

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»

на тему:

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОЗИЦІОНУВАННЯ
В МОБІЛЬНИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ
08-34.МКР.006.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу,
групи ТТК-18м
спеціальності 172 – Телекомунікації та
радіотехніка

_____ Марчук І.С.

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТКСТБ

_____ Семенова О.О.

« ____ » _____ 2019 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. БМІ

_____ Тимчик С.В.

« ____ » _____ 2019 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра телекомунікаційних систем та телебачення
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Галузь знань 17– Електроніка та телекомунікації
(шифр і назва)
Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва)
Освітня програма Технології та засоби телекомунікацій

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТКСТБ
к.т.н., проф Г.Г. Бортник

“ ___ ” _____ 2019 року

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Марчуку Івану Станіславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку

керівник роботи Семенова Олена Олександрівна, к. т. н, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “02” 10 2019 року № 254

2. Строк подання студентом роботи 02 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи: смуга сигналу – 15МГц, потужність 40Вт, коефіцієнт підсилення антени 17дБі, втрати кабелю 2дБ, відстань – 40 м, висота базової станції – 12 м; висота мобільної станції – 1,8; товщина перешкоди – 0,31м; кількість вимірювань – 60.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вступ; техніко – економічне обґрунтування тематики; принципи визначення місцеположення мобільної станції; точність методів визначення місцеположення; метод уточнення місцеположення; економічна частина; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; висновки; література; додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

- 1) Графіки похибок. Плакат
- 2) Визначення місцезнаходження. Плакат
- 3) Виміряні дані. Плакат
- 4) Базова станція. Схема функціональна
- 5) Контролер. Схема функціональна
- 6) Нейронна мережа. Плакат

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технічна частина	Семенова О.О., доцент каф. ТКСТБ		
Економічна частина	Адлер О.О. доцент каф. ЕПВМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В., доцент каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання 02 вересня 2019 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка технічного завдання	06.09.2019р.	
2.	Техніко-економічне обґрунтування розробки	13.09.2019р.	
3.	Аналіз принципів визначення місцеположення	04.10.2019р.	
4.	Визначення точності методів	25.10.2019р.	
5.	Розроблення методу уточнення місцеположення	08.11.2019р.	
6.	Аналіз економічної ефективності розробки	15.11.2019р.	
7.	Аналіз безпеки життєдіяльності, цивільний захист	22.11.2019р.	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	29.11.2019р.	
9.	Нормоконтроль МКР	02.12.2019р.	
10.	Попередній захист МКР, рецензування МКР	06.12. 2019р.	
11.	Захист МКР ДЕК	09.12. 2019р.	

Студент _____ Марчук І.С.
(підпис)

Керівник роботи _____ Семенова О.О.
(підпис)

РЕФЕРАТ

УДК 621.396

Марчук Іван Станіславович. Підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку. Магістерська кваліфікаційна робота. – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 102с.

На українській мові. Бібліогр.: 39 назв; Рис.:32; Табл.: 23.

Дана магістерська робота присвячена розробці ефективних методів позиціонування для стільникових мереж. У роботі було проаналізовано сучасні методи позиціонування у стільникових мережах. Запропоновано метод позиціонування на основі нейронних мереж. Розраховано економічний ефект. Розглянуті питання безпеки життєдіяльності та охорони праці. Отримані результати задовольняють вимогам технічного завдання.

Ключові слова: мережа, позиціонування, нейронна мережа.

ABSTRACT

UDK 621.396

Marchuk Ivan Stanislavovych. Increasing the positioning efficiency of mobile communication systems. Master thesis. – Vinnytsya: VNTU, 2019. – 102pp.

In Ukrainian language. Refs.: 39 titles; figs.: 32; tables: 23.

The master thesis is dedicated to developing the efficient methods of positioning for cellular networks. In this thesis modern methods of the positioning in cellular networks have been analyzed. The method of positioning based on neural networks has been suggested. The economic gain has been calculated. Problems of industrial and occupational safety have been considered. The obtained results satisfy preliminary specifications.

Keywords: network, localization, neural network.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМАТИКИ РОБОТИ...	7
1.1 Огляд стану проблеми, яка виникла на сучасному етапі розвитку науки і техніки	7
1.2 Існуючі способи вирішення технічної проблеми, їхній аналіз та недоліки	7
1.3 Обґрунтування вибору варіанту вирішення проблеми	9
2 ПРИНЦИПИ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ МОБІЛЬНОЇ СТАНЦІЇ.....	10
2.1 Огляд моделей розрахунку відстані від рівня сигналу	10
2.2 Методи підвищення точності визначення місцезнаходження	11
2.3 Аналоги додатків з GSM-навігацією.....	13
2.4 Аналіз залежності рівня сигналу від pathloss	18
2.5 Тестові дані вимірів рівня сигналів	21
2.6 Аналіз моделей розрахунку.....	
3 ТОЧНІСТЬ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ	23
3.1 Геометричний фактор	23
3.2 Вплив завищених вимірювань на оцінювання точності визначення місцезнаходження.....	31
3.3 Вплив занижених вимірювань на оцінювання точності визначення місцезнаходження.....	
3.4 Експериментальне визначення точності вимірювань.....	
4 МЕТОД УТОЧНЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ.....	42
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	55
5.1 Аналіз комерційного потенціалу досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку.....	55
5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної, дослідно-конструкторської та конструкторсько-технологічної роботи.....	57

5.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку.....	62
5.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності.....	63
5.5 Розрахунок терміну окупності коштів, вкладених в наукову досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку.....	65
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	67
6.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці	67
6.2 Технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні дослідження.....	72
6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи мобільної системи зв'язку в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	74
6.4 Висновки до розділу.....	79
ВИСНОВКИ.....	80
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	82
ДОДАТКИ.....	86
Додаток А (обов'язковий) Технічне завдання.....	87
Додаток Б (обов'язковий) Графіки похибок. Плакат	93
Додаток В (обов'язковий) Визначення місцезнаходження. Плакат	94
Додаток Д (обов'язковий) Виміряні дані. Плакат	95
Додаток Е (обов'язковий) Базова станція. Схема функціональна.....	96
Додаток Ж (обов'язковий) Контролер. Схема функціональна.....	97
Додаток И (обов'язковий) Нейронна мережа. Плакат	98
Додаток К (обов'язковий) Нормовані значення виробничих факторів.....	99

ВСТУП

Актуальність теми. Велика кількість переваг мобільного мереж зумовила швидкий розвиток стільникового зв'язку у всьому світі. Дешевизна та доступність послуг стільникового зв'язку зумовили швидке розширення мереж цифрового зв'язку на всю територію країни. Оператори, що надають послуги стільникового зв'язку постійно збільшують зони покриття та підвищують якість наданих послуг, тим самим збільшуючи число абонентів та знижуючи вартість користування.

Разом з розвитком сервісів передавання даних у мережах стільникового зв'язку розвиваються і функції, котрі пов'язані із позиціонування користувачів. Взагалі, концепція розгортання сучасних цифрових мереж стільникового зв'язку із застосуванням радіоканалів дає змогу використовувати зовсім різні принципи позиціонування для визначення координат місцезнаходження абонента [1].

Стрімкий розвиток сучасних мереж цифрового зв'язку призвів до аналогічного стрімкого розвитку новітніх принципів позиціонування мобільних об'єктів.

Наразі сьогоднішній день основними для позиціонування мобільних об'єктів є супутникові системи навігації. Але, одним з важливих недоліків подібних систем є обов'язкова наявності так званої «прямої видимості» навігаційних супутників, котрі знаходяться на земній орбіті. Вказана умова є надзвичайно актуальною при розв'язанні задач, що стосуються з навігацією мобільних об'єктів у сучасних містах із щільними штучними перешкодами.

Протягом пересування абонента вулицями із високими будівлями дуже звужується зона видимості навігаційних супутників. Досить часто відбувається повна втрата видимості таким числом супутників, яке є достатнім для визначення координат, що призводить до суттєвого збільшення похибки позиціонування.

Окрім того при позиціонуванні мобільних станцій на території міста посилюється вплив на результати розрахунку координат абонента геометрії супутникового сузір'я, що можна пояснити звуженням зони видимості наземних супутників. Суттєвий вплив чинять перевідбиття сигналів супутників від штучних завод. Разом ці фактори чинять негативний вплив на якість позиціонування та спонукають до розроблення нових методів визначення місцезнаходження та території міст із щільною забудовою.

Для того, щоб забезпечити більш точне визначення координат мобільної станції у великому місті, потрібно розробити та провадити розроблювати новітні системи позиціонування, котрі використовували б комплекси із різних методів навігації і забезпечували високу точність оцінювання координат.

Одним з варіантів розв'язання задачі позиціонування у щільно-збудованому сучасному місті є застосування методів навігації у цифрових мережах передавання даних. На сьогоднішній день, постачальники послуг стільникового зв'язку пропонують свої послуги майже у всіх містах. Розгалужені мережа базових станцій стільникового зв'язку на сьогодні дозволяє використовувати методи навігації для позиціонування мобільних об'єктів [2].

Аналіз останніх досліджень. При вирішенні зазначених проблем в рамках дисертаційного дослідження використовувалися праці вітчизняних і зарубіжних вчених. Великий внесок у розвиток ідей цього напрямку досліджень надали такі вчені як: Карташевський В.Г., Шорін О.А., Громаков Ю.С., Гнеденко Б.В., Лівшиць Б.С., Башарин Г.П., Пшеничников А.І.П., Харкевич А.Д., Яковлев С.А., Фролов Г.В., Надєєв А.Ф., Султанов А.Х., Кузнєцов І.В., Свами М.Н., Тхуласіраман К., Спенсер Р., Клейнрок Л., Мартін Дж., Галлагер Р., Мерлін П., Сегал А[3-10].

Мета та задачі дослідження. Метою даної магістерської роботи є підвищення ефективності визначення положення мобільної станції.

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі задачі:

- проаналізувати відомі методи позиціонування;
- визначити точність обраного методу позиціонування;

- оптимізувати обраний метод позиціонування.

Об'єктом дослідження є системи стільникового зв'язку.

Предметом дослідження є методи позиціонування в стільникових мережах зв'язку.

Методи дослідження. Для рішення поставлених завдань були використані методи теорії інформації та передавання сигналів, методи теорії телетрафіку, методи комп'ютерного моделювання та оптимізації.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

- обґрунтовано методіку визначення точності позиціонування;
- досліджено та запропоновано використовувати оптимізований метод позиціонування у мережі мобільного зв'язку.

Практичне значення роботи полягає у розробленні *схеми нейронної мережі для застосування при визначенні місцезнаходження мобільної станції.*

Особистий внесок здобувача: запропоновано оптимізувати метод позиціонування мобільної станції шляхом використання нейронної мережі.

Апробація результатів роботи. Основні ідеї роботи доповідались і обговорювались на I-й міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем» СПРН-2019.

1 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМАТИКИ РОБОТИ

1.1 Огляд стану проблеми, яка виникла на сучасному етапі розвитку науки і техніки

Стільниковому позиціонуванню – визначенню місця розташування користувача в стільникових мережах зв'язку, в даний час, приділяється значна увага, як зі сторони розробників обладнання та операторів зв'язку, так і зі сторони потенційних споживачів послуг позиціонування. Основна причина інтересу операторів – необхідність пропонувати нові послуги зв'язку, ускладнюється затримкою впровадження мереж 4-го покоління, в той час як до сучасний ринок стільникового зв'язку диктує необхідність застосування сервісу позиціонування вже для існуючих технологій.

Стільникове позиціонування відкриває широкі перспективи, пов'язані з реалізацією багатьох актуальних додатків: комерційних – управління транспортом, персональна навігація, локальна інформація; внутрішньомережевих – локальна тарифікація, управління підсистемою базових станцій, динамічний розподіл каналів; додатків екстрених ситуацій, пов'язаних з персональної безпекою, аварійними ситуаціями тощо. Потреба ринку в наявності таких додатків дуже висока і формується всіма сторонами – виробниками обладнання зв'язку, товарів і послуг, інформаційними та рекламним агенціями, споживачами та державними органами.

Супутникове позиціонування, забезпечуючи високу точність і глобальне охоплення, володіє серйозними недоліками: вбудовування супутникового приймача в стільниковий телефон збільшує габарити, масу, енергоспоживання і ціну апарата; непрацездатність в приміщеннях знижує оперативність і зручність одержання інформації; нездатність проникнення супутникового сигналу скрізь перешкоди (стіни, дерева) знижує ефективність автомобільних охоронних систем та інших послуг безпеки. Основна відмінність і перевага стільникового позиціонування від супутникового полягає в тому, що стільникове позиціонуван-

ня вирішує завдань визначення координат, базуючись тільки на вимірюваннях радіосигналу в самій мережі.

1.2 Існуючі способи вирішення технічної проблеми, їхній аналіз та недоліки

На даний момент розроблення систем позиціонування ведеться такими фірмами як: Cambridge Positioning Systems, Snaptrack (Великобританія), Siemens (Німеччина), Philips (Голландія), Telefonica (Іспанія), Teleplan (Норвегія), Bell Labs, Lucent Technologies, Signatron Technology Corporation, Qualcomm, U.S. Wireless (США), Benefon, Nokia, Radiolinja, VTT (Фінляндія), Sonera, Telia (Швеція), NTT Laboratories (Японія) та ін. Системи позиціонування розробляються такими науковими установами як: National Technical University of Athens (Греція), Aalborg Universit (Данія), Universitat Politecnica de Catalunya (Іспанія), Georgia Institute of Technology, New Jersey Institute of Technology, Stanford University, Virginia Polytechnic Institute, University of Massachusetts (США), National Taiwan University (Тайвань), Tampere University of Technology, Helsinki University of Technology (Фінляндія) та ін.

Базовим методом стільникового позиціонування в теперішній час є метод ідентифікатора стільника, котрий полягає у оцінці координат користувачам за координатами обслуговуючої базової станції. Цей метод є найменш витратним, однак забезпечує низьку точність позиціонування. В розроблюваних зараз системах позиціонування розрахунок місця розташування користувача базується на вимірюванні азимута або відстані між у базовими станціям стільниковим телефоном, з подальшим проведенням геометричних розрахунків. Такий принцип бездоганно працює в просторі, вільному для перешкод для радіосигналу (наприклад, при супутниковому позиціонуванні), проте в стільникових мережах, в зв'язку з наявністю на шляху проходження я радіосигналу перешкод, які викликають непередбачувані згасання і перевідбиття, досягнення високих показників точності пов'язано з великими труднощам і та витратами. Окрім того, для

забезпечення працездатності таких методів у вже розгорнутих мережах необхідне встановлення додаткового радіообладнання, що значно знижує економічну виправданість їх впровадження.

1.3 Обґрунтування вибору варіанту вирішення проблеми

На даний момент розпочато розроблення принципово іншої концепції визначення місця розташування користувача, заснованої на принципі максимального використання особливостей середовища поширення сигналу в стільниковій системі зв'язку. Ця концепція так званого емпіричного стільникового позиціонування, яка передбачає використання апріорної інформації про згасання і перевідбиття, що закладена у вимірних параметрах радіосигналу. Її поява пов'язана з тим, що в умовах міста з великою кількістю перешкод на шляху поширення сигналу, традиційні методи позиціонування виявилися недостатньо ефективними. Суть же концепції емпіричного стільникового позиціонування полягає у тому, що в умовах хаотичного розподілу перешкод для радіосигналу (наприклад, у місті), на території охоплення стільниковою мережею існує множина областей, якім властивий унікальний набір характеристик радіосигналу. І, отже, заздалегідь вимірявши параметри радіосигналу в точках з відомими координатами, можна побудувати відображення простору параметрів в просторі географічних координат. Система позиціонування, заснована на цій концепції, не вимагає ані встановлення додаткового, ані модифікації існуючого радіообладнання, ані модифікації стільникових телефонів, забезпечуючи низьку вартість впровадження і експлуатації системи.

Ще одним важливим аспектом розробки та впровадження комплексів стільникового позиціонування, є зростаюча роль незалежних постачальників інформації та послуг. Розроблені системи стільникового позиціонування розраховані на впровадження операторами стільникового зв'язку і не задовольняють повністю вимоги незалежних постачальників інформаційних і навігаційних послуг. Таким чином, розробка алгоритмів та програмних засобів емпіричного

стільникового позиціонування, а також розподілених систем стільникового позиціонування, здатних функціонувати незалежно від операторів стільникового зв'язку, що дозволить підвищити ефективність процесів обробки даних в комплексах стільникового позиціонування, знизити витрати матеріальних ресурсів і скоротити терміни їх створення, є актуальною науково-технічною задачею.

1.4 Постановка задач дослідження

Отже, для розв'язання проблеми підвищення ефективності визначення положення мобільної станції, яка виникла на сучасному етапі розвитку науки і техніки, потрібно розв'язати наступні задачі:

- проаналізувати відомі методи позиціонування;
- визначити точність обраного методу позиціонування;
- оптимізувати обраний метод позиціонування.

2 ПРИНЦИПИ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ МОБІЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

2.1 Огляд моделей розрахунку відстані від рівня сигналу

Для обчислення відстані від рівня сигналу розглянемо pathloss моделі GSM-навігації (рис.2.1).

Pathloss – зменшення щільності енергії (послаблення) електромагнітної хвилі при її поширенні в просторі. За фактом, pathloss визначається різницею (в дБ) між потужністю передавача і потужністю сигналу, прийнятою приймачем. Послаблення рівня сигналу викликається поширенням у вільному просторі, відбиттям, дифракцією і розсіюванням [1].

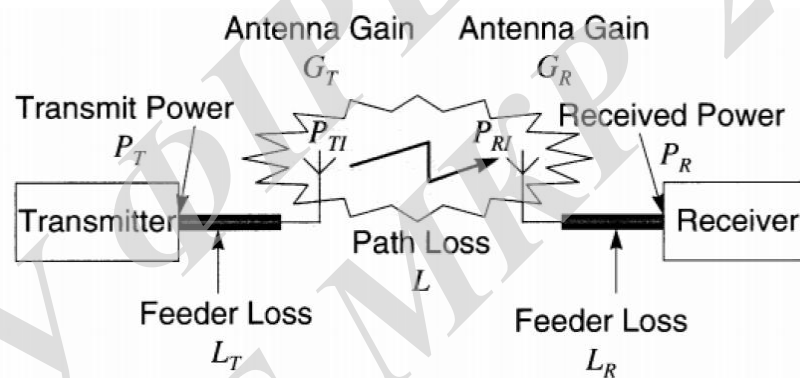


Рисунок 2.1 – Pathloss

Послаблення сигналу відбувається нелінійно, але можна скласти систему рівнянь, що зв'язує зростання відстані і послаблення сигналу. Дані моделі діляться на три типи [3]:

- 1) Емпіричні моделі – засновані на даних вимірів, використовують кілька параметрів. Використовують статистичні властивості для усереднення похибки.
- 2) Напівдетерміновані моделі – засновані на емпіричних моделях з додаванням детермінованих аспектів.

3) Детерміновані моделі – специфічні моделі, що вимагають великого обсягу геометричної інформації про місце, станції і приймачі та великих обчислювальних потужностей.

Існують різні типи областей, на які орієнтовані моделі.

У даному випадку будуть розглядатися макрообласті для визначення відстані через сигнал станцій, що знаходяться вище середнього рівня дахів. Такі станції найчастіше стаціонарні, і частіше за все через них найзручніше визначати місце розташування методом GSM-навігації.

