

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра електронних обчислювальних машин
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Модель розумної зупинки для
Smart Cities

(тема)

Виконав:

студент II курсу, групи СПМ-19-1
Славтіч Д.О.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системне програмування
(повна назва освітньої програми)

Керівник: доц. Токарєв В.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ЕОМ

Коваленко А.А.
(прізвище, ініціали)

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерної інженерії та управління _____

Кафедра _____ електронних обчислювальних машин _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 123 – Комп'ютерна інженерія _____
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ Системне програмування _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Славтічу Данилу Олександровичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Модель розумної зупинки для Smart Cities _____

затверджена наказом по університету від “ 30 ” жовтня 2020 р. № 1486 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 14 грудня 2020 р.

3. Вхідні дані до роботи _____ Алгоритм Дейкстри _____

Кількість зупинок на маршруті _____

Можливість роботи з інтерфейсом Wi-Fi. _____

Операційна система – RTOS. _____

Технічне забезпечення: міський розумний термінал. _____

Представлення вихідних даних: згідно нормативних документів. _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

1) огляд літератури за темою роботи _____

2) аналіз предметної області _____

3) вибір та обґрунтування методики дослідження _____

4) проведення експериментальних досліджень _____

5) висновки _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) _____

Демонстраційні матеріали. Плакати – № 17 - арк. ф. А4

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою роботи	03.11.20. - 20.11.20	
2	Вибір та обґрунтування методики дослідження	21.11.20 - 24.11.20	
3	Вибір інструментальних засобів	25.11.20 - 01.12.20	
4	Проведення експериментів	02.12.20 - 05.12.20	
5	Оформлення матеріалів атестаційної роботи	06.12.20 - 11.12.20	
6	Подання атестаційної роботи керівникові та її попередній захист	14.12.20 - 15.12.20	
7	Подання атестаційної роботи на рецензування	16.12.20	

Дата видачі завдання 02 листопада 2020 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

доц. Токарєв В.В.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка атестаційної роботи: 84 с., 32 рис., 2 табл., 2 дод., 14 джерел.

БЕЗДРОТОВА МЕРЕЖА, ІНТЕРНЕТ, ПРОТОКОЛ, СЕРВЕР, ІоТ
M2M, GPS, WI-FI, WLAN.

Метою атестаційної роботи є розробка алгоритму пошуку короткого шляху від точок А до точок В.

У ході виконання атестаційної роботи розглядаються інноваційні завдання, пов'язані з побудовою розумної зупинки. Пропонується використовувати парадигму систем розумної зупинки для розвитку транспортної системи міста. Послідовно аналізується сучасний стан технологій в області систем розумної зупинки і інтелектуальних транспортних систем, формується шляхом окремого дослідження вимоги до функціоналу, плануються шляхом імітаційного моделювання місця розміщення систем розумної зупинки, і оцінюється отриманий результат.

ABSTRACT

Master's thesis: 84 pages, 32 figures, 2 tables, 2 appendices, 14 sources.

INTERNET, IoT M2M, GPS, PROTOCOL, SERVER, WI-FI, WIRELESS NETWORK, WLAN.

The purpose of the certification work is to is the development of a short path search algorithm from point A to point B.

In the course of attestation work the innovative tasks connected with construction of an intellectual stop are considered. It is proposed to use the paradigm of intelligent stopping systems for the development of the city's transport system. The current state of technologies in the field of intelligent stopping systems and intelligent transport systems is consistently analyzed, the requirements for functionality are formed by a separate study, planned by simulating the location of intelligent stopping systems, and the obtained result is evaluated.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ SMART CITY І ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ	10
1.1 Огляд моделей Smart city.....	13
1.2 Інфокомунікаційні технології в Smart city	20
2 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ЯК ЧАСТИНА МОДЕЛІ SMART CITY	27
3 КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМИ «РОЗУМНОЇ ЗУПИНКИ».....	41
3.1 Програмна реалізація системи	49
4 РЕЗУЛЬТАТИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	57
4.1 Результати імітаційного моделювання системи за вибором місця розташування розумних зупиночних пунктів	65
ВИСНОВКИ.....	69
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	70
ДОДАТОК А Графічний матеріал атестаційної роботи	73
ДОДАТОК Б Вихідний код програми.....	83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ГІС - геоінформаційна система

ГНСС - глобальна навігаційна супутникова система

ІКТ - інфокомунікаційні технології

ІТС - інтелектуальна транспортна система

РМ - розумне місто

GPS - глобальна система позиціонування (англ., Global Positioning System)

ІоТ - інтернет речей (англ., Internet of Things)

М2М - міжмашинна взаємодія (англ., Machine to Machine)

SWOT - метод стратегічного планування (англ., Strength Weakness Opportunities Threats)

WDS - бездротова розподільча система (англ., Wireless Distribution System)

ВСТУП

В даний час йде стрімка зміна інфокомунікаційних технологій (ІКТ). Зміни, що виникають, зачіпають мережеві технології, власне – обчислювальні і комунікаційні пристрої, а також обробку даних. В результаті, інформаційні технології застосовуються у всебільшій кількості сфер життя і господарського життя людини. Однією з актуальних областей наукових досліджень є сфера життєвого оточення, яка з області Smart House розвивається в даний час в область Smart city, Smart transport system и т.п. Таким чином, у органів міського управління виникають нові завдання, які повинні не тільки вирішити цілий комплекс проблем, що виникають, а й провести кардинальну трансформацію міст.

Комплекс проблем у всіх міст наступний:

- транспортні проблеми;
- екологічні проблеми;
- соціальні проблеми, пов'язані з ростом злочинності і соціальної напруженості;
- обмеження природних ресурсів;
- зникнення культурної та історичної спадщини.

Важливим моментом є детальний аналіз, розуміння даних проблем, а також можливість розгляду різних варіантів рішення. Всі перераховані проблеми, як результат активної урбанізації, є основними тригерами і вимушеними процесами розвитку міст і їх трансформації в Smart city. Рішенням цих проблем може бути застосування нової моделі розвитку міст – реалізація концепції Smart city, яка в своїй основі застосовує інфокомунікаційні технології для вирішення всіх сфер життєдіяльності населення. Було виявлено, що на поточному етапі не існує універсальної моделі Smart city і точного її визначення. Модель є сучасною стратегією об'єднання різноманітних факторів міського розвитку, спрямована на

модернізацію інфраструктури з принципово новими можливостями централізованого управління, новим рівнем послуг і безпеки. Однією з основних проблем в контексті всього міста, було виявлено цілий ряд проблем у транспортній сфері міста: зростання заторів, проблеми в екологічній сфері, негативний ефект на економіку, низький рівень якості громадського транспорту, відсутність відповідності між транспортним і містобудівним плануванням, відсутність управління транспортними потоками і паркувальними місцями, і т.д. Один із шляхів рішень – розробка інтелектуальної транспортної системи (ІТС). Системи розумної зупинки є компонентою ІТС. Модульність системи розумної зупинки дозволяє створити базу для використання різних одиниць ІКТ в залежності від реалізованих ініціатив або ж конкретних завдань міста. Такий принцип дає можливість поєднати різне обладнання в складі єдиного апаратно-програмного комплексу. За рахунок інтегрованого використання різних одиниць технологій можливе вирішення завдань безпеки на вулицях міста. Таким чином, стає очевидним, що термінал розумної зупинки може бути мікромоделлю еволюційного переходу міста до стану Smart city.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ SMART CITY І ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

В даний час ведуться розробки по застосуванню нової моделі розвитку міст – реалізація концепції Smart city, яка в своїй основі застосовує ІКТ для вирішення всіх сфер життєдіяльності населення. Така модель має три основні версії, але ідея управління містами з максимально ефективним використанням природних ресурсів та забезпеченням високого рівня життя єдина для всіх. Міста стають не тільки місцем проживання, а й «розумною» територією, комфортним і дружнім середовищем для людини. Формуючи попит на ІКТ, місто саме і поглинає їх. Будучи основним винуватцем забруднення навколишнього середовища, саме міста можуть стати вирішенням для поліпшення екологічної обстановки і зміни клімату.

На рисунку 1.1 зображена загальна інфраструктура і компоненти Smart city. Ця схема демонструє той факт, що у функціонуванні Smart city задіяні майже всі сфери життєдіяльності людей міст, що вимагає комплексного підходу до розгляду моделі і її аналізу, як складної технологічної розподіленої системи.

Розглядаючи місцевий і закордонний досвід і дослідження в сфері побудови «Розумних міст», при визначенні короткострокової і середньострокової перспективи розвитку міст, можна встановити, що події можуть піти за двома головними сценаріями:

- перший сценарій стверджує, що міста не зможуть задовольняти майбутні потреби населення в результаті відсутності необхідних ресурсів і нездатності визначити пріоритети в міському розвитку. Менш ніж через покоління, близько 2-х мільярдів чоловік будуть змушені проживати в старих будинках і перенаселених неорганізованих поселеннях.

Кількість сіл буде збільшуватися і переважною міської моделлю в таких регіонах, як Африка, Азія і Латинська Америка, стануть погано

сплановані міста з передмістями, які нездатні будуть нормально функціонувати.



Рисунок 1.1 – Компоненти і інфраструктура Smart city

У той же час, багато міст в північній півкулі будуть продовжувати зменшуватися і втрачати свою економічну життєздатність в результаті розростання приміських зон, демографічних проблем, і деіндустріалізації. У багатьох людей, що проживають в погано спланованих міських районах, не буде доступу до належного житла і основних послуг;

- другий сценарій передбачає, що проблемам міст приділяється першочергова увага в державній політиці і на їх рішення виділяються відповідні державні та комерційні інвестиції в умовах бурхливого зростання міст. Проводиться цілеспрямована житлова політика в поєднанні з раціональним плануванням міської землі та вдосконаленням міської інфраструктури і основних послуг, поряд з використанням ІКТ для зниження негативних факторів, як проблеми з безпекою та екологією.

Використовується нова інтеграційна модель розвитку міст. Нова парадигма міського розвитку – це зелені міста, які швидко адаптуються і зручні для життя; які створюють робочі місця і середовище з високою якістю життя (доступ до землі, житла, транспорту, інфраструктури та основних послуг).

Міжнародний колектив вчених з трьох країн (Канада, США, і Мексика) визначив, на основі вивчення літературних джерел (понад 50 найменувань) з різних дисциплін, вісім категорій критичних чинників, які утворюють напрямки ініціатив зі створення Smart city. Ці вісім категорій такі:

- політичний контекст;
- економіка;
- управління та організація;
- інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ);
- люди і спільноти;
- побудована інфраструктура і навколишнє середовище;
- керівництво.

Ці категорії становлять базу інтегративної моделі Smart city, яка може бути застосована міськими органами влади для встановлення і реалізації ініціатив зі створення Smart city.

Дуже важливо відзначити, відповідно до рисунка 1.2, всі фактори мають двосторонній характер, так як в різний час і в різних ситуаціях деякі з них виявляються більш пріоритетними (важливими), ніж інші.

Інформаційно-комунікаційні технології можуть розглядатися як суперфактор ініціатив Smart city, так як вони мають сильний вплив на кожен з семи інших факторів.

Головна перевага ІКТ – оптимальна пропорція «ціна – ефективність». При відносно низьких витратах ІКТ дозволяють значно підвищити ефективність використання існуючої міської інфраструктури, забезпечити доступність необхідних для нормального життя послуг і сервісів, зробити життя в місті більш безпечним.



Рисунок 1.2 – Взаємозв'язки між ключовими системами міста

1.1 Огляд моделей Smart city

Модель Smart city можна вважати містом-інтерфейсом, яке знаходиться в постійній інтерактивній взаємодії з кожним жителем через ІКТ. Найбільш ключовими інформаційно-комунікаційними технологіями вважають відкриті мережі Wi-Fi по всьому місту, Internet of Things, мобільні додатки, і повсюдне покриття мобільним зв'язком. За даними національної R & D-організації Саудівської Аравії, щорічні втрати ресурсів містами становлять 15 трильйонів доларів, або 28% всесвітнього ВВП. За рахунок впровадження ІКТ і оптимізації ресурсів, більшу частину втрат можна уникнути, якщо впровадити правильні процеси і спеціальні інструменти інформаційних технологій. Тим часом, як показує практика, відповідні ІКТ в містах представлені досить бідно, хоча на ринку вже існують ІТ-системи управління (ERP) і бізнес-аналітики (BI) для планування, логістики та утилізації ресурсів. Ось пара прикладів:

- підраховано, що створення Smart енергорозподільчих мереж

дозволить зменшити втрати електроенергії на 25% ;

- експлуатація інтелектуальних транспортних систем за кордоном довела, що вони підвищують пропускну здатність доріг на 15-50%, зменшують аварійність на 20-40%, а кількість порушень ПДР - в 1,5-2 рази.

«Розумне місто», головним чином, зосереджується на застосуванні інформаційних технологій наступного покоління всіма групами міського населення, встановлюючи датчики і приводи в наступні системи:

- smart city;
- центри охорони здоров'я;
- розумні енергосистеми;
- дороги і транспортні системи;
- системи водопостачання;
- нафто - і газопроводи.

