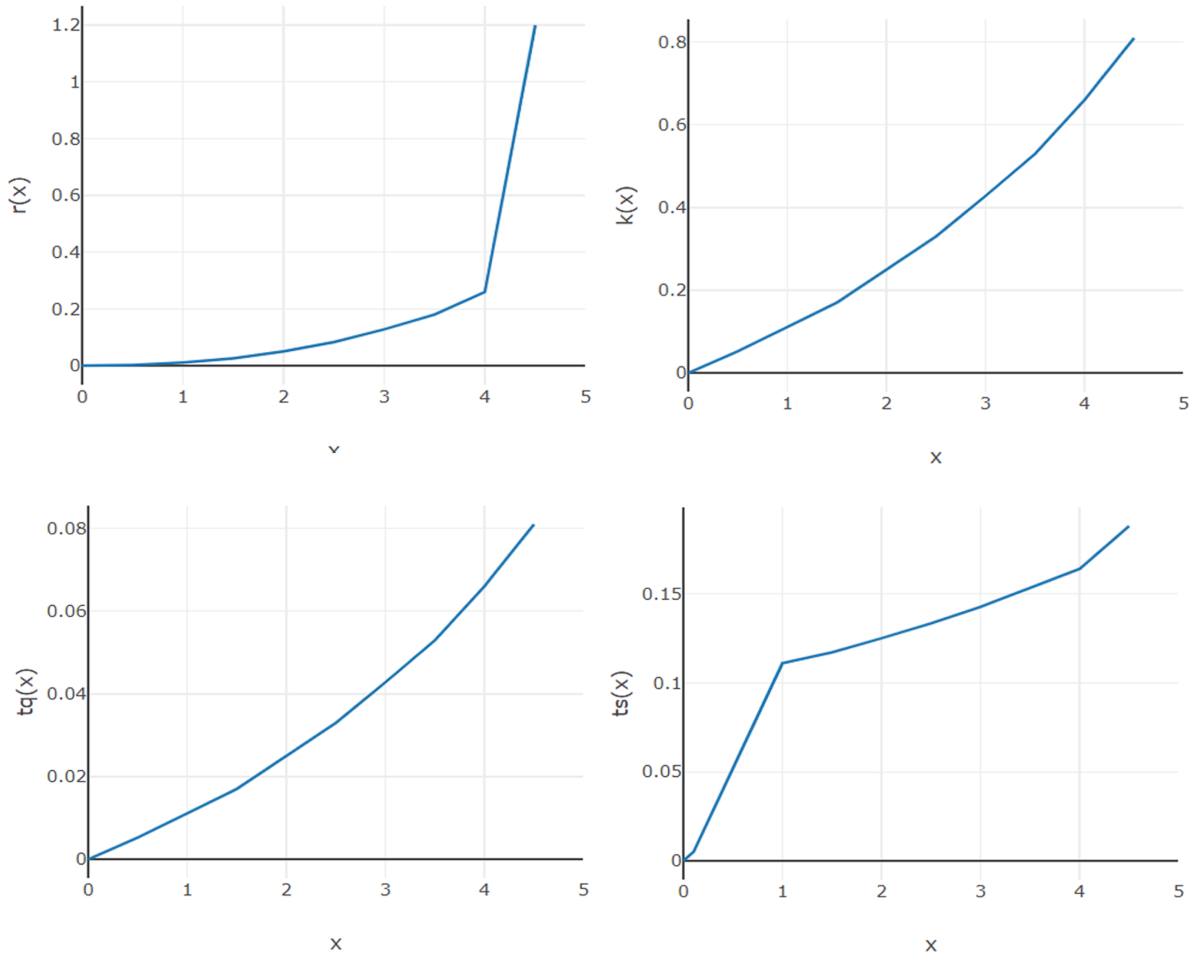

Рисунок 2.7 - Графіки залежностей для РС 8 з одним входом

Отже, аналізуючи побудовані для кожної станції графіки залежності статистичних величин від інтенсивності надходження документів можна прийняти управлінські рішення зі змінення розподілу обробки документів.

