Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та систем
(повна назва)
Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, робототехніки та безпекової інженерії
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Розроблення автономного мобільного робота-помічника для внутрішніх середовищ
(тема)

Виконав:
здобувач 4 року навчання,
групи АКТАКІТ-22-1
Микита ПРОРОКОВ
(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва спеціальності)
Тип програми освітньо-професійна
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(повна назва освітньої програми)

Керівник доцент Наталія ДЕМСЬКА
(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Завідувач кафедри КІТАРБІ _____ Ігор НЕВЛЮДОВ
(підпис) (власне ім'я, прізвище)

2026 р.

Я, Пророков Микита Сергійович, як здобувач вищої освіти ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Я не використовував штучний інтелект для підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

"09" липня 2026 р.  Микита ПРОРОКОВ

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет АКІТС
Кафедра КІТАРБІ
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(код і повна назва)
Тип програми освітньо-професійна
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри _____
(підпис)
« 06 » березня 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Здобувачеві Пророкову Микиті Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення автономного мобільного робота-помічника для внутрішніх середовищ

затверджена наказом університету від 04.06.2026 р. № 472 Ст
2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 16.07.2026 р.
3. Вихідні дані до роботи
Мобільний робот використовує:
– два двигуни постійного струму (12 В, передача 65:1, модель P205 для диференціального керування;
– лазерний далекомір UTM-30LX USB з дальністю 30 м, 1080 точками сканування в кутовому діапазоні 270° та приблизною частотою дискретизації 4 Гц;
– кольорову 3D USB-веб-камеру (2 × 640 × 480 пікселів) для додаткового виявлення орієнтирів та дистанційного візуального керування.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі
4.1 Вступ
4.2 Визначення мети, об'єкта та предмета розробки
4.3 Аналіз предметної області та літератури
4.4 Аналіз аналогічних конструкцій
4.5 Вирішення задач докумемнтообігу на базу мобільного робота
4.6 Реалізація документообігу офісу за допомогою мобільного робота
4.7 Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) Демонстраційний матеріал в форматі (*.ppt) – 12 арк., ф.А4

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Строк / терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Актуальність роботи, постановка задачі	06.03.26– 08.03.26	викон.
2	Визначення мети об'єкту і предмету розробки	09.03.26 – 17.03.26	викон.
3	Аналіз предметної області	18.03.26 – 31.03.26	викон.
4	Аналіз аналогічних конструкцій	01.04.26 – 20.04.26	викон.
5	Вирішення задач докумемнтообігу на базу мобільного робота	21.04.26 – 04.05.26	викон.
6	Реалізація документообігу офісу за допомогою мобільного робота	05.05.26 – 08.06.26	викон.
7	Оформлення пояснювальної записки	22.06.25	викон.
8	Подання роботи на перевірку Інтернетсервісом StrikePlagiarisma	23.06.25	викон.
9	Подання роботи на рецензію	26.06.25	викон.
10	Подання роботи на підпис зав. Кафедри	30.06.25	викон.
11	Подання кваліфікаційної роботи в ЕК	01.07.25	викон.

Дата видачі завдання 06.03.2026 р.

Здобувач _____ Микита ПРОРОКОВ
(підпис) (власне ім'я, прізвище)

Керівник роботи _____ доцент Наталія ДЕМСЬКА
(підпис) (посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 59 с., 1 табл., 21 рис., 1 дод., 34 джерела.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ДОКУМЕНТООБІГ, ІНФОРМАЦІЯ, ПІДПРИЄМСТВО, МОБІЛЬНИЙ РОБОТ, АНАЛІЗ, УПРАВЛІННЯ, МЕТОД, АЛГОРИТМ.

Об'єкт розробки – управління локальними переміщеннями робота в просторі.

Предмет розробки – автоматизація офісної діяльності.

Мета роботи – автоматизація офісного документообігу в в офісних приміщеннях із використанням мобільних роботів задля забезпечення ефективного обміну документами між працівниками за допомогою робота, який здатний самостійно будувати маршрут і виконувати доставку.

У роботі розглядаються основні завдання автоматизації документообігу і доставки інформації в банківських організаціях: автоматизація процесу проходження документів усередині підприємства і за його межами; формування алгоритмів проходження документів відповідно до технологічного циклу (розробка, узгодження, затвердження документів); планерування і управління ресурсами; забезпечення оперативного обміну офіційними документами (службовими записками, листами, заявками, нормативними матеріалами і тому подібне) для організації взаємодії персоналу, окремих підрозділів підприємства, а також основні функції мобільних роботів: прокладка і вибір маршруту; складання карти місцевості; управління локальними переміщеннями робота в просторі; об'їзд перешкод.

Сфера застосування – автоматизація документообігу в малих і середніх офісах.

ABSTRACT

Explanatory note: 59 pp., 1 tab., 21 figs., 1 app., 34 refs.

AUTOMATION, DOKUMENTOOBOROT, INFORMATION, ENTERPRISE, MOBOT, ANALYSIS, MANAGEMENT, METHOD, ALGORITHM.

The object of development is the management of local movements of the robot in space.

The subject of development is the automation of office activities.

The purpose of the work is the automation of office document flow in office premises using mobile robots to ensure effective exchange of documents between employees using a robot that is able to independently build a route and perform delivery.

In this work the basic tasks of workflow and delivery information are examined in bank organizations: automation of process of passing of documents into an enterprise and after his limits; forming of algorithms of passing of documents in accordance with a technological cycle (development, concordance, claim of documents); planning and management resources; providing of operative exchange official records (by official messages, letters, requests, by normative materials etc.) for organization of co-operation of personnel, separate subdivisions of enterprise, and also basic functions of mobots: gasket and choice of route; drafting of map of locality; a management local brachistings is in space; detour of obstacles.

An application domain is a workflow in small and middle offices.

ЗМІСТ

Перелік скорочень 7
Вступ 8
1 Аналіз предметної області та літератури 10
1.1 Загальні підходи до автоматизації офісів 10
1.2 Принципи організації документообігу 12
1.3 Автоматизація офісної діяльності 14
1.3.1 Забезпечення спільної діяльності 16
1.3.2 Документообіг 16
1.3.3 Планування робіт та їх управління 17
1.3.4 Автоматизація комерційної діяльності 17
1.3.5 Зв'язок із зовнішнім світом 18
1.3.6 Захист даних 19
2 Аналіз аналогічних конструкцій 20
2.1 Робот поічник в домі та офісі 20
2.2 Конструкція та характеристики R.Bot 21
3 Вирішення завдання документообігу на базі мобільного робота 26
3.1 Процедура автоматичного дослідження 29
3.2 Сценарій дослідження 30
3.3 Застосування інтелектуального середовища 30
4 Програмна реалізація проєкту 37
4.1 Методи уникнення зіткнень 37
4.1.1 Метод скелетизації 37
4.1.2 Метод нечіткої логіки 38
4.2 Використання алгоритму керування роботом 41
4.3 Розрахунок часу доставки документів 51
4.4 Забезпечення безпечних умов праці при моделюванні 53
Висновки 56

Перелік джерел посилання 65
Додаток А Демонстраційний матеріал 69

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСД – автоматизація системи документообігу

ДЗУ – документаційне забезпечення управління

МР – мобільний робот

СДК – системи дистанційного керування

СП – сенсорна підсистема

СУ – систем управління

СУБД – системи управління базами даних

SLAM – Simultaneous Localization and Mapping

ВСТУП

Сучасний етап розвитку промисловості та сфери послуг характеризується стрімким впровадженням засобів автоматизації, комп’ютерно-інтегрованих технологій та мобільних робототехнічних систем, що ставить високі вимоги до кваліфікації сучасних інженерів. Оскільки цифрові технології формують конкуренцію в багатьох галузях, прогнозування майбутнього потенційно революційних технологій стає важливим завданням бізнес-лідерів, які дбають про конкурентоздатність своїх організацій [1]. Протягом кількох років спостерігається швидке зростання важливості цифрових технологій у досягненні бізнес-цілей організацій.

Досі концепція цифрової трансформації в основному асоціювалася з виробничими процесами, оскільки фізичні роботи підтримували людей у виробничих завданнях. Наразі все більше уваги приділяється цифровізації операційних та бізнес-процесів, а сама концепція цифровізації також охоплює підприємства сфери послуг, включаючи, перш за все, такі галузі, як фінанси, банківська справа, страхування, маркетинг, бухгалтерський облік, державне управління, логістика тощо [2].

На сьогодні автоматизація офісного простору та внутрішньої логістики за допомогою мобільних роботів-асистентів є вкрай актуальним науково-технічним завданням, що дозволяє оптимізувати процеси всередині приміщень, знизити рутинне навантаження на персонал та підвищити загальну ефективність роботи. У зв'язку з цим, метою цієї роботи є комплексне проектування, обґрунтування технічних рішень, вибір апаратної бази та розробка алгоритмів навігації та взаємодії елементів системи для створення ефективного мобільного робота-асистента, здатного виконувати поставлені завдання в умовах сучасного офісного приміщення.

Документи є інформаційною основою діяльності організації, оскільки в них зосереджено більшу частину її інформаційних ресурсів [3].

Документообіг забезпечує впорядкований обмін інформацією між працівниками та підрозділами, а його ефективність безпосередньо впливає на результативність роботи організації. Сучасні робототехнічні системи широко застосовуються для автоматизації складних, монотонних і небезпечних процесів. Їх інтеграція з комп’ютерними системами значно спрощує роботу людини та підвищує ефективність діяльності. Тому актуальним напрямом є використання мобільних роботів в офісних приміщеннях.

Метою роботи є автоматизація офісного документообігу в в офісних приміщеннях із використанням мобільних роботів задля забезпечення ефективного обміну документами між працівниками за допомогою робота, який здатний самостійно будувати маршрут і виконувати доставку.

Об'єкт розробки – управління локальними переміщеннями робота в просторі.

Предмет розробки – автоматизація офісної діяльності.

Задачі, які необхідно вирішити в рамках роботи:

– ознайомитися з основними публікаціями, нормативними, довідковими матеріалами за темою роботи;

– проаналізувати основні завдання автоматизації документообігу і доставки інформації в офісних приміщеннях;

– провести аналіз існуючих конструкцій мобільних роботів-помічників;

– провести аналіз основні функції мобільних роботів: прокладка і вибір маршруту; складання карти місцевості; управління локальними переміщеннями робота в просторі; об'їзд перешкод;

– створити фізичний макет або прототип для експериментальних досліджень;

– проаналізувати результати та сформулювати рекомендації щодо подальшого вдосконалення.

Робота виконана згідно [4, 5]. Результати роботи відповідають Цілям сталого розвитку (ЦСР), а саме цілі № 9: Інновації та інфраструктура [6].

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальні підходи до автоматизації офісів

Вирішення проблеми управління документацією в сучасних умовах дозволить цілеспрямовано формувати ресурси організацій, забезпечити їх ефективне функціонування, а також забезпечити взаємозв'язок персоналу стосовно документообігу з найменшими витратами часу, праці та коштів.

Протягом останніх десятиліть автоматизація офісної діяльності є одним із основних стимулів розвитку світової індустрії [3].

Спектр рішень, що пропонуються для автоматизації офісної діяльності, включає офісні пакети, засоби організації колективної роботи та обміну інформацією, рішення для автоматизації управління компанією та багато іншого.

Існує кілька підходів до визначення поняття «офіс» [7]. У широкому сенсі офіс – це організація, на вході та виході якої – «папери», що є:

– листом або висновком (або візою), що фіксує рішення, прийняте посадовою особою або організацією в цілому у відповідь на запит до цієї організації (лист або заява приватної особи, розпорядження державного органу та ін.);

– договором (контракт, угода, додаткова угода тощо) з певною юридичною або фізичною особою;

– розпорядчим або обліковим документом, виданим для фіксації та юридичного оформлення дій у межах договору або вільної ініціативи (замовлення на купівлю, рахунок на оплату, запит на надання послуги та ін.) тощо.

Розглянемо завдання автоматизації бізнес-процесів офісів та питання побудови документообігу [8]. Основними завданнями автоматизації документообігу та систем доставки інформації є такі:

– інтеграція технологій діловодства в єдиний процес;

– ліквідація паперового потоку, автоматизація рутинних операцій;

– автоматизація процесу проходження документів усередині підприємства та за його межами;

– формування алгоритмів проходження документів відповідно до технологічного циклу (розробка, узгодження, затвердження документів);

– планування та управління ресурсами;

– автоматизація адміністративно-управлінських функцій (оперативне формування вказівок, розпоряджень, контроль за їх виконанням);

– організація та контроль діяльності персоналу, облік і планування робочого часу;

– забезпечення оперативного обміну офіційними документами (службовими записками, листами, заявками, нормативними матеріалами тощо) для організації взаємодії персоналу, окремих підрозділів підприємства;

– забезпечення розсилки та прийому документів через зовнішні системи (Internet, Telex, Fax, поштові системи);

– формування та накопичення бази даних електронних документів будь-яких типів з можливостями багатокритеріального пошуку як за змістом документів (включно з графічними), так і за складними логічними умовами.