На основі проведеного дослідження наукових публікацій в таких наукометричних ресурсах, як Google Academy, IEEE Explore, і відкритих наукових базах даних, були виявили головні Smart city світу, ґрунтуючись на наступних факторах:

- розумна мобільність;
- якість життя;
- оперативна доставка послуг;
- використання інформаційних технологій.

Нижченаведені міста є прикладом успішних реалізацій моделі Smart city.

Відень - інноваційне і регіональне зелене місто, де встановлено високу якість життя і застосовується цифрове управління.

Торонто – місто, що активно використовує природний газ, який має низьковуглецеву економіку і ефективну систему транзиту в сфері метро.

Сеул – місто з максимальним покриттям вільної громадської мережі Wi-Fi. «e-Seoul Net» – об'єднує державні установи, «u-Seoul» – служба безпеки, інтелектуальна система вимірювань, картографія суспільства,

інтелектуальний робочий центр.

Амстердам – місто, що застосовує такі рішення: ihome – система розумного способу життя, розумний центр уваги – система парковок.

Цюріх – місто, що виділяється розумними рішеннями в сфері екології, мобільності і транспорту.

Барселона – місто, що має нагороду Smart city - 2015. У ньому успішно реалізовані інтелектуальні системи електропередач, управління дорожньої міською мережею, і вуличного освітлення.

Більш того, Барселона може бути охарактеризована, як місто з високим рівнем доступу до ІКТ і «розумними» жителями.

У Гонконгу є великий список розумних рішень і застосовуваних технологій: розумне управління (керівництво), смарт-карти для громадського транспорту, доступу в бібліотеки, в будівлі, для покупок і автостоянок.

Місто експериментує з технологією RFID в системах аеропорту, а також в системі поставок продуктів сільського господарства.

Ріо-де-Жанейро – місто, яке успішно реалізовує і використовує Rіо Datamіne (систему відкритих даних, що надає величезну кількість інформації про місто), інтелектуальну транспортну систему, технології розумного управління містом, і цифрові інформаційні системи.

Таким чином, Smart city зобов'язане запропонувати гідний рівень життя кожному жителю мегаполісу. Це означає надати високу якість життя:

- чисте повітря;
- якісну освіту;
- безпеку;
- недорогу високоякісну охорону здоров'я;
- розваги;
- спорт;
- ефективну міську мобільність, і високу швидкість взаємодії.

Ключові характеристики для Smart city такі:

- конкурентоспроможність: залучення інвестицій, повна зайнятість

населення;

- стійкість: соціальна, екологічна, фінансова;
- якість життя: безпека, залученість, розваги, охорона здоров'я, освіта,

прозорість і т.д.

У результаті аналізу, були виявлені три варіанти моделі від трьох великих компаній:

- IBM;
- Accenture;
- Microsoft.

Вони були виділені з усього числа варіантів моделі на основі частоти появи в наукових статтях і реального успішного застосування в різних містах світу. Модель Smart city згідно IBM може бути охарактеризована, як «практична бізнес архітектура Розумного міста», і ґрунтується на семи базових факторах: міські послуги, громадяни, бізнес, транспорт, зв'язок, вода, і енергія (рисунок 1.3-1.4).

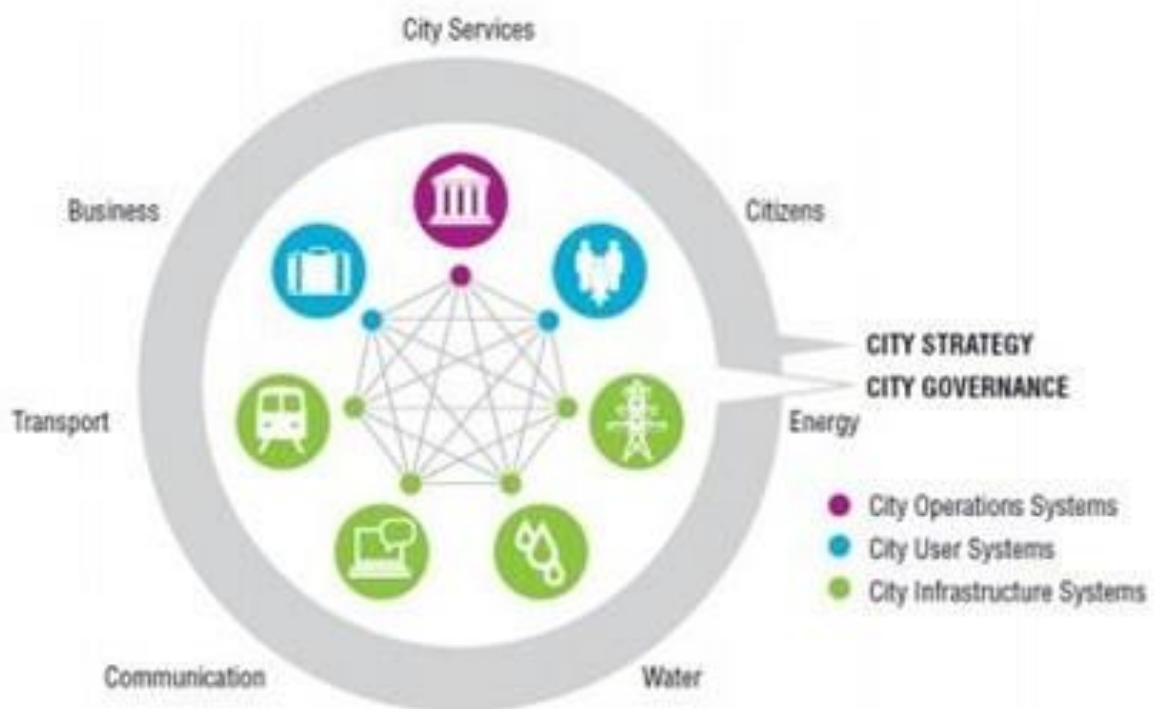


Рисунок 1.3 – Архітектура моделі Smart city згідно IBM



Рисунок 1.4 – Архітектура моделі Smart city згідно Accenture

Модель Smart city згідно Accenture може бути описана, як «відкрита платформа», що має можливість об'єднати критичні компоненти міста (офісні і житлові будівлі, управління природними ресурсами, транспорт, охорону здоров'я і безпеку, утилізацію відходів, освіту і культуру, державне управління та послуги). Дана архітектура заснована на великих дослідженнях, проведених в Регіональному центрі науки при Університеті Відня, в компанії Siemens про зелений індекс міст, в Буенос-Айресі про «Моделі територій». Нижче, на рисунку 1.5, представлена модифікація архітектури, звана «Колесом Розумного міста» і включає в себе більше 100 індикаторів в кожному секторі (Розумне управління, Розумне довкілля, Розумні люди, Розумна мобільність, Розумний спосіб життя). Індикатори дозволяють містам оцінювати ефективність їх ініціатив і дій по реалізації моделі Smart city.

Модель Smart city, згідно Microsoft, на відміну від IBM і Accenture, фокусує свою увагу на наявності Розумних жителів і залучає їх в усі управлінські рішення (рисунок 1.6). Хоча вдалий вибір ІКТ при проектуванні моделі Smart city і вибору її архітектури є запорукою економічності всього

проекту в перспективі 5-10 років, важливо відзначити значення визначення учасників системи такого міста, так як застосування інтелектуальних систем при управлінні містом не приносять користі без Smart жителів.

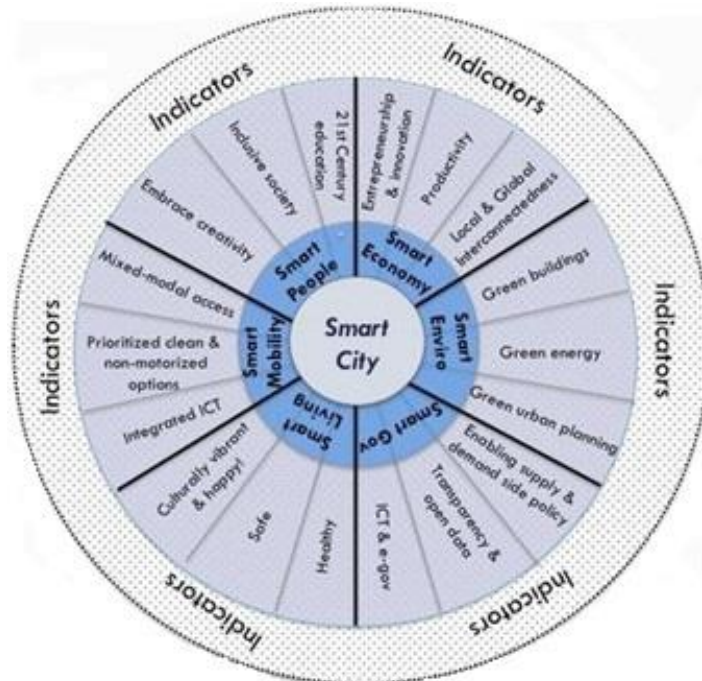


Рисунок 1.5 – Колесо Smart city



Рисунок 1.6 – Архітектура моделі Smart city згідно Microsoft

Іншими словами, можна визначити архітектуру Smart city не тільки з точки зору ІКТ, а також з боку людських ресурсів. Всю архітектуру можна поділити на шість рівнів. На чолі архітектури стоять «Цілі» (багатство, здоров'я, можливості, безпека, незалежність, вибір, стійкість, і т.д.). Другий рівень – це «Люди», яких класифікують за їх типом: візитери або жителі. Потім жителів ділять по роду їх зайнятості – наймані працівники, люди вільної професії, службовці або бізнесмени. Останнім кроком на цьому рівні є їх підрозділ на сукупності – «спільноти» жителів міста. Зайнятість і інтереси «спільнот» формують так звані «екосистеми», що є третім рівнем.

«Екосистема» включає в себе:

- громадський сектор (законодавчий і виконавчий органи місцевого самоврядування, школи і дитячі садки, училища та коледжі, медичні та соціальні установи, службу НС, службу громадської безпеки та ін.);
- 3-й (волонтерський) сектор (благодійні організації, соціальні підприємства та ін.);
- об'єднання мешканців (сімейні і соціальні, культурні та релігійні, за інтересами, і ін.);
- приватний сектор (власники, наймані працівники, працівники вільних професій, надомні працівники, включаючи дистантних, підприємства роздрібною торгівлі, і ін.).

Під інтереси «Екосистеми» створюються «М'які інфраструктури»:

- лідерство і керівництво;
- інноваційні форуми;
- мережі і громадські організації.

Потім створюється «Міська система», в яку входять всі служби міста, що надають послуги мешканцям і візитерам (транспортні послуги, охорона здоров'я, культура і мистецтво, економіка, міська адміністрація, електро- і водопостачання, соціальне обслуговування, громадська безпека, освіта та ін.). Останньою ланкою при створенні Smart city вводяться «Тверді інфраструктури» – реальні фізичні інфраструктури міста:

- ІКТ;
- транспортні мережі і мережі електро- і водопостачання;
- місця і будови.

1.2 Інфокомунікаційні технології в Smart city

Інформаційна революція Industry 4.0, яка обговорюється і піддається аналізу в багатьох сьгоднішніх наукових роботах і має великий вплив на всі сфери людського життя (особливо в переході до Глобальної Інформаційної Системи), фактично відбувалася кожні 10 років, поряд зі змінами парадигм в інформаційно-комунікаційних технологіях. Графічно переходи від однієї ІКТ парадигми до іншої зображені на рисунку 1.7.

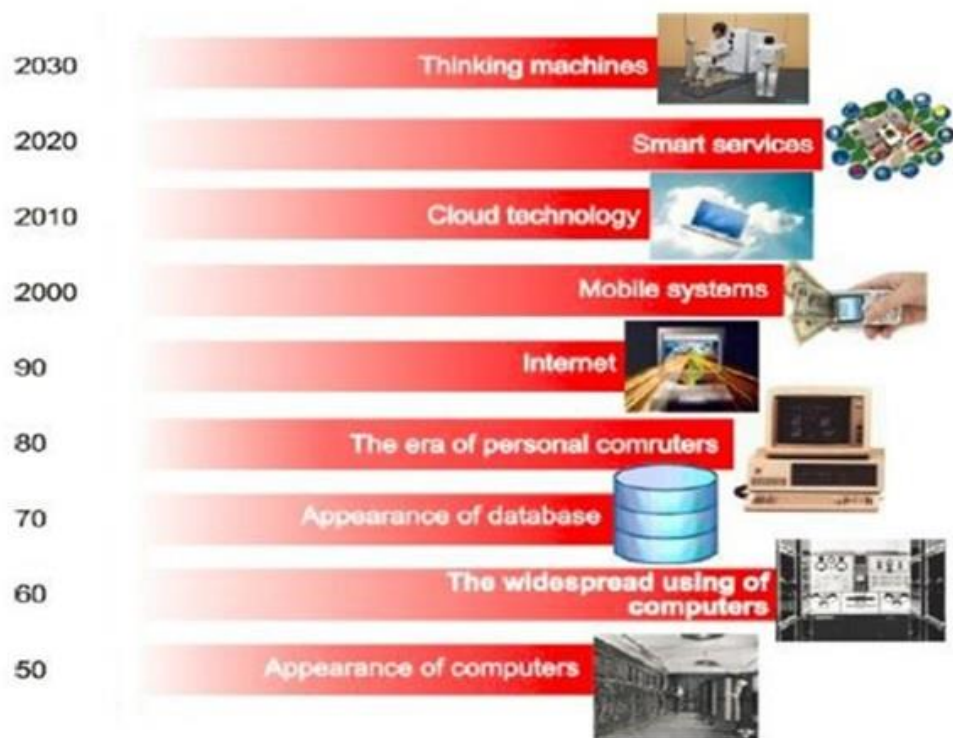


Рисунок 1.7 – Провідні ІКТ парадигми

На даному етапі розвитку ІКТ просуваються на новий рівень, покращуючи ресурси систем обробки даних (Clouds), комунікаційні канали

(Pipe), і пристрої (Devices). Об'єднання бездротової мережі сенсорів, систем міжмашинної взаємодії (M2M), доступу до широкосмугової мережі, заснованої на нових протоколах зв'язку та інших технологіях, є основою для розвитку ефективних інформаційних систем. Ці технології забезпечують високий рівень надійності і невеликі затримки при віддаленому контролі і передачі даних різних обсягів.