РОЗДІЛ 3 АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ТА СИНТЕЗУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ НА БАЗІ ДОКУМЕНТООБІГУ

3.1 Огляд та формалізація алгоритму

В минулому розділі був представлений алгоритм аналізу та синтезу організаційно-технічної системи управління підприємством на базі документообігу, та практичне його застосування до реального підприємства. Це дало змогу впевнитись в дієспроможності алгоритму, та виявити усі тонкощі необхідні для його програмної реалізації. Оскільки деякі етапи алгоритму містять глибокі елементи семантичного дослідження, реалізація яких не є метої даної роботи, необхідно з’ясувати, які саме етапи можуть бути автоматизовані в програмному застосунку, а відповідальність за виконання яких наразі буде покладена на користувача, в рамках підготовки вхідних даних. Для наочності, наведемо повний алгоритм, вказуючі етапи та всі завдання, які мають бути виконані на ньому. Отже алгоритм має наступний вигляд:

а) аналіз підприємства;

1) аналіз організаційної структури підприємства;

2) аналіз локальної мережі підприємства;

3) аналіз документів;

4) семантичний аналіз документообігу;

б) побудова моделі руху інформації та її інтерпретація у вигляді СМО;

1) створити матрицю суміжності документів;

2) побудувати орієнтований граф;

3) до графа застосувати модифікований алгоритм Демукрона;

4) побудувати модель руху залежності документів;

5) інтерпретувати модель, як групи СМО за кількістю входів;

в) розрахунок статистичних характеристик отриманих СМО;

1) для кожної групи СМО розрахувати статистичні показники;

2) побудувати графіки залежності показників для кожної РС;

г) аналіз проведених розрахунків;

1) проаналізувати отримані графіки в термінах завантаження РС.

Як видно з наведеного алгоритму, пункт а) містить аналіз підприємства та його документів. Відповідальність за виконання даного етапу покладемо на користувача, і результати проведеного ним аналізу використаємо як вхідні дані для застосунку.

Пункти б) та в) можуть бути повністю автоматизовані, за винятком виявлення статистичної величини надходження документів на робочу станцію, яка необхідна для побудови графіків залежності статистичних величин. Хоча перша згадка даної величина відбувається лише на етапі в) 4), її визначення фактично є частиною етапу а). Тому будемо вважати її ще одним вхідним параметром, який задається користувачем.

Пункт г) може бути реалізований програмно, для розширення застосунку до системи підтримки прийняття рішень, надаючи користувачу функціональний звіт із наявними чіткими інструкціями до впровадження, для оптимізація документообігу. В рамках даної роботи він не буде реалізований програмно, а лише розглянутий теоретично, проте його реалізація є потенційним покращенням для майбутніх версій розроблюваного застосунку.

Оскільки було визначено, які саме конкретні кроки мають бути реалізовані в програмному продукті, далі можемо побудувати загальний вигляд робочого процесу застосунку.

3.2 Загальний робочий процес застосунку

Ретельно проаналізувавши визначені для реалізації кроки алгоритму аналізу та синтезу організаційно-технічної системи управління підприємством

на базі документообігу, було сформовано п’ять основних етапів робочого процесу застосунку. Наведемо та охарактерезуємо кожен із них.

Перший етап – задання мережевого графа залежності документів. На цьому етапі користувач має створити орієнтований граф, який буде відображати структуру залежності документів, що використовуються на підприємстві. Для цього користувач має визначити всі існуючі документи, та з’ясувати, яка інформація необхідна для формування кожного документу, та в яких документах ця інформація знаходиться. Таким чином результатом першого етапу має бути сформований граф залежності документообігу на підприємстві.

Другий етап – це задання існуючої локальної мережі робочих станцій підприємства, та розподіл документів за цими станціями. На цьому етапі користувач має визначити всі робочі станції, та як вони розподілені по відділам. А також для кожного документа, заданого у вигляді орієнтованого графа на попередньому етапі вказати, на якій із існуючих станцій він оброблюється.

Третій етап – топологічне сортування заданого на першому етапі орієнтовного графа залежності документів за допомогою модифікованого алгоритму Демукрона. Таким чином ми отримаємо розбитий за рівнями граф, у якого кожній залежності (кожному ребру) надано унікальний номер.

Четвертий етап являє собою побудову моделі руху інформаційних потоків в локальній мережі підприємства. Результатом даного етапу має бути створена схема моделі руху інформаційних потоків на робочих станціях. Також кожну робочу станцію буде проінтерпритовано як одноканальну СМО, та визначено групи СМО, в залежності від кількості вхідних потоків до робочої станції.