Сучасні системи автоматизації документообігу підтримують єдину (інтегровану) технологію обробки інформації [9], яка містить такі компоненти:

– багатокористувацькі системи управління базами даних (СУБД);

– засоби підготовки документів (текстових, графічних, мультимедійних) у вигляді звітів, таблиць, схем, форм, бланків;

– локальні мережі;

– засоби зовнішніх комунікацій – електронна пошта, факс;

– засоби системного адміністрування – визначення програмно-апаратної конфігурації, призначення прав доступу до системи та її окремих компонентів, контроль версій та прав доступу, оповіщення про порушення;

– засоби макропрограмування, що забезпечують розширюваність та

налаштовуваність систем під конкретні вимоги та можливості замовника.

Очевидно, що розподілена обробка інформації передбачає наявність комунікаційного середовища, що забезпечує необхідні транзакції, множинний доступ до спільних інформаційних ресурсів.

До комунікаційної системи, що виконує функції доставки інформації, висуваються такі вимоги:

– надійність доставки (виключення можливості втрати документів); підвищені ймовірнісно-часові характеристики;

– достовірність документів, що передаються;

– конфіденційність документів;

– контроль доставки повідомлень та реєстрація трафіку;

– можливість доступу до зовнішніх телематичних послуг для передачі та прийому інформації із зовнішніх систем;

– відмовостійкість системи (резервування ресурсів).

Існують різні системи документообігу, що виконують тією чи іншою мірою перелічені функції. При виборі системи необхідно керуватися як економічними, так і технічними критеріями. Велике значення має спадкоємність існуючих технологій, а також можливість подальшого розвитку та вдосконалення системи на основі єдиної бази. Також суттєве значення має питання менеджменту та адміністрування системи [10].

1.2 Принципи організації документообігу

Основним принципом документообігу є відсутність локальних архівів документів (таких архівів не існує ні в кого). Це зумовлено тим, що будь-який вхідний документ, який не потрапив до загального архіву документів, цілком реально ризикує залишитися невиконаним. Більшість вихідних документів є відповіддю організації на відповідні вхідні документи. Певна частина вихідних документів готується на основі внутрішніх документів підприємства. Невелика кількість вихідних документів може вимагати надходження вхідних

документів [9].

Розглянемо типи документів. Типів документів, що використовуються в роботі підприємства, може бути досить багато (на окремих підприємствах їх кількість сягає 500–600).

Однак представлені типи документопотоку, своєю чергою, можуть бути розділені лише на 3 види:

а) вхідні – це документи, які надійшли на підприємство від зовнішніх партнерів. Більшість вхідних документів мають породжувати відповідні вихідні, причому у заздалегідь встановлені терміни. Терміни встановлюються або нормативними актами, що приписують той чи інший час відповіді на відповідний вхідний документ, або терміном виконання, зазначеним безпосередньо на вхідному документі;

б) вихідні документи. Більшість вихідних документів є відповіддю організації на відповідні вхідні документи. Певна частина вихідних документів може вимагати надходження вхідних документів (наприклад, запити до сторонніх організацій типу: «Прошу надати довідку з питання … у термін до …»);

в) внутрішні документи. Ці документи використовуються для організації роботи підприємства. Через канцелярію проходять не всі внутрішні документи, а лише листування найбільших структурних підрозділів підприємства (особливо якщо вони територіально рознесені) та накази керівництва підприємства. Також через канцелярію проходять внутрішні документи, що породжують вихідні.

Зокрема, за загальними правилами діловодства єдиний спосіб надіслати запит, лист або матеріали до зовнішньої організації – це спрямувати внутрішній документ до канцелярії, де його перетворять на вихідний документ і надішлють до сторонньої організації [10].

1.3 Автоматизація офісної діяльності

Процеси діловодства та документообігу розглядаються, перш за все, як документальне відображення та забезпечення управлінських процесів. У цьому сенсі діловодство та документообіг слід розглядати як «документаційне забезпечення управління» (ДЗУ) [11], тобто як систему вторинних процесів, що забезпечують і відображають процеси управління.

Документаційне забезпечення управління охоплює три основні завдання стосовно програмних систем автоматизації [9]:

– документування (створення документів, що підтримують і реєструють управлінську діяльність, тобто їх підготовка, оформлення, узгодження та виготовлення);

– організація документообігу (забезпечення руху, пошуку, зберігання та використання документів);

– систематизація архівного зберігання документів (визначення правил зберігання інформації, що створюється в організації, її пошуку та використання для підтримки прийняття управлінських рішень і ділових процедур).

Діловодство являє собою комплекс заходів щодо забезпечення ДЗУ підприємства або організації. Традиційна організація роботи служб діловодства (таких як управління справами, секретаріат, канцелярія, сектор листів та звернень громадян, інших підрозділів) спрямована на впорядкування роботи з документами та передбачає виконання таких функцій [11]:

– організаційне та документаційне забезпечення діяльності підприємства; організація єдиного порядку роботи з документами в підрозділах;

– організація індивідуальної та спільної змістовної підготовки документів у підрозділах;

– обмін документами всередині та між структурними підрозділами організації;

– створення уніфікованих технологічних процедур проходження та обробки документів у підрозділах;

– використання уніфікованих форм представлення та обробки документів;

– реєстрація всіх документів, що надходять до організації, з подальшим спрямуванням кореспонденції на розгляд керівництву та в підрозділи;

– реєстрація, облік, видання, розсилка та повернення, забезпечення зберігання та використання вихідних і внутрішніх документів, проєктів документів;

– реєстрація руху документів, включаючи напрямки, резолюції, звіти про виконання, узгодження (візування);

– списання документів у справу та вилучення зі справ; забезпечення збереженості, обліку та використання документів;

– обмін інформацією між працівниками одного або кількох структурних підрозділів;

– здійснення контролю за своєчасним виконанням доручень вищих органів державної влади, доручень і вказівок керівництва організації, листів і звернень громадян, звернень установ, організацій;

– перевірка правильності та своєчасності виконання документів;

– створення належних умов для документаційного та організаційно-технічного забезпечення роботи керівництва організації, своєчасне забезпечення повною, точною та достовірною інформацією про стан підготовки та виконання документів і доручень;

– проведення інформаційно-довідкової та аналітичної роботи з питань документаційного забезпечення управління;

– отримання звітів, зокрема статистичних, на підставі інформації про документи та стан їх виконання.

Усі перелічені функції формалізовані та закріплені відповідними державними й галузевими стандартами та нормативними матеріалами, що створює основу для їх автоматизації з використанням інформаційних

комп'ютерних технологій обробки документів [12].

Завдання, що вирішуються при автоматизації діяльності компанії, значною мірою залежать від характеру її бізнесу, інфраструктури, адміністративного устрою та багатьох інших факторів. Але незалежно від специфіки кожної окремої фірми існує ряд загальних вимог до систем автоматизації офісної діяльності. Тому для того, щоб визначити ці вимоги, необхідно зрозуміти, що спільного є в завданнях автоматизації діяльності офісів різних компаній.

1.3.1 Забезпечення спільної діяльності

Перш за все офіс – це група людей, тому на перший план висуваються засоби організації внутрішньокорпоративної взаємодії. Конкретний склад цих засобів, їх зміст і наповнення багато в чому залежать від специфіки діяльності компанії. Так, наприклад, торговельній організації необхідна система автоматизації комерційної діяльності (торгівлі) компанії, що займається виконанням різних проєктних робіт, тобто розвинені засоби управління проєктами та завданнями. Практично перед будь-якою фірмою постає питання автоматизації канцелярії [11].

Таким чином, при організації внутрішньокорпоративних ділових процесів усередині компанії (а отже, і її офісів) виникає потреба в автоматизації різних видів діяльності її співробітників.

1.3.2 Документообіг

У принципі, весь документообіг зводиться до присвоєння документу номера (реєстрації документа в канцелярії) та до його виконання, що, можливо, супроводжується контролем. Документообіг охоплює всі структурні підрозділи компанії – від канцелярії до керівництва – і є важливою частиною системи управління фірмою [11].

Якщо реєстрація документа є досить однотипною для всіх компаній, то процеси його виконання та контроль за його проходженням формалізуються

важко і багато в чому залежать від адміністративного устрою організації. Виходячи з цього, система документообігу повинна містити розвинені засоби адаптації до адміністративної структури компанії та прийнятого в ній порядку роботи з документами.

Система автоматизації документообігу повинна підтримувати розсилку та візування документів, що є відображенням реальних процесів роботи з паперами в будь-якій організації. Також при автоматизації документообігу має бути забезпечена інша типова операція при роботі з паперами – контроль за проходженням документів. Крім того, дана система повинна забезпечувати: введення в систему документів із різних джерел: паперова документація, повідомлення електронної пошти, факси, файли різних прикладних програм.

1.3.3 Планування робіт та їх управління

Планування робіт включає складання регламенту робіт, калькуляцію витрат за ними та планування ресурсів. Планування робіт нерозривно пов'язане з плануванням заходів як для окремих співробітників, так і для робочих груп.

1.3.4 Автоматизація комерційної діяльності

На відміну від документообігу, всі виробничі процеси, пов'язані з торгівлею, формалізуються значно простіше. Хоча, як показує практика розробки, продажу та впровадження пакетів автоматизації комерційної діяльності, кожна компанія має свої нюанси, але це не заважає широкому розповсюдженню подібних систем [11].

Забезпечення повного контролю надходження та продажу товару. Торгівля включає купівлю або виробництво товару, його зберігання та продаж. Весь цей процес супроводжується різними паперами: накладними, рахунками, рахунками-фактурами, які необхідні для бухгалтерської звітності.

Відповідно, система торгівлі повинна автоматизувати всі операції з руху товару та надавати відповідні їм бухгалтерські документи.

Взаємодія з системою автоматизації бухгалтерського обліку необхідна для найбільш повної автоматизації фінансової діяльності компанії. В ідеальному випадку програма бухгалтерського обліку має бути складовою частиною системи автоматизації торгівлі. Насправді, враховуючи різноманітність бухгалтерських програм, що давно використовуються компаніями, система автоматизації торгівлі повинна, щонайменше, забезпечувати збереження необхідної інформації у форматах цих програм.

Розмежування доступу до інформації в системі автоматизації комерційної діяльності не тільки є заходом для забезпечення секретності, а й служить для чіткішого розподілу функцій між співробітниками. Максимальна автоматизація операцій служить для підвищення ефективності роботи співробітників і дозволяє уникнути багатьох помилок, наслідком яких можуть стати фінансові втрати.

Регулярне оновлення та підтримка системи фірмою-виробником необхідні для забезпечення сталого функціонування торговельної компанії. Дійсно, система автоматизації торгівлі повинна відповідати всім вимогам фінансового обліку, прийнятим у країні, та всім реаліям ринку. Після цього багато саморобних систем автоматизації торгівлі та пакетів, позбавлених підтримки розробника, просто виявилися марними [11].

1.3.5 Зв'язок із зовнішнім світом

Діяльність будь-якої компанії немислима без засобів віддаленої взаємодії між її офісами та без зв'язку з іншими компаніями. Отже, будь-якій компанії необхідні:

– засоби електронної пошти;

– автоматизація служби факсимільних повідомлень;

– засоби для організації віддаленого доступу та взаємодії між офісами компанії.

1.3.6 Захист даних

Найціннішою складовою будь-якої інформаційної системи, тим, заради чого вона і існує, є дані, що в ній зберігаються. Навіть при найнадійнішому рішенні завжди існує ризик втрати інформації, життєво важливої для підприємства.

Захист корпоративних даних [13] є комплексним завданням, частинами якого є:

– запобігання несанкціонованому доступу до даних. Розмежування доступу до інформації, з одного боку, необхідне для забезпечення її секретності та захисту від навмисного руйнування, а з іншого – служить для чіткішого розмежування обов'язків між співробітниками;

– антивірусний захист. Не слід применшувати небезпеку проникнення вірусів в інформаційне середовище. В умовах бурхливого розвитку локальних і глобальних мереж та технологій, пов'язаних з Інтернетом, один вірус, що потрапив у мережу, може завдати компанії катастрофічних збитків;

– резервне копіювання даних. Якою б надійною не була інформаційна структура компанії, завжди існує ймовірність втрати даних. У цьому випадку зменшити пов'язані з цим втрати допоможе розвинена система резервного копіювання.