Найбільше для макрообластей підходять макромоделі, так як великі області мають безліч параметрів, що впливають на рівень сигналу. Спад рівня сигналу на забудованій або напівзбудованій території складно прогнозується, так як не всі геометричні дані області доступні і для їх уточнення для детермінованих моделей потрібні великі обчислювальні потужності [2].

2.1.1 Макро-моделі

2.1.1.1 Модель Окамури-Хата

Розглянемо найбільш популярну емпіричну модель Окамура-Хати. Модель розроблялася для частоти в Токіо 1968 роки від 150 до 1500 МГц. З даних ми намагаємося апроксимувати втрату сигналу на відстані набором формул Хата.

- Вихідний параметр моделі: середня втрата каналу L (дБ)
- Діапазон частот варіюється від 150 до 1500 МГц
- Висота передавача повинна бути від 30 до 200 м
- Висота приймача від 1 до 10 м
- Відстань між приймачем і передавачем від 1 до 10 км

Формула охоплює три типи областей:

1) Відкриті області, без високих дерев і будівель на шляху поширення сигналу.

2) Напівзабудована область: сільська місцевість з деревами і будівлями. Є перешкоди поруч з приймачем, але не дуже великі.

3) Забудована місцевість – великі і середні міста з великою кількістю будівель і села з близько розташованими високими будинками

Для емпіричних моделей використовується наступні параметри, позначені на схемі (рис. 2.2):

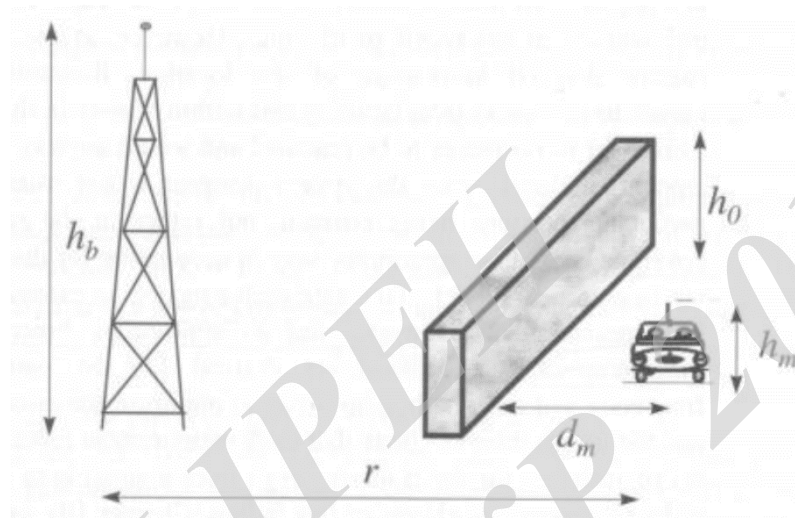


Рисунок 2.2 – Схема отримання сигналу від радіостанцій

Розглянемо основне рівняння моделі Окамури-Хата для всіх типів областей:

$$\text{Забудована місцевість: } L_{dB} = A + B \log_{10} R - E$$

$$\text{Наполовину забудована місцевість: } L_{dB} = A + B \log_{10} R - C$$

$$\text{Відкрита місцевість: } L_{dB} = A + B \log_{10} R - D$$

Тут:

$$A = 69,55 + 26,16 \cdot \log_{10} f_c - 13,82 \cdot \log_{10} h_b,$$

$$B = 44,9 - 6,55 \cdot \log_{10} f_c,$$

$$C = 2 \left(\log_{10} \frac{f_c}{28} \right)^2 + 5,4,$$

$$D = 4,78 + (\log_{10} f_c)^2 + 18,33 \cdot \log_{10} f_c + 40,94.$$

На частоті 300 МГц і вище:

$$E = 3,2 \cdot \left[\log_{10} (11,7554 \cdot h_m) \right]^2 - 4,97.$$

На частоті нижче 300 МГц:

$$E = 8,29 \cdot \left[\log_{10} (1,54 \cdot h_m) \right]^2 - 1,1.$$

Для середніх та малих міст

$$E = (1,1 \cdot \log_{10} f_c - 0,7) \cdot h_m - (1,56 \cdot \log_{10} f - 0,8).$$

У даній магістерській роботі ми візьмемо формулу для забудованої території і E для частоти вище 300 МГц [9].

2.1.1.2 Модель COST 231-Nata

Другою розглянутою моделлю є COST 231-Nata model. Це розширення моделі Окамури-Хата для середніх і маленьких міст для частоти від 1500 до 2000 МГц. Формула COST 231:

$$L_{dB} = F + B \log_{10} R - E + G.$$

Тут:

$$F = 46,3 + 33,9 \cdot \log_{10} f_c - 13,82 \cdot \log_{10} h_b.$$

Для середніх і малих міст $G = 0$ дБ, а для великих – $G = 3$ дБ.

Формули В і Е беруться з формули Окамури-Хата, при цьому Е береться для середніх і маленьких міст. У похибка даної моделі складає від 5 до 7 дБ на забудованій і мало забудованій місцевості з максимальною точністю в забудованій місцевості з частотою передачі 900 МГц. Максимальна помилка при цьому зростає до 15 дБ і більше [6].

2.1.2 Напівдетерміновані моделі

1.1.2.1 COST 231-Walfich-Ікегамі модель

Модель COST 231 Валфіша Ікегамі (рис.2.3) є напівдетермінованою модифікацією COST 231, що спирається на меншу кількість одержуваних даних з додаванням геометричних параметрів:

- Висота будівель
- Ширина доріг
- Відстань між будівель
- Орієнтація дороги відносно радіоканалу

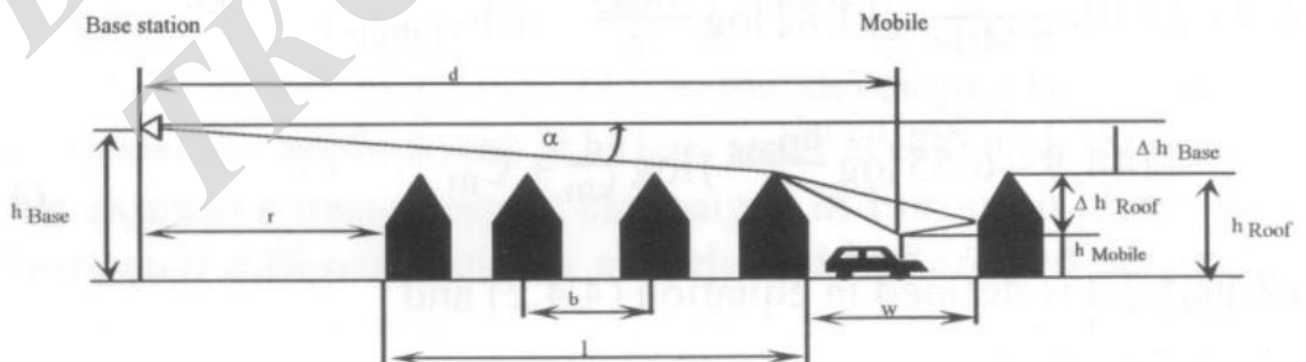


Рисунок 2.3 – Схема моделі COST 231 Валфіша-Ікегамі

Необхідні змінні параметри для моделі:

- Частота від 800 МГц до 2000МГц
- Висота базової станції від 4 до 50 м
- Висота приймача від 1 до 3 м
- Відстань між антенами від 0,02 до 5 км

Для моделі існують два варіанти формул LOS і NLOS:

LOS:

$$L_{LOS}[\text{dB}] = 42,6 + 26 \cdot \log_{10} d[\text{km}] + 20 \cdot \log_{10} f_c[\text{MHz}].$$

NLOS:

$$L_{NLOS}[\text{dB}] = L_{FS} + L_{rts} + L_{MSD},$$

$$L_{FS} = 32,4 + 20 \log_{10} d[\text{km}] + 20 \log_{10} f[\text{MHz}],$$

$$L_{rts} = -8,8 + 10 \log_{10} f + 20 \log_{10} (\Delta h_m) - 1 - \log_{10} W + L_{ori},$$

$$L_{ori} = \begin{cases} -10 + 0,35\varphi, & 0 \leq \varphi \leq 35^\circ \\ 2,5 + 0,075(\varphi - 35), & 35^\circ \leq \varphi \leq 55^\circ \\ 4 - 0,114(\varphi - 55), & 55^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ \end{cases}$$

$$L_{MSD} = L_{bsh} + k_a + k_d \cdot \log_{10} d + k_f \cdot \log_{10} f - 9 \log_{10} b,$$

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18 \log_{10} (1 - \Delta h_b), & h_b > h_{roof} \\ 0, & h_b \leq h_{roof} \end{cases}.$$

Дана модель дозволяє враховувати різні рівні сигналів – на відкритій місцевості, з даху до вулиці та інші. В сукупності вони дозволяють якісно підви-

щити точність розташування, однак вимагають заздалегідь встановлених геометричних параметрів області дослідження. Дані параметри у користувача будуть відсутні, тому формула не годиться для глобального використання. Варіант LOS моделі без використання параметрів передбачає лінійне зменшення сили сигналу з відстанню без урахування додаткових параметрів, тому не годиться для використання. Також, дана модель має досить обмежену зону дії в 20 м, що також є невідповідним для дослідження, тому дана модель використовуватися не буде [1].

2.2 Методи підвищення точності визначення місцезнаходження

Існує кілька методів підвищення точності визначення місцеположення на основі даних, отриманих від моделей обчислення відстані. Найбільш популярним способом є триангуляція сигналів від трьох станцій. GSM-навігація використовує триангуляцію, щоб знайти користувача смартфона на основі сили потоку отриманих сигналів. Триангуляція в геометрії і тригонометрії – це процес визначення місця розташування об'єкта шляхом визначення і вимірювання кутів до відомих точок [14].

Обчислення розташування смартфона методом триангуляції відбувається шляхом оцінки знаходження позиції на тій чи іншій площині, коли нам відомі три або більше візуальних орієнтира. Смартфон, як приймач, аналізує сигнали, що посилюються базовими станціями, а потім обчислює, які станції знаходяться ближче до передавача за рівнем сигналу.

У даній магістерській роботі буде одержано сигнал від трьох станцій, визначати відстань до кожної з них і приймати в якості місця розташування об'єкта точку перетину отриманих кіл, як зображено на рис. 2.4.

В основному підходи до отримання сигналів розрізняються методами, які в свою чергу залежать від використовуваного обладнання. Далі розглянемо різні методології, для яких можна застосовувати триангуляцію і модифікації триангуляції для цих методів:

TOA – Time of Arrival має на увазі передачу часових міток між об'єктом і датчиком і визначення відстані до об'єкта по ним.

Для позиціонування необхідно 3 датчика мінімум. Відстань від об'єкта до датчика обчислюється через різниці отриманої часової мітки і часом прийому сигналу приймачем. Мінус даного підходу – необхідність повної синхронізації годинників на смартфоні і станціях [7].

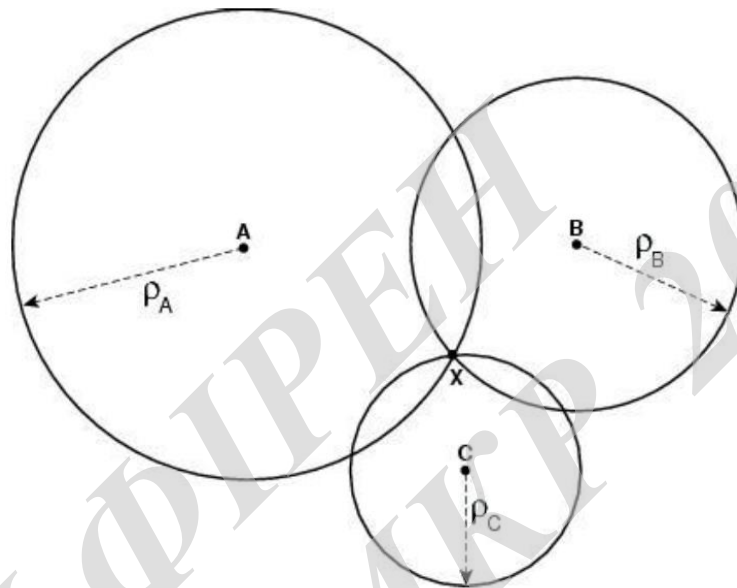


Рисунок 2.4 – TOA триангуляція

На основі даного підходу побудований і алгоритм обчислення розташування за найближчими сусідами (для нього потрібно більше датчиків, але до них менші вимоги по потужності сигналу).

RTT – Round Trip Time. Модифікація TOA, яка підвищує точність результатів, але вимагає зворотної передачі сигналу для застосування на обох сторонах. Відстань розраховується на основі часу приходу сигналу до смартфона і назад. Для даного методу не потрібна синхронізація годинників на об'єктах. Іноді називається Return Time of Arrival.

TDOA – Time Difference of Arrival. В даному методі розташування абонента обчислюється на основі різниць декількох TOA методів. Кожен TDOA приймач видає гіперболоїд в просторі, на якому ймовірно перебуває станція

(рис.2.5) . Двох TDOA станцій досить для визначення місцезнаходження абонента. Даний підхід дає більш точні результати в обчисленнях, ніж попередні методи [7].

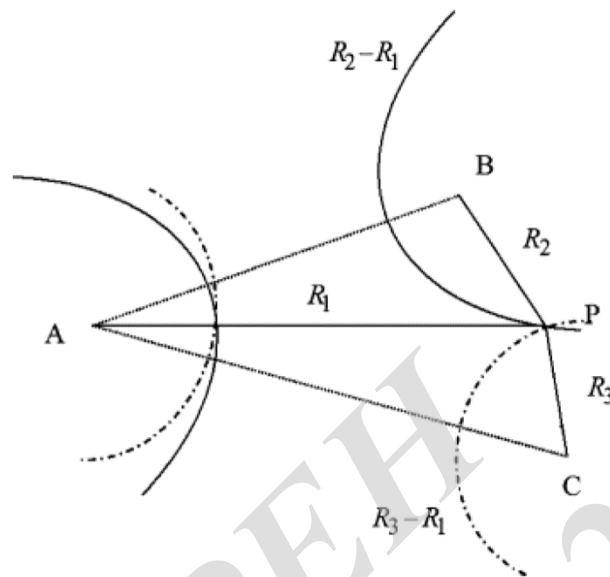


Рисунок 2.5 – Область непересічних кіл

RSS-based – Received Signal Strength. Відстань до смартфона від станції обчислюється, базуючись на потужності сигналу базової станції (даний метод використовується для визначення вогнищ землетрусів і в геолокації без необхідності синхронізації годинників) [7].

AOA – Angle of Arrival. Місцезнаходження об'єкта обчислюється, як точка перетину двох променів (рис.2.6). Метод застосовується, наприклад, для направлення датчиків-сканерів або масиву антен.

GPS-based. Метод, який використовує доступ до GPS супутників. Дорогий і недостатньо точний спосіб з неякісним рівнем сигналу в будівлях. Для його застосування в зоні доступу приймача має перебувати достатня кількість супутників, з якими є зв'язок. З плюсів – метод широко поширений і охоплює велику територію (наприклад, завод або спеціалізовані міста).

Cellular-based. В даному методі роль сигналу виконує потужність найближчих базових станцій стільникових операторів. Плюс методу в простоті, мінусом є низька точність – від 50 до 200 м. Також, точність знижується в примі-

щеннях. Плюсом є глобальний масштаб (менший, ніж у GPS, в приміщеннях точність вимірювання вище).

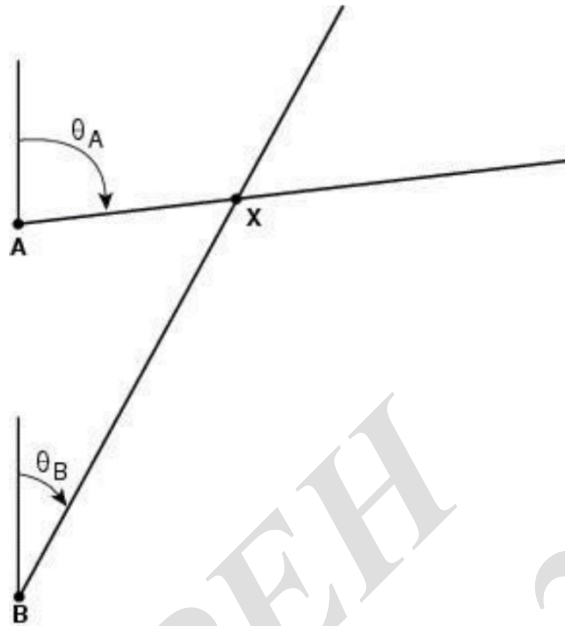


Рисунок 2.6 – АОА триангуляція

RFID – Даний метод використовує радіо-ідентифікаційні мітки, що мають досить малий радіус покриття (від 1 до 10 метрів в залежності від активності). Цього цілком достатньо, щоб забезпечити точне визначення місця розташування в замкнутому приміщенні. Пасивні мітки практично не вимагають енергії і відгукуються тільки при отриманні сигналу.

WLAN (IEEE 802.11) Даний метод передбачає геолокацію з використанням Wi-Fi передавачів. Точки роздачі Wi-Fi використовуються всюди, тому для методу не потрібно додаткового обладнання. При цьому метод дає високу точність визначення місця розташування. Даний алгоритм підходить для місць з розвинутою інфраструктурою, але точки споживають багато енергії [14].

UWB – Ultra Wide Band. Технологія схожа з RFID, що працює на смузі частот 3.1–10.6 ГГц, в той час, як RFID працюють на частоті 0.1–1000 МГц. Також метод використовує різну з RFID технологію відправки імпульсів (посилає короткі сигнали відразу на декількох частотах). UWB мітки споживають менше енергії, ніж RFID.

IR. Метод використовує передавачі на основі інфрачервоного випромінювання. Алгоритм забезпечують більшу точність вимірювання розташування через малу область дії, але вимагають прямої видимості об'єкта [7]

У даній магістерській роботі, буде розраховано місце розташування пристрою щодо декількох вишок, після чого отримані результати будуть триангульовані для отримання більш точного результату методом RSS-based. Для отримання координат об'єкту скористаємося координатами базових станцій і отриманими від них сигналами. Розрахувавши відстань до кожної зі станцій, прийемо їх радіусами кіл і візьмемо в якості шуканого місця розташування центр області перетину цих кіл.

2.3 Аналоги додатків з GSM-навігацією

2.3.1 Сімейний GPS-трекер KidControl

Додаток KidControl створено для відстежування місцеположення членів сім'ї і можливості відстеження рівня заряду їх смартфонів. Місцезнаходження членів сім'ї можна відстежувати в режимі реального часу з частим оновленням даних. KidControl орієнтований на відстеження місця розташування дітей, щоб контролювати їх переміщення та запобігати небезпечним ситуаціям.

Відмінною особливістю цього додатка від своїх аналогів є можливість відстежування місцеположення члена сім'ї не тільки через GPS, але і на основі LBS технології. При цьому використовуються, як базові станції мобільних операторів, так і Wi-Fi точки.

2.3.2 Google Maps

Google Карти – один з найпопулярніших додатків, які використовуються користувачами платформи Android. Додаток дозволяє визначити своє місце ро-

зташування на самих докладних картах від Google, прокласти маршрут, подивитися транспорт в потрібному напрямку і подивитися панораму місцевості.