П’ятий етап - це процес розрахунку статистичних показників для кожної групи СМО, отриманих на попередньому етапі, та побудова для кожної робочої станції графіків залежності статистичних величин (відповідно до групи СМО, до якої входить дана РС) відносно заданого вхідного параметру інтенсивності надходження документів на робочу станцію. Проаналізувавши побудовані графіки користувач зможе зробити висновки про рівномірність навантаження

робочих станцій, та прийняти відповідні рішення для оптимізації електронного документообігу на підприємстві.

Таким чином сформованими вище п’ятьма етапами робочого процесу, розроблений програмний застосунок буде виконувати усі поставлені до автоматизації задачі алгоритму аналізу та синтезу організаційно-технічної системи управління підприємством на базі документообігу. Результати втілення наведених етапів в розроблений програмний продукт з відповідними скріншотами та описом дій програми можна переглянути в додатку А.

3.3 Архітектура застосунку та технології реалізації

Чітко сформулювавши задачі, які має вирішувати застосунок, та описавши загальний вигляд його робочого процесу, можна перейти до проектування архітектури застосунку, та вибрати необхідні технології для його реалізації.

3.3.1 Архітектура застосунку

Додаток буде реалізовано за класичною клієнт-серверною моделлю, яка складається з двох основних компонентів: хоста візуалізації та постачальника вмісту. Розглянемо ці два компоненти детальніше.

Хост візуалізації. Хост візуалізації перш за все відповідає відображення контенту користувачеві. На ньому за допомогою графічного інтерфейсу також відбувається збір введених користувачем вхідних даних та комунікація з постачальних контенту за допомогою API, та візуалізація результатів.

Постачальник вмісту. Постачальник вмісту — це веб-інтерфейс API, який отримує запити від користувача, обробляє вхідні дані, надсилає результати назад до хосту візуалізації та зберігає результати в базі даних. Постачальник контенту несе відповідальність за розрахунки та побудову математичної моделі.

3.3.2 Обрані технології

Для реалізації проектованого програмного застосунку було обрано наступні технології. Для зручності поділимо їх за сферою використання.

Бекенд-технології. Програма використовує .Net Minimal API, як інтерфейс зв'язку, та мову програмування C# для проведення математичних обчислень і побудови моделей.

Фронтенд технології. Інтерфейс створено за допомогою CSS, HTML і JavaScript.

База даних. Entity Framework і MySQL використовуються для управління базою даних.

Візуалізація графіків і маніпуляції з ними. Vis.js використовується для візуалізації та маніпуляції графіками, надаючи користувачам потужний і гнучкий інструмент для взаємодії зі даними.

4.4 Виклики реалізації застосунку та можливі подальші покращення

Основні проблеми, з якими довелося зіткнутися під час розробки програмного застосунку були: створення оптимального дизайну застосунку, для зручного відображення всіх етапів роботи програми; та вибір відповідного інструменту для візуалізації та маніпуляції графіками. Щоб подолати складність проектування, процес побудови математичної моделі було розділено на чітко визначені етапи, і кожен етап був зображений в окремій секції односторінкової програми, де кожену секцю користувачі можуть розгортати та згортати за необхідності. Після проведення дослідження існуючих фреймворків для візуалізації графів, vis.js було обрано як відповідний, простий у використанні, потужний і гнучкий інструмент, який повністю задовольняє всі потреби створюваного програмного застосунку.

Незважаючи на те, що програма успішно досягає своїх цілей, є потенційні області для вдосконалення. Майбутні оновлення можуть включати наступне:

а) інтеграція додаткових алгоритмів побудови математичної моделі;

б) автоматизація проведення аналізу результатів роботи застосунку;

в) автоматизація процесу аналізу підприємства;

г) покращена взаємодія з користувачем завдяки кращим інструкція.

На деяких пунктах зупинимось детальніше.

Найбільш суттєвим являється саме потенційне покращення приведене в пункті а), адже побудована математична модель вірна лише до певного наближення, і наразі не враховує ряд важливих статистичних показників, таких як, на приклад, унікального часу обробки кожного типу документів, в залежності від наповнення та структури. В розробленому застосунку (та дослідженні) була використана спрощена модель із усередненим часом обробки для усіх типів документів.

Також не менш важливим є покращення описане в пункті б), варто зауважити, що його вже розглянуто в підрозділі 3.1.