2 АНАЛІЗ АНАЛОГІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ

2.1 Робот помічник в домі та офісі

Ідея робота R.Bot – створити помічника людині як удома, так і в офісі [14]. R.Bot виконує найрізноманітнішу роботу під керуванням співробітників, які перебувають іноді за 1000 км від офісу. Вони проводять наради та презентації, спілкуються один з одним, переглядають документи, відповідають на телефонні дзвінки, демонструють клієнтам продукцію компанії в демонстраційному залі та приймають замовлення, готові вислухати зауваження та надати професійну допомогу клієнтам.

Більш того, співробітники компанії, перебуваючи вдома чи в дорозі, на відпочинку або в ресторані, використовуючи роботів R.Bot, що є у замовників, можуть завжди бути на зв'язку та спілкуватися з ними, не виїжджаючи до них особисто, а використовуючи звичні людські засоби спілкування: зір, слух і мовлення за допомогою робота R.Bot [15].

Робот R.Bot забезпечує не тільки всю можливу свободу спілкування та необмежені можливості щодо одночасної присутності в кількох місцях, а й забезпечує відео- та аудіозапис важливої бесіди (звісно, за згодою співрозмовника), а також дає можливість під’їхати та переглянути певні документи, які необхідно показати замовнику прямо на столі, не використовуючи ні проєктори, ні комп'ютери, ні телевізори, ні іншу спеціальну техніку [16].

R.Bot може працювати до 8 годин без підзарядки (залежно від інтенсивності використання). Висока автономність дозволяє R.Bot долати за потреби великі відстані та контролювати за допомогою вбудованої відеокамери значні площі.

2.2 Конструкція та характеристики R.Bot

Корпус робота R.Bot (рис. 2.1) має плавні контури, що зовні нагадують людину. Таким чином, робот сприймається людьми не як футуристична машина, а як доброзичливий помічник. Особливо подобається робот R.Bot дітям, які вважають його своїм вірним другом. Робот R.Bot здатний автономно переміщатися по дому та офісу [16].

Габаритні розміри (діаметр 55 cm) дозволяють вільно проходити у будь-який дверний отвір, долати невеликі пороги. Робот переміщається за допомогою двох великих провідних коліс, розташованих збоку корпусу, які дозволяють роботу переміщатися на всіх напрямках і навіть обертатися на місці. Стійкість робота забезпечується третім невеликим колесом у нижній частині корпусу.



Рисунок 2.1 – Корпус робота R.Bot [16]

Голова та шия робота (рис. 2.2) сконструйовані таким чином, що голова може вільно повертатися в різних площинах. Завдяки цьому робот може рухати головою вгору, вниз та навколо себе. При цьому камера, розташована в передній частині голови, також переміщується, що дозволяє контролювати обстановку навколо робота R.Bot.



Рисунок 2.2 – Голова і шея робота R.Bot [16]

Очима робота R.Bot (рис. 2.3) є відеокамера високої роздільної здатності, розміщена в передній частині голови. Камера дозволяє роботу бачити навколишній світ і за допомогою вбудованого в R.Bot процесора передавати отримане зображення користувачеві через інтернет.



Рисунок 2.3 – Відеокамера робота R.Bot [16]

За допомогою високочутливих мікрофонів (рис. 2.4) робот може легко чути те, що відбувається навколо, і контролювати ситуацію. На корпусі робота R.Bot встановлено 2 широконаправлені мікрофони з системою шумопоглинання, що забезпечує чистий і ясний звук.



Рисунок 2.4 – Широконаправленний мікрофон робота R.Bot [16]

У нижній частині корпусу робота розташовані гучномовці – динаміки (рис. 2.5), які відтворюють звук, що передається від користувача через інтернет на робот R.Bot [16].

Таким чином, за допомогою мікрофонів і гучномовців робота R.Bot користувач може легко спілкуватися з людьми, що перебувають поруч із пристроєм [16].



Рисунок 2.5 – Гучномовці робота R.Bot [16]

Робот R.Bot оснащений спеціалізованими індикаторами (рис. 2.6), завдяки яким він може повідомляти про стан системи. На голові робота встановлено лазерний модуль, що використовується для вказування на об'єкти.

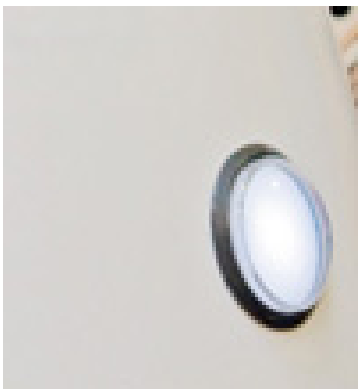


Рисунок 2.6 – Спеціалізованні індикатори робота R.Bot [16]

Технічні характеристики робота R.Bot наведенні в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики робота R.Bot [16]

Параметр	Опис
Тип	Колісний
Датчики	Інфрачервоний датчик, датчик пошкоджень
Автономність	Автономний рух та обхід перешкод
Заряджання	Заряджається від звичайної побутової мережі (220 В)
Конфігурація	Корпус робота, зарядна станція, бездротовий роутер, сенсорний екран, комп'ютер
Умови використання	У приміщенні (звичайна квартира або офіс, з незначними нерівностями підлоги) кімнатна температура, денне або штучне освітлення
Розміри	Висота 1,3 м, діаметр 55 см
Вага	Приблизно 35 кг
Рух	Спосіб пересування: за допомогою коліс Швидкість пересування: 2 км/год
Привод	Двигун постійного струму
Джерело живлення	Батарея: свинцево-кислотна батарея. Термін безперервної роботи: 8 годин. Зарядження: автоматичне заряджання від мережі 220 В.

Продовження таблиці 2.1

Параметр	Опис
Управління	Центральний процесор, мультипроцесорна конфігурація Операційна система: Linux
Комунікації	Зір: камера високої роздільної здатності (1 шт.) Слух: широко спрямовані мікрофони (2 шт.), спрямований мікрофон із системою шумоподавлення (1 шт.) Звук: Стереофонічне звучання
Безпека	Споживання мінімальної кількості енергії та забезпечує максимальну безпеку. Відповідає стандартам для приладів побутового використання.

Таким чином, за допомогою робота R.Bot персонал офісу має можливість проводити наради та презентації, спілкуватися один з одним, переглядати папери, відповідати на телефонні дзвінки, демонструвати клієнтам продукцію компанії в демонстраційному залі та приймати замовлення, а також здійснювати відео- та аудіозапис важливої бесіди (звісно, за згодою співрозмовника).

3 ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ ДОКУМЕНТООБІГУ НА БАЗІ МОБІЛЬНОГО РОБОТА

Виходячи з аналізу автоматизації документообігу та аналізу аналогічних конструкцій, можна вирішити одну з основних задач документообігу в офісі. Це завдання забезпечення оперативного обміну офіційними документами (службовими записками, листами, заявками, нормативними матеріалами тощо) для організації взаємодії персоналу, окремих підрозділів підприємства.

Для розкриття всіх потенційних можливостей, які несе в собі використання баз даних, необхідно застосовувати в роботі комплекс програмних та апаратних засобів, що максимально відповідає поставленим завданням.

На сьогодні існує велика потреба підприємств у комп'ютерних програмах та апаратних засобах, що підтримують та узгоджують роботу управлінської та фінансової ланок компанії, а також в інформації про способи оптимального використання наявного у компанії комп'ютерного обладнання. У загальному випадку серед усіх документів виділяють електронні документи, паперові документи та мікрографічні документи [17].

Також документи розрізняються за типами носіїв інформації, і основні резерви підвищення ефективності роботи з документами полягають саме в типах носіїв. Як правило, існує досить багато потоків документів, проте, у свою чергу, вони можуть бути розділені всього на 3 види: вхідні документи, вихідні документи, внутрішні документи.

На основі отриманої інформації можна побудувати схему автоматизації системи документообігу на базі мобільного робота. Вхідні, вихідні та внутрішні документи є основою паперових документів, які знаходяться в базі даних автоматизації системи документообігу (БД АСД) [18]. З цього і починається побудова схеми, яка представлена на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Схема системи документообігу

Взаємодія паперових, електронних та мікрографічних документів здійснюється за допомогою простих дій: сканування, друк, фотографування та розпізнавання документа. Офісні технології являють собою комп'ютерні технології (текстовий процесор, табличний процесор, електронна пошта, телеконференції) та некомп'ютерні технології (факс, ксерокс, конференції: аудіо та відео), а також, у нашому випадку, додаються робототехнічні технології – це мобільний робот.

Оскільки необхідно вирішити задачу забезпечення обміну документами, розберемо детально зі схеми системи документообігу блок руху документів, який реалізується за допомогою мобільного робота.

Для того, щоб мобільний робот зміг досягти мети, тобто доставити документи з однієї точки офісу в іншу, йому необхідно скласти карту офісу або місцевості, в якій він буде рухатися. Для цього необхідно вирішити задачу траєкторії руху робота та скласти алгоритм побудови карти середовища (рисунок 3.2).

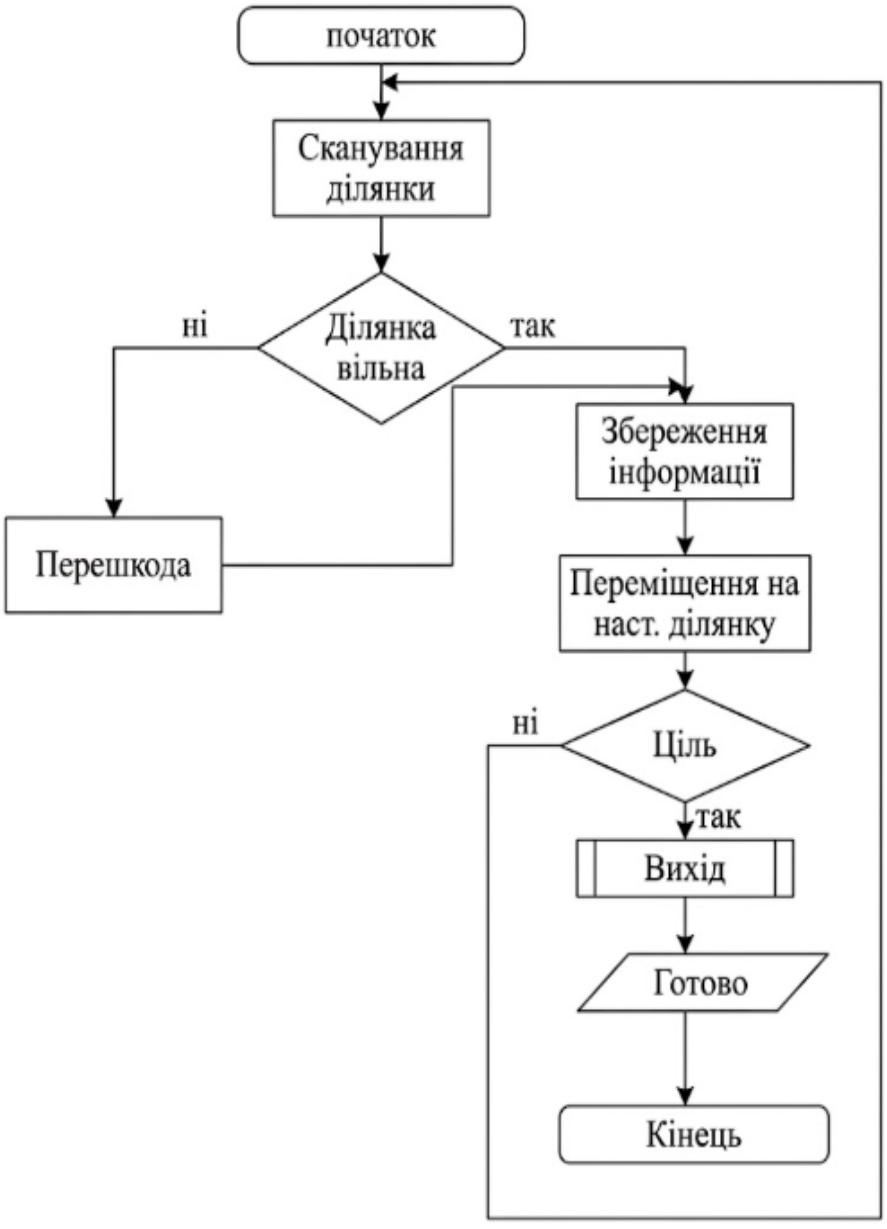


Рисунок 3.2 – Алгоритм побудови карти середовища

Мобільного робота реалізовано на процесорі Intel Core2 duo з частотою 1,66 ГГц та 1 ГБ пам'яті.