Додаток простий в управлінні і має простий інтерфейс з максимальною прагматичністю. Тим не менше, він залишається найпотужнішим інструментом для навігації користувача в незнайомій області.

Поряд з основним визначенням місця розташування по GPS, не так давно Google додали можливість використовувати LBS для навігації користувача. Якщо є з'єднання з інтернетом, але відсутній супутник в зоні зв'язку, то користувач може звернутися до бази Wi-Fi точок Google або бази базових станцій, щоб за рівнем сигналу визначити своє приблизне місце розташування з похибкою.

LBS-геолокація часто включається, поки користувач з'єднується із супутником, щоб позначити приблизне розташування до тих пір, поки не прийдуть точні дані. У деяких ситуаціях подібні дані можуть виручити абонента, якщо йому терміново треба дізнатися, де він, але низький заряд батареї або погане з'єднання з супутником заважають точній геолокації.

Google карти спираються на базові станції тієї території, де знаходиться користувач, що передбачає використання заготовленої бази даних рівня сигналів або загальної моделі підрахунку рівня сигналу. Для користувачів це може виражатися в невисокій точності через велике покриття місцевості додатком.

2.3.3 GridLocate GPS трекер

GridLocate GPS трекер дозволяє визначити місцезнаходження друзів і сім'ї в надзвичайній ситуації. Він містить близько 6 мільйонів різних локацій, які запам'ятовуються в базі. При необхідності додаток дозволяє отримати останню або актуальну локацію сім'ї або друзів в будь-який час, оновлюючи дані кожні 15 хвилин і зберігаючи маршрут до 30 днів. При цьому дані про пересування зберігаються в зовнішній базі і можуть бути переглянуті з сайту компанії.

Додаток використовує GPS, LBS і WiFi геолокацію у всіх локаціях для знаходження найбільш точної, після чого відображає її користувачеві. При цьому додаток не споживає зайвої пам'яті і практично не використовує батарею через рідкісні запити про місцезнаходження, працюючи 24/7 і зберігаючи всю інформацію в хмарі. Однак, це вимагає постійного з'єднання з інтернетом і включеного додатку на телефоні. LBS геолокація найменш точна з перерахованих варіантів, але найчастіше застосовується в будівлях, де немає бази Wi-Fi сигналів через недостатню точність GPS. Як карти додаток використовує Google карти.

2.4 Аналіз залежності рівня сигналу від pathloss

Для того, щоб отримати можливість розраховувати відстань за рівнем сигналу, необхідно встановити залежність рівня сигналу від pathloss – втрати сигналу на відстані. Для цих розрахунків знадобляться дані антени приймача:

- Tx power/SC (dBm) – частота сигналу, поділена на кількість піднесучих, які визначаються смугою сигналу (A)
 - 10MHz – 600
 - 15MHz – 900
 - 20MHz – 1200
- Комбінований коефіцієнт підсилення антени і втрати в кабелі (B)
- Pathloss – втрата сигналу (L)
- RSRP (Reference Signal Received Power) – це середнє значення потужності прийнятих сигналів (Reference Signal).

Потужність обчислюється на приймачі і, зіставивши її значення з виразом з обраної моделі, можна отримати залежність потужності отриманого сигналу від відстані до базової станції і обчислити його.

Формула розрахунку залежності:

$$RSRP = A - B - L.$$

Тоді втрата сигналу буде:

$$L = -RSRP + A + B.$$

Для певних заздалегідь відомих областей частоту сигналу, кількість піднесучих і комбінований коефіцієнт підсилення антени приймаємо відомими константами, усередненими для обраних областей. Обчисливши залежність L від $RSRP$, ми отримаємо зв'язок потужності сигналу і відстані.

У пробних випадках смуга сигналу була 15МГц, при повній потужності 40000 міліват.

Якщо перевести це в децибели, то отримаємо

$$Tx/SC = 16,47 \text{ дБм}.$$

Комбінований коефіцієнт посилення антени = 17 dBi, а втрата кабелю = 2 dB, тоді $B = 15$.

Тоді:

$$L = -RSRP + 16,47 + 15 = -RSRP + 31,47.$$

Надалі буде розраховано втрати сигналу за аналітичними формулами, які дозволять вивести залежність відстані від рівня сигналу.

2.5 Тестові дані вимірів рівня сигналів

Для аналізу формул і перевірки методів підвищення точності визначення місця перебування можна скористаємося даними тестових вимірів рівня сигналу. Для цього можна взяти файл з даними про базові станції телефонних операторів, які знаходяться у відкритому доступі і провести тестові заміри поряд із цими станціями для подальших обчислень.

Шляхом вимірювань на ходу руху автомобіля можна отримати 512780 замірів рівня сигналів з різних точок від 3156 базових станцій. Наведемо приклад записи базової станції і її параметрів:

4700011, 60.20127,29.84606,0,35,72BF100,9770,372,16,10,0, W2X-6516DS-VTM_10DT_2500,35

Тут:

4700011 – id станції, унікальне для кожної з базових станцій

60,20127 – координата x розташування станції на мапі

29,84606 – координата y розташування станції на мапі

0 – азимут станції

35 – висота станції над рівнем землі

72BF100 – ECI

9770 – радіус охоплення сигналу

372 – PCI станції, унікальний ідентифікатор всередині підмережі

16 – потужність передачі

10 – кут нахилу станції

0 – кут нахилу антени

W2X-6516DS-VTM_10DT_2500 – тип антени

35 – висота над рівнем землі

Розглянемо параметри, одержувані приймачем на прикладі виміру:

1,1,1429641653,59.98405786,30.27298653,27,11.700068,3,1429641653000, gps, 7830072, -94, {}.

Тут:

1 – id виміру, унікальний для кожного виміру

1 – номер виміру в даній точці

1429641653 – таймштамп виміру

59.98405786 – latitude виміру

30.27298653 – longitude виміру

11.700068 – приблизна точність виміру рівня сигналу

27 – швидкість руху автомобіля

3 – точність виміру рівня сигналу

1429641653000 – GPS таймштамп

GPS – провайдер виміру

7830072 – id базової станції виміру

-94 – середня потужність одержуваного сигналу (RSRP)

{ } – похибки

Володіючи цими параметрами, на основі отриманого рівня сигналу і параметрів станції-передавача можна обчислити передбачувану відстань до місця виміру за допомогою аналітичних моделей, а потім порівняти її з реальною, яка обчислюється через географічні координати об'єктів. Отриманий результат необхідно буде зменшувати до отримання прийнятних результатів, на підставі яких можна буде проводити триангуляцію.

2.6 Аналіз моделей розрахунку

Порівняємо похибку вимірювань моделей Окамури-Хата і COST 231 на основі тестових даних, намагаючись вибрати оптимальну модель для подальших досліджень. Як показник будемо враховувати максимальну і мінімальну похибку, середню похибку показників і загальний знак похибки, що показує в більшу або меншу сторону модель помиляється при розрахунках, так як при наявності переважаючого знаку похибки його можна буде виправляти шляхом додаткового коефіцієнта потужності сигналу.

Для визначення, яку модель необхідно використовувати на практиці, розглянемо результати їх обчислень на основі тестових даних. Для цього на основі наявних рівнів сигналу для кожної з моделей обчислимо відстань до антени приймача, можна порівняти з бажаним результатом, вирахованим через координати передавача і приймача, після чого знайдемо мінімальну, максимальну, середню похибки і превалюючий знак похибки. Для прийнятних результатів встановимо мінімальний поріг похибки в 50 м, а максимальний в 800 м. У по-

дальших дослідженнях будемо використовувати ці значення, як вкрай бажане і вкрай небажане.

2.6.1 Модель Окамура-Хата

Маємо:

$$L_{dB} = A + B \log_{10} R - E,$$

$$A = 69,55 + 26,16 \cdot \log_{10} f_c - 13,82 \cdot \log_{10} h_b,$$

$$B = 44,9 - 6,55 \cdot \log_{10} f_c,$$

$$D = 4,78 + (\log_{10} f_c)^2 + 18,33 \cdot \log_{10} f_c + 40,94.$$

$$E = 3,2 \cdot \left[\log_{10} (11,7554 \cdot h_m) \right]^2 - 4,97.$$

Для даної формули підставимо відомі константні коефіцієнти:

$$f = 2600 \text{ МГц},$$

$$L = -RSPR + 31,47.$$

Висота станції і передавача над рівнем землі виходить з тестових даних, як і рівень отриманого сигналу на передавачі. Підставивши відомі дані отримаємо наступну модель:

$$L_{dB} = A + B \log_{10} R - E,$$

$$A = 69,55 + 89,3364 - 13,82 \cdot \log_{10} h_b,$$

$$B = 44,9 - 6,55 \cdot \log_{10} f_c,$$

$$D = 159,2823,$$

$$E = 3,2 \cdot \left[\log_{10} (11,7554 \cdot h_m) \right]^2 - 4,97.$$

Дозволимо дану модель щодо L і отримаємо таку залежність:

$$R = 10^{\frac{0,604 \cdot \log^2 (11,7554 \cdot h_m) + 6,002 \cdot \log h_b + L - 163,8556}{2,8446 \cdot \log h_b - 44,9}}.$$

Виразивши R через L , підставимо замість pathloss формулу, отриману раніше. Отримаємо наступну формулу, що зв'язує RSRP і відстань до об'єкта:

$$R = 10^{\frac{0,604 \cdot \log^2 (11,7554 \cdot h_m) + 6,002 \cdot \log h_b + RSRP - 162,3856}{2,8446 \cdot \log h_b - 44,9}}.$$

Використовуючи скрипт на мові MatLab, який будемо використовувати в подальшому для перерахунку результатів, розрахуємо похибки обчислення відстані моделлю Окамури-Хата:

$\max_{err} = 2,21491$ km – це максимальна похибка моделі. Такі стрибки викликані отриманням сигналів від станцій широкого радіусу покриття. Такі станції можуть посилати сигнал на велику відстань навколо, в результаті чого сильно вибивається з моделі. Показання даних станцій бажано не використовувати, проте часто це просто неможливо. Таке сильно відміну від очікуваного усереднюється показниками звичайних станцій.

$\min_{err} = 6,10213E-4$ km – мінімальна похибка моделі. У загальному випадку, потрібно прагнути до подібного результату, але за фактом дуже малий від-

соток обчислень наближений до подібних цифр. Вимірювання поблизу даних станцій дозволять значно зменшити помилку після застосування методів підвищення точності. Надалі робота з цими станціями з даною моделлю може показувати відмінні результати і змагатися з більш вимогливими по ресурсам, але точними методами геолокації.

$avgerr=0.45890$ km – середня помилка вимірювань для всіх тестових вимірів. Це важливий параметр, що показує оціночну характеристику моделі, яка дозволить порівняти їх один з одним на початковому етапі дослідження. Також, чим менше середня похибка моделі, тим краще будуть результати після обробки. Середня похибка моделі вкладається в очікувані границі, що свідчить про хорошу якість обчислень.

$err=-0.39738$ km – значення, отримане складанням помилок без модуля. Це превалюючий знак похибки, який показує в який бік модель помиляється частіше за все. З отриманого значення видно, що в цілому модель передбачає великі втрати рівня сигналу з ростом відстані до приймача, так як похибок з результатом, менше реального значення менше, ніж похибок з результатами, які перевищують реальну відстань.

На рис.2.7 наведено графік розкиду похибок вимірювання моделі для тестових даних

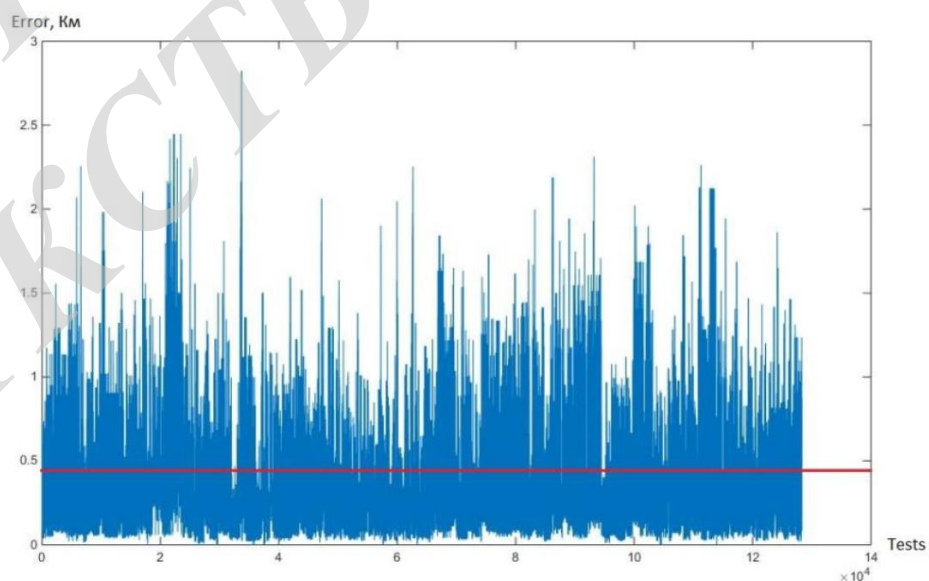


Рисунок 2.6 – Графік похибок моделі Окамури-Хата

Перепади на графіку змінюються разом з різними районами міста, в яких було одержано дані вимірювань. Як видно, деякі райони показують відмінні результати, в той час, як інші райони демонструють величезні стрибки з великою похибкою вимірювань.

У майбутньому для отримання практичних результатів варто розглядати райони міста, станції яких демонструють середню похибку в отриманні результатів.

2.6.2 Модель COST 231

Тепер розглянемо модель COST 231 для порівняння похибок двох моделей. В якості прийнятних результатів встановимо ті ж самі межі, що і для моделі Окамури-Хата: від 50 до 800 м. Обчислимо мінімальну, максимальну, середню похибки і превалюючий знак похибки на основі тестових даних. Модель COST 231 для великого міста:

$$L_{dB} = F + B \log_{10} R - E + G,$$

$$F = 46,3 + 33,9 \cdot \log_{10} f_c - 13,82 \cdot \log_{10} h_b,$$

$$B = 44,9 - 6,55 \cdot \log_{10} f_c,$$

$$E = 3,2 \cdot \left[\log_{10} (11,7554 \cdot h_m) \right]^2 - 4,97,$$

$$G = \begin{cases} 0 \text{ dB для середніх і малих міст;} \\ 3 \text{ dB для великих міст.} \end{cases}$$

Підставимо в неї відомі коефіцієнти і параметри:

$$f = 2600 \text{ МГц},$$

$$L = -RSRP + 1,47.$$

Отримаємо модель:

$$L_{dB} = F + B \log_{10} R - E + G,$$

$$F = 162,068_c - 13,82 \cdot \log_{10} h_b.$$

$$B = 44,9 - 6,55 \cdot \log_{10} h_b,$$

$$E = 3,2 \cdot \left[\log_{10} (11,7554 \cdot h_m) \right]^2 - 4,97,$$

$$G = \begin{cases} 0 \text{ дБ для середніх і малих міст;} \\ 3 \text{ дБ для великих міст.} \end{cases}$$

Виразимо R через L з відомими коефіцієнтами і отримаємо наступну формулу:

$$R = 10^{\frac{0,6036 \cdot \log^2 (11,7554 \cdot h_m) + 6,002 \cdot \log h_b + L - 170,0376}{2,8446 \cdot \log h_b - 44,9}}.$$

Виразимо L і підставимо замість неї формулу з першого пункту зв'язку із середнім рівнем сигналу на приймачі. Отримаємо формулу, яка б пов'язала середній рівень сигналу і відстань для моделі COST 231:

$$R = 10^{\frac{0,6036 \cdot \log^2 (11,7554 \cdot h_m) + 6,002 \cdot \log h_b - RSRP - 168,5676}{2,8446 \cdot \log h_b - 44,9}}.$$

Підставимо в скрипт на MatLab отримані результати і обчислимо похибки для моделі COST 231:

$\max_{err}=1,95784 \text{ km}$ – це максимальна похибка моделі COST 231. Як можна помітити, максимальна похибка даної моделі гірше, ніж у попередньої. Зростання похибки викликане тим, що модель не враховує станції з далеким радіусом дії так добре, як модель Окамури-Хата. Для COST 231 визначення місця розташування користувача з сигналами від такої базової станції призведе до підвищення похибки результату.

$\min_{err}=2,51778E-6 \text{ km}$ – мінімальна похибка моделі COST 231. Результат значно вище бажаних 50 метрів, але не перевищує показник попередньої моделі. Як видно, COST 231 гірше реагує на сигнали станцій, які показують хороші результати в обчисленнях. Це також може вплинути на подальші результати, проте мінімальна помилка досить близька до бажаного результату, щоб позитивно впливати на обчислення при триангуляції.

$\text{avg}_{err}=0.452162 \text{ km}$ – середня помилка вимірювань для всіх тестових вимірів. Це важливий параметр, що показує оцінку характеристику моделі, яка дозволить порівняти їх один з одним на початковому етапі дослідження. Також, чим менше середня похибка моделі, тим краще будуть результати після обробки. Показник моделі COST 231 нижче за показник моделі Окамури-Хата, що вказує на більш високу точність даного рішення.

$\text{err}=-0.50211 \text{ km}$ – значення, отримане шляхом додавання помилок без модуля. Це превалюючий знак похибки, який показує в який бік модель помиляється частіше за все. Як і у моделі Окамури-Хата, дана модель показує тенденцію до помилки в мінус, тобто передбачає, що сила сигналу зменшується швидше, ніж це насправді.

На рис.2.8 наведено графік розкиду помилки вимірювання для моделі COST 231.

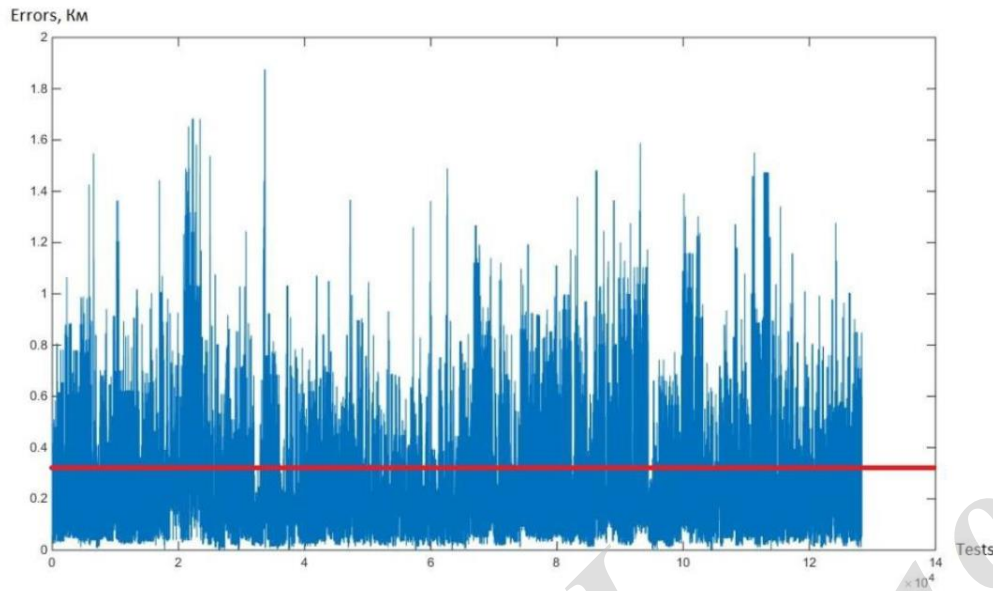


Рисунок 2.8 – Графік похибок моделі COST 231

Порівняємо середні похибки моделей, як найбільш точну характеристику оцінки. Як ми бачимо, модель COST 231 демонструє кращу середню помилку, що свідчить про більш точні обчислення, які можна застосувати до тестових даних. Однак, різниця між моделями не так велика, щоб повністю відмовитися від моделі Окамури-Хата в дослідженнях і подальші методи компенсації або зменшення похибки будуть випробувані на обох моделях для отримання об'єктивних результатів.