Комунікаційні підсистеми можуть бути побудовані на основі широкосмугових технологій доступу, які активно сьогодні розробляються, щоб задовольнити потреби систем моніторингу в вигляді маленьких тимчасових затримок в мережі (дистанційне зондування, регулювання руху, управління процесами), високого рівня надійності мережі (контроль важливої інфраструктури: мережі електропередач, промисловий контроль, управління розумним будинком, телемедицина) і швидкої передачі даних змінного розміру – стандартна мережа 5G.

Ці задачі можуть бути досягнуті за рахунок введення числа сучасних технологій і поліпшення якості радіочастотних ресурсів:

- нова радіо-взаємодія (New Air Interface (Small Cells)) базується на нових формах коливачів (нова форма хвилі), нових формах дуплексування, легких протоколах зв'язку (Light MAC), більш високих модуляціях, ефективних методах інтерференції (скасування / додаток), багатовимірних системах антен (велика MIMO – Multi-user Multiple-Input Multiple Output);

- нова архітектура радіомережі (New NW Architecture) – розподіл і управління в різномірній архітектурі HetNet, реконфігуровані радіо- та мережеві елементи;

- радіочастотний ресурс – використання групи високих частот, включаючи міліметрову хвилю, новий режим ліцензування, поділ спектру, об'єднане використання внутрішнього і зовнішнього спектрів;

- інтелектуальні і адаптивні мережі – стохастичне і адаптивне використання мережевих ресурсів, виявлення доступного спектра і його використання на принципах пізнавального радіо, самокерована і

автоматизована мережа (SDN).

Функціонування нових систем зв'язку на основі нових протоколів веде до генерації великого обсягу даних (Big Data) зі спеціальними вимогами до обробки, створюючи при цьому гіпер-комунікаційне суспільство. Нові парадигми управління та контролю, як наприклад Smart city, розглядають вплив ІКТ на такі сфери, як освіта, охорона здоров'я, будівництво, транспорт, управління, енергія, вода, і державна безпека.

Нові елементи ІКТ можливо уявити як семантичну мережу, враховуючи, що семантична мережа – це інструмент для представлення об'єктів або понять і зв'язків між ними. Модель Smart city можна віднести до кількох областей, де ІКТ можуть бути застосовані для підтримки більш ефективних і інтегрованих систем в повсякденному міському житті. Ці ІКТ області наступні:

- big data;
- cloud computing;
- intelligent transport systems;
- m2m;
- mobile services and computing;
- gis;
- robotics;
- multiagent systems.

Всі ці ІКТ області можуть бути представлені як семантична мережа Smart city, як показано на рисунку 1.8.

При розгляді нових елементів ІКТ як семантичної мережі областей, можна прийняти вузли за поняття або семантичні елементи нового етапу ІКТ революції. Таким чином, ми створили семантичну мережу, яка містить поняття і дуги між ними, що представляють відносини між поняттями. У даний момент, ми використовуємо гомогенні мережі з подвійними відносинами. Це – найлегший клас семантичних мереж.

Сучасні міста мають всі передумови для впровадження моделі Smart

city. При цьому, як показав проведений аналіз ініціатив, реалізованих в даний час муніципальною владою міста, було визначено, що дані ініціативи можуть мати відповідність до положень процедур побудови Smart city згідно Європейської моделі. Одна з ініціатив – розробка ІТС, а саме інтелектуальних зупинок.

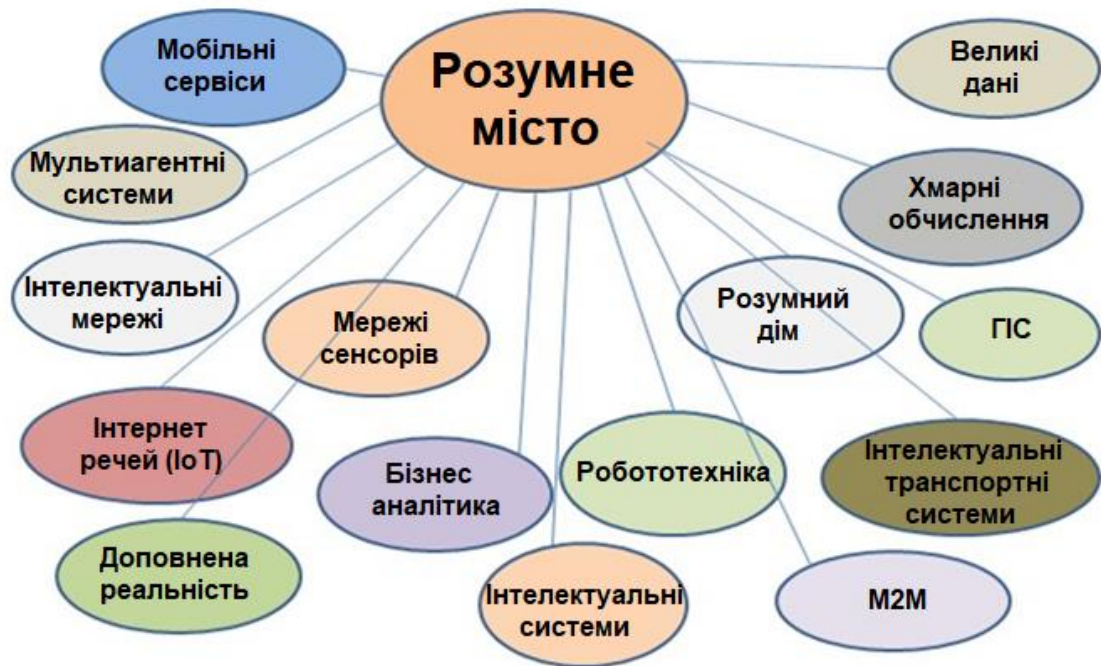


Рисунок 1.8 – Семантична мережа Smart city

Інтелектуальні зупинки є компонентою ІТС. Згідно з аналізом світового досвіду функціонування розумних зупинок, в своїй більшості вони мають форму павільйонів зупинкового пункту або простого міського терміналу.

Термінали мають модульну структуру і дозволяють реалізувати різні ініціативи з побудови Smart city за рахунок можливості додавання різного функціоналу на різних етапах.

Модульність системи інтелектуальних зупинок дозволяє створити базу для використання різних одиниць ІКТ в залежності від реалізованих ініціатив або ж конкретних завдань міста. Такий принцип дає можливість поєднати різне обладнання в складі єдиного апаратно-програмного комплексу.

За рахунок інтегрованого використання різних одиниць технологій можливе вирішення завдань безпеки на вулицях міста, надання навігаційної інформації для користувачів громадського транспорту, збір статистичних даних по навколишньому середовищу, забезпечення організацій електронної комерції новими каналами зв'язку з клієнтами, і створення інструменту участі населення в управлінні містом. Всі ці задачі відповідають принципам побудови «Розумного міста».

Таким чином, стає очевидним, що термінал інтелектуальної зупинки може бути мікромоделлю еволюційного переходу сучасних міст до стану Smart city. У вузькому значенні, як відомо, інтелектуальна зупинка призначена для підвищення якості обслуговування населення, що користується громадським транспортом, за рахунок надання актуальної інформації про маршрути та розклад руху міського пасажирського транспорту. Основні завдання, які вирішуються такою системою, є:

- надання інформації про час прибуття певного пасажирського транспорту в реальному режимі часу;
- надання навігаційної інформації про маршрути автобусів / тролейбусів / трамваїв;
- оповіщення населення про зміни в роботі громадського транспорту;
- демонстрація реклами;
- можливість викликати диспетчера або певні екстрені служби.

При застосуванні модульного принципу інтелектуальна зупинка значно розширює свій функціонал і відповідно задачі, які вирішуються.

Європейська модель Smart City складається з шести основних характеристик:

- розумне управління;
- розумна економіка;
- розумна мобільність;
- розумне середовище;
- розумні люди;

- розумний спосіб життя.

Для визначення модулів "Розумної зупинки" був проведений аналіз можливих варіантів впровадження апаратних і програмних рішень, які при інтеграції можуть створити платформу для переходу до Smart City. З метою візуалізації результатів аналізу була побудована семантична мережа ІКТ для "Розумної зупинки" (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Семантична мережа ІКТ розумної зупинки

На рисунку зображено приклади апаратних і програмних одиниць (обладнання та послуги), які розділені на категорії і позначені різними кольорами. Вони були обрані емпірично на основі аналізу факторів і індикаторів основних 6 характеристик Smart City. Іншими словами, якщо, наприклад, характеристика «Розумний спосіб життя» має в своєму складі такий фактор, як «Безпека», що включає подібні індикатори як рівень злочинності, рівень смертності від насильства, задоволеність особистою безпекою, то нами були виділені наступні відповідні характеристики ІКТ

рішення:

- впровадження тривожної кнопки;
- відеокамери;
- датчики освітленості.

Всі ці рішення можуть бути встановлені на інтелектуальній зупинці. Таким чином, можна стверджувати, що розумна зупинка є необхідною для об'єктивного контролю процесу переходу до стану Smart City.

2 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ЯК ЧАСТИНА МОДЕЛІ SMART CITY

Синтез інформаційних технологій і систем IoT став базою для переходу до глобального інформаційного суспільства. Такі терміни як «телематика» та «інфокомунікації» (телекомунікації + інформатика) стали виразом для відображення інтеграції, що відбувається.

Одним з наймасштабніших досліджень в сфері інфотелекомунікаційних систем стала 4-а європейська програма Framework Program, згідно з якою було виділено три основних напрямки:

- телематика сервісів і громадських інтересів;
- телематика для знань;
- телематика для поліпшення зайнятості та якості життя;
- телематика горизонтального напрямку (підтримує всі три інших види).

Телематика для сервісів та громадських інтересів складається з 2-х секторів:

- дміністрація;
- транспорт.

Телематика для знань складається з трьох секторів:

- наука;
- освіта;
- бібліотека.

Телематика для поліпшення зайнятості і якості життя складається з п'яти секторів:

- міські та сільські регіони;
- охорона здоров'я;
- люди похилого віку та інваліди;
- охорона середовища;

- різні галузі досліджень.

Телематика горизонтального напрямку складається з трьох секторів:

- інженерні додатки телематики;
- інженерна лінгвістика;
- інформаційна інженерія.

Крім інтеграції телематики і інфокомунікаційних технологій, зміни торкнулися і третьої великої області – транспорту, що привело до створення Інтелектуальних транспортних систем (ІТС).

Перші роботи по реалізації ІТС (транспортної телематики) були розпочаті ще у вісімдесяти роки ХХ століття в Європі, США, і Японії.

Дана сфера особливо отримала великий поштовх у розвитку після появи таких систем, як GPS (Супутникова навігаційна система), GLONASS і Galileo. Транспортна телематика зачіпає всі види транспорту (наземний, авіаційний, водний, і т.д.). Особливо вона важлива в задачах інтермодальності (більше двох видів транспорту). Хоча на основі аналізу наукових робіт наукометричних баз даних і літератури був зроблений висновок, що велика частина досліджень проводиться в сфері наземного транспорту.

У сьогоднішні дні транспорт відіграє одну з головних ролей в економічному розвитку. Життя сучасних мегаполісів, з одного боку, висуває нові вимоги до мобільності громадян, а з іншого – формує все більш суворі вимоги до безпеки руху, тим самим вимагаючи розробки нових сервісів для людей в умовах розвитку всіх компонент транспортної системи з урахуванням рекомендацій фахівців екологічної служби (рисунок 2.1).

Для вирішення даного завдання потрібна розробка і впровадження Інтелектуальної транспортної системи.

Основні компоненти, напрями розвитку, і функціонал ІТС визначаються виходячи з групи користувачів і сервісів, що їм надаються. Традиційно, користувачами ІТС є:



Рисунок 2.1 – Роль інфокомунікаційних технологій в сфері транспорту

- пішоходи і велосипедисти;
- пасажери громадського транспорту;
- водії індивідуального та громадського транспорту, включаючи водіїв спеціальної категорії (інваліди);
- організації, що займаються перевезенням пасажирів і вантажів;
- служби управління і контролю транспортом.