Мобільний робот використовує:

– два двигуни постійного струму (12 В, передача 65:1, модель P205 від Micro Motors S.R.L. (Італія) для диференціального керування;

– лазерний далекомір UTM-30LX USB (Hokuyo Automatic CO., LTD, Тойонака, Японія) з дальністю 30 м, 1080 точками сканування в кутовому діапазоні 270° та приблизною частотою дискретизації 4 Гц;

– кольорову 3D USB-веб-камеру (2 × 640 × 480 пікселів, Minoru (Велика Британія) для додаткового виявлення орієнтирів та дистанційного візуального керування.

3.1 Процедура автоматичного дослідження

Процедура автоматичного дослідження вимагає використання методології одночасної локалізації та картування (SLAM – Simultaneous Localization and Mapping) на асистивному мобільному роботі. Реалізована методологія SLAM базується на методі зіставлення шаблонів зображень [19], який попередньо перетворює поточну полярну інформацію сканування в одне бінарне зображення. Цей процес повертає абсолютну позицію мобільного робота на карті, а також його кутову орієнтацію, після чого карта оновлюється.

Алгоритм планування траєкторії постійно оновлює запланований рух робота для дослідження приміщення, слідуючи вздовж правої (або лівої) стіни доступного простору, адаптуючи швидкість дослідження до навколишнього середовища. Цей процес триває доти, доки робот не повернеться у вихідну точку або не наблизиться до заздалегідь визначеної цільової локації.

3.2 Сценарій дослідження

Приміщення, в якому розробляється робота, містить великий центральний коридор (42 м х 2,5 м) з чотирма лабораторіями (72 м^2) з одного боку і 18 звичайними малими офісами (9 м^2) з іншого боку. Оскільки робот наразі не здатний самостійно відкривати двері, дослідження обмежувалося офісами та лабораторіями з уже відкритими дверима (рис. 3.3).

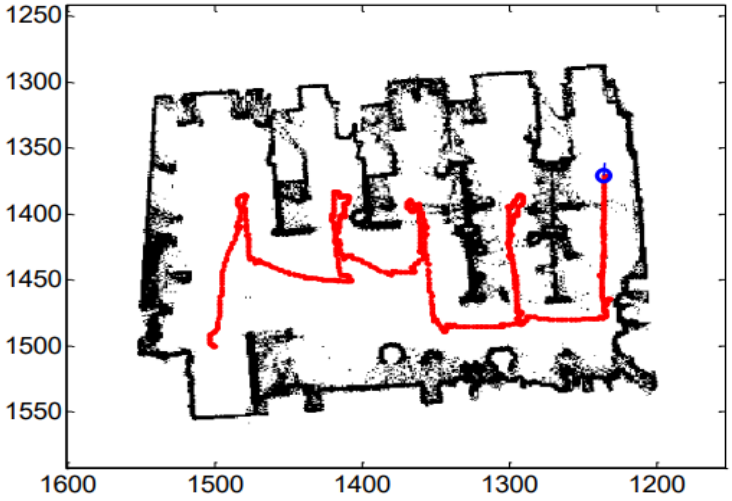


Рисунок 3.3 – Приклад бінарної карти, отриманої в одній із лабораторій, і маршрут дослідження (червона лінія); поточне положення робота позначено синім кольором

3.3 Застосування інтелектуального середовища

Мобільний робот був налаштований на дослідження всього поверху по траєкторії, що проходить поруч із лівою стіною та навпроти кімнат. У цьому прикладі робот пройшов по коридору і зайшов у два офіси (рис. 3.4), які мали відкриті двері. Перший офіс використовувався і в ньому працювала система HVAC, тоді як другий офіс був порожнім, а систему HVAC було вимкнено.

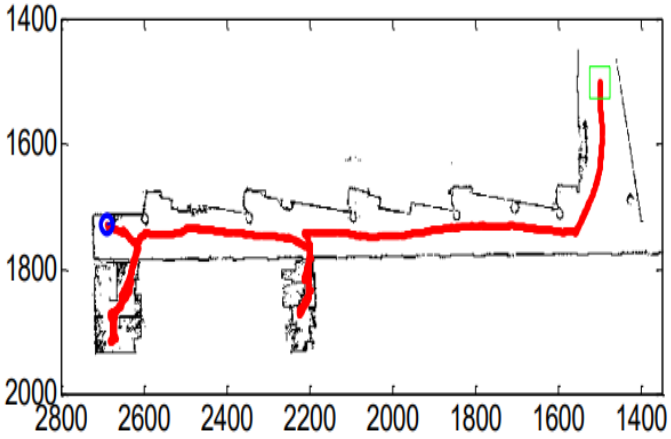


Рисунок 3.4 – Підсумкова карта об'єкта: початкова точка, шлях робота та кінцева точка

Щоб робот не зіштовхувався з іншими предметами, необхідно створити алгоритм обходу роботом перешкод, що складається з блок-схеми алгоритму спрямованого пошуку шляху, який містить алгоритм побудови карти середовища. Також існують різні методи уникнення зіткнень, які допомагають роботу обходити перешкоди. У нашому випадку використовується один з ефективних методів – це метод нечіткої логіки. У методі нечіткої логіки для визначення перешкоди на мобільному роботі необхідно розмістити мікрохвильові сенсори. Принцип дії мікрохвильового активного методу виявлення ґрунтується на випромінюванні в навколишній простір електромагнітного поля НВЧ-діапазону (надвисокочастотного) та реєстрації його змін, викликаних відбиттям від об'єкта, що рухається в зоні чутливості сенсора.

Мікрохвильові активні сенсори, що реалізують цей метод, належать до класу детекторів руху. Переміщення об'єкта призводить до появи відбитого сигналу, що змінюється в часі. Тут розрізняють два ефекти: зміна просторової картини стоячих хвиль та частотний зсув відбитої від об'єкта, що рухається, хвилі (ефект Доплера).

Принцип розміщення мікрохвильових сенсорів на мобільному роботі показано на рисунку 3.5.

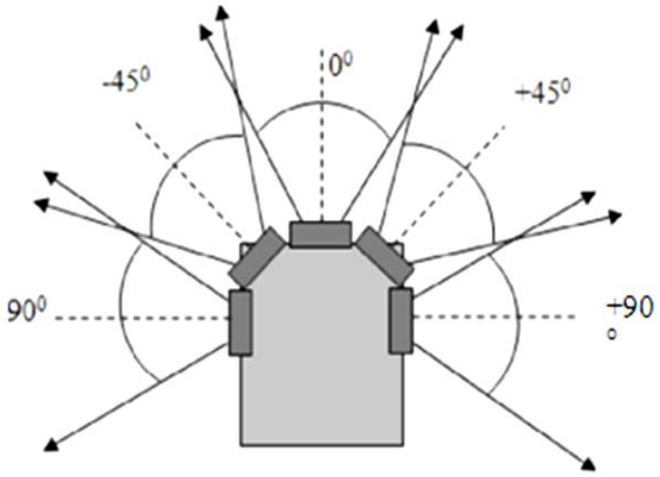


Рисунок 3.5 – Розміщення мікрохвильових датчиків на мобільному роботі

Дані, що надходять від мікрохвильових датчиків, формують картину навколишнього світу для мобільного робота. Датчики розташовані таким чином, щоб охопити якомога більшу площу ліворуч, попереду та праворуч від напрямку руху мобільного робота.

На основі даних, отриманих від мікрохвильових сенсорів про перешкоди, що знаходяться поблизу робота, можна побудувати навігаційну систему.

Розділимо навігаційну систему на два блоки:

– блок руху до цілі;

– блок обходу перешкод.

Сформуємо набір правил для блоку руху до цілі за допомогою нечіткої логіки, використовуючи правило «якщо – то»:

– ЯКЩО необхідно рухатися до цілі під кутом –45°, ТО рух «ліворуч-вперед»;

– ЯКЩО необхідно рухатися до цілі під кутом 0°, ТО рух «вперед»;

– ЯКЩО необхідно рухатися до цілі під кутом +45°, ТО рух «праворуч-вперед».

Виходом цього блоку буде нечітка множина напрямків руху мобільного робота. База правил для блоку обходу перешкод міститиме п'ять правил, по

одному для кожного сенсора:

– ЯКЩО дистанція до сенсора –90° «близько», ТО рух заборонено;
– ЯКЩО дистанція до сенсора –45° «близько», ТО рух заборонено;
– ЯКЩО дистанція до сенсора 0° «близько», ТО рух заборонено;
– ЯКЩО дистанція до сенсора +45° «близько», ТО рух заборонено;
– ЯКЩО дистанція до сенсора +90° «близько», ТО рух заборонено.

Виходом блоку обходу перешкод буде нечітка множина заборонених напрямків руху робота.Більш детальне дослідження документообігу на базі мобільного робота показує, що необхідно скласти структуру системи керування мобільного робота (рис. 3.6), який здійснюватиме доставку документів між персоналом.

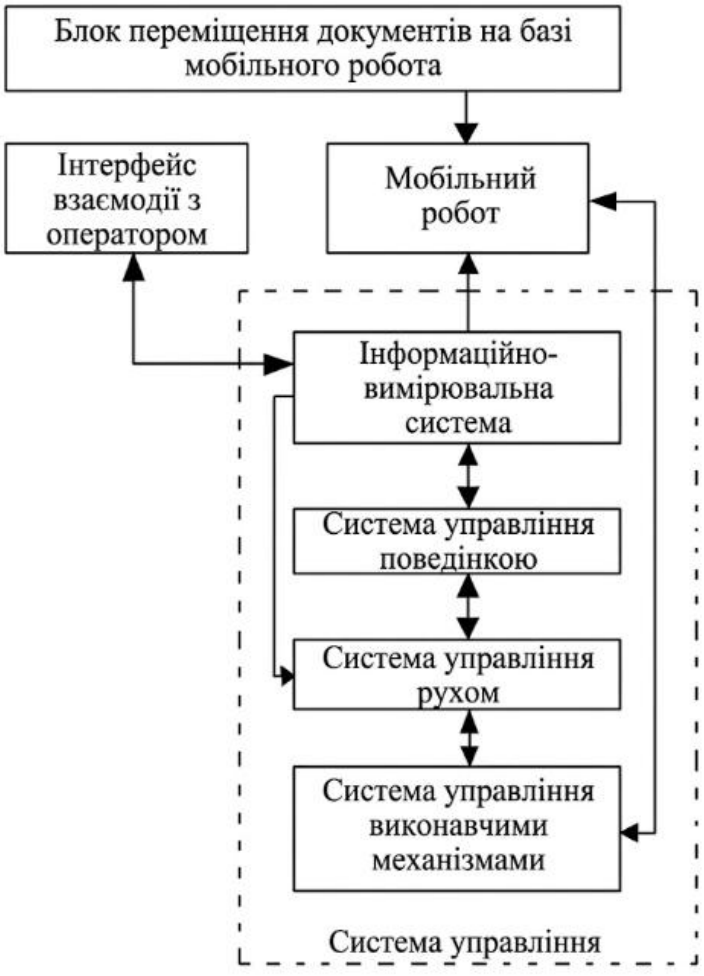


Рисунок 3.6 – Структура управління мобільним роботом

Однією з особливостей побудови системи керування мобільного робота є те, що вона будується за ієрархічним багаторівневим принципом. Найвищою ланкою цієї ієрархії є система керування поведінкою, далі йде система керування рухом, а система керування виконавчими механізмами є найнижчою ланкою цієї ієрархії.

Система управління поведінкою (стратегічний рівень) призначена для формування доцільної поведінки робота під час виконання поставленого перед ним завдання. На виході ця система формує цілевказання для системи управління рухом: цільову точку шляху, необхідний стан приводів робота, команди управління режимами роботи інформаційно-вимірювальної системи.

Система управління рухом (тактичний рівень) призначена для планування таких програмних траєкторій руху робота, які б приводили його у вказаний цільовий стан у середовищі з перешкодами, враховуючи динамічні характеристики робота. Цільовий стан для цієї системи формує система управління поведінкою. На виході дана система формує необхідне командне значення швидкостей і прискорень лінійного руху та повороту робота.

Система управління виконавчими механізмами (приводний рівень системи управління) вирішує завдання управління виконавчими механізмами робота. Ця система реалізує інтерфейс з апаратною частиною робота (електричні та механічні пристрої, необхідні для роботи робота). Інформаційно-вимірювальна система призначена для збору, обробки та перетворення сенсорної інформації в сигнали, зручні для використання в системі управління робота. Відеозображення, отримане з телекамери, перетворюється на набір параметрів, на основі яких інші підсистеми приймають ті чи інші рішення.