Через збіг піків графіка і схожість результатів видно, що COST 231 є модифікацією моделі Окамури-Хата для середніх міст. Однак, вона краще показує результат у великому місті, краще підходячи під сучасні дані станцій і приймачів.

Виходячи з мінімальної і максимальної похибки, модель COST 231 гірше реагує на сигнали від станцій з великими або малими радіусами дії. У загальному випадку, COST 231 є більш усередненою моделлю, яка б показала хороші середні результати, але поступається в конкретних випадках. Проте, обидві моделі мають приблизно однакові показники похибки і в подальшому застосуванні обидві моделі можуть мати приблизно однакові результати визначення місця розташування.

За графіками видно, що розкид помилок у обох моделях приблизно однаковий, але в моделі COST 231 графіки усереднені і результат виходить більш точним.

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

3 ТОЧНІСТЬ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ

Як відомо, в системах визначення місцезнаходження основним джерелом похибки є непрямолінійне поширення сигналу (NLoS, Non Line of Sight), що призводить до завищення в вимірах і неправильного розрахунку місцезнаходження. До факторів, котрі призводять до завищення вимірюваних значень, відносяться завади, пов'язані з геометрією приміщень та екранування радіовипромінювання.

3.1 Геометричний фактор

Технологія NanoLOC передбачає, що теоретична площа місцезнаходження мобільного пристрою позначена зафарбованою площею перетину трьох кіл з центрами відповідних базових станцій та радіусами, котрі рівні вимірним відстаням від мобільного до пристрою базових станцій. Тому місце розташування зручно описати за допомогою так званого area-based підходу. Також, ця площа можливого знаходження мобільного абоненту забезпечує стовідсоткову ймовірність того, що мобільний абонент знаходиться у ній, за умов, що усі вимірювання від базових станцій були виконані без помилок.

Можливе місцезнаходження мобільного абоненту всередині можливої площі місцезнаходження (точка 2 на рис. 3.1) обчислюється за методом триангуляції. Для базової станції ймовірність знаходження мобільної станції в точці, яка розташована всередині кола, яке відповідає відстані до цієї базової станції, є тим більше, чим ближче до центру кола розташована точка. Другий point-based спосіб розрахунку місцезнаходження всередині ймовірної області місцезнаходження базується на більш складній моделі, результатом розрахунку у даному буде точка 1 на рис. 3.1.

Оцінювання точності визначення координат місцезнаходження мобільної станції можна проводити по-різному. Завищені вимірювання між мобільною та базовими станціями чинять вплив на результуючу похибку визначення місце-

знаходження мобільної станції. Підвищення збільшення кількості базових станцій при вимірюваннях знижує ймовірність похибки розрахунку координат мобільного абонента.

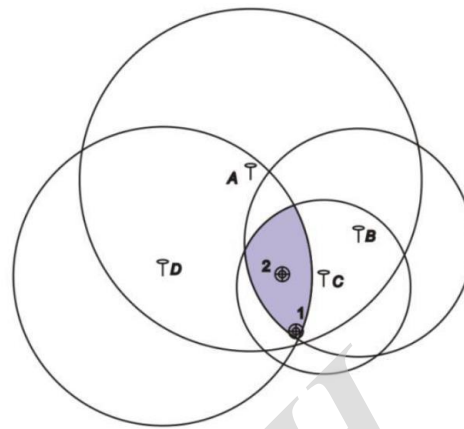


Рисунок 3.1 – Область розташування станції

У випадку розташування базових станцій з однієї сторони боку мобільної станції точність розрахунків зменшується. Це обумовлене геометричним фактором, що називається Geometric Dilution of Precision (GDOP).

При розгортанні системи стільникового зв'язку необхідно враховувати вказаний геометричний фактор. Також необхідно розраховувати місце положення мобільного абонента на основі даних від тих базових станцій, які забезпечують найменші значення геометричного фактора, рис. 3.2.

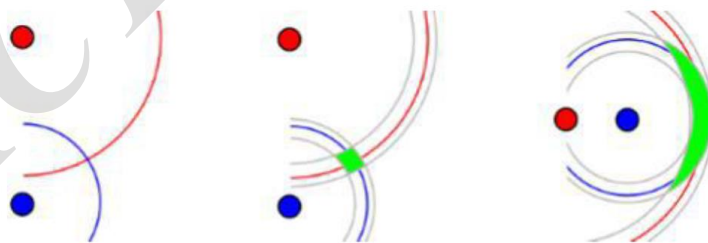


Рисунок 3.2 – Вплив геометричного фактору

3.2 Вплив завищених вимірювань на оцінювання точності визначення місцеположення

Розглянемо випадок, в якому місце розташування мобільної станції розраховується за результатами вимірювань від трьох базових станцій. У ідеальному випадку, за умови відсутності похибок вимірювань, усі три кола повинні перетнутися у одній точці, рис. 3.3 а.

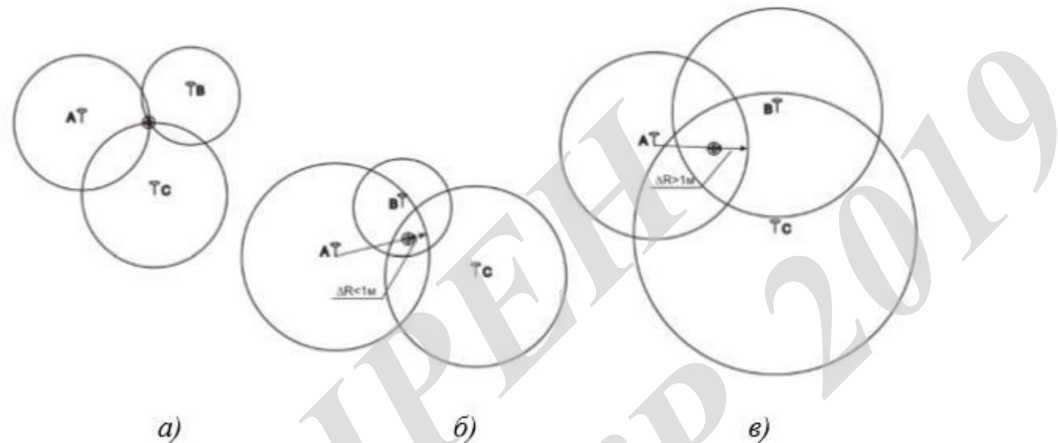


Рисунок 3.3 – Відмінності в відносних розмірах областей розташування

Точність розрахунку відстаней, заявлена виробником NanoLOC складає 1м. При правильному розташуванні базових станцій, що відстань від обчисленого місцеположення мобільного абоненту до кожного з кіл не повинно перевищувати 1м, рис. 3.3 б. Але наявність похибок у вимірюваннях, що пов'язані із відбиттям сигналів, може створити деяку достатньо велику область (рис. 3.3 в), що підвищує похибку обчислень.

3.3 Вплив занижених вимірювань на оцінювання точності визначення місцеположення

Як зображено на рис. 3.4, коло, котре відповідає заниженим вимірюванням, в результаті розрахунків дає неправильну зменшену область місцезнаходження мобільної станції.

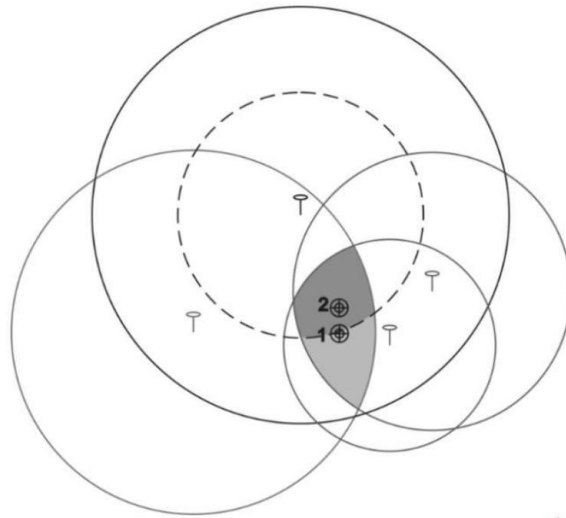


Рисунок 3.4 – Спотворення результатів обчислення місця розташування, спричинене похибками вимірювання відстані

При подібних похибках в розрахунках відстаней від мобільної станції базової в основному значення оцінки точності area-based місцезнаходження буде менше за дійсне, а сама область найвірогіднішого знаходження мобільного абонента буде зсунутою. Цей зсув області найвірогіднішого місцезнаходження мобільної станції, може збільшити інтервал між дійсним положенням мобільної станції і розрахованим.

3.4 Експериментальне визначення точності вимірювань

Всі наведені експерименти проводилися у зеленій зоні на відстані біля одного кілометра від населеної частини міста. Умовне креслення місцевості подано на рис. 3.5.

Основна частина експериментів проводилася у точках 1, 4 і 5, що позначені на умовному плані місцевості. Більша частина експериментів проводилася в денний час.

У всіх експериментах були використані радіомодулі, котрі склалися із трансівера NANOLOC та мікроконтролера ATmega644.

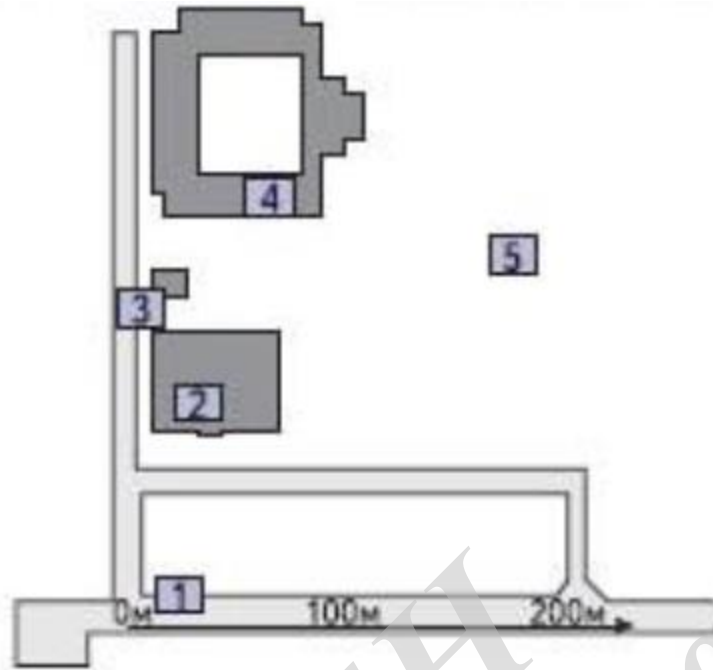


Рисунок 3.5 – План місцевості

3.4.1 Вимірювання на відкритій місцевості

Перший експеримент – це вимірювання відстаней на відкритому просторі вздовж дороги із асфальтовим покриттям. Два модулі були закріплені на жердинах на висоті 1,5 м від поверхні у прямій видимості один від другого.

Стационарний модуль (M – Master) було підключений до персонального комп'ютера. Інший модуль (S – Slave) переносився вздовж дороги. На рис. 3.6 подано криві, одержані шляхом усереднення результатів десяти вимірювань.

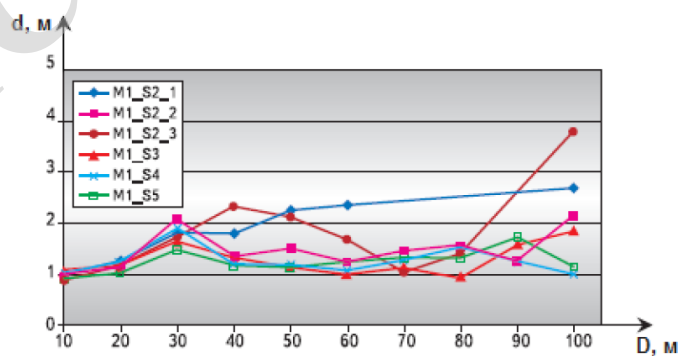


Рисунок 3.6 – Відхилення відстаней, виміряних радіометодом від реальних

На горизонтальній осі позначена реальна відстань в метрах, а на вертикальній осі позначена різниця між вимірним за допомогою технології NanoLOC і реальним. Вимірне значення відстаней завжди перевищує реальне значення через використання технології міток часу поширення пакета. У такому випадку, кожна точка вимірювання доповнюється 90% довірчим інтервалом для отримання усередненого значення. Перші три криві було отримано у різні дні для однієї і тієї ж самої пари модулів (M1, S2), на інших кривих модулі Slave було змінено (S3, S4, S5).

З графіків видно наявність існує систематична похибка при вимірюванні відстаней шляхом використання технології nanoLOC, котра знаходиться у межах 1-4 м, та випадкова похибка кожного вимірювання, котра знаходиться у межах ± 80 см і майже практично не залежить від відстані та модулів, що застосовуються.

Було виявлено, що систематична похибка вимірювань залежить від положення антен, що трохи відрізняються у різних точках і для різних експериментів, що вплинуло на графіки кривих, поданих на рис. 3.6.

На рис. 3.7 подано результат усереднення значень за 6 експериментами та 90-відсотковий довірчий інтервал випадкової величини.

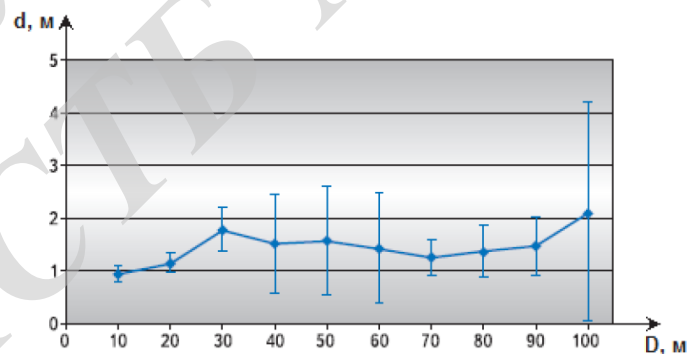


Рисунок 3.7 – Результат усереднення значень по всіх 6 експериментах

Через невелике значення довжини хвилі для діапазону частотного 2,4 ГГц і для довжини хвилі 12,5 см, поширення електромагнітних хвиль в даному діапазоні відбувається згідно законів поширення світлових хвиль – такі хвилі відбиваються і поглинаються різними перешкодами. Не зважаючи на те, що ра-

діозв'язок є можливим за наявності невеликих перешкод, найкращу якість зв'язку можна забезпечити лише за умов прямої видимості.

Невелике завищення результатів вимірювань найкраще пояснюється додатковим «набігом» шляху поширення електромагнітних хвиль, що спричинене відбиття від асфальтового покриття.

3.4.2 Аналіз впливу відбиття

З метою перевірки вказаної гіпотези було здійснено експеримент для виключення факторів відбиття та визначення точності вимірювання відстаней за таких умов. Як місце проведення вимірювань було обрано стадіон із двома вишками, а можливі перешкоди розташовані досить далеко від умовної прямої, яка з'єднує модулі. За подібної ситуації сигнал по прямій лінії буде набагато сильніше за відбиті сигнали. На рис. 3.8 подана схема даного експерименту.

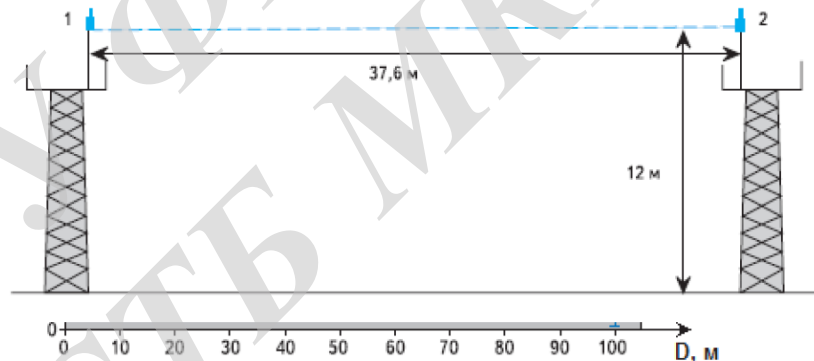


Рисунок 3.8 – Схема експерименту вимірювання відстані

Як результат було зафіксовано 93 значення відстаней. Середнє значення складає:

$$D_{сер} = 38,42 \pm 0,05 \text{ м.}$$

При цьому, 95% довірчий інтервал випадкової величини склав 0,44 м.

Різниця між відстанню, що була виміряна рулеткою, та середньою відстанню, що була зареєстрованою за допомогою модулів nanoLOC склала:

$$D_{сер} - D = 0,82 \text{ м.}$$

Таким чином, проаналізувавши експерименти з вимірювання відстаней близько 40 м без перешкод, показав, що завищення поблизу дорожнього покриття складає 1,5 м є більшим за завищення, зареєстроване далеко від дорожнього покриття (з вишок висотою 12 м), і дорівнює 0,82 м. Таким чином, можна припустити, що значення 0,82 м – це систематична складова похибки для таких давачів за даних умов, але необхідно врахувати той факт, що через те що вишки на висоті 12 м коливаються відносно центрального положення, змінюється розташування давачів.

3.4.3 Стабільність у часі

Експеримент полягав в дослідженні стабільності вимірених значень протягом великого проміжку часу. Окрім цього, було перевірено точність вимірювань за відсутності зовнішніх перешкод і за умовах, коли давачі нерухомі один відносно другого.

Для експерименту по вимірюванню відстані протягом досить тривалого проміжку часу було обрані два суміжних приміщення (рис. 7.1, місце 4). Усі прилади в цих приміщеннях були відключені. Для реєстрації було використано ті ж самі два модулі Master і Slave, як і у попередньому експерименті.

Давачі були розташовані у різних приміщеннях, між ними була стіна з гіпсокартону товщиною 0,31 м і шаром мінеральної вати; жодних інших перешкод не було між ними. Відстань від підлоги до давачів становила 1,80 м. На рис. 3.9 подана схема експерименту з зазначеними відстанями

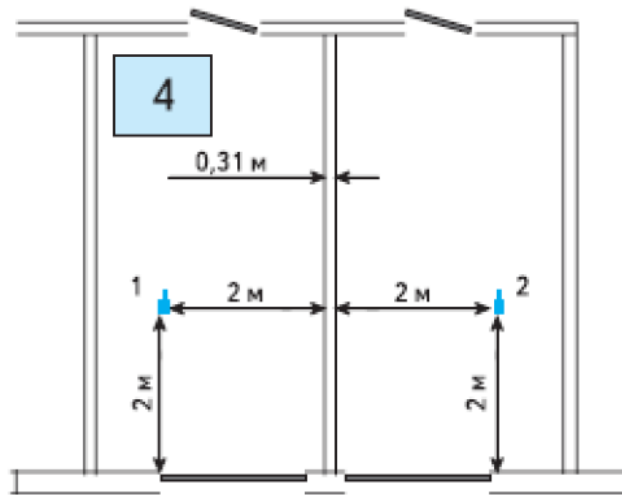


Рисунок 3.9 – Схема розташування давачів

Вказаний експеримент тривав більш ніж 18 годин, протягом вказаного часу було здійснено 64162 вимірювання.