Всесвітня Дорожня Асоціація, що досліджує досвід і тенденції розвитку транспортної телематики, розробила групи ІТС і 32 сервіса користувачів, які відображені в таблиці 2.1.

Зазначені послуги не є незалежними і мають на увазі їх спільне використання для отримання максимального ефекту в розвитку ІТС конкретного міста. Таким чином, ІТС ведуть до того, що сфера транспорту тепер не може існувати відокремлено і потрібна тісна співпраця з фахівцями телекомунікаційних, навігаційних та інформаційних технологій.

Таблиця 2.1 – Сервіси користувачів ІТС

Група ІТС	Сервіси користувачів ІТС
Управління дорожнім рухом	Управління дорожнім рухом
Інформація для мандрівників	Інформація перед поїздкою
Системи транспортних засобів	Системи безпеки
Комерційні транспортні засоби	Управління парком комерційних транспортних засобів
Громадський транспорт	Управління громадського транспортом
Управління в надзвичайних ситуаціях	Управління аварійно-рятувальним транспортом
Електронні платежі	Електронні фінансові перерахування
Безпека	Інтелектуальні перехрестя

Архітектура систем транспортної телематики формує головні правила організації Інтелектуальних транспортних систем і взаємодії їх частин між собою і з зовнішнім середовищем, а також положення і керівництво по їх реалізації, впровадження та оцінки ефективності використання.

Архітектура ІТС надає загальну структуру для реалізації, де для визначення її компонент можна застосовувати кілька критеріїв залежно від необхідних сервісів і групи користувачів. На сьогоднішній день існує дві

основні моделі для побудови ІТС:

- американська модель The US National ITS Architecture;
- європейська модель European ITS Framework Architecture.

Американська модель архітектури ІТС була розроблена в 1993 році і була створена для планування, визначення та інтеграції Інтелектуальних транспортних систем в міському, сільському і міжміському середовищах. Існує п'ять версій даної моделі. Вона включає в себе три рівні: два технічних (транспортний і комунікаційний) і один організаційний.

На рисунку 2.2 зображена архітектура американської ІТС. Транспортний рівень включає в себе 22 підрівні, які розділені на 4 основні групи:

- пасажери;
- центри управління;
- транспортні засоби;
- управління на дорозі.



Рисунок 2.2 – Архітектура американської моделі ІТС

Комунікаційний рівень описує зв'язки між цими підрівнями. Кожен

підрівень також включає в себе кілька компонент, що мають модульний характер. Це означає, що вони можуть бути самостійно впроваджені, як незалежна система, що надає певні послуги. Функціональність даної моделі заснована на логічній архітектурі, зображеній на рисунку 2.11.

Європейська модель ІТС була розроблена в середині 1990-х років в результаті програми KAREN. Дана модель має два рівні:

- призначений для користувача;
- функціональний (дозволяє реалізувати сервіси).

Схематично дана модель зображена на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Архітектура європейської моделі ІТС

Хоча модель не включає в себе фізичний і комунікаційний опис, на основі закладених у ній підходів можлива розробка індивідуального фізичного і комунікаційного середовища ІТС для конкретних користувачів і конкретних сервісів. Модель вже має спеціальні інструменти і бази даних для розробників, що полегшує реалізацію і створює стандартизоване середовище.

У зв'язку з появою таких технологій, як GPS, Glonass, Galileo, з'явилася можливість відстежувати місцезнаходження різних об'єктів, включаючи

мобільні. Це дозволило ІТС увійти в новий виток розвитку. Однак перераховані глобальні навігаційні супутникові системи, при всіх своїх можливостях, не дозволяють повноцінно вирішувати такі завдання:

- точно визначати місцезнаходження транспорту та керувати ним в реальному режимі часу;
- надавати навігацію аварійного транспортного засобу;
- створити безперебійний сервіс, здатний працювати в умовах мегаполісу.

Для вирішення перерахованих завдань необхідна інтеграція технологій Інтелектуальних транспортних систем з технологіями бездротового зв'язку.

Сьогодні при розробці приймачів глобальних навігаційних супутникових систем відбувається перехід від апаратно-орієнтованої технології побудови на базі чіп-комплексу ASIC до програмно-орієнтованої технології на базі цифрових сигнальних процесорів Digital Signal Processors – DSP. Нова технологія DSP використовує в своїй роботі, як системи навігації, так і системи зв'язку. Далі проведемо аналіз світового ринку навігаційних систем міського громадського транспорту, технологій телематики і її додатків в інтелектуальних транспортних системах. Цей огляд можна розглядати як попередню стадію реалізації елементів проекту «Smart city» на основі створення інтелектуальних зупинок. Проведемо аналіз світового ринку навігаційних систем для міського громадського транспорту і поширених способів їх застосування (архітектура GNSS, DSP, ASIC, телематика). Експлуатація в цивільних цілях глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) GPS і GLONASS відкрила нову еру в використанні ІТС, з'явилася можливість отримувати інформацію про місцезнаходження стаціонарних і мобільних об'єктів в будь-якому місці і в будь-який час. Ще більші перспективи в цьому напрямку відкрилися із завершенням введення в експлуатацію європейської супутникової навігаційної системи Galileo. Однак цілий ряд вимог сучасних Інтелектуальних транспортних систем – наприклад, висока точність

визначення місцезнаходження транспортних засобів для управління ними в реальному масштабі часу, створення безперебійного стійкого навігаційного сервісу в умовах тунелів і багатоповерхових міських забудов – не може бути забезпечений виключно можливостями сучасних ГНСС. Для реалізації цих вимог здійснюється інтеграція технологій позиціонування з технологіями бездротового зв'язку в цілях створення безперервного віртуального середовища транспортного управління в будь-яких умовах. В даний час при створенні сучасних приймачів ГНСС спостерігається перехід від апаратно-орієнтованої технології побудови на базі чіп-комплектів ASIC (application-specific integrated circuits) до програмно-орієнтованої технології на базі сигнальних процесорів DSP (digital signal processor) (рисунок 2.4).

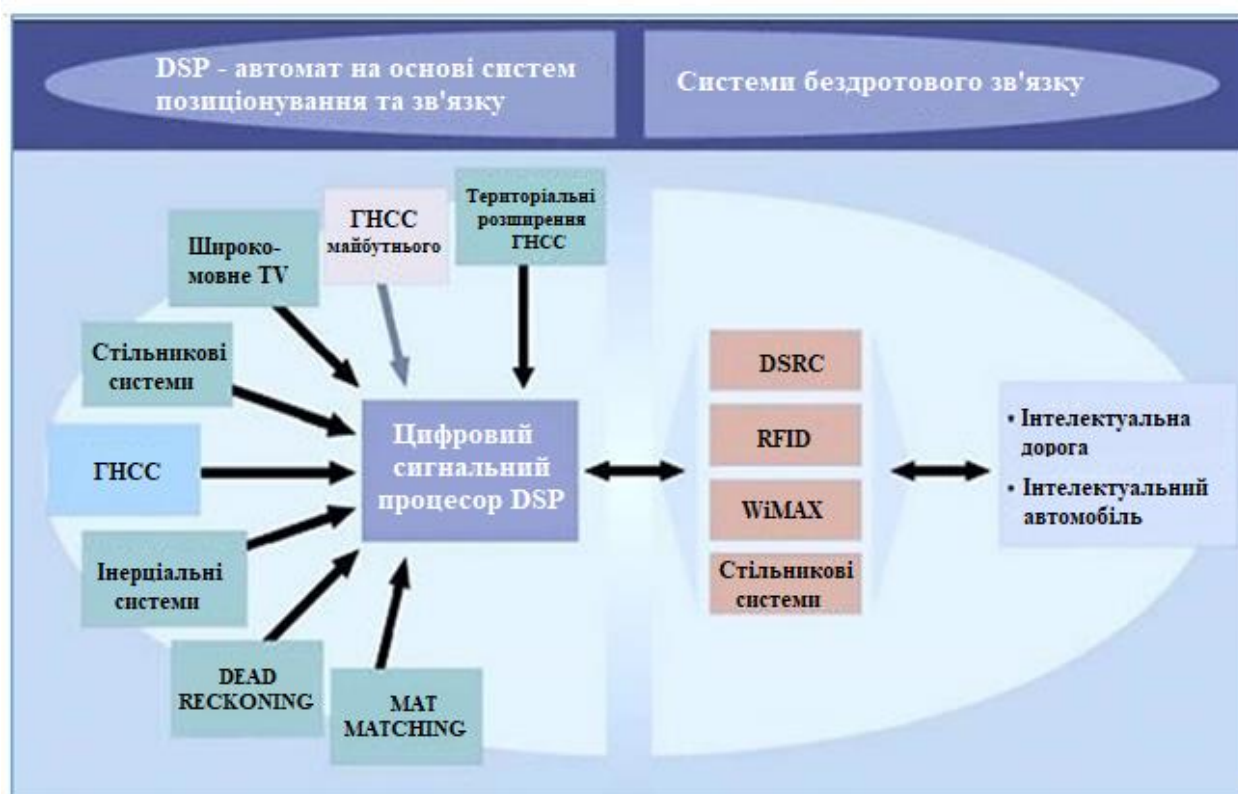


Рисунок 2.4 – Технології, які використовуються для побудови навігаційних додатків ІТС в сучасній світовій практиці

Такий підхід забезпечує скорочення часу розробки та ризику при

впровадженні, простоту модернізації при розробці нових програм, збільшення життєвого циклу при скороченні його вартості і суттєве збільшення надійності. Перехід до технології DSP дозволяє створювати навігаційні засоби, які використовують як розширення ГНСС, так і можливості систем зв'язку. Таким чином, можна сказати, що ключовими тенденціями і драйверами світового ринку систем навігації міського громадського транспорту є наступні компоненти:

- поява альтернатив GPS: ГЛОНАСС, Galileo і Compass;
- модернізація транспортної інфраструктури: інтелектуальні транспортні системи, «розумні дороги», «розумні зупинки» та ін .;
- розвиток концепції «Connected Car»;
- формування екосистем навколо найбільших світових компаній в сфері ІТ (Apple, Google);
- зниження ціни і підвищення технічних характеристик навігаційних продуктів і послуг;
- розвиток «хмарних обчислень» та нових бізнес-моделей (IaaS, PaaS, SaaS).

Як показує закордонна практика, управління транспортними потоками може бути засобом боротьби з заторами на дорогах. Так як «Smart city» володіє достатньо широкими вулицями, можна зробити висновок, що проблема полягає не в пропускній здатності, а в неоптимальному використанні міської дорожньої мережі. Більш того, хаотична парковка посилює обстановку в «Smart city». У міжнародній практиці існує різна кількість рішень по використанню паркувальних місць:

- мобільні додатки;
- магнітні картки;
- паркомати.

Виходячи із зазначених вище проблем, і відповідно до прийнятої в «Smart city» транспортної стратегії прийнято рішення про впровадження Інтелектуальної транспортної системи (ІТС). Дана система повинна бути

спрямована на створення транспортної мережі, яка повинна мати такі властивості:

- високоякісна;
- безпечна;
- інтегрована;
- стійка з точки зору обслуговування всіх категорій жителів.

Основними цілями ІТС є:

- подальша підтримка бурхливого економічного зростання міста;
- підтримка соціального розвитку всіх категорій населення (особливо таких вразливих груп, як пенсіонери, студенти, люди з обмеженими можливостями);
- зменшення впливу транспортної мережі на екологію;
- створення надійної і безпечної транспортної системи.

При розробці і впровадженні «розумних зупинок», як частини ІТС в «Smart city», пропонується розробка системи, яка повинна відповідати принципам «FARSICOM» (Fast - Affordable - Reliable - Safe - Simple - Integrative - Comfortable - Operationally Sustainable - Metropolitan Coverage) , тобто зобов'язана застосувати дані критерії для рівня обслуговування:

- швидкість;
- доступність за ціною;
- надійність;
- безпека;
- простота у використанні;
- інтегрованість;
- зручність;
- стійкість;
- охоплювати весь мегаполіс.

Основною метою розвитку системи громадського транспорту та впровадження «розумних зупинок» повинен бути переклад основного міського пасажиропотоку з приватного автомобільного транспорту на

громадський транспорт.

Основою системи всієї міської мережі зобов'язаний бути швидкісний громадський транспорт, який повинен охоплювати все місто і включати в себе різні види транспорту:

- метро;
- легкорейковий транспорт;
- швидкісні автобусні сполучення;
- виділені смуги для руху тільки громадського транспорту.

При цьому всі види громадського транспорту повинні бути пов'язані (перетинатися) для того, щоб пасажир без проблем могли пересідати з одного транспорту на інший.

Додатково, обов'язково повинна бути надана інформація в реальному режимі часу про поточне місцезнаходження транспортного засобу і навігаційна інформація. Дане завдання як раз може бути реалізовано «розумною зупинкою» (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Загальна концепція і дизайн «розумної зупинки» в Барселоні

Інтелектуальна транспортна система «Smart city» включає в себе:

- розробку ієрархічної системи громадського транспорту;
- впровадження основ системи швидкісного громадського транспорту.