ВИСНОВКИ

В теперішній час ми спостерігаємо активний перехід до використання різних інформаційних технологій та систем в бізнес-структурах. Цей процес приносить велику користь бізнесу, адже застосування інформаційних технологій призводить до значного підвищення робочої продуктивності в організаціях, допомагає формалізувати процеси прийняття керівницьких рішень, що, в свою чергу, підвищує прибутковість.

Проте, введення таких систем представляє собою складне завдання. Виявилося, що це багатоаспектна проблема, вирішення якої є необхідним для забезпечення ефективності впроваджених інформаційних технологій. Основний виклик полягає в відсутності науково-обгрунтованих методів для розробки як організаційно-технічних систем управління підприємствами, так і відповідних їм інформаційних систем.

У даній кваліфікаційній роботі було вирішено наступні задачі:

– виконано загальний огляд електронних систем управління документообігом;

– проаналізовано переваги та недоліки традиційних та сучасних методів роботи з документами;

– розроблено алгоритм аналізу та синтезу організаційно-технічної системи управління підприємством на базі документообігу, у якому можна виділити наступні етапи:

1) аналіз підприємства;

2) побудова моделі руху інформації та її інтерпретація у вигляді СМО;

3) розрахунок статистичних характеристик отриманих СМО;

4) аналіз проведених розрахунків;

– розроблено програмний застосунок автоматизації системи аналізу та синтезу організаційно-технічної системи управління підприємством на базі документообігу.

Розроблений програмний застосунок, реалізує усі етапи сформульованого алгоритму, та успішно справляється з усіми поставленими задачами, надаючи користувачам розгорнуті значення статистичних показників. Отримані значення можуть бути використані для аналізу ефективності документообігу на підприємстві, та прийняття рішень про його вдосконалення.

При розробці програмного застосунку було задіяно наступні технології: .Net Minimal API, C#, Entity Framework, MySQL і vis.js. Завдяки яким, програмний продукт відповідає сучасним стандартам розробки застосунків, ефективно проводить усі необхідні розрахунки, та надає зручний інтерфейс для введення, обробки та візуалізації даних.

Результати роботи можуть бути використані як кінцевим користувачем, для оптимізації документообігу на конкретному підприємстві, так і для подальшого дослідження алгоритмів та методів синтезу систем управління.

Розроблений програмний застосунок має широкий потенціал для розвитку. Майбутні найближчі вдосконалення можуть включати в себе розширення програми до системи прийняття рішень, шляхом впровадження модуля формування звітів ефективності організації документообігу з відповідними чітко визначеними пропозиціями по змінам в організаційній структурі підприємства.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Закон України «Про електронні документи та електронний документообіг» / Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2003, № 36, ст.275.
2. Päivärinta, T., & Salminen, A. (2006). Document management systems as innovation: adoption and diffusion of electronic document management in public administration. The Information Society, 22(2), 95-106.
3. Грицунов О. В. Інформаційні системи та технології. Навчальний посібник. — Х.: ХНАМГ, 2010. — 222 с.
4. Плескач В.Л., Затонацька Т.Г. Інформаційні системи і технології на підприємствах/ підручник. – К.: Знання, 2011. – 718 с.
5. Інформаційні технології і управління підприємством / В. В. Баронів, Г. Н. Калянов, Ю. І. Попов, І. Н. Тітовський. – М.: БізнесПРО, 2004
6. Романова Ю.Д. Інформаційні технології в менеджменті (управлінні): підручник і практикум [для вузів] / Ю. Д. Романова [та ін.] ; під редакцією Ю. Д. Романової, 2015.
7. El-Sappagh, S., & Elmogy, M. (2015). A smart case-based reasoning approach for personalized workflow management systems. Computers in Human Behavior, 51, 1139-1153.
8. van der Aalst, W. M., ter Hofstede, A. H., Kiepuszewski, B., & Barros, A. P. (2003). Workflow patterns. Distributed and parallel databases, 14(1), 5-51.
9. Інформаційні системи і технології в економіці і управлінні Трофімов В.В. [Текст]: навч. посіб. — 2-е вид.., перероб. і доп., 2014.
10. Alpar, P., & Schulz, M. (2016). Electronic document management: challenges and opportunities for Information Systems Managers. Systems Research and Behavioral Science.