Отримане середнє значення склало $4,423 \pm 0,002$ м при 95% довірчому інтервалі випадкової величини у 0,23 м. При цьому, відхилення середнього значення від реальної відстані, вимірюної рулеткою, склало 0,11 м.

Отримані дані було усереднено за 60 вимірам. На рис. 3.10 подано графік, де наведено усереднені значення за кожні тридцять хвилин. У цьому випадку 95% довірчий інтервал становить 0,04 м для середніх значень.

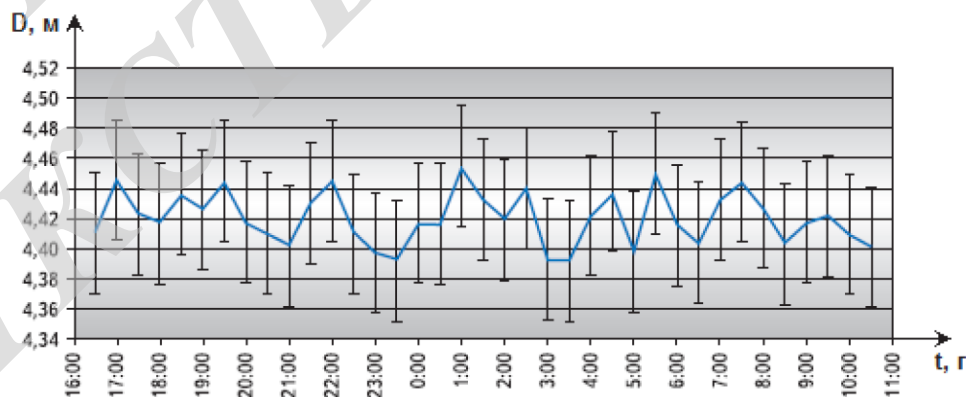


Рисунок 3.10 – Усереднені дані

На рис. 3.10 час запису результатів вимірювань вказується по горизонтальній осі, а усереднені відстані – по вертикальній осі. Як видно рис. 7.6, у межах довірчого інтервалу результати вимірювань не змінюються у часі.

На рис. 3.11 подано розподіл даних, які було зареєстровано у даному експерименті. На горизонтальній осі гістограми відкладено значення вибірки, відстаней, а на вертикальній – кількість випадінь для кожної вибірки. Аналіз даного розподілу, що був побудований із вибіркою 5 см, показав, що це нормальний закон розподілу. На гістограмі видно, що напівширина нормальної кривої на напіввисоті, яка характеризує відхилення від середнього, складає біля 0,15 м.

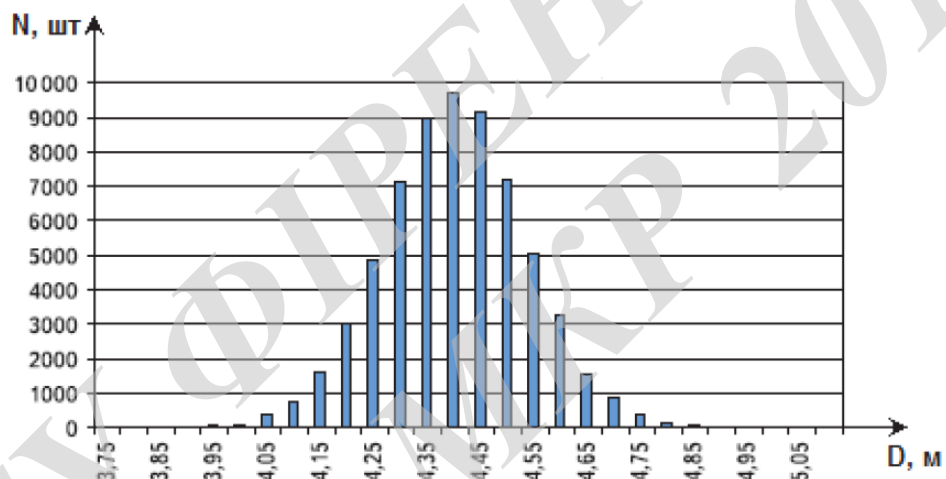


Рисунок 3.11 – Дослідження закону розподілу зареєстрованих даних

Експеримент по тривалим вимірам показав, що якщо усереднювати дані по 60 вимірюванням, то точність вимірювання відстані стаціонарними давачами за умови відсутності зовнішніх перешкод складатиме приблизно 0,04 м. також при цьому необхідно врахувати ще й систематичну похибку 0,11 м, що додається модулями до реальної відстані, яка була виміряна за допомогою рулетки і далекоміра.

Потрібно також відзначити, що систематична похибка в цьому експерименті складає 0,11 м, що менше похибки в експерименті із використанням вишок, яка складала 0,82 м.

3.4.4 Вплив взаємної орієнтації штиревих антен

Також були проведені експерименти щодо відстеження впливу взаємної орієнтації антен на якість і точність при вимірюванні відстаней. Аналіз результатів таких експериментів свідчить про наявність суттєвого впливу взаємної орієнтації антен на результати вимірювання. Також при цьому мають місце завищені значення відстаней, це свідчить про те, що електромагнітна хвиля проходила між модулями не по прямій лінії.

Окрім того, потрібно відзначити, що, у випадку коли гранична дальність зв'язку на відкритому просторі при однаковій орієнтації антен становить 300 м, а зона стійкого зв'язку дорівнює 100 м, то при умові перпендикулярної орієнтації антена на відстані 50 м зв'язку вже практично немає.

3.4.5 Аналіз залежності точності вимірювань від апаратури

У метод SDS-TWR, котрий був реалізований розробниками, передбачалося отримання значення відстані як усередненого результату двох вимірювань, одного з боку а і другого з боку відповідача. Саме тому, інтерес представляє перевірка таких моментів.

Необхідно визначити, чи є можливими умови, коли лише одна зі сторін постійно завищує результати вимірювання. Також, потрібно визначити, чи існує залежність в розкиді результатів на боці ініціатора і на боці відповідача від відстані.

Для того, аби одержати відповіді на ці питання було здійснено експеримент. Оброблення його результатів показало, що одна зі сторін постійно завищує результати вимірювання відносно результатів з іншої сторони. У більшості випадків це завищення перебувало у межах точності вимірювань, але декілька разів різниця була більше ніж 50 см. Беручи до уваги попередні дані, цей факт можна пояснити відмінністю апаратних частин об'єктів. Також перевірка пока-

зала відсутність якої-небудь залежності розкиду результатів вимірювань від відстані на різних сторонах.

Також було з'ясовано, чи існує залежність точності вимірювання від конкретного екземпляра NanoLOC модуля. Для цього були проведені відповідні експерименти, результати яких показали, що існує невелика залежність зареєстрованої відстані від конкретного екземпляра давача, що можна пояснити поганою витримкою взаємної орієнтації антен в процесі експерименту при переході від однієї точки до другої.

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

4 МЕТОД УТОЧНЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ

Сигнали, що передаються кожним космічним апаратом (КА) системи GPS в складі оперативної інформації, описують стан фазового центру передавальної антени даного КА в пов'язаній з Землею геоцентричній системі координат, яка визначається наступним чином:

- початок координат розташовано в центрі мас Землі;
- вісь Z спрямована на умовний полюс Землі як визначено в рекомендації Міжнародної служби обертання Землі;
- вісь X спрямована в точку перетину площині екватора і початкового (нульового) меридіана, встановленого Міжнародним бюро часу;
- вісь Y доповнює геоцентричну прямокутну систему координат до правої.

У цій системі координат положення точки в просторі визначається значеннями координат X , Y , Z . Система «Автограф» видає значення координат і проєкцій швидкості мобільного абоненту в дискретні моменти часу через заданий інтервал, розраховуючи їх по псевдодальностям до КА. Псевдодальності розраховуються по часовим затримкам T_i сигналу по трасі i -й КА-абонент і відомою швидкістю поширення радіохвиль [13].

На рис. 4.1 зображено графік руху абонента. Крива відображає залежність від часу t (секунди) середньої для координат x , y середньоквадратичної похибки визначення координат S (в метрах). Тут спостерігається пробіг через дрейфу координат, що виникає при перевідбитті сигналів.

Запишемо формальну дискретну модель руху:

$$x(k+1) = A(k)x(k) + V(k), \quad k \geq k_0, \quad (4.1)$$

$$y(k) = C(k)x(k) + w(k). \quad (4.2)$$

Недоступний для безпосереднього спостереження фазовий вектор $x(k)$ має розмірність n , вимірюваний вектор $y(k)$ – розмірність m . Параметри системи $A(k)$ і $C(k)$ є відомою матрицею відповідної розмірності, а вектор збурень $V(k)$ розмірності n і похибка вимірювань $w(k)$ розмірності m – векторні випадкові процеси з дискретним часом.

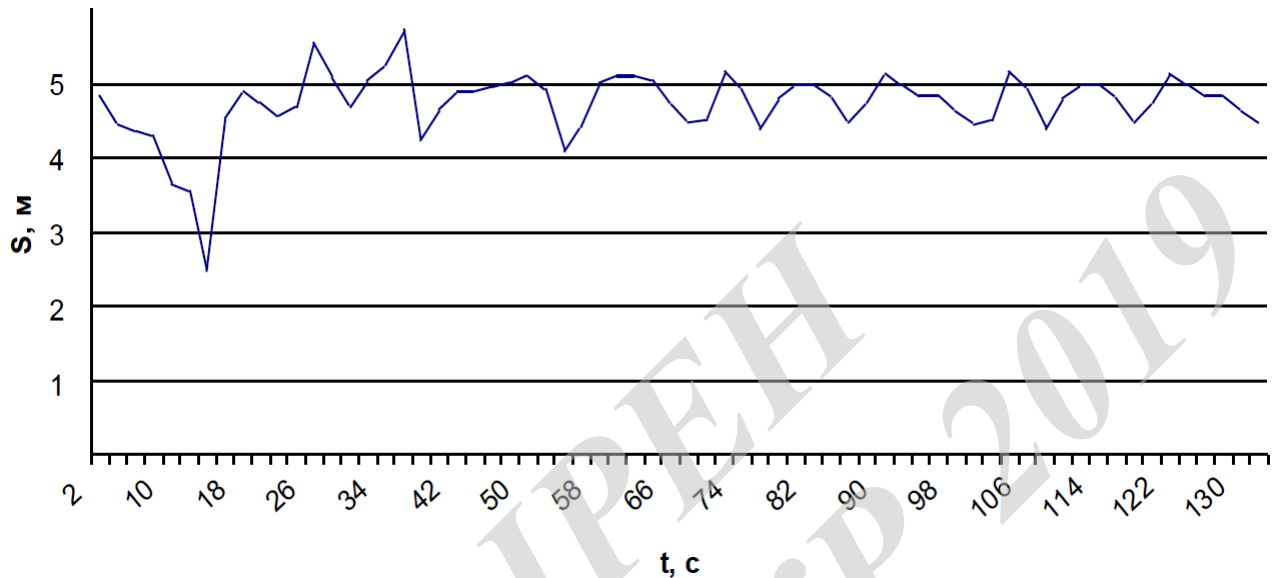


Рисунок 4.1 – Графік руху абонента

У РЛС автоматичного супроводу і оброблення сигналів в інерційних навігаційних системах найбільш поширеним алгоритмом вторинної обробки є фільтр Калмана. В алгоритмі типу багатовимірної калмановської фільтрації початковими умовами на кожному новому циклі слугують оцінка стану системи і величина, що характеризує її похибку. Даний алгоритм послідовно обробляє вектори вимірювань, враховуючи при цьому значення, обчислені на попередньому циклі. Ця риса відрізняє спосіб фільтра Калмана від рекурентних алгоритмів, яким рідко заради роботи потрібно зберігати цілий масив оброблюваних даних. На наступному кроці за допомогою оброблюваних на даному циклі вимірювань уточнюються початкові умови. По мірі послідовної обробки нових вимірювань відбувається накопичення фільтром корисної інформації. Якщо елементи вектору стану виражаються через виміряні величини, сумарна похибка оцінок, як правило, повинна знижуватися [14].

Реалізація алгоритму обробки вимірювань може ґрунтуватися на використанні в рамках інформаційно-керуючої системи, що працює в режимі реального часу. В силу того, що в даній системі потрібно в масштабі реального часу відслідковувати значне число швидкозмінних параметрів, видавати ефективні та своєчасні керувальні рішення, необхідним є математичний апарат, що дозволить обробляти великий потік складно-структурованої інформації про поточний стан виробничої системи. Базою такого математичного апарату є алгоритми глобального розпаралелювання обчислювальних процесів, зокрема, моделі нейронних мереж.

У реальних системах часто неможливо визначити значення деякого набору параметрів або визначити їх з високою часткою похибки, можливий також вихід з ладу тих чи інших датчиків. Крім того, відсутність точної математичної моделі є передумовою для застосування в системі апарату нечітких множин.

Основним принципом нейромережевого моделювання є принцип чорного ящика. В цьому випадку моделюється зовнішнє функціонування системи, а не її внутрішня структура, як при аналітичному підході. Функціонування системи в рамках нейромережевого моделювання описується інформаційно на основі спостережень або даних експериментів над реальною системою. Інтерпретація отриманих за допомогою таких моделей результатів складніша, ніж при використанні формальних математичних моделей, проте безперечна перевага – відсутність обмежень на складність модельованих систем – визначає їх важливу практичну значимість.

У даному випадку запропоновано підхід до визначення розташування рухомого об'єкта в системі GPS, який використовує нейронні мережі.

В процесі функціонування багат шарова нейронна мережа формує вихідний сигнал X_1 відповідно до вхідними сигналами X_0 по формулі

$$\begin{aligned} X_l &= f_l(W_{l-1}^T \cdot X_{l-1}) = \\ &= f_l(W_{l-1}^T \cdot f_{l-1}(W_{l-2}^T \cdot \dots \cdot f_1(W_0^T \cdot X_0) \dots)), \end{aligned} \quad (4.3)$$

де l – число шарів в мережі;

X_i – вихід нейронів i -го шару;

X_0 – вхід мережі;

W_i – матриця вагових коефіцієнтів між нейронами $(i-1)$ -го та i -го шарів;

f_i – активаційна функція нейронів i -го шару.

Вихідний сигнал – це результат обробки вхідного сигналу при його проходженні по зв'язках мережі. Отже, нейронна мережа реалізує функціональну відповідність між входом і виходом і може служити інформаційною моделлю F * (1) системи F (2).

Запропонований алгоритм реалізується таким чином. На вхід мережі подаються вимірювання в навігаційній системі. У вихідному шарі два нейрони: один відповідає за формування оцінки щільності розподілу ймовірності вхідного сигналу за умови переходу зі стану S_j в стан S_i , а другий оцінює ймовірність протилежної події. Прихований шар містить радіальні базисні функції з центрами в точках з навчальної вибірки. На рис. 4.2 представлена архітектура предиктора.

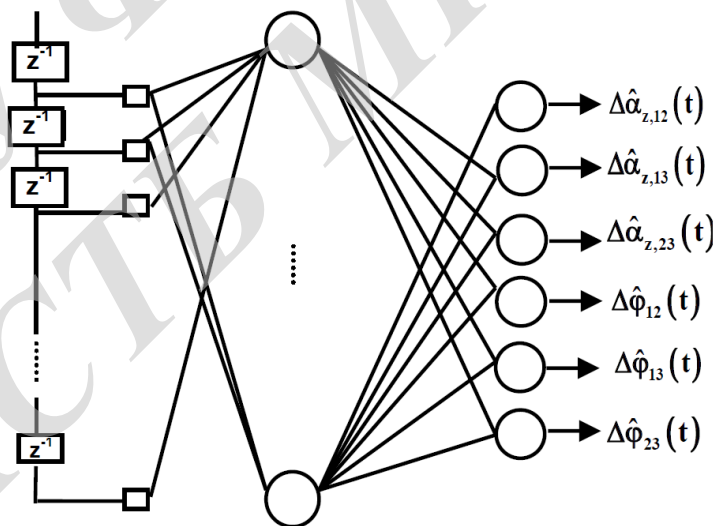


Рисунок 4.2 – Схема предиктора

Вимірювання подаються на вхідний шар мережі і зберігаються в елементах короткочасної пам'яті z^{-1} . Мережі для різних станів системи мають однако-ву структуру.

На вхід кожної мережі подається вектор вимірювань попереднього кроку

$$y(t-1) = \{\Delta\alpha_{z,12}(t-1), \Delta\alpha_{z,13}(t-1), \Delta\alpha_{z,23}(t-1), \\ \Delta\varphi_{12}(t-1), \Delta\varphi_{13}(t-1), \Delta\varphi_{23}(t-1)\}.$$

На виході виходить оцінка вимірювань поточного кроку

$$\hat{y}(t) = \{\Delta\hat{\alpha}_{z,12}(t), \Delta\hat{\alpha}_{z,13}(t), \Delta\hat{\alpha}_{z,23}(t), \Delta\hat{\varphi}_{12}(t), \Delta\hat{\varphi}_{13}(t), \Delta\hat{\varphi}_{23}(t)\}$$

для кожного стану системи S_i , $i = 0, 1, 2, 3$. При навчанні використано алгоритм зворотного поширення помилки і функцію тренування.

Для обмеження простору пошуку при навчанні ставиться завдання мінімізації цільової функції помилки нейронної мережі, яка знаходиться за методом найменших квадратів:

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^p (y_j - d_j)^2, \quad (4.4)$$

де y_j – значення j -го виходу нейромережі;

d_j – цільове значення j -го виходу;

p – число нейронів в вихідному шарі.

Навчання нейромережі здійснюється методом градієнтного спуску, тобто на кожній ітерації зміна ваги здійснюється за формулою

$$\Delta w_{ij} = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial w_{ij}}, \quad (4.5)$$

де η – параметр, що визначає швидкість навчання.

Введемо допоміжну змінну:

$$\delta_j^{(n)} = \frac{\partial E}{\partial y_j} \cdot \frac{dy_j}{dS_j}. \quad (4.6)$$

Тепер можна визначити рекурсивну формулу для визначення $\delta_j^{(n)}$ n-го шару, якщо відомо $\delta_j^{(n+1)}$ наступного n+1-го шару:

$$\delta_j^{(n)} = \left[\sum_k \delta_k^{(n+1)} \cdot w_{jk}^{(n+1)} \right] \cdot \frac{dy_j}{dS_j}. \quad (4.7)$$

Знаходження $\delta_j^{(n)}$ для останнього шару нейронної мережі не представляє труднощів, так як є відомим цільовий вектор, тобто вектор тих значень, які повинна видавати нейронна мережа при даному наборі вхідних значень:

$$\delta_j^{(n)} = (y_i^{(n)} - d_i) \cdot \frac{dy_j}{dS_j}. \quad (4.8)$$

Запишемо формулу (4.5) в розкритому вигляді:

$$\Delta w_{ij}^{(n)} = -\eta \cdot \delta_j^{(n)} \cdot x_i^n. \quad (4.9)$$

Розглянемо повний алгоритм навчання нейронної мережі.

1. Подати на вхід нейронної мережі один з образів і визначити значення виходів нейронів нейронної мережі.