За допомогою створеної структури системи управління мобільний робот може вирішувати наступні завдання:

– обробка сенсорних даних (у т.ч. даних від інтерфейсу з оператором) з метою збору інформації про робота та зовнішнє середовище навколо нього;

– планування заходів щодо з'ясування цільового завдання та планування послідовності підзадач, необхідних для виконання цього завдання.

Програмне забезпечення середовища моделювання та управління мобільним роботом (МР) має багатофункціональне призначення і може бути використане у двох режимах: автономне моделювання та супервізорне управління реальним роботом.

У режимі автономного моделювання користувач має доступ до моделювання та управління МР тільки у 3D-віртуальному середовищі, що дозволяє на рівні комп'ютерних моделей опанувати інтерфейс користувача та вивчити суть доступних завдань.

У супервізорному режимі управління віддаленим роботом просторові моделі МР та навколишнього середовища в інтерфейсі користувача допомагають отримати уявлення про взаємне розташування робота та об'єктів зовнішнього світу як під час виконання наданих йому завдань, так і на стадіях їх формулювання.

У головному вікні інтерфейсу користувача використано два ракурси 3D-моделей зовнішнього світу робота: довільний ракурс, що керується користувачем, та програмно зумовлений вигляд зверху.

Таким чином, завдання полягає в забезпеченні документообігу між персоналом офісу за допомогою мобільного робота, який пересувається в приміщеннях або на площах з обмеженим простором, об'їжджаючи перешкоди.

Усі використані принципи та ідеї можуть бути реалізовані на базі мобільного робота iRobot (рис. 3.7).

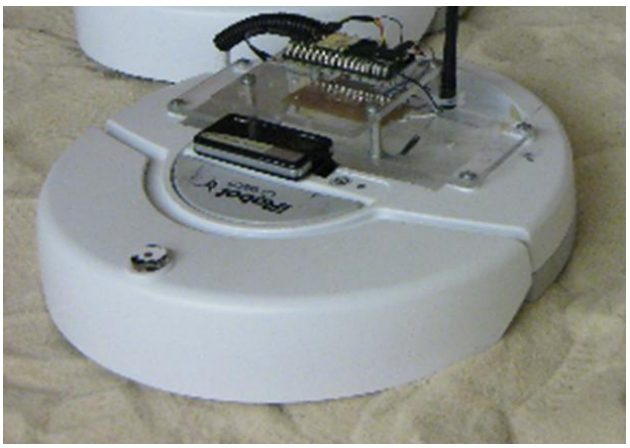


Рисунок 3.7 – Мобільний робот IRobot

Далі представлено рішення завдань, які необхідні для реалізації документообігу в офісі за допомогою мобільного робота. Рішення завдань наведені у четвертому розділі, де розглядаються методи та алгоритми, за допомогою яких робот зможе реалізувати поставлені перед ним цілі та забезпечити оперативний обмін офіційними офісними документами.

4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЄКТУ

4.1 Методи уникнення зіткнень

4.1.1 Метод скелетизації

Метод скелетизації зводить вільний простір робота до одновимірного представлення, для якого задача планування шляху стає простішою. Таке представлення з меншою кількістю вимірів називається скелетом простору конфігурацій. Приклад застосування методу скелетизації наведено на рис. 4.1 у вигляді лінії Вороного [20] для вільного простору, яка є геометричним місцем усіх точок, рівновіддалених від двох або кількох перешкод.

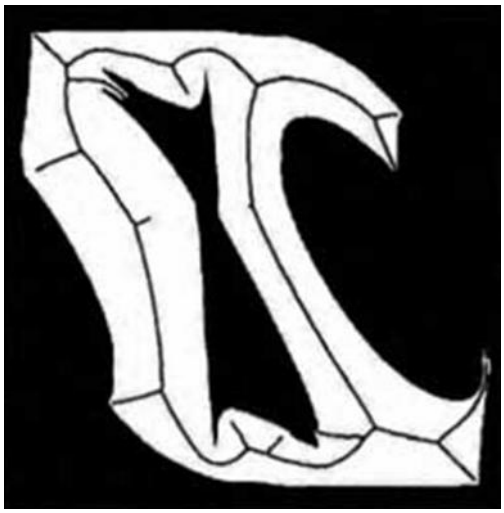


Рисунок 4.1 – Лінія Вороного для вільного простору [20]

Для того щоб здійснити планування шляху за допомогою лінії Вороного, мобільний робот спочатку переходить із поточної конфігурації в точку на лінії Вороного [20]. Можна легко показати, що таку операцію завжди можна виконати за допомогою пересування по прямій у просторі конфігурацій (простір можливих значень узагальнених координат системи матеріальних точок). Потім мобільний робот прямує лінією Вороного доти, доки не досягне точки, найближчої до цільової конфігурації.

Зрештою, робот залишає лінію Вороного і рухається до цілі [20]. На цьому останньому етапі знову виконується рух по прямій у просторі конфігурацій. Один із прикладів методу скелетизації: лінія Вороного – це геометричне місце точок, рівновіддалених від двох або кількох перешкод у просторі конфігурацій. Таким чином, початкова задача планування шляху зводиться до пошуку шляху на лінії Вороного, яка зазвичай є одновимірною і має скінченну кількість таких точок, у яких перетинаються три або більша кількість одновимірних кривих [20].

Рух лінією Вороного може не забезпечити отримання найкоротшого шляху, але знайдені шляхи вирізнятимуться наявністю максимальних відстаней від перешкод. Недоліки методу [20], заснованого на використанні лінії Вороного, полягають у тому, що їх складно застосовувати у просторах конфігурацій із великими розмірностями; крім того, при їх використанні доводиться здійснювати занадто великі обхідні маневри, якщо простір конфігурацій характеризується широким розмахом. До того ж може виявитися складним обчислення лінії Вороного, особливо у просторі конфігурацій, що характеризується складною формою перешкод [20].

4.1.2 Метод нечіткої логіки

Система нечіткої логіки здійснює однозначне перетворення вектора вхідних сигналів у вектор вихідних сигналів [21]. Для цього перетворення використовується механізм нечіткого виведення, заснований на знаннях, закладених експертом.

Вхідним і вихідним сигналам у системі нечіткої логіки відповідають логіко-лінгвістичні змінні, значення яких визначаються термами-множинами. База знань системи нечіткої логіки складається з продукційних правил, що визначають залежність між вхідними та вихідними термами-множинами, і функцій належності, які показують ступінь відповідності реальних величин поняттям, що визначаються термами-множинами.

Наприклад, нехай є вхідний сигнал швидкості V. Визначимо для логіко-

лінгвістичної змінної *V* три значення: «МАЛА», «СЕРЕДНЯ» та «ВЕЛИКА». Відповідності між реальними значеннями швидкості та значеннями змінної μ визначаються за їхніми функціями належності.

Таким чином, діапазон швидкостей від 0,3 до 0,6 м/с із достовірністю 1 належить до поняття «СЕРЕДНЯ». Швидкості 0,2 м/с та 0,7 м/с до поняття «СЕРЕДНЯ» належать із достовірністю 0,5. Швидкості 0,1 м/с і нижче, так само як 0,8 м/с і вище, до поняття «СЕРЕДНЯ» не належать (тобто достовірність дорівнює 0) (рис. 4.2).

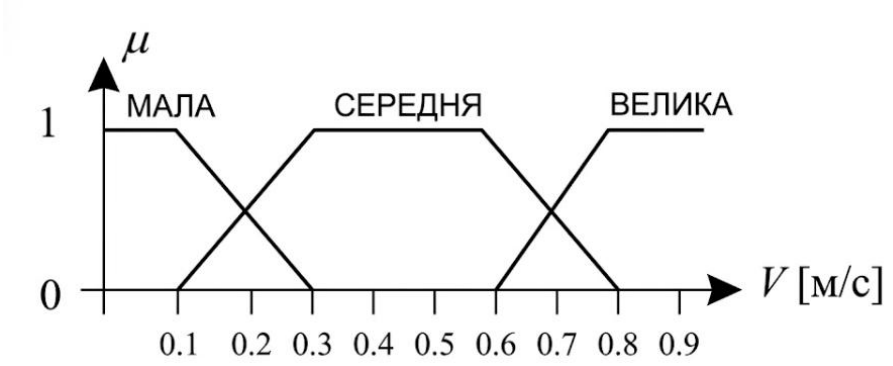


Рисунок 4.2 – Функції приналежності по вхідній змінній

Весь діапазон можливих значень вихідний змінної (рис. 4.3) функціями приналежності розбивають кілька частин.

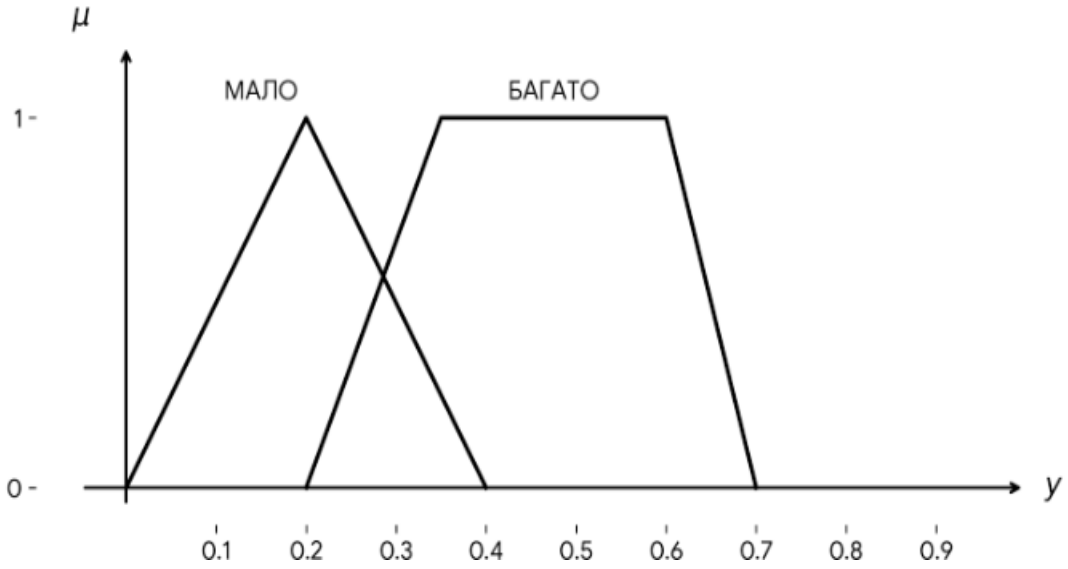


Рисунок 4.3 – Функції приналежності по вихідній змінній

Питома вага деяких вихідних функцій приладдя може домінувати над питомою вагою інших функцій приналежності. Такі функції приналежності домінуватимуть при прийнятті спільних рішень за кількома правилами [22].

Переваги технології нечіткої логіки:

– можливість плавного переходу від однієї категорії до іншої за рахунок формування середньозваженого результату, що дозволяє суттєво скоротити кількість продукційних правил порівняно з експертною системою;

– можливість пояснення результату в процесі налагодження системи.

Зіткнення МР із перешкодою розглядається як конфлікт, який може виникнути при вирішенні цільового завдання. Для розв'язання подібних конфліктів МР має обмінюватися інформацією з дистанційним пультом-оператора за допомогою «переговорів» по комп’ютерному каналу зв’язку [22].

Принцип дії полягає у застосуванні простої або складної задачі, результатом виконання якої буде зміна траєкторії руху робота з метою обходу перешкоди на шляху руху. Виникає необхідність у розробці та дослідженні програмних середовищ моделювання багаторівневого ієрархічного управління адаптивними мобільними роботами. Це дозволяє певною мірою компенсувати теоретичні труднощі за рахунок експериментальних модельних досліджень поведінки проектованих мобільних роботів.

При проектуванні системи дистанційного керування (СДК) МР необхідно вирішити на тактичному та стратегічному рівнях такі завдання:

– синтезувати локальні системи інтелектуального управління, що використовують локальні віртуальні моделі (тактичний рівень);

– синтезувати систему планування, навігації та управління при взаємодії МР із простором (стратегічний рівень).

У роботах [24-26], запропонована ієрархічна архітектура інтелектуальних систем управління (СУ) МР. Для розпаралелювання обчислень і навчання підсистем розпізнавання ситуацій та управління рухом роботів у реальному часі розроблені нейронні мережі із самоорганізовуваною

архітектурою.

4.2 Використання алгоритму керування роботом

Алгоритм управління при обході робота включенням включає алгоритм спрямованого пошуку шляху, що складається з: моделі рельєфу (рис. 4.4), який відображає складання карти середовища робота; можливості спрямування руху робота (рис. 4.5); структурної алгоритмічної схеми (рис. 4.6).