11. В'юненко О.Б., Воронець Л.П., Дослідження операцій. Системи масового обслуговування. Методичні вказівки та завдання для самостійної роботи. / Суми, 2008 рік 37 ст., табл. 3, бібл. 3.
12. Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2008). Factory physics. Waveland Press.
13. Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2013). Introduction to operations research. Tata McGraw-Hill Education.
14. Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2009). Introduction to algorithms. MIT press.
15. Gross, D., Shortle, J. F., Thompson, J. M., & Harris, C. M. (2008). Fundamentals of queueing theory. John Wiley & Sons.
16. Kleinrock, L. (1975). Queueing systems. Vol. 1: Theory. John Wiley & Sons.
17. Sedgewick, R. (2002). Algorithms in C++, Parts 1-4: Fundamentals, Data Structure, Sorting, Searching. Pearson Education.
18. Топологічне сортування графа [Електронний ресурс] / Дискретна математика. Теорія графів / http://mathhelpplanet.com
19. Manuel, Laguna (2011). Business Process Modeling, Simulation and Design. Pearson Education India. p. 178. ISBN 9788131761359. Retrieved 6 October 2017.
20. Chen, H.; Whitt, W. (1993). "Diffusion approximations for open queueing networks with service interruptions". Queueing Systems. 13 (4): 335. doi:10.1007/BF01149260. S2CID 1180930.

ДОДАТОК А

Ілюстрація роботи розробленого застосунку

Відповідно до сформульованого в підрозділі 3.2 алгоритму побудови розроблюваного програмного застосунку далі наведемо приклад роботи програми з відповідними скріншотами та поясненнями дій програми в рамках виділених етапів.

Перший етап. За допомогою графічного інтерфейсу, або у форматі JSON чи DOT, будується граф залежності документів. Побудований граф відправляється на сервер для застосування алгоритму топологічного сортування – модифікованого алгоритму Демукрона (рисунок А.1).

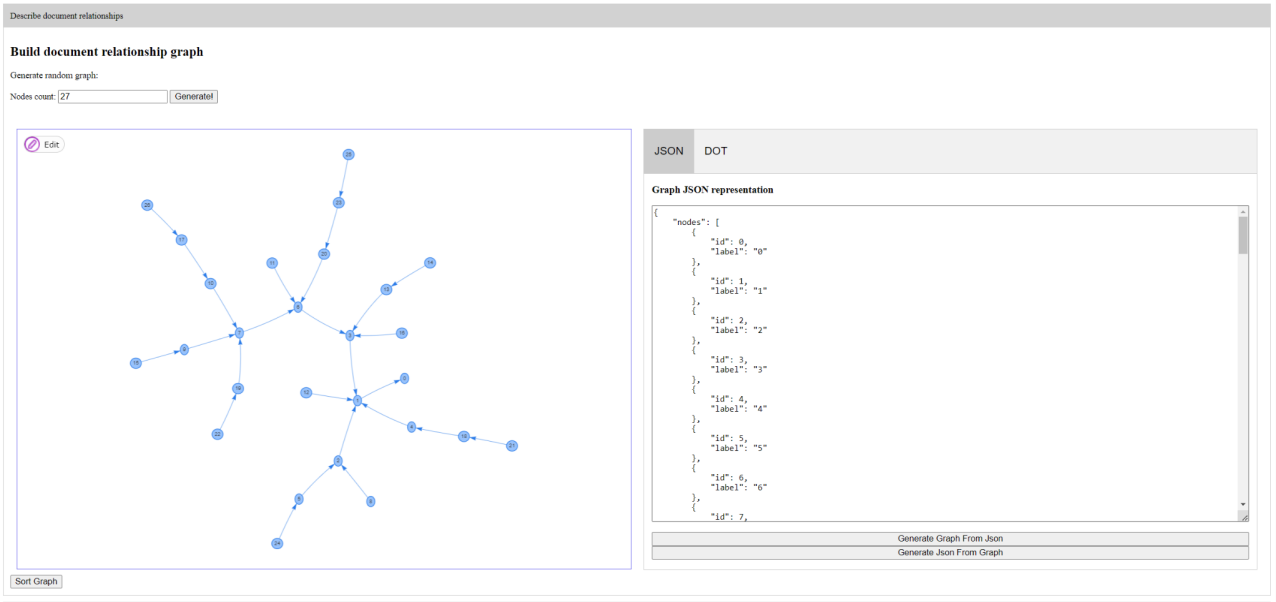

Рисунок А.1 – Задання графу залежностей документів

Другий етап. За допомогою графічного інтерфейсу задається локальна мережа підприємства, та визначається розподіл документів за станціями (колір документа відповідає кольору станції на якій він обробляється). Задані графи відправляються на сервер, та будуть необхідні для наступних етапів (рисунок А.2).