2. Розрахувати $\delta_j^{(n)}$ для вихідного шару нейронної мережі за формулою (4.8), а зміни ваг $\Delta w_{ij}^{(n)}$ вихідного шару N за формулою (4.9).

3. Розрахувати за формулами (4.7) і (4.9) $\delta_j^{(n)}$ і $\Delta w_{ij}^{(n)}$ відповідно для інших шарів нейронної мережі, $n = N-1, \dots, 1$.

4. Скорегувати всі ваги нейронної мережі:

$$\Delta w_{ij}^{(n)}(t) = w_{ij}^{(n)}(t-1) + \Delta w_{ij}^{(n)}(t). \quad (4.10)$$

5. Якщо похибка суттєва, повторити алгоритм з кроку 1.

На етапі 2 мережі по черзі у випадковому порядку пред'являються вектори з навчальної послідовності.

Для підвищення точності визначення місцезнаходження наземного рухомого об'єкта запропонований метод контролю і діагностики інформаційних порушень в навігаційних системах, що використовує нейромережеві технології. Перед традиційними обчислювальними системами нейронні мережі мають ряд переваг [15]:

- Використовуючи здатність навчання на множині прикладів, нейронна мережа може вирішувати завдання, в яких невідомі закономірності розвитку ситуації і залежності між вхідними і вихідними даними.
- Маючи можливість роботи при наявності великого числа неінформативних, шумових вхідних сигналів, немає необхідності робити їх попередній відсів – нейронна мережа сама визначить малопридатні для вирішення завдання і відкине їх.
- Нейронні мережі потенційно відмовостійкі, тобто при несприятливих умовах їх продуктивність падає незначно. Наприклад, якщо пошкоджений якийсь нейрон або його зв'язок, витяг інформації, що знаходиться в пам'яті, ускладнюється. Однак, беручи до уваги розподілений характер зберігання інформації в нейронній мережі, можна стверджувати, що тільки серйозні пошкодження структури нейронної мережі істотно вплинуть на її роботоздатність. Тому зниження якості роботи нейронної мережі відбувається повільно.
- Нейронні мережі володіють потенційно надвисокою швидкістю за рахунок використання масового паралелізму обробки інформації в системах, які зараз активно розвиваються.

Також необхідно відзначити, що одним з найважливіших завдань глобальної навігації в системі GPS є точне визначення просторових координат наземних рухомих об'єктів. Це завдання має вирішуватися комплексно. При первинній обробці оцінюється вектор стану системи. Вторинна обробка інформації передбачає уточнення координат і швидкості руху об'єкта.

Слід очікувати, що запропонований метод фільтрації даних в навігаційних системах, заснований на застосуванні багат шарових перцептронів для прогнозування навігаційних параметрів на поточному кроці, за вимірюваннями на попередніх кроках може підвищити ефективність управління наземним рухомих об'єктом, що використовує систему GPS.

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Аналіз комерційного потенціалу досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку

5.1.1 Визначення рівня комерційного потенціалу досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку, створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання можна буде зробити висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Для проведення технологічного аудиту залучимо 3-х незалежних експертів. У нашому випадку такими експертами будуть керівник магістерської роботи та провідні викладачі випускової та споріднених кафедр.

Оцінювання комерційного потенціалу досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку будемо здійснювати за 12-ю критеріями згідно рекомендацій.

Результати оцінювання комерційного потенціалу досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку заносимо до табл. 5.1.

За даними табл. 5.1 робимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку. При цьому користуємося рекомендаціями, наведеними в табл. 5.2.

Таким чином, робимо висновок, щодо рівня комерційного потенціалу нашої досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку – середній.

Таблиця 5.1 – Результати оцінювання комерційного успіху досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку

Критерії	Експерти		
	Барась С.Т., к.т.н., професор	Барась С.Т., к.т.н., професор	Барась С.Т., к.т.н., професор
	Бали, виставлені експертами		
1	1	2	1
2	2	2	3
3	2	2	2
4	1	2	1
5	3	3	2
6	2	2	2
7	4	3	3
8	2	3	4
9	1	2	1
10	3	3	2
11	4	3	3
12	2	2	2
Сума балів	27	29	26
Середньоарифметична сума балів, СБ	27		

Таблиця 5.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 50	Високий

5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної, дослідно-конструкторської та конструкторсько-технологічної роботи

5.2.1 Розрахунок витрат, що стосуються виконавців досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку

Основна заробітна плата кожного із розробників (дослідників) Z_0 , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери:

$$Z_0 = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (5.1)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн.

У 2019 році величини окладів (разом з встановленими доплатами і надбавками) рекомендується брати в межах (5000...10000) грн. за місяць; T_p – число робочих днів в місяці; приблизно $T_p = (21...23)$ дні; t – число робочих днів роботи розробника (дослідника).

Зроблені розрахунки зводимо до табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Заробітна плата розробників

Посада	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник	9000	429	10	4290
Програміст	7000	333	3	999
Консультант	4500	214	2	428
Всього:				5717

Додаткова заробітна плата Зд всіх розробників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховується як (10...12)% від суми основної заробітної плати всіх розробників та робітників, тобто:

$$Зд = 0,1 \cdot (Зр + Зо) = 0,1 \cdot (5717) = 571,7 \text{ грн.} \quad (5.2)$$

Нарахування на заробітну плату Нзп розробників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$\begin{aligned} \text{Нзп} &= 0,22 \cdot (Зр + Зо + Зд) = 0,22 \cdot (5717 + 571,7) = \\ &= 1384 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (5.3)$$

де Зо – основна заробітна плата розробників, грн.;

Зр – основна заробітна плата робітників, грн.;

Зд – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

β – ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, % (приймаємо для 1-го класу професійності ризику 22%).

Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень А, які використовувались під час (чи для) виконання даного етапу роботи.

Дані відрахування розраховують по кожному виду обладнання, приміщенням тощо.

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування А в цілому бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot \text{На}}{100} \cdot \frac{T}{12},$$

де Ц – загальна балансова вартість всього обладнання, комп'ютерів, приміщень тощо, що використовувались для виконання даного етапу роботи, грн.;

На – річна норма амортизаційних відрахувань. Для нашого випадку можна прийняти, що $\text{На} = (10...25)\%$;

T – термін, використання обладнання, приміщень тощо, місяці.

Таблиця 5.4 – Амортизаційні відрахування

Найменування	Ціна, грн.	Норма амортизації, %	Термін використання, м.	Сума амортизації
1. Основні засоби, обладнання, комп'ютери тощо	20000	20	2	666
2. Приміщення кафедри та факультету	150000	10	2	2500
Всього			3166	

Витрати на комплектуючі K, що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i \cdot K_i, \text{ грн}$$

де N_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт.;

C_i – ціна комплектуючих i -го виду, грн.;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1, 1 \dots 1, 15)$;

n – кількість видів комплектуючих.

Таблиця 5.5 – Комплектуючі, що використані на розробку

Найменування матеріалу	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість, грн.
Флешка	100	1	100
Компакт диски	20	1	20
Заправка картриджа	50	1	50
Ручка	15	1	15
Папір	100	2	200
Всього, з урахуванням коефіцієнта транспортних витрат		424	

Витрати на силову електроенергію Ve , якщо ця стаття має суттєве значення для виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$Ve = V \cdot П \cdot \Phi \cdot Kп, \text{ грн}$$

де V – вартість 1 кВт-год. електроенергії, в 2019 р. $V \approx 8,45$ грн./кВт;

$П$ – установлена потужність обладнання, кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин, $Kп$ – коефіцієнт використання потужності; $Kп < 1$.

Потужність обладнання складає – 0,5 кВт.

Кількість годин роботи складає – 100 годин.

Коефіцієнт викор. потужності -0,9.

$Ve=383$ грн.

Інші витрати $V_{ін}$ охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо.

Інші витрати I_v можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які були виконували дану роботу, тобто:

$$I_v = 3 \cdot (Z_o + Z_p) = 3 \cdot (5717) = 17151 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати на виконання даної частини (розділу, етапу) роботи – V .

$$V = 27413 \text{ грн.}$$

5.2.2 Розрахунок загальних витрат на дослідження з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку

Загальна вартість всієї наукової роботи визначається за Взг формулою:

$$\text{Взг} = \frac{I_{\text{в}}}{\alpha} = \frac{17151}{0,9} = 19057 \text{ грн}, \quad (5.5)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях.

5.2.3 Прогнозування витрат на виконання та впровадження досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку

Прогнозування загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку здійснюється за формулою:

$$\text{ЗВ} = \frac{\text{Взг}}{\beta} = \frac{19057}{0,1} = 190570 \text{ грн}, \quad (5.6)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи.

Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то $\beta \approx 0,1$; на стадії технічного проектування, то $\beta \approx 0,2$; на стадії розробки конструкторської документації, то $\beta \approx 0,3$; на стадії розробки технологій, то $\beta \approx 0,4$; на стадії розробки дослідного зразка, то $\beta \approx 0,5$; на стадії розробки промислового зразка, $\beta \approx 0,7$; на стадії впровадження, то $\beta \approx 0,9$.

5.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку

З метою прогнозування комерційних ефектів від реалізації досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку складено таблицю вихідних показників, за рахунок яких і відбуватиметься отримання комерційного ефекту.

Таблиця 5.6 – Вихідні дані для прогнозування комерційного ефекту від реалізації досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку

Рік реалізації досліджень	1
Кількість од. реалізації, шт.	1

Величина зростання ціни реалізації досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку, грн. – 150 грн.

Кількість продукції, що випускалась до впровадження досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку – 350 шт.

Збільшення чистого прибутку підприємства Π_i для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, розраховується за формулою:

$$\Delta \Pi_i = \sum_1^T (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \rho \cdot \gamma \cdot \left(1 - \frac{v}{100}\right) \quad (5.7)$$

де ΔC_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником може бути ціна одиниці нової розробки;

N – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки;

Цо – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2018 р. ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт – 0,8333. З 2014 року ставка податку на додану вартість встановлена на рівні 17%, а коефіцієнт – 0,8547;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати – 0,2...0,3;

v – ставка податку на прибуток. У 2018 році – 21%, у 2013 році – 19%, а з 2014 року – 16%.

Збільшення чистого прибутку підприємства Π_i протягом першого року складе: 1526200 грн.

5.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності

5.4.1 Визначення абсолютної ефективності вкладених інвестицій у дослідження з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку

Для цього користуються формулою:

$$E_{\text{абс}} = (\text{ПП} - PV), \quad (5.8)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 3B$, грн.

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^t \frac{\Delta\Pi}{(1+\tau)^t} \quad (5.9)$$

де $\Delta\Pi$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, грн.;

t – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,1;

t – період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки „0”.

$$ПП = 1526200 \text{ грн.},$$

$$E_{абс} = 1526200 - 190570 = 1335630 \text{ грн.}$$

Оскільки $E_{абс} > 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, але це також ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку.

5.4.2 Розрахунок відносної ефективності вкладених коштів в НДДКР досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку

Для розрахунку відносної ефективності вкладених коштів в НДДКР користуються формулою:

$$E_B = \sqrt[\tau]{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 \quad (5.10)$$

де $E_{абс}$ – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн.;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = ZB$, грн.;

$Tж$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_B = 1,8$$

Далі, розрахована величина E_B порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування, що дорівнює:

$$\tau = d + f, \quad (5.11)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2018 році в Україні $d = (0,14...0,2)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,1)$, але може бути і значно більше.

$$E_B = 1,8 \geq \tau = 0,2 + 0,1 = 0,3.$$

Оскільки величина $E_B > \tau$ мін, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

5.5 Розрахунок терміну окупності коштів, вкладених в наукову досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій Ток можна розрахувати за формулою:

$$\text{Ток} = \frac{1}{E_{\text{в}}} = \frac{1}{1,8} = 0,55 \text{ року.} \quad (5.12)$$

Оскільки Ток < 3...5-ти років, то фінансування даної наукової досліджень з підвищення ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку є доцільним.

ВНТУ ФІРЕН
ТКСТЬ МКР 2019

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Промислова безпека, яку розглядає охорона праці, має велике значення для трудової діяльності, оскільки саме вона контролює фізичний стан працівника, що не може не позначитись на його здоров'ї, житті, а також результативності праці в тому числі і у сфері телекомунікаційних систем.

У даному розділі наводиться розгляд небезпечних, шкідливих [25] і уражаючих для людини і навколишнього довкілля факторів, які виникають під час проведення дослідження ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку. В ньому розглядаються, в тому числі, технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, визначення товщини суцільного екрану для захисту від магнітної складової ЕМВ, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні дослідження, безпека у надзвичайних ситуаціях.

6.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці

6.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Визначаємо для приміщення для проведення дослідження ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іб.

У відповідності із [27] допустимі параметри мікроклімату в робочій зоні для теплого та холодного періодів року наведені у табл.1 додатку R.

Для опромінення менше 25% поверхні тіла людини, допустима інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м^2 .

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК) в повітрі робочої зони та підлягає систематичному контролю для запобігання можливості перевищення ГДК, значення яких для роботи з ЕОМ наведено в табл.2 додатку К.

При використанні ЕОМ джерелом забруднення повітря є також іонізація молекул речовин, що містяться в повітрі. Рівні додатних та від'ємних іонів повинні відповідати [29] та наведені в табл.3 додатку К.

Для встановлення нормованих показників мікроклімату та складу повітря робочої зони запропоновано:

1) в приміщенні повинна бути розміщена система опалення для холодного і кондиціонування для теплого періодів року;

2) застосування вентиляції, яка видаляє забруднення або нагріте повітря з приміщення, а також за допомогою неї контролюється швидкість руху повітря і вологість.

6.1.2 Виробниче освітлення

Для забезпечення раціональних гігієнічних умов на робочих місцях значні вимоги висуваються щодо кількісних та якісних показників освітлення.

З точки зору задач зорової роботи в приміщенні, де проводиться робота з дослідження ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку, відповідно до [28] знаходимо, що вони відносяться до IV розряду зорових робіт. Приймаємо контраст об'єкта з фоном – великий та характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд зорових робіт 2.

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) і мінімальні значення освітленості для штучного освітлення наведені в табл.4 додатку К.

Так як приміщення знаходиться в місті Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна розташовані за азимутом 135°, то за таких обставин КЕО визначатиметься за формулою [28, 29]

$$e_N = e_H m_N [\%], \quad (6.1)$$

де e_H – табличне значення КЕО для бокового освітлення, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

Підставляючи відомі значення одержимо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:

$$e_{N.6} = 1,5 \cdot 0,85 = 1,28 (\%);$$

$$e_{N.c} = 0,9 \cdot 0,85 = 0,77 (\%).$$

Для забезпечення нормованих значень параметрів освітлення запропоновано:

1) при недостатньому природному освітленні в світлу пору доби доповнення штучним за допомогою люмінесцентних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення;

2) використання штучного освітлення в темну пору доби.

6.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Зважаючи на те, що при використанні пристроїв крім усього іншого устаткування використовується обладнання, робота якого супроводжується шумом та вібрацією, необхідно передбачити шумовий та вібраційний захист.

Встановлено, що приміщення, в якому відбувається робота з дослідження ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку може мати робочі місця із шумом та вібрацією, що спричиняється рухомими елементами ЕОМ.

Для попередження травмування працівників від дії шуму він підпадає під нормування. Головним документом з питань виробничого шуму, діючим в Україні, є [30], згідно з яким допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в виробничих приміщеннях не повинні бути більшими ніж значення, які приведені в табл.5 додатку К. Норми виробничих вібрацій наведені в табл.6 додатку К для локальної вібрації.

Для встановлення допустимих параметрів шуму та вібрації в приміщенні передбачено:

- 1) періодичне змащування підшипників вентиляторів блоку живлення ЕОМ і кулерів відеоадаптера та мікропроцесора;
- 2) контроль рівня шуму та вібрації не менше 1 разу на рік.

6.1.4 Виробничі випромінювання

Проведений аналіз умов праці показав, що приміщення, в якому проводиться робота з дослідження може містити електромагнітні випромінювання.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Гранично допустимі значення електромагнітних полів на робочих місцях згідно [39]

Параметри та одиниці вимірю- вання	Граничні значення в діапазонах частот					
	1-10 кГц	10-60 кГц	0,06-3 МГц	3-30 МГц	30-50 МГц	50-300 МГц
$E_{Гд}$, В/м	1000	700	500	300	80	
$E_{H_{Гд}}$, $(В/м)^2 \cdot год$	120000	40000	20000	7000	800	
$H_{Гд}$, А/м	75	57	50	–	3,0	–
$E_{H_{H_{Гд}}}$, $(А/м)^2 \cdot год$	675	390	200	–	0,72	–

Для забезпечення захисту і досягнення нормованих рівнів випромінювань необхідно застосовувати екранні фільтри та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.

Визначимо товщину суцільного алюмінієвого екрану для захисту від магнітної складової електромагнітного випромінювання, якщо частота поля $f = 175$ кГц, число витків котушки $n = 3200$ шт., а її радіус $r = 0,07$ м, сила струму в котушці $I = 7,5$ А, відстань від джерела до робочого місця $X = 0,3$ м.

Товщина екрану δ від магнітної складової електромагнітного випромінювання у випадку використання суцільного екрану може бути визначена за формулою

$$\delta = \frac{65L}{\sqrt{f\mu\gamma}} \text{ [мм]}, \quad (6.2)$$

де L – ефективність екранування від магнітної складової електромагнітного випромінювання, дБ;

f – частота електромагнітного поля, Гц;

μ – магнітна проникність металу захисного екрану, Г/м;

γ – електрична провідність металу екрану, (Ом·м)⁻¹.

Ефективність екранування від магнітної складової електромагнітного випромінювання розраховується за формулою

$$L = 20 \lg \frac{H_\phi}{H_{ГД}} \text{ [дБ]}, \quad (6.3)$$

де H_ϕ – фактична напруженість магнітного поля, А/м;

$H_{ГД}$ – гранично допустима напруженість магнітного поля, А/м.

Фактична напруженість магнітного поля визначається за допомогою виразу

$$H_\phi = \frac{nIr^2}{4X^2} \beta_m \text{ [А/м]}, \quad (6.4)$$

де n – число витків котушки, шт.;

I – сила струму в котушці, А;

r – радіус котушки, м;

X – відстань від джерела до робочого місця, м;

β_m – коефіцієнт, що визначається співвідношенням X / r .

Для $X / r = 0,3 / 0,07 = 4,286 < 10 \beta_m = 1$.

Для діапазону частот 30...300 кГц $H_{ГД} = 50$ А/м.

У випадку використання алюмінієвого екрану $\mu = 4\pi 10^{-7}$ Г/м,
 $\gamma = 3,54 \cdot 10^7$ (Ом·м)⁻¹.

Підставляючи відомі значення у формули (5.4, 5.3, 5.2), одержимо:

$$H_{\Phi} = \frac{3200 \cdot 7,5 \cdot 0,07^2}{4 \cdot 0,3^2} 1 = 326,667 \text{ (А/м);}$$

$$L = 20 \lg \frac{326,667}{50} = 13,4712 \text{ (дБ);}$$

$$\delta = \frac{65 \cdot 13,4712}{\sqrt{175 \cdot 10^3 \cdot 4\pi 10^{-7} \cdot 3,54 \cdot 10^7}} = 0,31391 \text{ (мм).}$$

6.2 Технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні дослідження

На теперішньому етапі розвитку техніки, автоматизації розробок та досліджень широкого використання на робочому місці набули ЕОМ. Наявність великої кількості прикладних програм сприяє тому, що ЕОМ є основним робочим інструментом інженера в галузі радіотехніки.