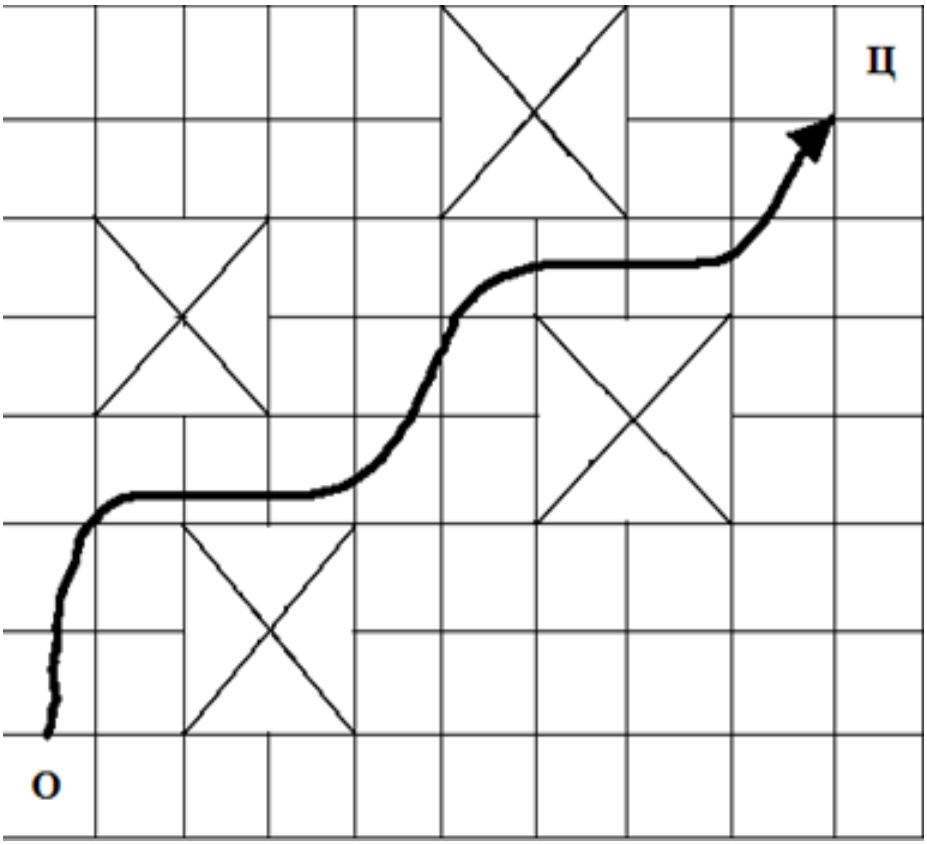


Рисунок 4.4 – Модель рельєфу

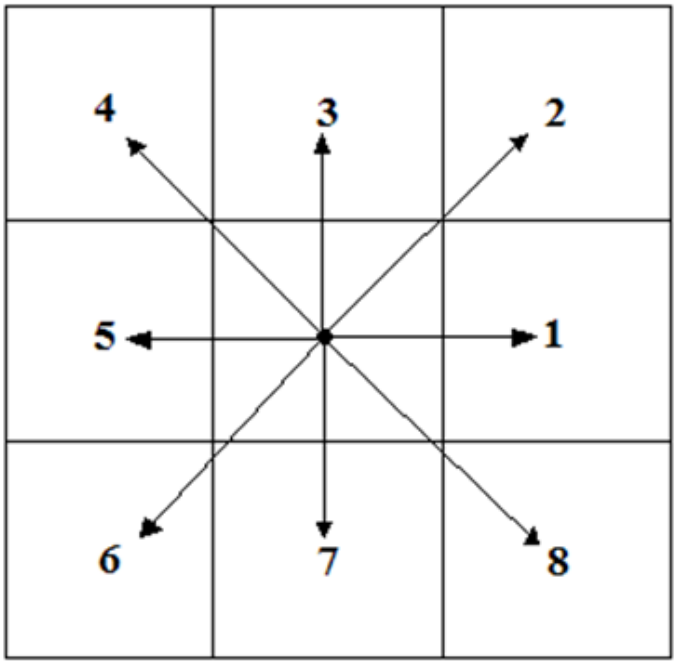


Рисунок 4.5 – Можливості напряму руху робота

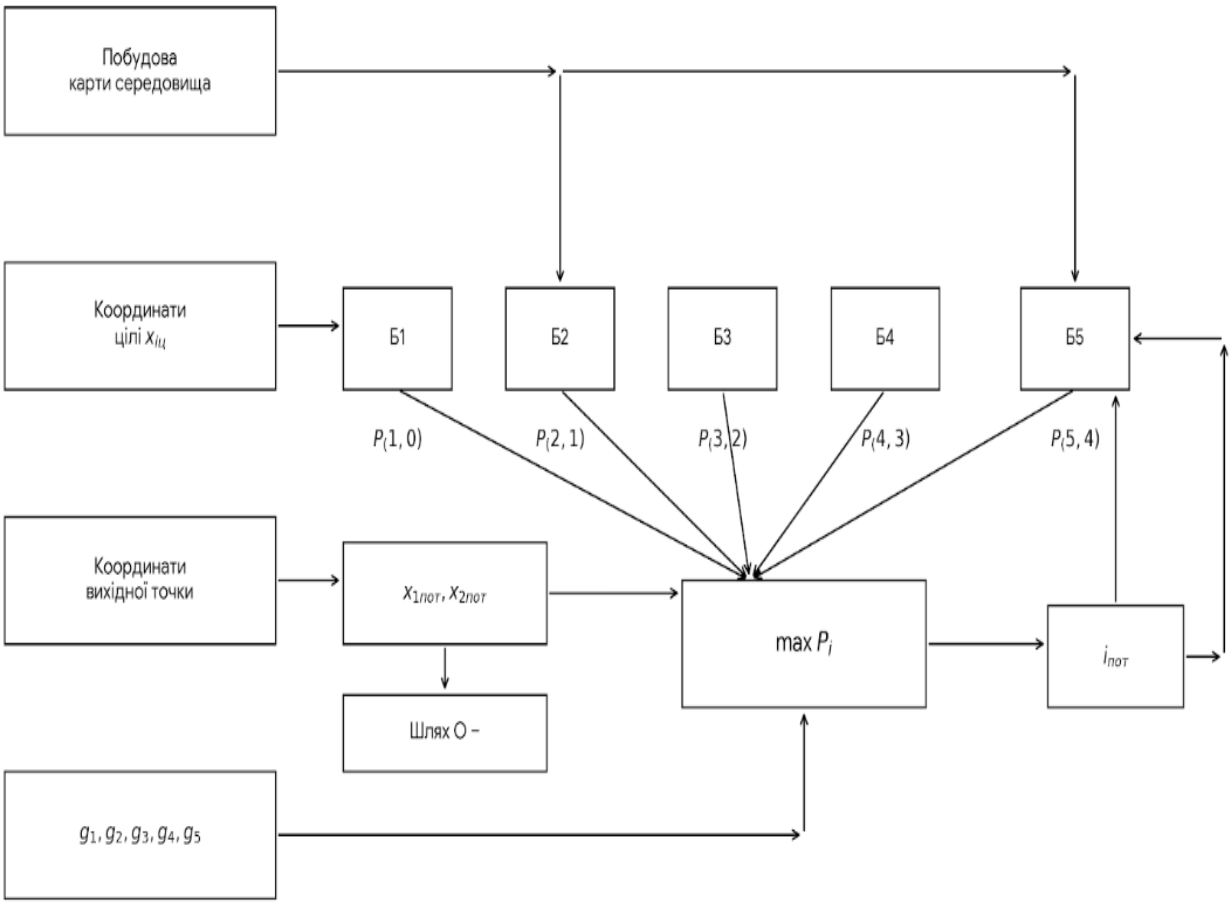


Рисунок 4.6 – Структурна схема алгоритму

Блок Б1 виділяє напрямок на мету з поточної складової на кроці і:

$$P_{li} = \left(x_{1ц} - x_{1тек}\right)\cos \pi/4\,(i-1) + \left(x_{2ц} - x_{2тек}\right) sin \frac{\pi/4(i-1)}{\sqrt{\left(x_{1ц} - x_{1тте}\right) + \left(x_{2ц} - x_{2тте}\right)}}. \quad (4.1)$$

Блок Б2 виділяє серед сусідніх клітинок поточного стану ті, що вже зайняті, присвоюючи значення $P_{2i} = 1$, якщо клітинка $(x_{1тек} - \Delta x_{1i}; x_{2тек} - \Delta x_{1i})$ зайнята і $P_{2i} = 0$ – в протилежному випадку. Водночас блок Б3 задає випадкові оцінкі $P_{3i} = z$, де випадкові числа вибираються з рівномірною ймовірністю на відрізку. Блок Б4 відповідає за визначення інерції робота: тут оцінка $P_{4i} = 1$ встановлюється для напрямку i_0, за яким здійснювався попередній крок, значення $P_{4i} = 1/2$ призначається для напрямків, що відхиляються від i_0 на $\pi/4$, а для всіх інших напрямків $P_{4i} = 0$. Нарешті, блок Б5 імітує «ближню передбачливість», сигналізуючи про прості тупикові ситуації за один крок: оцінка $P_{5i} = 1$ виставляється, якщо після кроку в і-му напрямку роботові доведеться повернути на кут, більший за $\pi/4$, тоді як $P_{5i} = 0$ означає можливість продовження руху без необхідності повороту на кут понад $\pi/4$.

Обрано 5 ознак k для оцінювання:

а) g_1 – задає важливість дотримання напрямку на ціль; при $g_1 < 0$ робот віддаляється від цілі;

б) g_2 – характеризує ставлення робота до перешкод: при $g_2 < 0$ робот уникає перешкод, при $g_2 > 0$ робот прагне рухатися клітинками, що зайняті перешкодами;

в) g_3 – визначає ступінь хаотичності в русі робота і може змінюватися в процесі пошуку шляху в складних ситуаціях. У випадку «усвідомлення» тупика (глухого кута), коли останні кроків не призвели до скорочення відстані до цілі:

$$\sqrt{r_{ха} = \left(x_{1ц} - x_{1тте}\right) + \left(x_{2ц} - x_{2тте}\right)}, \quad (4.2)$$

при цьому вага g_3 поступово збільшується в діапазоні [0, 1], доки пошук керування не стає випадковим. Тоді ймовірність потрапляння на будь-яку вільну клітинку описується рівнянням дифузійного типу, і за будь-якої форми тупика робот зрештою знайде вихід;

г) g_4 – робот прагне повертати плавно і дотримуватися прямолінійного руху при $g_4 > 0$; робот рискає (петляє) з боку в бік і схильний до різких поворотів при $g_4 < 0$;

д) g_5 – характеризує «обережність» робота; при $g_5 < 0$ робот «застерігається» від перпендикулярного наближення до стіни та заїздів у кут.

Під час планування траєкторії руху робота спочатку формується карта його робочої зони (рис. 4.7), при цьому зовнішнє середовище дискретизується, і кожній ділянці, що містить перешкоду, ставиться у відповідність інформація про тип цієї перешкоди. Також передбачається, що для визначення прохідності ділянок середовища використовується дистанційна сенсорна підсистема сканування на основі лазерного далекоміра, а визначення пройденого шляху здійснюється за допомогою одометричної підсистеми із застосуванням методу пасивного колеса.

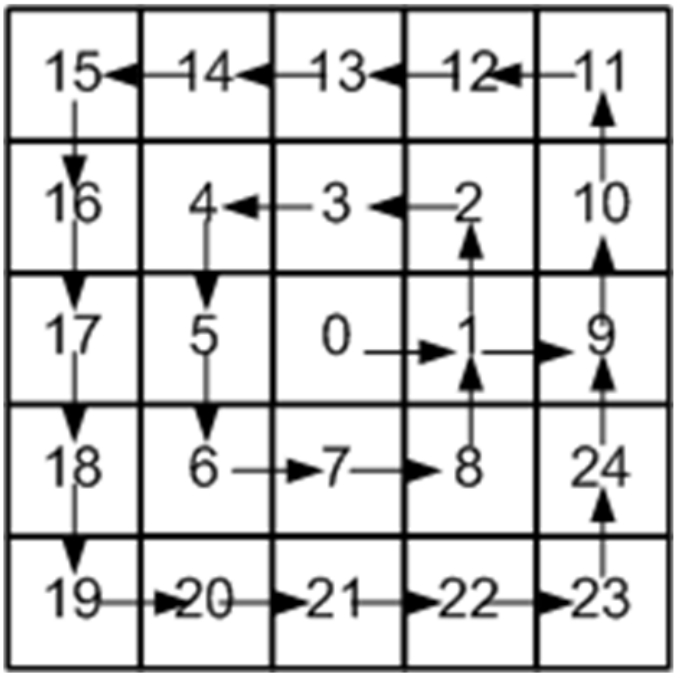


Рисунок 4.7 – Траєкторія руху робота при складанні карти

Побудова карти відбувається одночасно з дослідженням зовнішнього середовища. Нехай у початковий момент часу зовнішнє середовище не досліджене, а робот перебуває в центрі вільної ділянки 0), яка вважається початком координат карти, що створюється. Ділянки з номерами 1–8 вважаються потенційно прохідними. Для уточнення їхньої прохідності робот здійснює послідовне сканування цих ділянок. Сканування починається з ділянки номер 1.