Основними характеристиками даної системи є швидкість і надійність. Вона зобов'язана охоплювати все місто і пов'язувати з основними місцями скупчення людей (різні установи). Більш того, зупинки даної системи повинні бути розташовані так, що всі жителі «Smart city» зможуть дійти до найближчої зупинки пішки;

- перетворення маршрутних мереж громадського транспорту та впровадження «розумних зупинок» для інформування пасажирів і їх навігації по місту;

- розробка і впровадження системи електронного облічування;
- розробка і впровадження електронних систем інформування жителів міста у вигляді «розумних зупинок».

На кожній зупинці повинна бути встановлена інтелектуальна система, що дозволяє дізнаватися в реальному режимі часу інформацію про прибуття наступного транспорту на зупинку, дані про наявність квитків, розклад маршрутів і графік роботи інших видів громадського міського транспорту, що прибуває на дану зупинку (рисунок 2.6).

У 2021 році в багатьох країнах колишнього СНД плануються пілотні проекти по установці «розумних» зупинок громадського транспорту, де можна буде не просто зарядити свій смартфон або дізнатися розклад, але навіть викликати автобус або таксі.

«Розумна зупинка »буде автоматично виводити автобус на маршрут, в разі, якщо на ній збереться від п'яти до 10 осіб. Така технологічна новинка створюється в рамках місцевих платформ ІТС.

У пілотному режимі розробку планується впровадити в 2021 році, повноцінно сервіс запрацює роком пізніше - в 2022 році.



Рисунок 2.6 – Приклад «розумної зупинки»

Тепер городяни самі зможуть викликати автобус, для цього треба буде лише натиснути на спеціальну кнопку. Після цього система перевірить кількість пасажирів за допомогою відеодетектора. Якщо пасажирів виявиться більше п'яти, автобус буде виведений на маршрут.

У проекті передбачені опції для соціальних категорій громадян – для них на автобусних зупинках будуть обладнані кнопки виклику соціального таксі.

Також передбачена можливість заздалегідь викликати автобус, якщо поїздку планує здійснити група з кількох людей. «Фактично людина зможе заздалегідь інформувати автобусного перевізника про свій намір поїхати, наприклад, завтра о шостій ранку.

За умови, якщо кількість заявок буде перевищувати необхідну економічну норму (її визначать у мерії міста), людина побачить сигнал, що автобус буде готовий і точно приїде до призначеного часу».

Планується, що «розумні» зупинки будуть антивандальними і багатомодульні, це дозволить включити додаткові сервіси по мірі розвитку (рисунок) 2.7.

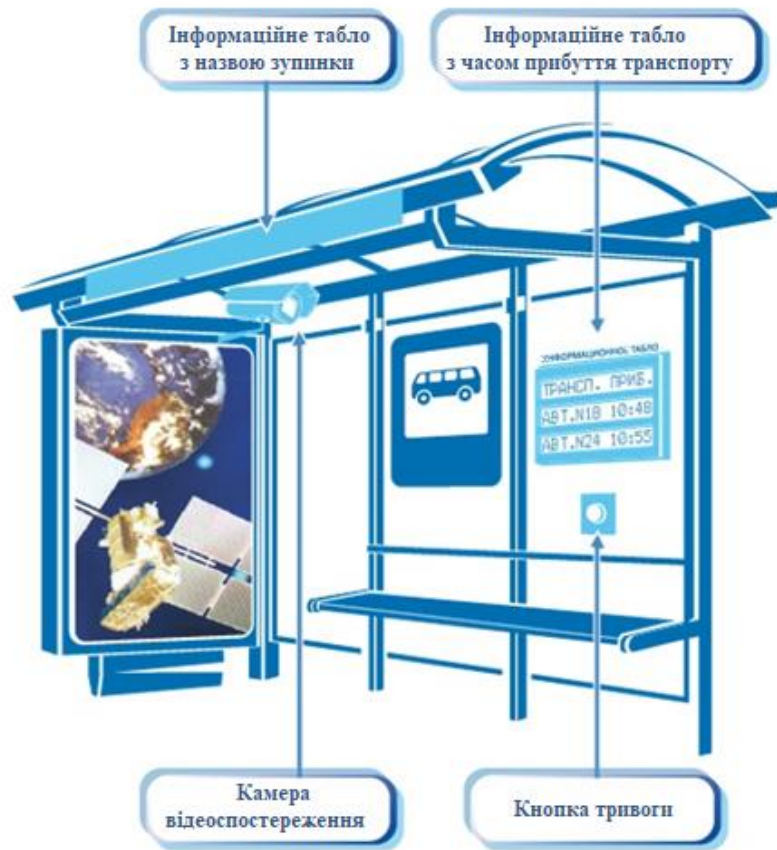


Рисунок 2.7 – Схема типової «розумної зупинки»

3 КОНЦЕПЦІЯ СИСТЕМИ «РОЗУМНОЇ ЗУПИНКИ»

Основною метою розробки є створення платформи модульної структури для реалізації проекту «розумної зупинки» Smart City у вигляді міського розумного терміналу, допомога якого полягає в створенні різних послуг, які відповідають ініціативам з побудови Smart City. Дана система «розумної зупинки» вписується в загальну концепцію побудови Smart City за Європейською моделлю. Головні функції системи «розумної зупинки» представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Головні функції системи «розумної зупинки»

№	Назва функції	Опис функції
1	Як доїхати?	<p>Система показує всі номери маршрутів різних типів громадського транспорту для отримання інформації, як дістатися з пункту відправлення (пункт А) до пункту призначення (пункт Б). Система показує способи пересадки з одного транспорту на інший в разі відсутності прямого маршруту (виводиться три альтернативи). Система виводить маршрут у вигляді графа на карті для більшого розуміння отриманої інформації користувачем.</p> <p>При необхідності користувач має можливість вибирати точку відправлення А і точку призначення на карті.</p>
2	Вибір мови	<p>Система має голосовий супровід трьох мов (українська, російська, і англійська) для основних функцій системи, що дозволяє ще простіше користуватися системою.</p>

Продовження таблиці 3.1

№	Назва функції	Опис функції
3	Вікно вітання	Система відображає вікно вітання, коли знаходиться в пасивному режимі.
4	Час	Система демонструє поточний час, при цьому іконка відображення змінює свій колір залежно від часу доби (темний - вночі, світлий - удень).
5	Погода	Система показує поточну температуру навколишнього середовища, при цьому іконка відображення змінює свій колір (синій - холодно, помаранчевий - тепло).
6	Афіша	Система відображає всі події міста, сортуючи інформацію за категоріями і датами.
7	Інформація	Система відображає інформацію про автора проекту і його контакти.
8	Де мій автобус?	Система відображає поточний стан одиниць громадського транспорту.
9	Електронна комерція	Система є додатковим каналом для віртуальних підприємств, електронних магазинів, організацій, які приймають платежі дистанційно.
10	Сплатити за проїзд	Система може приймати платежі за проїзд в громадському транспорті. В даний час ця опція реалізована в повному обсязі.
11	Відкрита мережа Wi-Fi	Система дозволяє підключатися до відкритої мережі Wi-Fi тим людям, хто очікує громадський транспорт на зупиночному пункті.

Основними завданнями розробки були:

- розробка програмного забезпечення для розумного терміналу

(рисунок 3.1), який є платформою для майбутньої трансформації зупиночних пунктів у повноцінні системи «розумної зупинки» (Smart Bus Stop) в Smart City;

- використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) для вирішення проблем мегаполіса через модульне впровадження функціоналу в систему;
- трансформація зупиночних пунктів у стан Smart City;
- створення простої, зрозумілої, структури системи «розумної зупинки», яка розширюється;
- створення інтерфейсу, адаптованого під різні категорії користувачів;
- зручне представлення основних функцій системи;
- мотивація користувачів на використання головних функцій системи для збору статистичних даних і як новий спосіб взаємодії з населенням міста (розумні люди);
- спрощення процедури збору статистичної інформації для вирішення питань мегаполісу.



Рисунок 3.1 – Розумний термінал

Навігаційна структура системи представлена на малюнку 3.2. Структура інформації в системі може змінюватися після запуску системи силами адміністратора, а також в процесі розробки і впровадженні нового функціоналу в залежності від поставлених завдань або запитів міської влади.



Рисунок 3.2 – Навігаційна структура системи «розумної зупинки»

Система підтримує три мовні версії: російську, англійську, і українську. Для кожної мови створена своя версія стандартного функціоналу (для заголовків, пунктів меню, службових фраз і т.п.).

При переході до певної мовної версії відображається версія з функціоналом цієї мовної версії. У зв'язку з відсутністю реєстрації в системі, виділяють дві основні групи користувачів системи:

1) основні користувачі системи – будь-які користувачі громадського транспорту (туристи, гості міста, люди пенсійного віку, студенти, будь-який житель міста). Можливості для цієї категорії:

- використання функції «Як доїхати?»;

- використання функції «Що поруч?»;
- використання функції «Визначні місця»;
- отримання інформації про поточний час;
- отримання інформації про поточну погоду;
- отримання інформації про події міста на поточний місяць (Афіша);
- можливість вибору мови;
- використання функції «Де мій автобус?»;
- використання послуг організацій електронної комерції;
- оплата за проїзд на громадському транспорті;
- безкоштовне використання мережі Wi-Fi на території зупинкового пункту;
- можливість зв'язку з автором проекту для питань або співпраці.

2) адміністратор системи – користувач системи, що має повний доступ до адміністративної частини системи:

- всі можливості по управлінню системи;
- зміна інформації в системі;
- додавання даних;
- редагування даних;
- видалення даних.

На кожній сторінці системи розташовуються наступні об'єкти:

- поточний час;
- погода (у вигляді цифри і іконки);
- логотип;
- афіша міста;
- опція вибору мови (українська, російська, англійська);
- кнопка «Додому», і кнопка "Назад".

Нижче представлено більш детальний опис основних реалізованих функцій.

Функція «розумної зупинки» «Як доїхати?» дозволяє користувачеві ввести точку відправлення А і точку призначення Б. За замовчуванням у вікні

"Точка А" стоїть значення "Міська лікарня № 17", так як перший запуск системи планувався в даній точці міста. Після початку заповнення текстового поля Б, система починає видавати підказки у вигляді списку передбачуваних вулиць.

Після закінчення введення точки призначення, на карті виводиться маршрут проїзду і список номерів необхідного громадського транспорту (автобуси, тролейбуси, трамваї).

На рисунку 3.3 зображений інтерфейс даної функції.

Обидва текстових поля (точка А і точка Б) мають функцію видалення набраної інформації. Після отримання необхідної інформації про маршрут, система дозволяє роздрукувати знайдений маршрут через термопринтер. Функція інтелектуальної зупинки «Що поруч?» демонструє інформацію про місця інтересу для користувачів в радіусі 1 км. Розділ включає в себе дані категорії: Готелі, Аптеки, Банкомати, Кафе і ресторани, Магазини.



Рисунок 3.3 – Інтерфейс функції "Як доїхати?"

Після вибору певної категорії, виводиться вікно зі списком прилеглих об'єктів і карта маршруту (рисунок) 3.4.

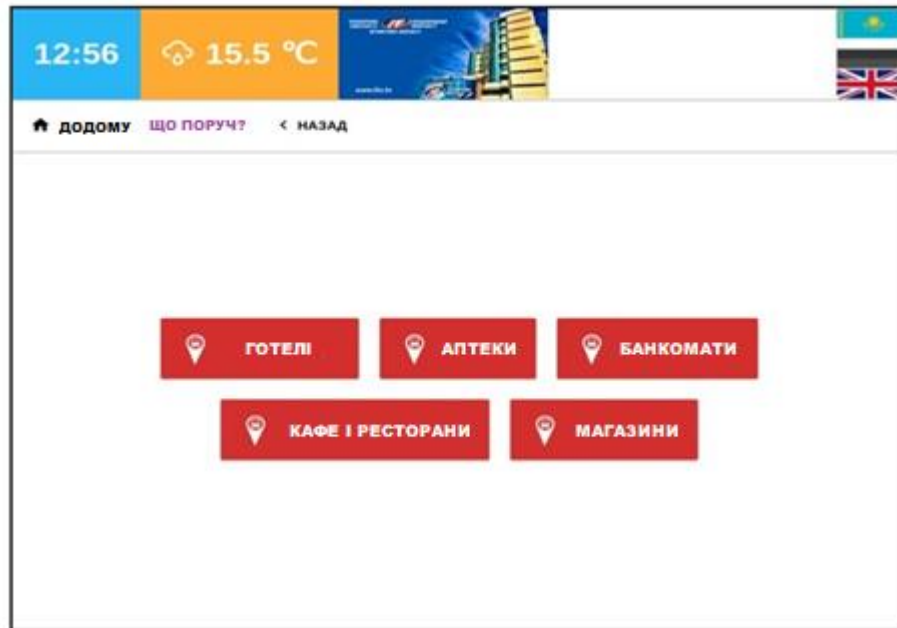


Рисунок 3.4 – Інтерфейс функції "Що поруч?"

Функція «розумної зупинки» «Визначні місця» складається з наступних компонент:

- природа;
- культурні об'єкти;
- кінотеатри;
- парки і зоопарки;
- музеї;
- театри;
- покупки;
- монументи.