6.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Розміщення робочих місць, оснащених ЕОМ виконується у приміщеннях з однобічним розташуванням світлових отворів, які обов'язково повинні бути обладнані сонцезахисним пристроями: жалюзьями та шторами [32].

При розміщенні робочих місць у приміщеннях з джерелами шкідливих та небезпечних виробничих чинників, вони зобов'язані розміщатись в повністю

ізолюваних кабінетах з природним освітленням та організованим повітрообміном. Площа одного робочого місця повинна складати не менше 6,0 м², об'єм – не менше ніж 20 м³, а висота – не менше 3,2 м [33].

Поверхня підлоги повинна бути рівною, без вибоїн, не слизькою, зручною для вологого прибирання, мати антистатичні властивості. Забороняється застосовувати для оснащення інтер'єру полімерні матеріали, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

6.2.2 Електробезпека

У середині приміщення, в якому проводиться робота з дослідження ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку, значну увагу слід надати уникненню загрози ураження електричним струмом. Згідно [34] дане приміщення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом в наслідок наявності значної (понад 75 %) відносної вологості. Тому безпека використання електрообладнання повинна гарантуватись рядом заходів, які передбачають використання ізоляції струмовідних елементів, захисних блокувань, захисного заземлення та ін [35].

6.2.3 Пожежна безпека

Відповідно до [36] приміщення, де проводиться робота з дослідження ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку, відноситься до категорії пожежної небезпеки В. Це приміщення відноситься до 3-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1, Г2. До елементів покриттів не висовуються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню,

при цьому елементи горючого покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.

Мінімальні межі вогнестійкості конструкцій розглядуваного приміщення наведені в табл.7. В табл.8 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Встановлюємо, що приміщення, де проводиться робота з дослідження, має бути обладнане двома вогнегасниками, пожежним щитом, а також ємністю з піском [37].

6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи мобільної системи зв'язку в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Несприятливі чинники надзвичайних ситуацій (НС) можуть негативно впливати на безпеку роботи мобільної системи зв'язку, спрямованої на забезпечення населення та організацій послугами безпроводного телефонного зв'язку. При цьому найбільшу небезпеку серед НС для даної системи представляють іонізуючі випромінювання та електромагнітний імпульс.

В залежності від виду випромінювання, дози радіації, природи опромінюваної речовини і умов оточуючого довкілля великою мірою залежить дія іонізуючих випромінювань на деталі та матеріали обладнання. Оскільки такі перетворення можуть приводити до відмов електронних підсистем, вагомим зусиллям в останні роки скеровуються на розробку методів, які допомагають обминути погіршення параметрів радіоелектронної апаратури (РЕА) під час опромінення.

Електромагнітний імпульс (ЕМІ) пошкоджує напівпровідникові прилади, конденсатори, резистори та ін. Це становить значну небезпеку для РЕА, добре захищеної від впливу інших загрозливих чинників. Тому слід пам'ятати про те, що захист апаратури від механічних пошкоджень ушкоджень не захищає від дії

ЕМІ. РЕА може втратити працездатність, знаходячись в надійних захисних спорудах.

Під час електромагнітного імпульсу можуть спостерігатись високі імпульси струмів і напруг в провідниках і кабелях зв'язку, електропередач, автоматичних систем управління і систем обчислювальних машин, антенах радіостанцій та ін.

6.3.1 Дослідження безпеки роботи мобільної системи зв'язку в умовах дії іонізуючих випромінювань

Приймаючи до уваги елементну базу, що застосовується для реалізації мобільної системи зв'язку, складемо таблицю рівнів радіації для кожного елемента $P_{зв.i}$, які викликають початок зворотних змін (табл. 6.2).

Визначаємо елемент, який найбільше піддається впливу іонізуючого випромінювання, тобто елемент із мінімальним значенням $P_{зв.min} = 10^4$ Р.

Визначаємо граничне значення потужності експозиційної дози:

$$P_{зр} = K_{над} \cdot P_{зв.min} \cdot K_{носл} \text{ [Р/год]}; \quad (6.5)$$

$$P_{зр} = 0,95 \cdot 10^4 \cdot 3 = 28500 \text{ (Р/год)},$$

де $K_{над}$ – коефіцієнт надійності (приймається $K_{над} = 0,95$);

$P_{зв}$ – потужність експозиційної дози, яка відповідає початку зворотних змін в елементах;

$K_{носл}$ – коефіцієнт послаблення радіації (приймається $K_{носл} = 3$).

Таким чином, безпечне функціонування мобільної системи зв'язку в умовах дії іонізуючих випромінювань можливе при $P_{зв} < 28500$ Р/год, а допустимий час його безвідмовної роботи може скласти:

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{D_{\text{ep}} K_{\text{носл}}}{2P_1} + \sqrt{t_n} \right)^2 \text{ [год]}; \quad (6.6)$$

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{10^6 \cdot 3}{2 \cdot 28500} + \sqrt{1} \right)^2 = 2876,35 \text{ (год)}.$$

Таблиця 6.2 – Рівні радіації кожного елемента

№	Елементи мобільної системи зв'язку	$P_{\text{зв.і}}, \text{ P/год}$	$P_{\text{зв.мін}}, \text{ P/год}$
1	Транзистори серії КП	10^4	10^4
2	Діоди КС168	10^4	
3	Конденсатори К50-6	10^7	
4	Мікросхеми К1533	10^5	
5	Резистори СМД	10^8	

6.3.2 Дослідження безпеки роботи мобільної системи зв'язку в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початкові дані: напруга живлення $U_{\text{жс}} = 12 \pm 5\% \text{ В}$; максимальна довжина горизонтальної струмопровідної частини електричної принципової схеми $l_B = 0,35 \text{ м}$.

Як критерій безпеки роботи радіоелектронних систем до дії електромагнітного імпульсу приймаємо коефіцієнт безпеки:

$$K_{\text{с}} = 20 \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{с}(\text{г})}} \geq 40 \text{ [дБ]}, \quad (6.7)$$

де $U_{\text{д}}$ – допустимі коливання напруги живлення, В;

$U_{\text{с}(\text{г})}$ – напруга наведення за рахунок електромагнітного імпульсу в вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Розраховуємо спочатку допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{\partial} = U_{жс} + \frac{U_{жс}}{100} N \text{ [В]}, \quad (6.8)$$

$$U_{\partial} = 12 + \frac{12}{100} \cdot 5 = 12,6 \text{ (В)};$$

де $U_{жс}$ – робоча напруга живлення, В;

N – допустимі коливання напруги, %.

Визначаємо максимально очікувану напруга в горизонтальних лініях:

$$U_{\epsilon} = \frac{U_{\partial}}{10^{K/20}} \text{ [В]}; \quad (6.9)$$

$$U_{\epsilon} = \frac{12,6}{10^{40/20}} = 0,126 \text{ (В)};$$

де K – коефіцієнт безпеки ($K = 40$ дБ).

Розраховуємо горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля за формулою:

$$E_z = \frac{U_{\epsilon}}{l_{\epsilon}} \text{ [В/м]}. \quad (6.10)$$

$$E_z = \frac{0,126}{0,35} = 0,36 \text{ (В/м)};$$

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля за формулою

$$E_{\epsilon} = 10^3 E_z \text{ [В/м]}, \quad (6.11)$$

$$E_{\epsilon} = 10^3 \cdot 0,36 = 360 \text{ (В/м)}.$$

Відповідно до виконаних розрахунків безпека роботи мобільної системи зв'язку в умовах дії електромагнітного імпульсу можлива для значення напруженості вертикальної складової електричного поля $E_{\epsilon} < 360 \text{ В/м}$.

6.3.3 Розробка превентивних заходів з підвищення безпеки роботи мобільної системи зв'язку в умовах надзвичайних ситуацій

З метою зменшення негативного впливу на РЕА мобільної системи зв'язку можна використати наступні методи.

Для захисту мобільної системи зв'язку від альфа-випромінювання використовуються екрани зі скла товщиною декілька міліметрів. Для захисту від бета-випромінювання використовуються матеріали з малою атомною масою. Для цього використовують комбіновані екрани, у котрих з боку джерела розташовується матеріал з малою атомною масою товщиною, що дорівнює довжині пробігу бета-частинок, а за ним – з великою масою. Для захисту від рентгенівського та гамма-випромінювання застосовуються матеріали з великою атомною масою та з високою щільністю (свинець, вольфрам). Для захисту від нейтронного випромінювання використовують матеріали, котрі містять водень (вода, парафін), а також бор, берилій, кадмій, графіт. Враховуючи те, що нейтронні потоки супроводжуються гамма-випромінюванням, слід використовувати комбінований захист у вигляді шаруватих екранів з важких та легких матеріалів (свинець-поліетилен).

З метою захисту від впливу електромагнітного імпульсу потрібно використати захищене металічним екраном приміщення, в якому розміщена РЕА.

Товщину пасивного екрану визначаємо за формулою:

$$t = \frac{A}{k\sqrt{f}} \text{ [см]}; \quad (6.12)$$

$$t = \frac{20}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,031 \text{ (см)} = 0,31 \text{ (мм)},$$

де A – перехідне затування енергії електричного поля сталевим екраном ($A = 20$ дБ);

k – коефіцієнт, який для сталевого екрана дорівнює 5,2;

f – найбільш характерна частота ($f = 15000$ Гц).

6.4 Висновки до розділу

В результаті написання даного розділу було опрацьовано такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, визначення товщини суцільного екрану для захисту від магнітної складової ЕМВ, технічні рішення з промислової та пожежної безпеки при проведенні дослідження ефективності позиціонування в мобільних системах зв'язку, безпека у надзвичайних ситуаціях.

Також у даному розділі нами було досліджено безпеку роботи мобільної системи зв'язку в умовах впливу загрозливих факторів надзвичайних ситуацій. Розроблено дієві заходи з підвищення безпеки роботи мобільної системи зв'язку в умовах НС.

ВИСНОВКИ

Наразі цифрові безпроводові мережі передавання даних розвиваються швидкими темпами. Так, сучасні мережі стільникового типу дають змогу забезпечити визначення місця розташування абонента із потрібною точністю.

Розгалужена мережа, що надає послуги мобільного зв'язку досить щільно покриває міські райони і дозволяє одержати координати із точністю, близькою до точності супутникових навігаційних технологій.

У магістерській кваліфікаційній роботі було виконано класифікацію сучасних методів позиціонування мобільних станцій у мережах стільникового зв'язку, о проаналізовано їх особливості та основні принципи. Так, детально були розглянуті основні найбільш перспективні методи визначення місця розташування мобільної станції користувача, а саме: ідентифікації стільника, AoA, ToA, OTDoA, E-OTD.

Після огляду основних методів, було визначено, що метод RSSI є одним з найпоширеніших в технології позиціонування, що обумовлено високою точністю, доступністю, відсутністю додаткового обладнання в реалізації методу.

Існує безліч алгоритмів, які мають різну точність визначення місця розташування. Алгоритми, у яких відсутні попередні вимірювання, показують більш низьку точність щодо тих, у яких вони присутні. Fingerprint є найперспективнішим алгоритмом і забезпечує високу точність, проте є трудомістким в стадії налаштування.

У магістерській кваліфікаційній роботі запропоновано використовувати нейромережеві алгоритми для підвищення ефективності визначення місцеположення приймача стільникового зв'язку.

При дослідженні порівнювалися дві макро моделі стільникової навігації: Окамури-Хата і COST 231, при цьому обчислювалася залежність втрати сигналу від відстані в метрах. Виходячи з результатів досліджень, було встановлено, що модель COST 231 показала кращі результати на тестових вимірюваннях, проте модель Окамури-Хата показала кращі результати на практичних даних.

Проте, не дивлячись на розбіжності в показниках на обох стадіях дослідження, обидві моделі показали однакові результати після тріангуляції, тим самим їх можна використовувати одночасно і вибирати в якості вихідного результату той, у якого передбачувана похибка після тріангуляції мінімальна.

Ще одним підходом до підхід до корекції GPS-координат за допомогою так званого фільтра Калмана. Такий фільтр працює у режимі реального часу, що звільняє мобільний телефон від накопичення додаткових даних, а також згладжує «викиди», що дає змогу покращити візуальне сприйняття треків. Такий підхід дозволяє у кожен момент часу отримати актуальну оцінку, із можливістю врахування всіх попередніх вимірювань.

В економічній частині роботи були розрахована вартість розробки, виробнича собівартість, ціна реалізації та термін окупності нового пристрою.

В розділі "Безпека життєдіяльності" проаналізовані умови праці в лабораторії для досліджень, виконано організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні заходи та протипожежні заходи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабков Валерий. Позиционирование абонентов в системах мобильной связи третьего поколения. / Валерий Бабков, Антон Степутин // Мобильные телекоммуникации. – 2008. – №3. – С. 8-1511
2. Остроумов І.В. Застосування методів позиціонування у мережі мобільного зв'язку для навігації рухомих об'єктів / І. В. Остроумов // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Том.2 – Херсон: Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2010. – С. 57–59.
3. Смоленцев С.В. Определение координат мобильных абонентов в сетях сотовой связи стандарта GSM / С.В. Смоленцев // Гирокоспия и навигация. – 2006. – №4. – С.41-54.
4. Технологии определения местоположения в GSM и UMTS: Учеб.пособие. Громаков Ю.А, Северин А.В, Швецов В.А -М.:Эко-Трендз,2005-144с.:ил16
5. Сучилин В.И., Волобуев Г.Б. Оценка возможностей повышения точности местоопределения наземного подвижного объекта путем вторичной обработки показаний аппаратуры пользователя систем GPS NAVSTAR и/или ГЛОНАСС // Ки- бернетика и высокие технологии XXI века: сб. докл. VIII Меж- дунар. науч.-технич. конф. Воронеж, 2007. Т. 2. С. 1066–1073.
6. Технологии локального позиционирования. Часть I [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: <https://habr.com/company/rtl-service/blog/281837/> (дата звернення 01.10.2018).
7. Технологии локального позиционирования. Часть II [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: <https://habr.com/company/rtl-service/blog/282357/> (дата звернення 01.10.2018).
8. Овчинников С. Технологии локального позиционирования / Сергей Овчинников. // Технологии и средства связи. – 2014. – №3. – С. 26–30.

9. Гришин М.Л., Данилкин Ф.А. Метод быстрой фильтрации потока данных о глобальной позиции наблюдаемого объекта на примере GPS-телеметрии // Геоинформатика, 2008. № 3. С. 21–28.
10. Спутниковая система навигации [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Спутниковая_система_навигации (дата звернення: 20.09.2019) – Назва з екрану.
11. Спутниковая система GPS [Электронный ресурс] – Режим доступа: до-ступу: <http://www.satlines.info/shop/firms/GPS.html>=Спутниковая_ систе-ма_ навигации (дата звернення: 20.09.2019) – Назва з екрану.
12. Савчук В. В. Інтелектуальна система “Мобільний інформаційний аси-стент туриста”: функціональні та технологічні особливості / В. В. Савчук, В. В. Пасічник // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2015. – № 832: Інформаційні системи та мережі. – С.225-241. 41.
13. Щёкотов М.С., Кашевник А.М. Сравнительный анализ систем позицио-нирования в помещениях, основанных на технологиях связи, поддержи-ваемых смартфонами. – Тр.СПИИРАН, 2012, № 23, с.459-471.
14. Волков А.Н., Сиверс М.А., Сухов В.А. Позиционирование в сетях Wi-Fi. – Вестник связи, 2010, № 11, с.28-33.
15. Гапанюк Ю.Е (2015) Методы оценки положения объекта в пространстве \ Жуков Р.В, Гапанюк Ю.Е Молодежный научно-технический вестник ФС77-51038
16. Дэвидсон П., Киркко-Яаккола М., Коллин Ю.З, Такала Я. Навигационный алгоритм с использованием планов зданий и данных автономных датчи-ков // Гироскопия и навигация. – 2015. – №1. – с. 29-42.
17. Кроненветт Н., Руппельт Я., Троммер Г.Ф. Прецизионное позициониро-вание пешехода в помещении на основе контроля за стадиями его поход-ки // Гироскопия и навигация. – 2017. – №1. – с. 33-48.
18. Емельянцеv Г.И., Степанов А.П., Блажнов Б.А. О решении навигацион-ной задачи для летательных аппаратов с использованием инерциального

- модуля на микромеханических датчиках и наземных радиоориентиров // Гироскопия и навигация. – 2017. – №1. – с. 3-17.
- 19.Щёкотов М.С., Кашевник А.М. Сравнительный анализ систем позиционирования смартфонов в помещениях // Труды СПИИРАН. – 2012. – №4. – с. 459-471.
- 20.Воронов Р.В., Мощевикин А.П. Применение условной энтропии при формировании рекомендаций по размещению базовых станций в локальных системах позиционирования // Информационные технологии. – 2014. – №10. – с. 11-16.
- 21.Воронов Р.В., Малодушев С.В. Динамическое создание карт уровня Wifi-сигналов для систем локального позиционирования // Системы и средства информатики. – 2014. – №1. – с. 80-92.
- 22.Ассур О.С., Филаретов Г.Ф. Разработка комплексного метода позиционирования объектов по данным беспроводных сетей Wi-Fi и устройств BLE (Bluetooth Low Energy) // Известия Института инженерной физики. – 2015. – №2. – с. 2-10.
- 23.Петрова О.А., Табунщик Г.В., Ван Мероде Д. Метод определения текущего расположения в системах позиционирования и навигации внутри помещения // Электротехнические и компьютерные системы. – 2017. – №25. – с. 270-278.
- 24.Овсянников А.А., Новиков П.А. Модели реализации навигации внутри помещения при помощи анализа беспроводных источников данных // Компьютерные инструменты в образовании. – 2015. – №4. – с. 37-51.
- 25.Гриняк В.М., Гриняк Т.М., Иваненко Ю.С. Динамическая выставка многопозиционной системы наблюдения // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2017. - №3. – с. 12.
- 26.ГОСТ 12.0.003-74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
- 27.ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
- 28.ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

- 29.Пособие по расчету и проектированию, естественного, искусственного и совмещенного освещения НИИСФ – М.: Стройиздат. 1985. – 384 с.
- 30.ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
- 31.ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.
- 32.ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- 33.Методичні вказівки до опрацювання розділу "Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях" в дипломних проектах і роботах студентів спеціальностей, що пов'язані з функціональною електронікою, автоматизацією та управлінням / Уклад. О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 64 с.
- 34.Правила улаштування електроустановок. 2-е вид., перероб. і доп. – Х: "Форт", 2009. – 736 с.
- 35.ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.
- 36.ДБН В.1.1.7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
- 37.НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.
- 38.СНиП 2.09.02-85. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.
- 39.ДСанПіН 3.3.6-096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.