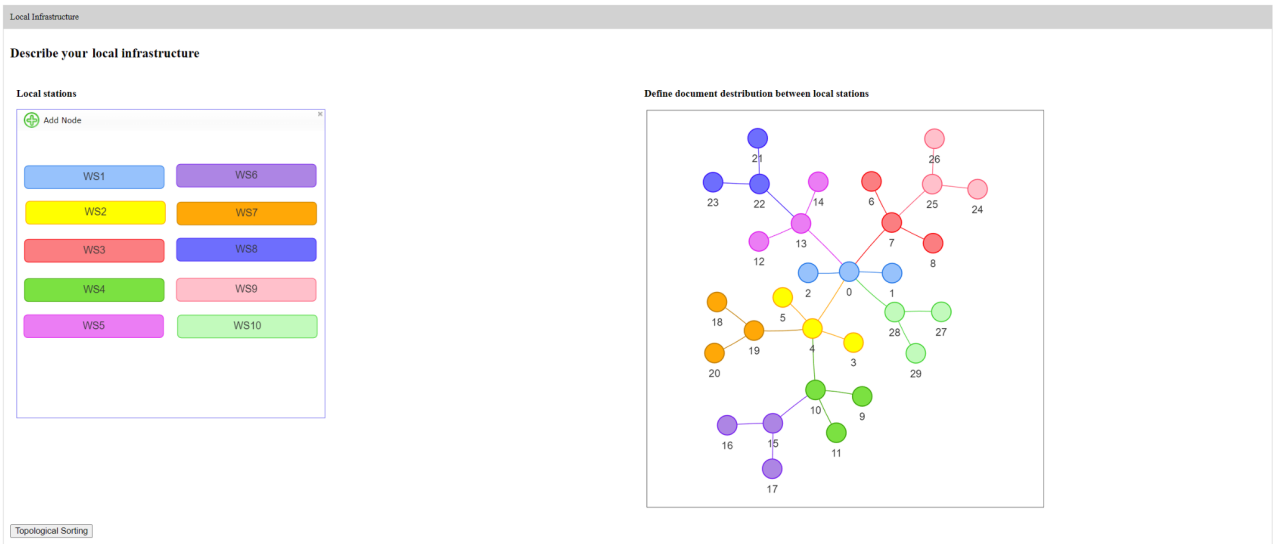

Рисунок А.2 – Задання робочих станцій та розподілу документів на них

Третій етап. Користувач може переглянути ієрархічний граф, отриманий після застосування топологічного сортування з використанням модифікованого алгоритму Демукрона. Також на графі визначені унікальні номери залежностей документів, інформаційні потоки (рисунок А.3).