Кожна із зазначених компонент складається зі списку пам'яток, відсортованих за певною тематикою. При виборі компоненти, виводиться інформація про визначні пам'ятки у вигляді фотографії і ім'я місця. Більш того, компоненти мають дві додаткові функції: "Детальніше" і "Як доїхати?". При натисканні "Детальніше" виходить розгорнутий опис пам'ятки. При натисканні "Як доїхати?" відображається інформація про маршрути

громадського транспорту у вигляді списку номерів автобусів, тролейбусів, і трамваїв і карта графічного зображення маршрутів.

Функція «розумної зупинки» відображає інформацію про поточні події Smart City. При виборі даної функції виходить афіша подій Smart City. Функція інтелектуальної зупинки «Час» демонструє поточний час.

Функція «розумної зупинки» «Погода» відображає поточну температуру повітря в Цельсіях і іконку, що символізує певні погодні умови. Інформація про погоду береться з ресурсу openweathermap.org.

Розроблена система «розумної зупинки» задовольняє наступним технологічним вимогам:

- дизайн, стиль навігації і організації даних відповідає вимогам зручності навігації та простоти пошуку інформації на розумному терміналі, колірна схема відповідає колірній схемі міського стилю, передаючи еволюційний перехід від традиційної концепції до інтелектуальної;

- розділи «Як доїхати?», «Що поруч?», «визначні місця» вписуються в дизайн таким чином, що знаходяться на місцях, зручних для користувача. Головні базові елементи системи (час, погода, логотип, афіша подій в місті, вибір мови, електронна комерція, мережа Wi-Fi, оплата за проїзд) видно на всіх сторінках системи;

- забезпечено захист від несанкціонованого доступу до інструментів управління системою;

- використані сучасні технології побудови динамічних систем з використанням технологій навігації Google Maps API, 2GIS API, їх баз даних для зберігання матеріалів, а також збереження їх цілісності.

При виборі комплектуючих, устаткування і матеріалів, враховувалися кілька факторів: технічні вимоги системи по функціональності, якість виробів, місце виробництва, відсоток браку, стабільність роботи, механічна надійність, і здатність переносити екстремальні умови.

Однією з ключових компонент міського розумного терміналу є GPRS модем для відправки даних. Завдяки даній комплектуючій можливе

створення мережі інтелектуальних зупинок, яка на базі GSM технологій може збирати всі дані в єдиному процесинговому центрі і розподіляти їх між різними міськими службами. На рисунку 3.5 представлена логічна архітектура мережі міських інтелектуальних терміналів.



Рисунок 3.5 – Логічна архітектура мережі міських розумних терміналів

3.1 Програмна реалізація системи

Програмна структура розробленої системи «розумної зупинки» являє собою макрорівень моделювання Smart City і дозволяє вирішити, такі завдання:

- планування транспортної інфраструктури та громадського транспорту;
- графічну обробку мережі;
- аналіз і оцінку транспортних мереж;

- прогноз запланованих заходів;
- створення платформи для транспортно-інформаційних систем.

Для моделювання транспортних потоків і вирішення зазначених завдань було сформовано банк даних, який включав такі параметри:

- детальну схему вулиць міста;
- фактичну інтенсивність руху і склад транспортного потоку;
- швидкість руху транспортних засобів у вільному стані і при повному завантаженні вулиць рухом;
- геометричні параметри і пропускну спроможність вулиць і доріг;
- організацію руху на вулицях міста;
- схему і розклад руху громадського транспорту;
- розміщення зупинок громадського транспорту і час, що витрачається на зупинки;

- транспортні блоки – ділянки однорідні по щільності населення, рівнем розвитку промисловості і торгових підприємств, місця привабливі для відпочинку населення і т.д .;

- чисельність населення, чисельність працездатного населення, кількість робочих місць і кількість людей зайнятих в сфері послуг (для кожного блоку).

У програмному продукті проекту всі дані про транспортну мережу зберігаються у вигляді баз даних SQL.

Структура програмного забезпечення навігаційного терміналу зображена на рисунку 3.6.

Базу програмного забезпечення міського розумного терміналу становить ядро. Воно виконує функції управління розподілом інформаційних потоків всередині системи. Також ядро здійснює мікро взаємодію з периферійним обладнанням системи через набір драйверів пристроїв. Функція відображення і введення призначених для користувача даних в терміналі виконує додаток призначеного для користувача інтерфейсу. Конфіденційні дані до їх відправки в центр обробки даних системи зберігає в

локальній базі даних терміналу.

Першим етапом створення транспортної схеми була вставка карти міста з приведенням її масштабу у відповідність з описом системи «розумної зупинки». Вона служить фоновим зображенням при нанесенні транспортної мережі міста.

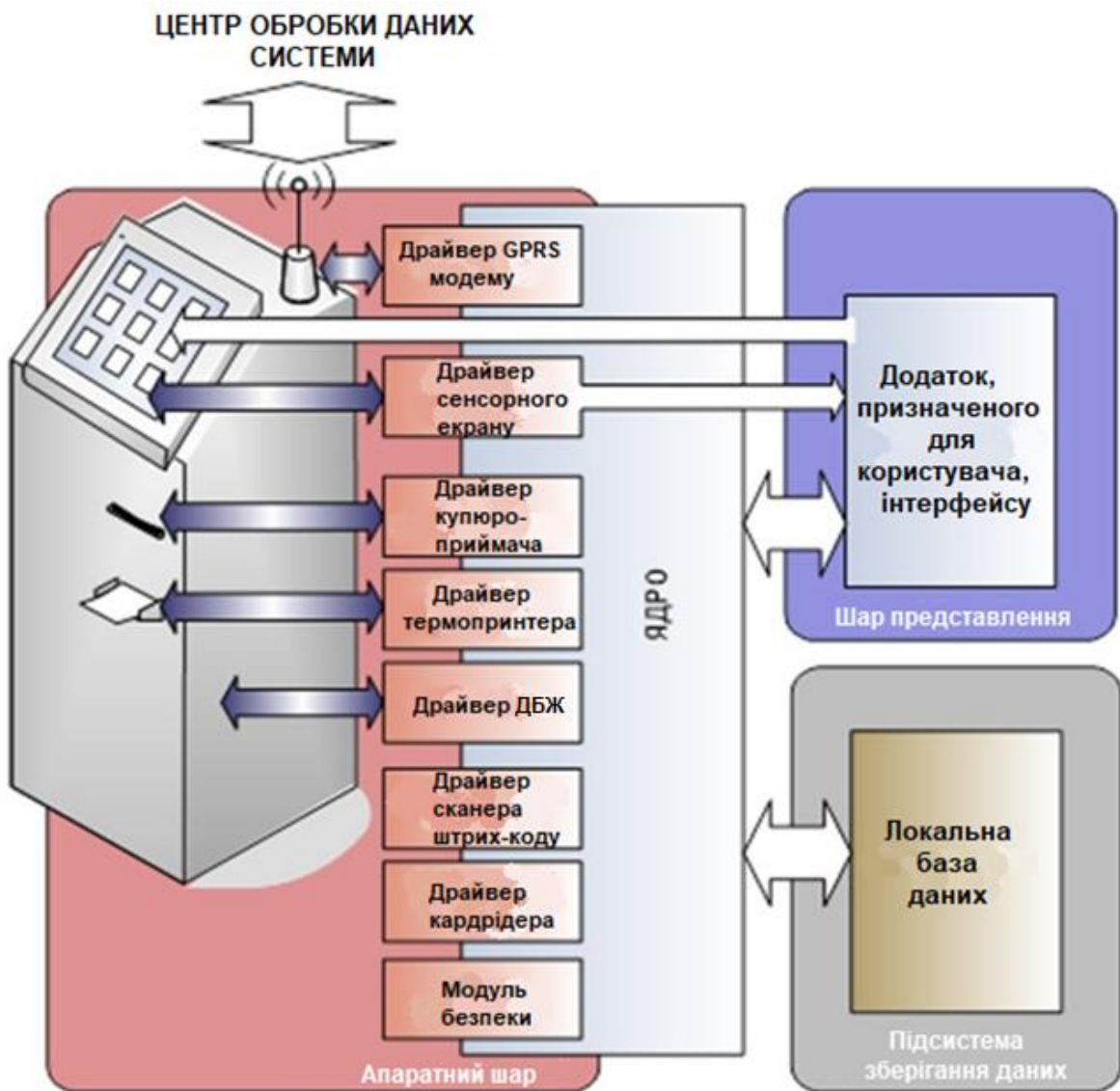


Рисунок 3.6 – Архітектура програмного забезпечення міського розумного терміналу

Потім були призначені системи транспорту, для яких задавалися назва, максимальна і мінімальна швидкість руху.

Для спрощення окреслення вулиць, були призначені типи відрізків, які класифіковані згідно з їх призначенням і параметрам. Кожному типу присвоїли назву і задали наступні характеристики:

- максимальна швидкість руху транспортних засобів;
- пропускна здатність;
- дозволені для руху системи транспорту;
- кількість смуг руху і т.д.

Всі перераховані параметри задані окремо для кожного напрямку.

Створення транспортної схеми було розпочато з нанесення вузлових точок, які характеризують зміну геометричних параметрів вулиці, швидкості руху, пропускної здатності, а також наявність зупинкових майданчиків. Розставлені вузли з'єднані відрізками відповідного типу.

Для кожного відрізка присвоєно назву і проведено детальне коригування його параметрів (швидкість руху, пропускна здатність, системи транспорту і т.д.).

Наступним кроком була розстановка зупинкових майданчиків, призначення маршрутів громадського транспорту і складання розкладу його руху. При розрахунку розкладу руху програмою враховувалися тривалість зупинки автобуса, час початку і закінчення роботи маршруту, а також інтервал руху (рисунок 3.7).

Одним з найважливіших етапів, від якого залежить достовірність наступних результатів, було розділення досліджуваної території на транспортні блоки.

Для кожного блоку призначений центр тяжіння і зв'язку – віртуальні відрізки, через які здійснюють вхід і вихід індивідуальний транспорт з центру тяжіння на вулиці блоку.

Для зв'язків задані такі параметри, як дозволені системи транспорту і частка індивідуального транспорту, що рухається по даному напрямку. Також враховані зв'язки, що показують переміщення пасажирів від зупинкових майданчиків до центру тяжіння району.

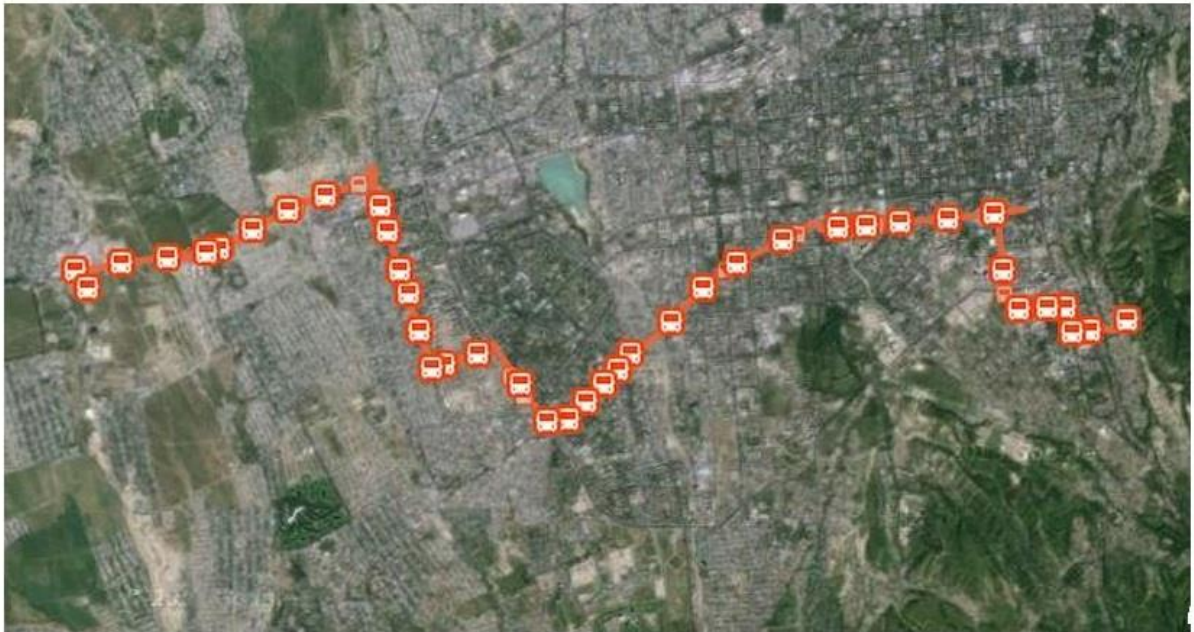


Рисунок 3.7 – Приклад розміщення зупиночних пунктів одного з автобусних маршрутів

Далі розглянута організація руху транспортних засобів. Тут враховано обмеження для окремих видів транспорту або повна заборона поворотів на перетинах (приляганнях) вулиць і доріг, прийнята до уваги організація руху транспортних потоків на розв'язках в одному або декількох рівнях, а також організація одностороннього руху і т.д.

Створений банк параметрів вулично-дорожньої мережі призначений для розрахунку в програмному комплексі матриць витрат часу населення на поїздки. Витрати можуть так само виражатися в грошовому вигляді, або за допомогою довільних параметрів.