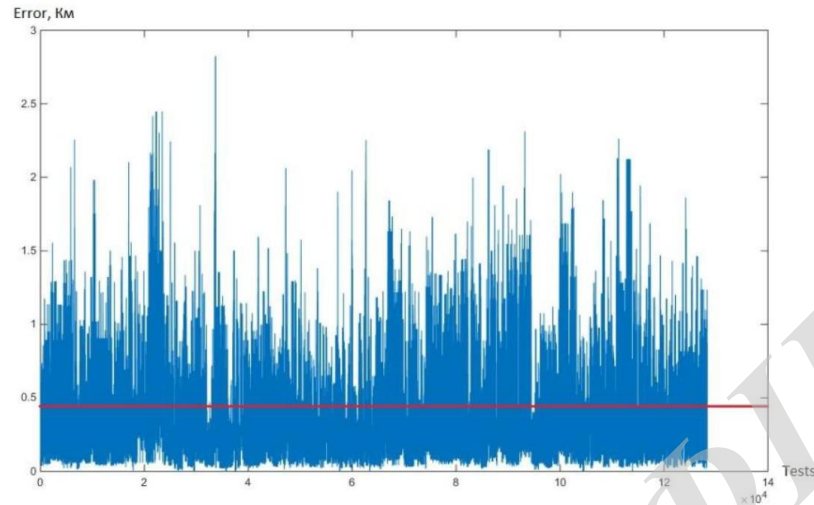


Рисунок 1 – Графік похибок моделі Окамури-Хата

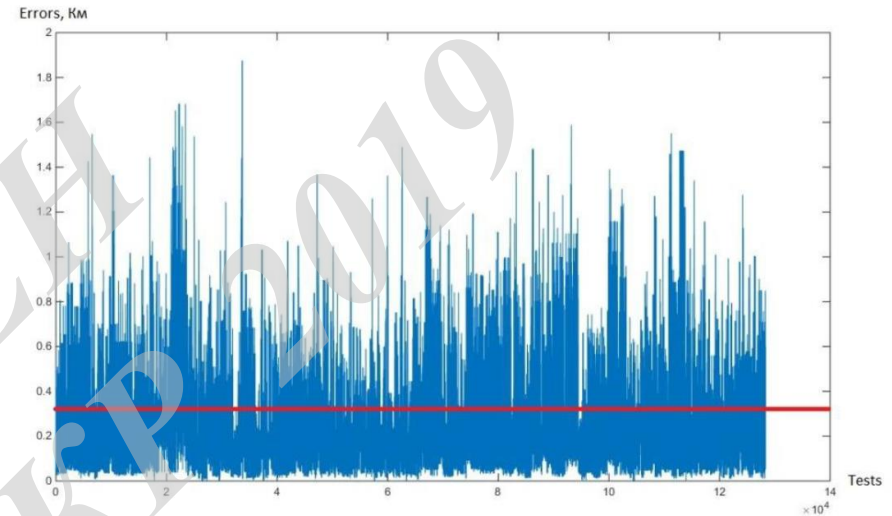


Рисунок 2 – Графік похибок моделі COST 231

					08-34.МКР.006.00.001 Е8		
Змін Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Графіки похибок Плакат	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Марчук І.С.						
Перевір.	Семенова						
Т.Контр.							
Реценз.							
Н.Контр.	Семенова				Арк. 1		Аркушів 1
Затверд.	Бортник				ВНТУ, ТТК-18М		

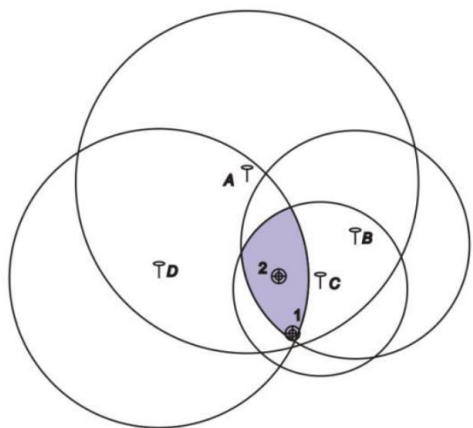


Рисунок 1 – Область розташування станції

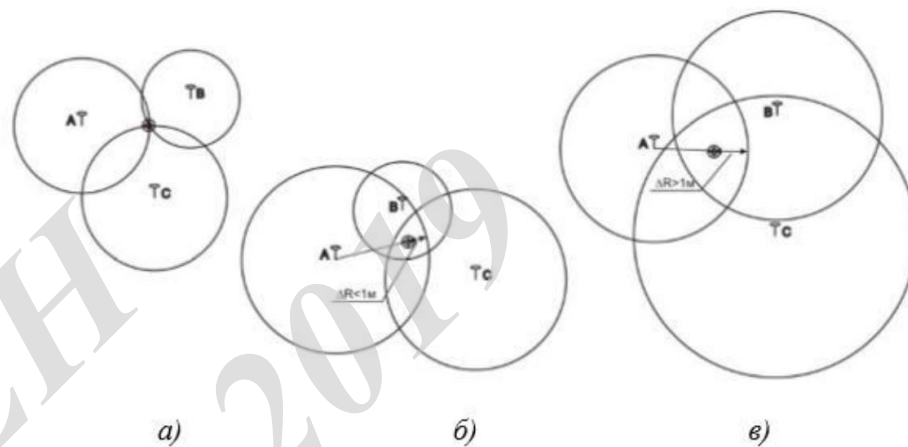


Рисунок 2 – Відмінності в відносних розмірах областей

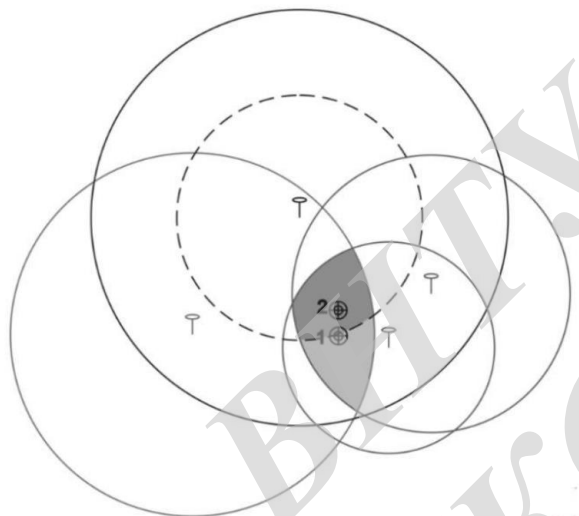


Рисунок 3 – Спотворення результатів обчислення місця розташування, спричинене похибками вимірювання відстані

					08-34.МКР.006.00.002 Е8				
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення місцезнаходження Плакат		Літ.	Маса	Масштаб
	Розроб.	Марчук І.С.							
	Перевір.	Семенова							
	Т.Контр.								
	Реценз.						Арк. 1	Аркушів 1	
	Н.Контр.	Семенова					ВНТУ, ТТК-18М		
	Затверд.	Бортник							

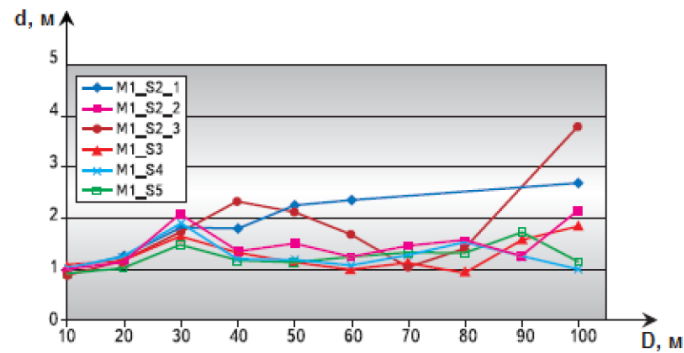


Рисунок 1 – Відхилення вимірних відстаней від реальних

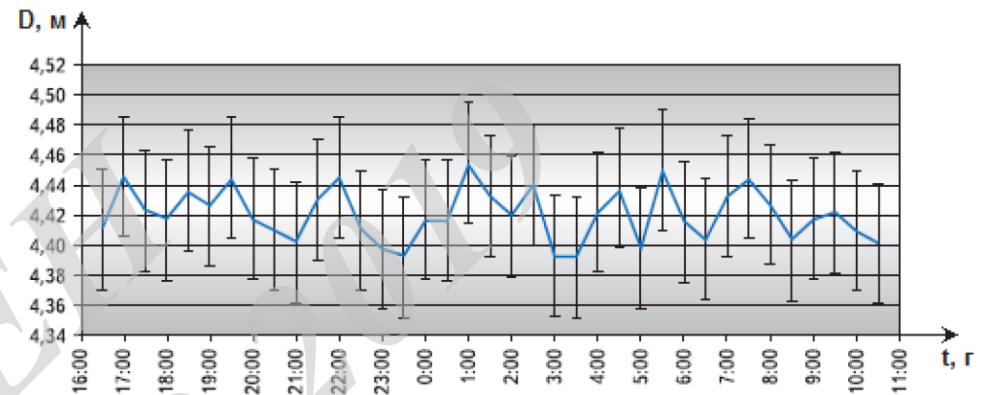


Рисунок 2 – Усредненні дані

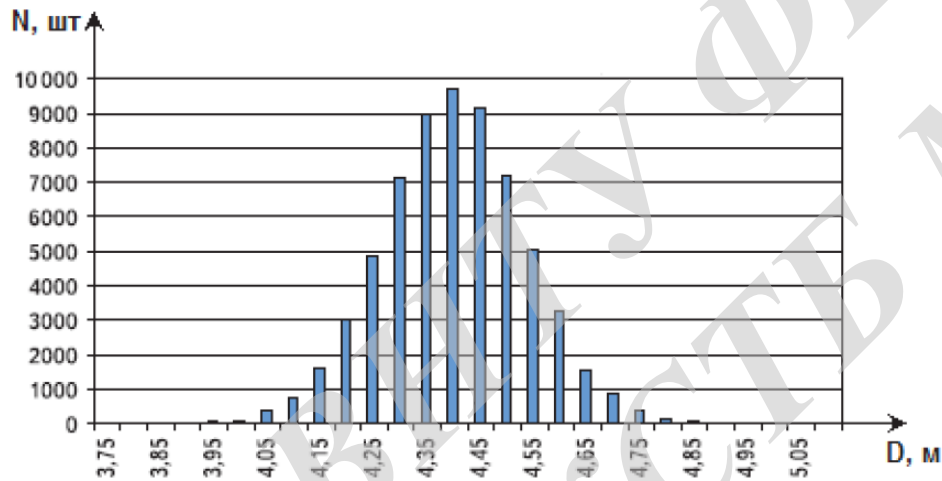
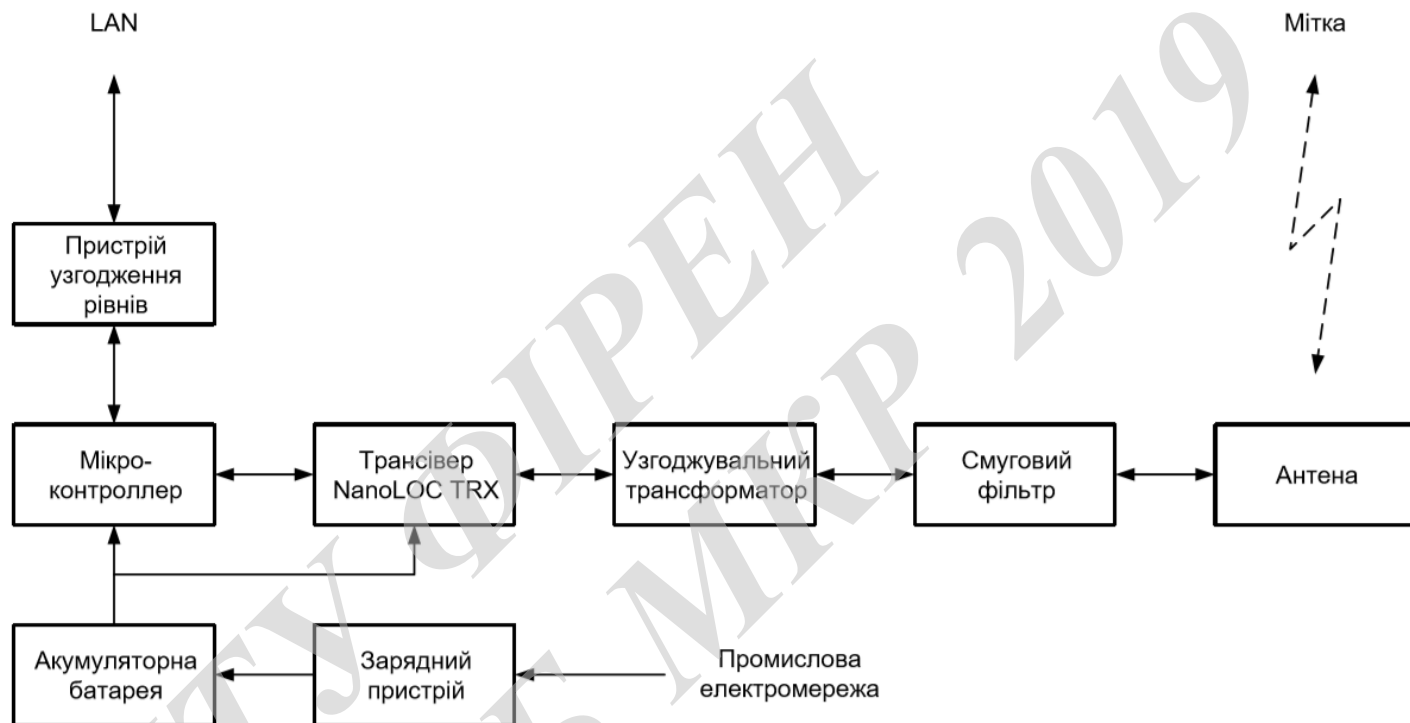
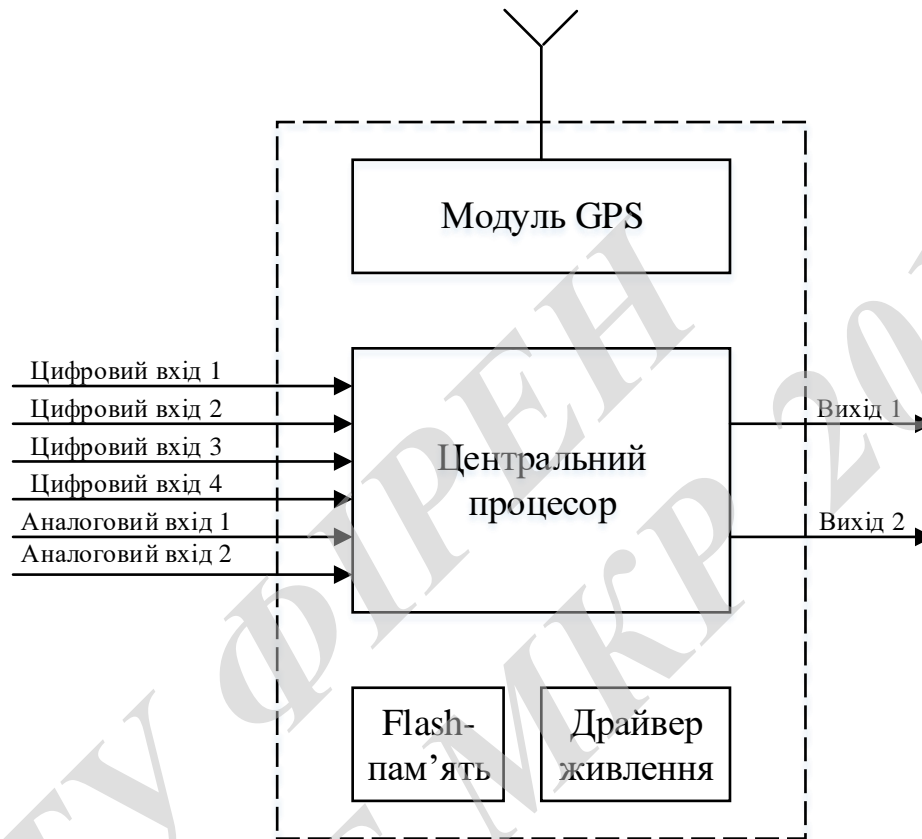


Рисунок 3 – Дослідження закону розподілу зареєстрованих даних

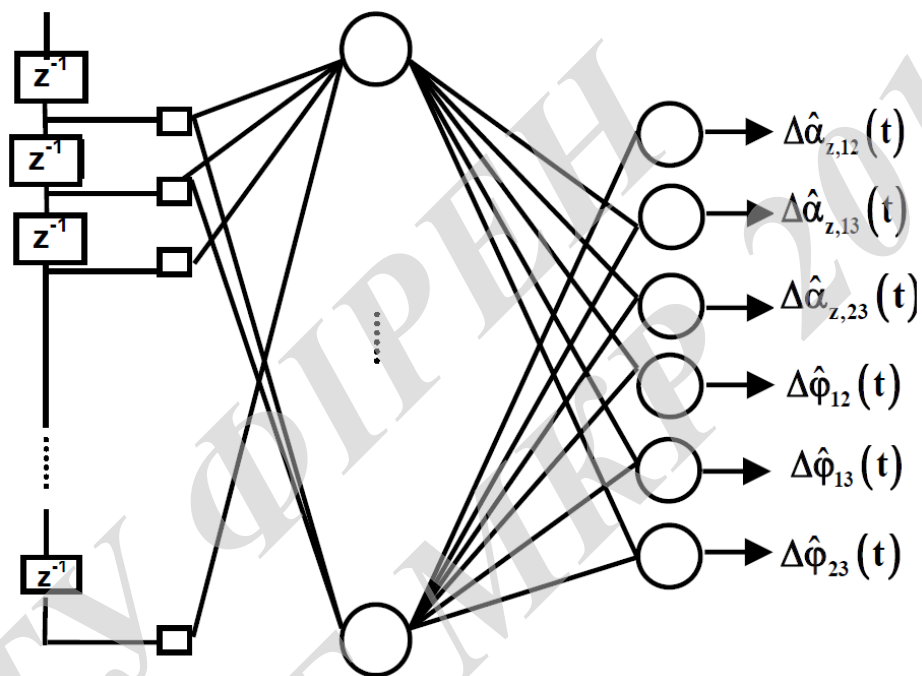
					08-34.МКР.006.00.003 Е8			
Змін Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Вимірні дані Плакат		Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Марчук І.С.							
Перевір.	Семенова							
Т.Контр.								
Реценз.								
Н.Контр.	Семенова					Арк. 1		Аркушів 1
Затверд.	Бортник					ВНТУ, ТТК-18М		



						08-34.МКР.006.00.001 Е2			
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Базова станція Схема функціональна		Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.		Марчук І.С.							
Перевір.		Семенова							
Т.Контр.									
Реценз.									
Н.Контр.		Семенова					Арк. 1		Аркушів 1
Затверд.		Бортник					ВНТУ, ТТК-18М		



						08-34.МКР.006.00.001 Е2			
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Контролер		Літ.	Маса	Масштаб
	Розроб.	Марчук І.С.			Схема функціональна				
	Перевір.	Семенова							
	Т.Контр.								
	Реценз.						Арк. 1	Аркушів 1	
	Н.Контр.	Семенова					ВНТУ, ТТК-18мі		
	Затверд.	Бортник							



						08-34.МКР.006.00.004 Е8		
Змін Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Нейронна мережа Плакат		Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Марчук І.С.							
Перевір.	Семенова							
Т.Контр.								
Реценз.						Арк. 1	Аркушів 1	
Н.Контр.	Семенова					ВНТУ, ТТК-18М		
Затверд.	Бортник							