Якщо ця ділянка вільна, то виконується переміщення в середовищі в напрямку центру першої ділянким. Величина переміщення дорівнює максимальному з габаритних розмірів ділянок, на які дискретизується середовище.

Після цього вважається, що робот перемістився в центр наступної вільної ділянки. При цьому координати центру цієї ділянки, що розраховуються за формулами та наносяться на карту:

$$X_i = X_{i-1} \pm \Delta S \times cosa, \tag{4.3}$$

$$Y_i = Y_{i-1} \pm \Delta S \times sina, \tag{4.4}$$

де $X_{i-1}; Y_{i-1}$ – абсциса та ордината центру попередньої ділянки,

ΔS – величина переміщення,

a – курсовий кут робота.

У формулі (4.3) обирається знак «+», якщо і-та ділянка розташована праворуч від і-1, і знак «–», якщо ліворуч. У формулі (4.4) знак «+» обирається, якщо і-та ділянка розташована вище за і-1-шу, і «–», якщо нижче.

Також разом із координатами центру кожній ділянці ставляться у відповідність індекси зміщення за координатними осями X, Y відносно початкової ділянки 0. Це робиться для того, щоб упорядкувати зберігання карти середовища в пам'яті робота відповідно до індексів ділянок. Після того, як робот наніс інформацію про першу ділянку на карту, він сканує прохідність ділянок 2, 3, ..., 8, рухаючись проти годинникової стрілки по периметру

ділянки 0. Якщо якась із цих ділянок виявляється зайнятою, то робот визначає, чи знаходиться на ній перешкода або ціль, і вносить інформацію про цю ділянку на карту.

Після обстеження ділянок 1–8 робот розширює зону досліджень і переходить до сканування ділянок 9–23 і т. д. Цей процес триває доти, доки в зовнішньому середовищі не залишиться жодної недослідженої ділянки. Після цього в пам'яті робота формується карта його робочої зони.

Виходячи з цього, будуємо алгоритм складання карти місцевості. Зная зміщення робота $(\Delta X, \Delta Y)$ щодо центру поточної ділянки можна визначити індекси даної ділянки за такими формулами:

$$X_{ind} = \frac{X_i + \Delta X}{\Delta S}, \tag{4.5}$$

$$Y_{ind} = \frac{Y_i + \Delta Y}{\Delta S}. \tag{4.6}$$

Після побудови карти середовища робот має використовувати її в процесі переміщення до цілі. Проте отримана карта не може бути абсолютно точною через похибки вимірювань. Тому робот після кожного переміщення повинен виконувати уточнення карти та своєї позиції на ній.

Далі робот може здійснювати рух за картою. Нехай ціль задана на карті й не потрапляє в зону сприйняття сенсорної підсистеми (СП) робота. Тоді на кожному кроці визначаються напрямки руху. Прийняте рішення реалізується виконавчими пристроями робота. Після цього карта середовища знову зчитується, але з урахуванням здійсненого переміщення робота. Знову визначається проміжна ціль, визначається та відпрацьовується наступний напрямок руху і т. д. до виходу в зону цілі.

Введемо такі позначення:

$J^K\left(Y_i^K\right) = Mf^K\left(Y_{Ti}^K; Y_{pi}^K; Y_{\text{Ц}i}^K\right)$ – функціонал, що визначає можливі відстані між метою $Y_{\text{Ц}i}^K$ та поточним положенням робота Y_{Ti}^K на карті середовища;

$Y_{\text{Ц}i}^K$ – вектор, що визначає проміжне положення мети;

$U_i^{\text{Ц}}$ – одиничний вектор напряму до мети на карті середовища;

W^c – максимальний радіус радіального плану;

$J^{\text{Пр}}(Y_i)$ – функціонал, що визначає допустимі відстані між істинним становищем робота Y_{Ti} у середовищі та проміжною «уявною» метою на плані;

$Correct(R_{WH}, C_{WH,}a, Y_{T(i+1)})$ – оператор корекції поточного положення робота на карті;

$U_i^{\text{Пр}}$ – одиничний вектор напряму на проміжну мету;

ρ – модуль швидкості робота;

r_i – модуль вектору градієнта;

l_i^m – довжина траєкторії.

Тоді алгоритм руху до мети по карті може бути сформульований наступним чином:

1. $Y_{Ti} \to J(Y_i) = f(Y_{Ti}; Y_{\text{Ц}i}; Y_{Pi})$;

2. якщо $\{Y_{\text{Ц}i}\} \neq 0$, то 11 , інакше – наступний крок;

3. $Y_{Ti} \to J^K(Y_i^K) = Mf(Y_{Ti}^K; Y_{\text{Ц}i}^K; Y_{Pi}^K)$;

4. $U_i^{\text{Ц}} = -|gradJ^K(Y_i)|^{-1} gradJ^K(Y_i)$;

5. $Y_{\text{Ц}i}^{\text{Пр}} = W^C U_i^{\text{Ц}}$;

6. $Y_{Ti} \to J^{\text{Пр}}(Y_i) = f(Y_{Ti}; Y_{\text{Ц}i}^{\text{Пр}}; Y_{Pi})$;

7. $U_i^{\text{Пр}} = -\left|gradJ^{\text{Пр}}(Y_i)\right|^{-1} gradJ^{\text{Пр}}(Y_i)$;

8. Визначити r_i , покласти $l_i^m = 1$;

9. $Y_{T(i+1)} = Y_{Ti} + \rho l_i^m r_i U_i^{\text{Пр}} \nabla \text{t}$ (крок в напрямку $U_i^{\text{Пр}}$);

10. $Y_{T(i+1)}^K = Correct(R_{WH}, C_{WH,}a, Y_{T(i+1)})$, перейти до 1 ;

11. якщо $Y_{T(i+1)} = Y_{\text{Ц}}$, то зупинка , інакше – наступний крок ;

12. $U_i = -|gradJ(Y_i)|^{-1} gradJ(Y_i)$;

13. Визначити r_i;

14. Визначити l_i^m;

15. $Y_{T(i+1)} = Y_{\text{T}i} + \rho l_i^m r_i U_i^{\text{Пр}} \nabla \text{t}$ крок в напрямку U_i , перейти к 1.

Алгоритмічне рішення спирається на інформацію про рельєф поверхні, яка може бути відома апріорі або доповнюватися в процесі переміщення робота. Для прокладання маршруту використовується глобальна інформація про район переміщення, наприклад, у вигляді матриці рельєфу, кожен елемент якої відповідає певній ділянці поверхні. Індекси окремого елемента матриці визначають лінійні координати ділянки місцевості, а значення елемента – відносну висоту цієї ділянки.

Цей алгоритм побудований таким чином:

– спочатку здійснюється перевірка наявності цілі в полі зору робота;

якщо ціль відсутня, то в пунктах 3–9 виконується процедура руху за картою;

– у пункті 10 здійснюється корекція положення робота на карті середовища;

– у разі потрапляння цілі в зону сприйняття сенсорної підсистеми (СП) карта не використовується, і рух до цілі відбувається лише на основі сенсорної інформації (пункти 11–15 алгоритму руху).

Завдання корекції пов'язане з організацією режиму стеження шляхом списання помилок руху та корекції траєкторії. Помилки, що надходять від керуючої ЕОМ до робота, спричинені:

– накопиченням помилок сенсорів лінійних переміщень;

– збурювальними впливами з боку навколишнього середовища.

Помилки сенсорів переміщень зазвичай залежать від пройденої відстані. Якщо знехтувати збурювальними впливами, то довжина відрізка шляху, після проходження якого слід проводити списання таких накопичуваних помилок, може бути виражена таким чином:

$$S = \max(x_1, x_2, x_3)\,\Delta t, \tag{4.7}$$

де Δt – тимчасовий інтервал списування.

В той же час:

$$S = \eta E, \tag{4.8}$$

де Е – максимальна припустима помилка в будь-якому вимірі;

η – коефіцієнт пропорційності.

Тоді з данних формул можна знайти інтервал списування:

$$\Delta t = \frac{\eta E}{\max(x_1, x_2, x_3)}. \tag{4.9}$$

У кожному циклі опитування керуюча ЕОМ здійснюватиме опитування сенсорів лінійних переміщень, отримання ззовні (від окремої системи) точних значень координат місцезнаходження робота та корекцію напрямку руху. При наявності збурювальних впливів інтервал опитування не може залишатися сталим, оскільки помилки руху набувають випадкового характеру.

Згідно з прийнятим алгоритмом керування роботом, його рух, починаючи від деякого початкового стану, надалі визначається цілком цим та цільовим станами і не залежить від передісторії руху.

Як початковий стан будемо щоразу брати стан робота в момент зв'язку з керуючою ЕОМ, а цільовий – зберігати одним і тій самим. Крім того, швидкості переміщення (x_1, x_2, x_3) робота з початкового стану без урахування збурень будемо обирати таким чином, щоб результуючий вектор швидкості збігався з напрямком на ціль руху.

Введемо позначення: x_{10}, x_{20}, x_{30} – значення координат робота, отримані ззовні від окремої навігаційної системи; (x_1, x_2, x_3) – ті самі координати, отримані за показниками сенсорів. Тоді швидкості «знесення» за координатами на (n + 1)-му циклі наближено визначаються як:

$$\Delta x_1 = x_{10} - \frac{x_{11}}{\Delta t}, \tag{4.10}$$

$$\Delta x_2 = x_{20} - \frac{x_{22}}{\Delta t}, \tag{4.11}$$

$$\Delta x_3 = x_{30} - \frac{x_{33}}{\Delta t}, \tag{4.12}$$

де Δt_n – інтервал опитування на n-му циклі.

Тепер можна вивести формулу для Δt_{n+1}:

$$\Delta t_{n+1} = \frac{\eta E}{\max(x_1+\Delta x_1, x_2+\Delta x_2, x_3+\Delta x_3)}. \quad (4.13)$$

Такий вираз дозволяє коригувати значення інтервалу опитування на майбутній цикл. Одночасно за допомогою виразів можна здійснювати корекцію руху з урахуванням зафіксованого на даному циклі «знесення» робота із заданої траєкторії.

Таким чином, завданням робота є дослідження середовища з метою складання його карти, обходу перешкод і знаходження цілі. Спочатку робот здійснює побудову карти зовнішнього середовища, рухаючись із початкової точки.

У результаті цього формується карта, де білим кольором позначені ділянки, вільні для переміщення робота, чорним – ділянки, зайняті перешкодою, а сірим – цільова ділянка (рис. 4.8).

Потім робот поміщається в початкову точку руху. При цьому його завданням є знаходження оптимального (у сенсі довжини траєкторії) шляху руху до цілі. Діючи відповідно до описаного алгоритму навігації по карті, робот досягає цілі за траєкторією, яка є найбільш оптимальною з усіх траєкторій, що ведуть до цілі.

Виходячи з цього, застосування описаного алгоритму дозволяє роботу будувати карту зовнішнього середовища (у нашому випадку – офісу) та ефективно планувати траєкторію руху до цілі, а також оминати перешкоди. Завдяки цьому робот здатний вирішити завдання щодо забезпечення: Оперативного обміну офіційними документами: службовими записками, листами, заявками, нормативними матеріалами тощо. Взаємодії персоналу: координації роботи між окремими співробітниками та підрозділами підприємства.