За допомогою отриманих матриць витрат і статистичних даних про населення міста, складені матриці кореспонденцій індивідуального та громадського транспорту. Для цього використаний програмний модуль в Excel.

Основними статистичними даними необхідними для створення матриць кореспонденцій були:

- чисельність населення кожного з виділених блоків;

- чисельність працездатного населення;
- кількість робочих місць;
- кількість людей, зайнятих у сфері послуг.

Отримані матриці кореспонденцій індивідуального та громадського транспорту були підставлені в програмний комплекс, на базі чого було проведено розподіл переміщень населення і індивідуального транспорту. Результат розподілу представлявся у вигляді епюр (епюра – особливий вид графіка, що показує розподіл величини навантаження).

Для отримання більш стабільних результатів розрахунку матриць кореспонденцій, а отже і матриць витрат часу, тестування було здійснено кілька разів (до тих пір поки система не прийшла в рівновагу).

Останнім кроком, що забезпечує достовірність розподілу транспортних потоків, було коригування параметрів моделі, а також ручне коректування значень інтенсивності руху згідно натурних спостережень.

Програма для візуалізації транспортної схеми AnyLogic дала можливість винести на відрізки різну інформацію, наприклад:

- інтенсивність руху;
- швидкість;
- пропускну здатність;
- назву відрізка.

Також здійснена можливість класифікації за різними ознаками відрізків, вузлів, зупинок і інших атрибутів, виділяючи тим самим їх із загальної маси (за кольором, товщиною смуги, формою, розміром, типом лінії і т.д.)

Однією з головних переваг розробленої системи «розумної зупинки» є можливість прогнозу запланованих заходів з організації руху транспортних засобів.

Це дозволяє моделювати розвиток транспортної мережі з урахуванням реконструкції або будівництва нових вулиць, влаштування перетинів на різних рівнях, зміни організації дорожнього руху, будівництва нових районів

міста, планування наслідків аварійних ситуацій і т.д.

Сьогодні надання довідкової інформації в реальному режимі часу і даних по громадському транспорту є передумовою для надання високоякісних пасажирських послуг.

Крім того, це один з ключових чинників у розвитку транспортних компаній і привабливості громадського транспорту для більшої кількості людей.

Інформація, що отримана за допомогою всебічного аналізу подібних даних, оброблена і показана в зручному і зрозумілому вигляді пасажирам, має ще більше значення для розвитку громадського транспорту.

Повна і точна інформація про нього не тільки допомагає пасажирам вибрати зручний час поїздки і оптимальний маршрут, але також і зменшує навантаження на транспорт, оптимізуючи транспортний потік.

Реалізована здатність надавати повну картину роботи громадського транспорту допомагає збільшити конкуренцію серед компаній, що надають послуги пасажирського транспорту, поліпшити якість, рівень транспортних організацій, і їх управління державними органами.

З поліпшенням пасажирського транспорту все більше людей почало його використовувати, переміщаючись по місту не на особистому автомобілі, що робить позитивний вплив на екологічну ситуацію в місті, усуває пробки, і покращує забезпечення безпеки на дорогах.

Аналізуючи дані інтелектуальних транспортних і навігаційних телекомунікаційних систем транспорту, найбільший інтерес з боку кінцевих користувачів належить навігаційним і телеметричним даним, які створюються транспортом, обладнаним автоматичними системами позиціонування і інструментами глобальних навігаційних супутникових технологій, такими як ГЛОНАСС або GPS.

Щоб показати цей тип інформації в режимі реального часу і зробити аналіз навігаційних даних і телеметрії в формі діаграм і транспортних прогнозів, повинні використовуватися географічні інформаційні системи

(ГІС).

ГІС надають інтуїтивний, легкий у використанні, і простий інтерфейс пасажиру для отримання всієї необхідної інформації, розподіленої в просторі і часі.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Для вирішення проблеми забезпечення простої форми довідкової інформації про міські маршрути, аналітичної обробки даних про часовий інтервал руху громадського транспорту, необхідна «розумна зупинка».

Вона дозволяє користувачеві вибирати дві випадкові зупинки і отримувати список автобусних маршрутів, які зможуть доставити його з однієї зупинки до іншої «з» або «без» пересадок з одного автобуса на інший.

Ці маршрути відсортовані в порядку зростання на основі часу. Крім того, також враховується час дня, графік інтервалу між автобусами, і час маршруту.

Час проходження між автобусними зупинками маршруту було обчислено, використовуючи систему прогнозування руху маршрутів транспорту на основі статистики в різний час дня.

Всі маршрути громадського транспорту в одному місті можуть бути описані як набір R . Кожний маршрут R_i набору R містить безліч автобусних зупинок і відстаней між ними. Говорячи слово "маршрут", мається на увазі рух тільки в одному напрямку, тобто рух від однієї автобусної зупинки до іншої.

Рух в протилежному напрямку є іншим маршрутом. На початку роботи з міським розумним терміналом користувач вводить початкову автобусну зупинку A і заключну автобусну зупинку – B .

При пошуку маршрутів від A до B , можливі наступні сценарії.

Крок №1. Знайдено маршрути без пересадок.

Є маршрути з набору R , які працюють під час t і містять зупинки A і B . Список відповідних маршрутів сортується на основі часу на дорогу, яке обчислюється в режимі реального часу з використанням системи прогнозування або виходячи з інформації банку даних, де вказано розклад маршрутів.

Крок №2. Знайдений один маршрут з однією пересадкою.

У цій ситуації система шукає підмножини RA_i , які містять зупинку А і підмножини RB_j , які містять зупинку В серед безлічі маршрутів R.

Якщо необхідно, деякі маршрути можуть бути видалені з підмножин RA_i і RB_j , якщо у цих маршрутів є особливі умови (тобто певні дні роботи). Якщо деякі підмножини стануть порожніми після видалення непотрібного, то користувач отримає повідомлення про неможливість переміщення з А до В.

Якщо підмножини не порожні, то йде пошук перетинів маршрутів між підмножиною RA_i і RB_j . Якщо знаходиться перетин підмножини маршрутів RA_i з підмножиною маршрутів RB_j , то буде вибрано підмножина відібраної пари пересічних маршрутів.

Таким чином, готується новий граф – схема автобусних зупинок, які грають роль вузлів графа.

Вага країв графа – це транспортні інтервали між автобусними зупинками. Наступним кроком є пошук найкоротшого шляху через зупинки графа, використовуючи алгоритм Дейкстри.

Цей алгоритм передбачає, що коли один з найкоротших шляхів уже знайдений, будь-який інший шлях повинен відрізнятися від вже знайденого хоча б одним краєм.

Потім необхідно побудувати новий граф, отриманий з оригінального, при цьому видаливши один з країв знайденого найкоротшого шляху. Після цього повинен бути здійснений новий пошук найкоротшого шляху в новому графі.

Знайдені найкоротші шляхи додаються до списку, сортуються в порядку зменшення і відображаються користувачеві. Блок-схема алгоритму зображена на рисунку 4.1.

Крок №3. Знайдений один маршрут з двома пересадками.

Якщо немає ніяких перехресть на шляху маршруту між автобусними зупинками підмножини RA_i і підмножини RB_j , новий пошук підмножини RC_k розпочато серед єдиного набору маршрутів R . У кожного члена підмножини RC_k має бути, принаймні, одне пересічення з маршрутами підмножин RA_i і RB_j . Потім створюються дві нові матриці перетинів RA_i і RC_k , RB_j і RC_k .

На основі цих матриць формується новий граф автобусних зупинок. У цьому графі система починає пошук найкоротшого шляху, використовуючи алгоритм Дейкстри. Знайдені найкоротші шляхи додаються до списку маршрутів, сортуються в порядку зменшення на основі часу та відображаються користувачу.

Крок №4. Знайдений один маршрут з трьома або більше пересадками.

У цьому випадку механізм пошуку маршруту залишається тим же самим, як в пошуку шляху з двома пересадками, за винятком того факту, що із зростаючим числом пересадок, число проміжних маршрутів також збільшується.

Ця система дозволить користувачеві дізнатися, як дістатися з пункту відправлення до пункту призначення за мінімально-можливий час і чекати громадський транспорт безпосередньо перед його прибуттям.

Для знаходження маршрутів від точки А до точки В був застосований алгоритм Дейкстри.

Розглянемо приклад роботи алгоритму Дейкстри.

Нехай потрібно знайти найкоротшу відстань від 1-ї вершини до всіх інших. Кружальцями позначені вершини, лініями – шляхи між ними (ребра графа). У кружках позначені номери вершин, над ребрами позначена їх вага – довжина шляху. Поряд з кожною вершиною червоним позначена мітка – довжина найкоротшого шляху в цю вершину з вершини 1 (рисунок 4.2). Мітка самої вершини 1 покладається рівною 0, мітки інших вершин – недосяжно велике число (в ідеалі – нескінченність).

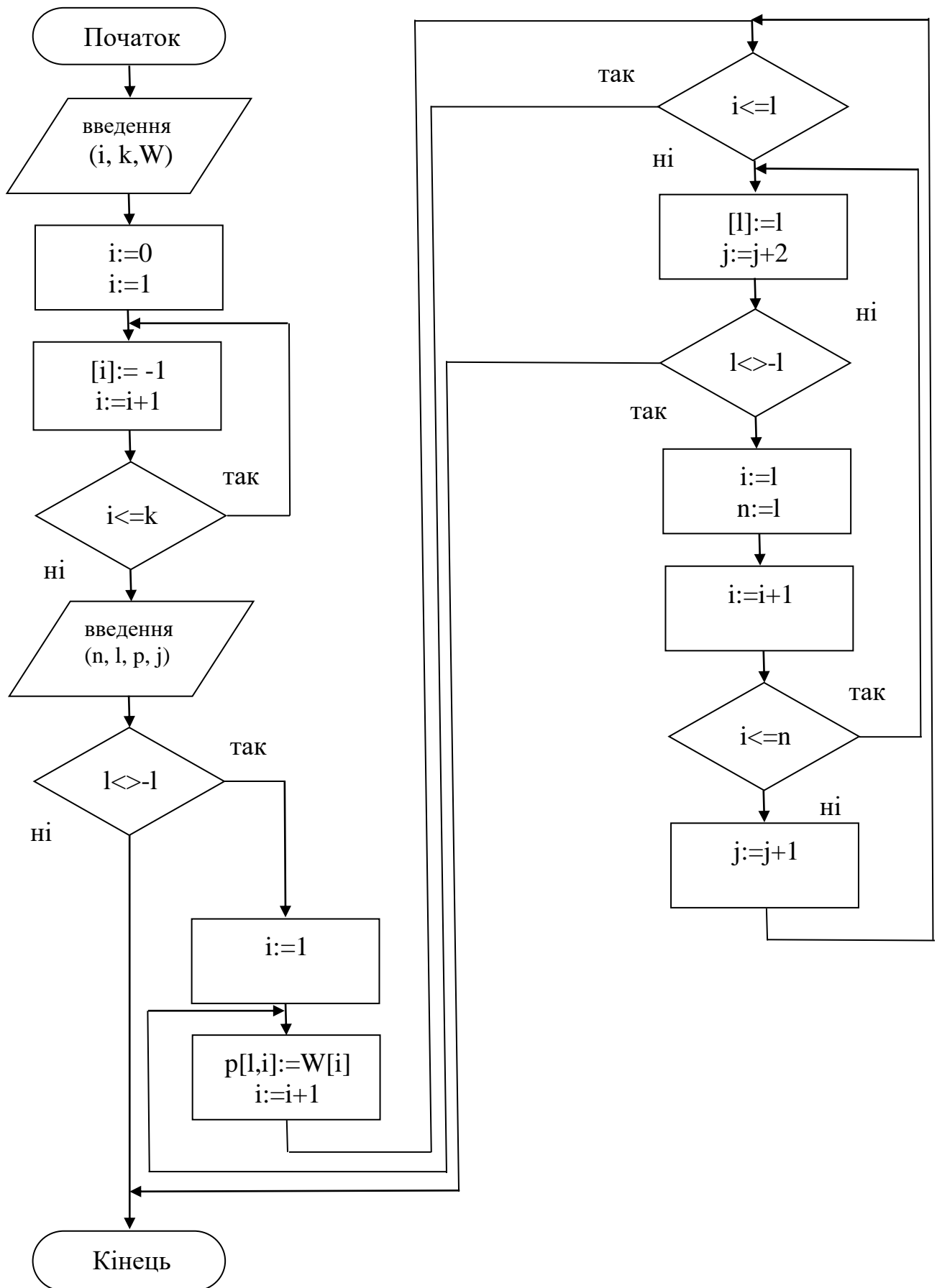


Рисунок 4.1 – Блок - схема алгоритму Дейкстри

Це відображає те, що відстані від вершини 1 до інших вершин поки невідомі. Всі вершини графа позначаються, що не відвідані (рисунок 4.3).