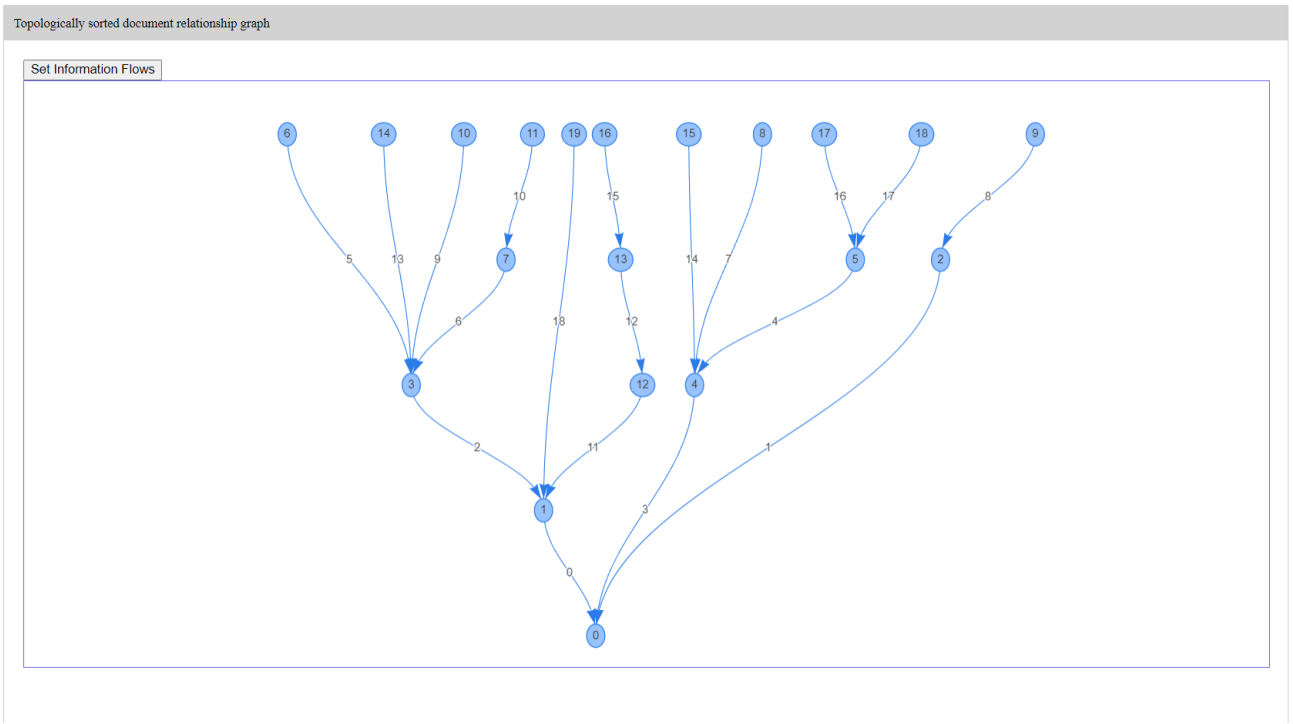

Рисунок А.3 – Топологічно відсортований граф та нумерація залежностей

Четвертий етап. Обробляючи отримані графи на попередніх етапах генерується та відображається схема моделі руху інформаційних потоків у локальній мережі підприємства.

Рисунок А.4 – Модель руху залежностей в системі

П’ятий етап. За допомогою визначеної на попередньому етапі моделі руху інформаційних потоків, відбувається розбиття СМО на групи відносно кількості вхідних залежностей. Для кожної групи розраховуються статистичні показники. Надається можливість для кожної групи та для кожної робочої станції всередині групи побудувати графіки залежностей статистичних показників від введеної виміряної величини інтенсивності надходження документів на РС. Інтенсивність надходження документів задається у вигляді діапазону та кроку. Введені дані користувачем відправляються на сервер для обробки, до хоста повертаються відповідні дані для побудови графіків (рисунок А.5).

Statistical indicators

Select service system group : MSS - 1

Select working station : WS - 2

Set document income frequency interval : Start : 1 End : 10 Step : 1 Build!

x	r(x)	k(x)	ts(x)	ts(x)
1	0,011111	0,111111	0,011111	0,111111
2	0,05	0,25	0,025	0,125
3	0,128571	0,428571	0,042857	0,142857
4	0,266667	0,666667	0,066667	0,166667
5	0,5	1	0,1	0,2
6	0,9	1,5	0,15	0,25
7	1,633333	2,333333	0,233333	0,333333
8	3,2	4	0,4	0,5
9	8,1	9	0,9	1

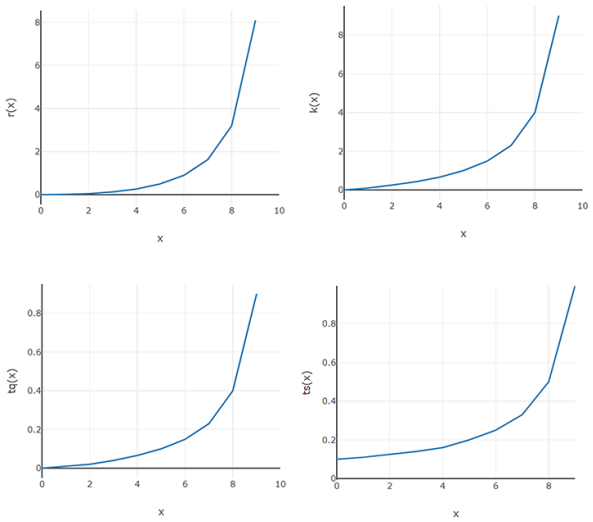

Рисунок А.5 – Побудова статистичних характеристик