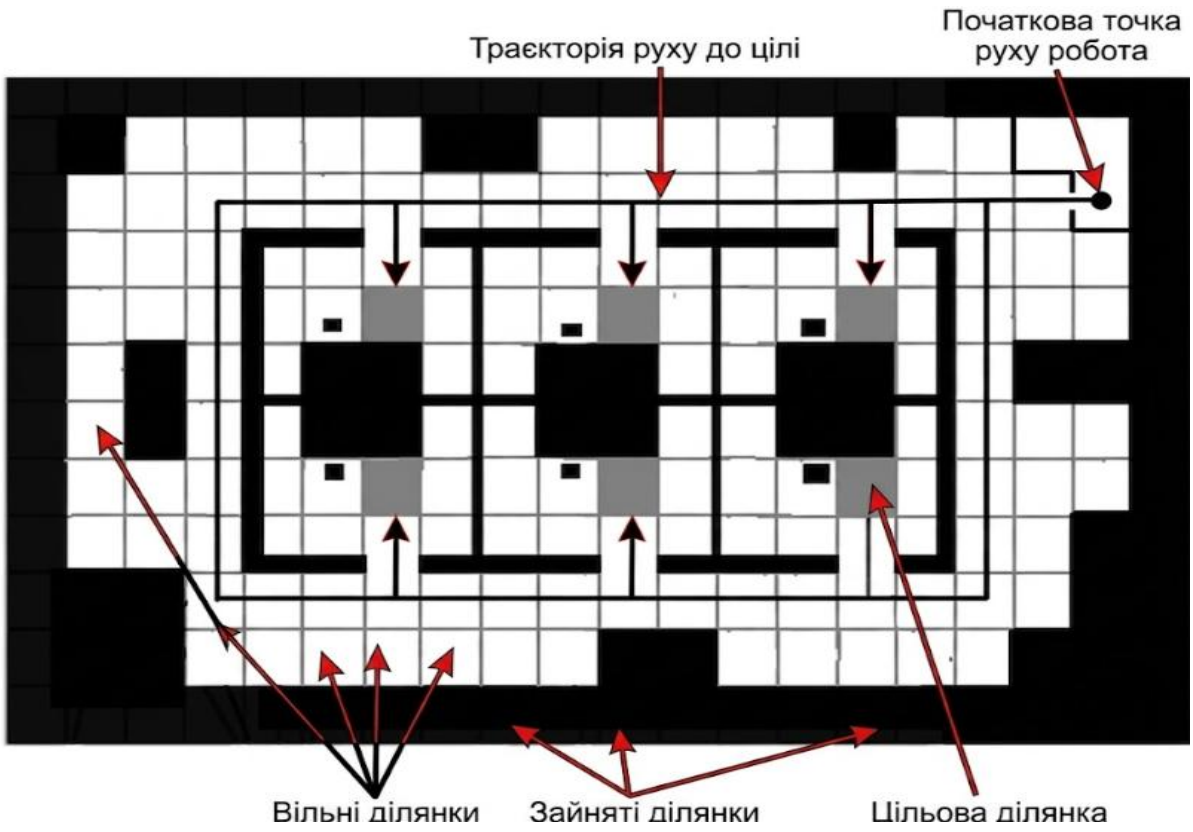


Рисунок 4.8 – Відображення карти середовища

4.3 Розрахунок часу доставки документів

За характеристиками робота його швидкість становить 2 км/год. Переведимо швидкість: $V = 2000/3600 = 0{,}56$ м/с.

Якщо середня відстань між кімнатами становитиме 30 м то:

$$t = \frac{S}{V} = \frac{30}{0{,}56} = 53{,}6 \text{ с.}$$

4.3.1 Розрахунок продуктивності робота

Якщо один цикл включає час руху до адресата 54 с, передача документа 20 с, повернення 54 с:

$$T = 54 + 20 + 54 = 128 \text{ с.}$$

128 секунд це час за який робот проходить 1 цикл , кількість доставок за годину виходить:

$$\mathrm{N} = \frac{3600}{128} = 28.$$

З данних розрахунків в нас виходить, що за годину наш мобільний-робот помічник може виконати приблизно 28 доставок документів за одну годину.

4.3.2 Розрахунок економії часу

Один працівник витрачає на доставку документів приблизно 4 хвилини, а робот виконує це за 0,9 хвилини:

$$\Delta t = 4 - 0{,}9 = 3{,}1 \text{ хв.}$$

Якщо протягом дня потрібно доставити 40 документів:

$$40 \cdot 3{,}1 = 124 \text{ хв} \approx 2{,}1 \text{ хв.}$$

З данних розрахунків в нас виходить, що робота робота може економити понад 2 години робочого часу за день.

4.3.3 Розрахунок автономної роботи

Мобільний-робот помічник може працювати без підзарядки 8 годин, якщо його продуктивність 28 доставок за годину:

$$\mathrm{N} = 28 \cdot 8 = 224.$$

З данних розрахунків в нас виходить, що за один заряд робот може виконати приблизно 224 доставки документів.

4.3.4 Розрахунок ефективності

Формула коефіцієнта підвищення ефекивності:

$$К = \frac{t_1}{t_2}.$$

Отже $К = \frac{4}{0,9} = 4,44.$

З данних розрахунків в нас виходить, що використання мобільного робота підвищує швидкість доставки документів приблизно у 4,4 рази.

4.4 Забезпечення безпечних умов праці при моделюванні

Приміщення, в якому проводяться роботи, належить до приміщень без підвищеної небезпеки ураження людини електричним струмом. У лабораторії використовується трифазна чотирипровідна стаціонарна мережа змінного струму з глухозаземленою нейтраллю напругою 220/380 В та частотою 50 Гц. У таких мережах із напругою до 1000 В захист персоналу від ураження електричним струмом здійснюється зануленням. Одним із технічних заходів захисту в електроустановках є контроль ізоляції – вимірювання її активного або оптичного опору з метою виявлення дефектів та запобігання замиканню на землю і коротких замикань. Періодичний контроль ізоляції проводиться при відключеному електрообладнанні з періодичністю 1 раз на рік або у разі виявлення дефектів. Відповідно до вимог НПАОП 0.00-4.12-05 [31], інструктажі з техніки безпеки проводяться інженером з охорони праці. Первинний інструктаж проводиться з усіма особами, які щойно прийняті на роботу або вперше виконують цю роботу.

Робота програміста виконується сидячи і не потребує систематичного фізичного напруження. Згідно з ДСН 3.3.6–042–99 [32], робота належить до категорії легкої Іа (енерговитрати до 120 ккал/год).

Відповідно до вимог ДСТУ 8828:2019 [33], ДБН В.1.1-7:2016 [34], приміщення лабораторії має бути оснащене: димовими пожежними

сповіщувачами у кількості 3 шт. (із розрахунку 2 сповіщувачі на кожні 20 м^2 площі приміщення); вуглекислотними переносними вогнегасниками місткістю не менше 2 л у кількості 3 шт. (із розрахунку 2 вогнегасники на 20 м2 площі, але не менше 2 в приміщенні, згідно з ДНАОП 0.00–1.31–99), тип обраного вогнегасника – ВВ-5 (ОУ-5); ящиком із піском.

У приміщенні працює 4 особи, тому евакуацію під час пожежі можна проводити через робочий вихід. Додаткового евакуаційного виходу приміщення не має, і в ньому немає потреби. Схему евакуації необхідно розмістити на видному місці біля виходу з приміщення.

Управлінням охороною праці займається керівник підприємства, який повинен створити в кожному структурному підрозділі та на робочому місці умови праці відповідно до вимог нормативних актів, а також забезпечити захист прав працівників, гарантованих законодавством про охорону праці.

З цією метою забезпечується функціонування системи управління охороною праці: створюються відповідні служби та призначаються посадові особи, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці; розробляються за участю профспілок та реалізуються комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів з охорони праці; забезпечується усунення причин, що призводять до нещасних випадків і професійних захворювань; організовується проведення лабораторних досліджень умов праці, атестації робочих місць на відповідність нормативним актам про охорону праці у порядку та строки, що встановлюються законодавством; розробляються та затверджуються положення, інструкції та інші нормативні акти про охорону праці, які діють у межах підприємства та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства. Особливе місце серед заходів щодо захисту населення посідає організація своєчасного оповіщення про НС. Оповіщення організовується через радіо та телебачення. Щоб населення вчасно увімкнуло ці засоби, використовуються сигнали транспортних засобів, гудки підприємств, вуличні гучномовці. Також

найважливішим комплексом заходів, спрямованих на порятунок людей, є протирадіаційний та протихімічний захист.

ВИСНОВКИ

У ході виконання роботи було розглянуто завдання автоматизації документообігу та завдання керування мобільним роботом, за допомогою якого вирішується задача документообігу щодо руху документів в офісі. Завдяки вирішенню задачі керування робот буде здатний складати карту місцевості, планувати свої дії, прокладати маршрут, досягати мети, об’їжджати різні перешкоди та запобігати зіткненням.

Проведено аналіз документообігу та аналіз аналогічних конструкцій. На базі цього аналізу визначено, що перспективно використовувати мобільний робот, який здатний забезпечити оперативний обмін офісними документами (службовими записками, листами, заявками, нормативними матеріалами тощо) для організації взаємодії персоналу та окремих підрозділів підприємства. Побудова карти офісу здійснюється шляхом сканування датчиками місцевості навколо робота. Завдяки методам нечіткої логіки та скелетизації, а також алгоритмам обходу перешкод і досягнення цілей робот вирішує поставлені перед ним завдання. Підвищення ефективності можна досягти з використанням системи навігації робота за опорними маяками та оптронною лінійкою, внаслідок чого підвищується точність досягнення роботом поставлених цілей.

Для здійснення документообігу офісу на базі мобільного робота можна використовувати мобільний робот iRobot, який можна модифікувати під вирішення поставлених завдань, та модифікацію робота R.bot, що забезпечить ряд інших можливостей. Також існує можливість об'єднання цих роботів у єдиний комплекс для більшої ефективності автоматизації документообігу і не тільки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Aithal, P. How to create business value through technological innovations using ICCT underlying technologies. International Journal of Applied Engineering and Management Letters (IJAEML) 7.2 (2023): 232-292.

2. Kerpedzhiev, G, et al. An Exploration into Future Business Process Management Capabilities in View of Digitalization: GD Kerpedzhiev et al. Business & Information Systems Engineering 63.2 (2021): 83-96.

3. Joseph, J, and Metin S. Organization design: Current insights and future research directions. Journal of Management 51.1 (2025): 249-308.

4. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форми навчання спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології [Електронний ресурс] / упоряд.: І. Ш. Невлюдов, О. І. Филипенко, О. В. Токарєва, С. П. Новоселов, О. В. Сичова. – Харків : ХНУРЕ, 2023.

5. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 29 с.

6. Указ Президента України No722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року». – Режим доступу: https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825.

7. Parker, Lee D., and Jana Schmitz. The Reinvented accounting firm office: Impression management for efficiency, client relations and cost control. Accounting, Organizations and Society 98 (2022): 101306.

8. Hyun, Younggeun, et al. Improvement of business productivity by applying robotic process automation. Applied sciences 11.22 (2021): 10656.

9. Shapovalov, Ye B., et al. Automation of document preparation workflow in scientific activities: practical approaches and using of ontologies. Scientific notes of Junior Academy of Sciences of Ukraine 1 (32) (2025): 93-106.

10. Katuu, Shadrack. Trends in the enterprise resource planning market landscape. Journal of Information and Organizational Sciences 45.1 (2021): 55-75.

11. ДСТУ 4163:2020. Уніфікована система організаційно-розпорядчої документації. Вимоги до оформлення документів. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 37 с.

12. Bakanova, N., Pecherskiy A., Fionova L.. "Risk-based management strategy in the documentation support system in order to optimize." University proceedings. volga region. technical sciences 2 (2025): 3-11.

13. Pan, Yu. "Research on the Design of Corporate Office Data Security Protection Systems." Journal of Computer, Signal, and System Research 2.3 (2025): 31-37.

14. Chiappalone, M, and Semprini M. "Using robots to advance clinical translation in neurorehabilitation." Science Robotics 7.64 (2022): eabo1966.

15. Han, Y. K., et al. "Effects of Robot-Assisted Gait Training on Stage-Based Lower Limb Motor Recovery and Muscle Tone in Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial." Journal of Clinical Medicine 15.7 (2026): 2514.

16. Matsiko, Amos. "Robotic assistive technologies get more personal." Science Robotics 7.64 (2022): eabo5528.

17. Ogeawuchi, Jeffrey Chidera, et al. "Designing full-stack healthcare ERP systems with integrated clinical, financial, and reporting modules." management 10.1 (2023): 11-20.

18. Sharma, Akshay, Satish Kabade, and Anup Kagalkar. "AI-Driven and Cloud-Enabled System for Automated Reconciliation and Regulatory Compliance in Pension Fund Management." International Journal of Emerging Research in Engineering and Technology 5.2 (2024): 65-73.

19. Zeng, Qingxi, et al. "A robust indoor localization method based on DAT-SLAM and template matching visual odometry." IEEE Sensors Journal 23.8 (2023): 8789-8796.