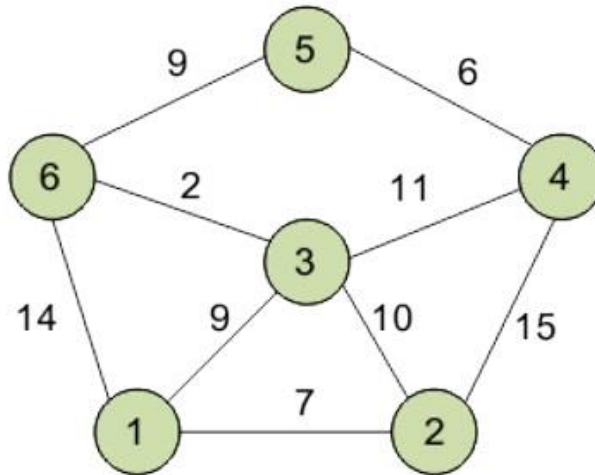


Рисунок 4.2 – Приклад роботи алгоритму Дейкстри, початковий стан

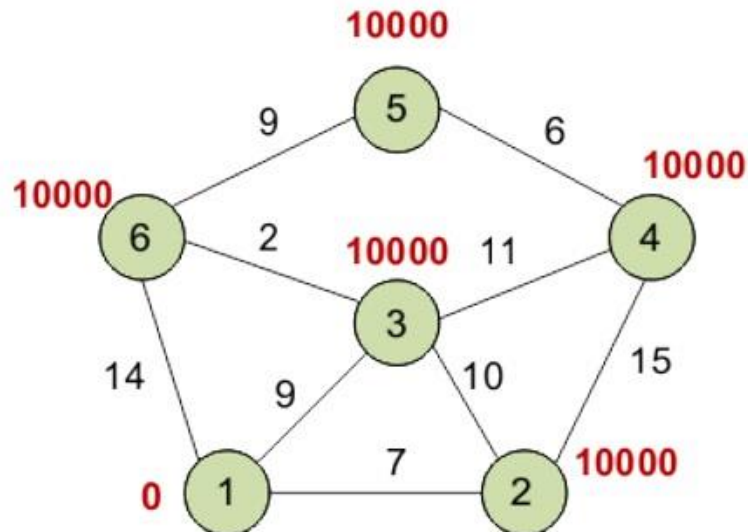


Рисунок 4.3 – Приклад роботи алгоритму Дейкстри

Крок № 1.

Мінімальну мітку має вершина 1. Її сусідами є вершини 2, 3 і 6. Обходимо сусідів вершини по черзі. Перший сусід вершини 1 - вершина 2,

тому що довжина шляху до неї мінімальна. Довжина шляху до неї через вершину 1 дорівнює сумі найкоротшої відстані до вершини 1 (значенню її мітки) і довжині ребра, що йде з 1-ї у 2-у, тобто $0 + 7 = 7$. Це менше поточної мітки вершини 2 (10000), тому нова мітка 2-ї вершини дорівнює 7 (рисунок 4.4).

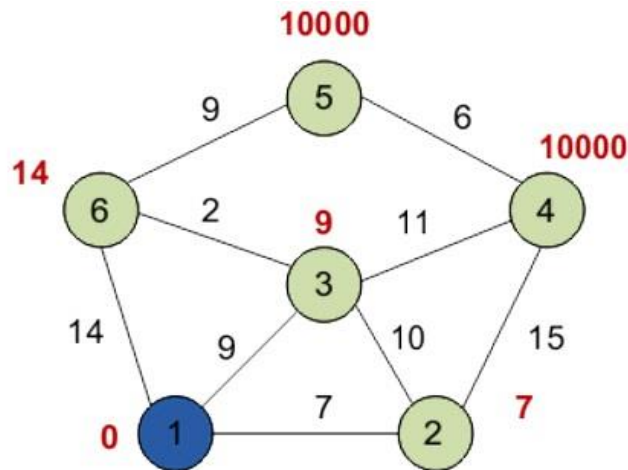


Рисунок 4.4 – Приклад роботи алгоритму Дейкстри

Аналогічно знаходимо довжини шляху для всіх інших сусідів (вершини 3 і 6). Всі сусіди вершини 1 перевірені. Поточна мінімальна відстань до вершини 1 вважається остаточною і перегляду не підлягає. Вершина 1 зазначається як відвідана.

Крок № 2.

Крок 1 алгоритму повторюється. Знову знаходимо «найближчу» з не відвідуваних вершин. Це вершина 2 з міткою 7. Знову намагаємося зменшити мітки сусідів обраної вершини, намагаючись пройти в них через 2-у вершину. Сусідами вершини 2 є вершини 1, 3 і 4. Вершина 1 вже відвідана. Наступний сусід вершини 2 – вершина 3, так як має мінімальну позначку з вершин, позначених такими, що не відвідані. Якщо йти в неї через 2, то довжина такого шляху буде дорівнювати 17 ($7 + 10 = 17$). Але поточна мітка третьої вершини дорівнює 9, а $9 < 17$, тому мітка не змінюється (рисунок 4.5).

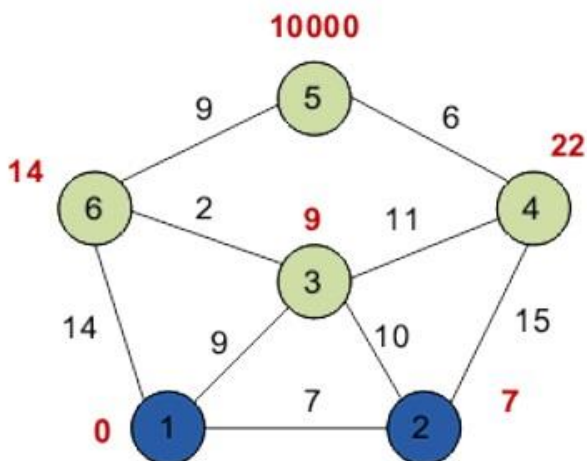


Рисунок 4.5 – Приклад роботи алгоритму Дейкстри

Ще один сусід вершини 2 – вершина 4. Якщо йти в неї через 2-ю, то довжина такого шляху буде дорівнювати 22 ($7 + 15 = 22$). Оскільки $22 < 10000$, встановлюємо мітку вершини 4 рівній 22. Всі сусіди вершини 2 переглянуті, помічаємо її як відвідану.

Крок № 3.

Повторюємо крок алгоритму, вибравши вершину 3. Після її «обробки» отримаємо наступні результати.

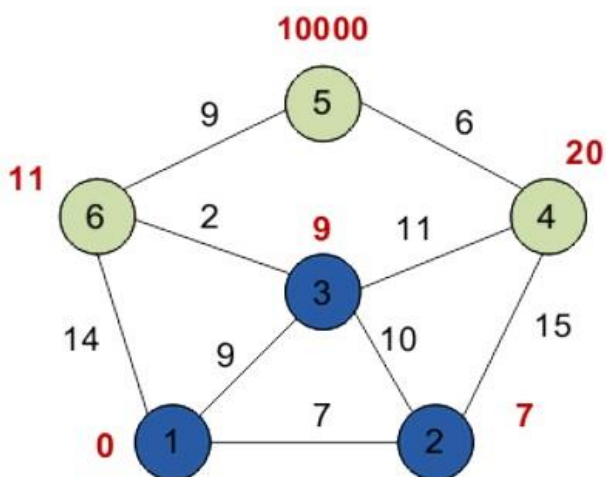


Рисунок 4.6 – Приклад роботи алгоритму Дейкстри

Крок № 4.

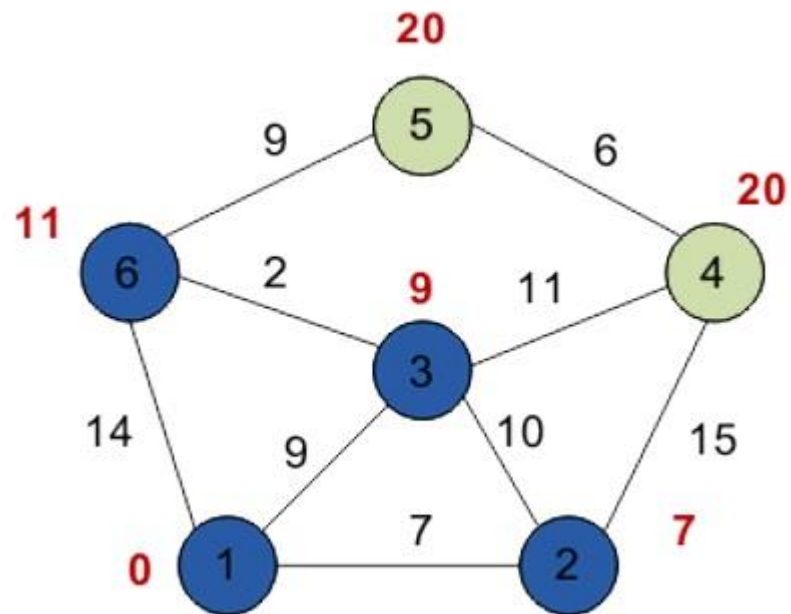


Рисунок 4.7 – Приклад роботи алгоритму Дейкстри

Крок № 5.

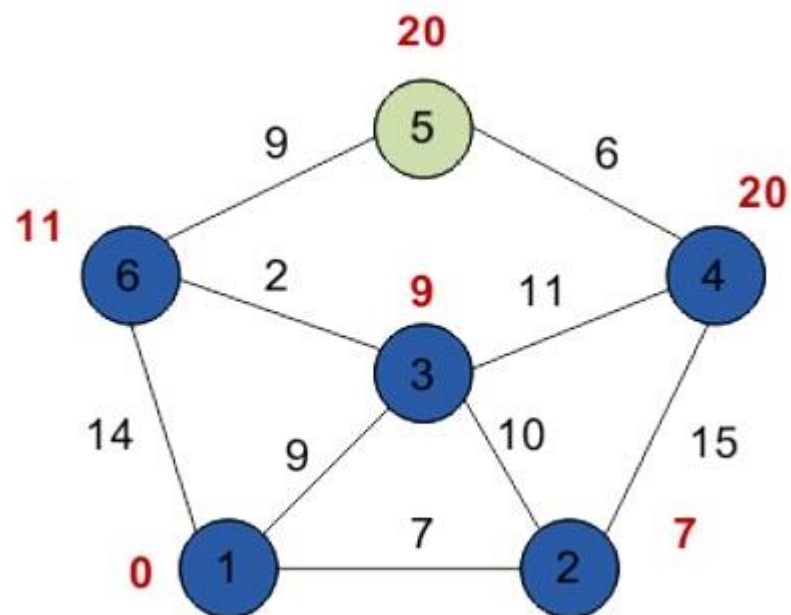


Рисунок 4.8 – Приклад роботи алгоритму Дейкстри

Крок № 6.

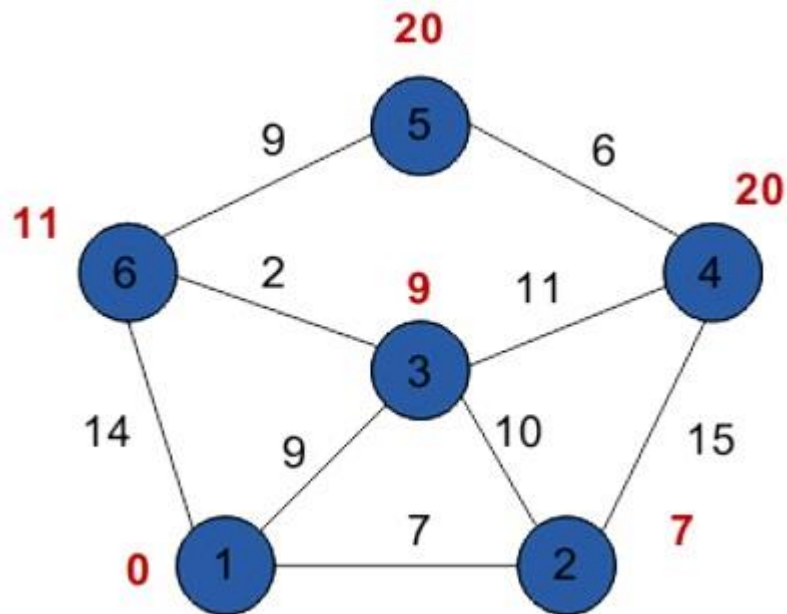


Рисунок 4.9 – Приклад роботи алгоритму Дейкстри

Таким чином, найкоротшим шляхом з вершини 1 у вершину 5 буде шлях через вершини 1 - 3 - 6 - 5, оскільки таким шляхом ми набираємо мінімальну вагу, яка дорівнює 20.

4.1 Результати імітаційного моделювання системи за вибором місця розташування розумних зупиночних пунктів

Необхідно визначити кількісний критерій наближення міста до розумного. Такий критерій повинен кількісно виражати користь для населення міста від послуг, що надаються терміналами.

Якщо користь від послуги для людини можна представити як a_i ($1 \leq i \leq n$), то користь для населення міста можна представити як:

$$a_{\text{общ.}} = \sum_{i=1}^n a_i, \quad (3.1)$$

де n – кількість людей в місті;

i – порядковий номер людини.

Так як для людей, які не користуються послугами, корисність можна вважати нульовою, можна виключити з розрахунку категорії людей, які принципово не будуть ними користуватися.

Таким чином, необхідно максимізувати використання послуг кожним жителем або гостем міста (далі - користувачем).

З карти міста відоме розташування зупинок, відвідуваних місць і під'їздів житлових будинків.

Так як розташування зупинок вже задано, завдання зводиться до визначення переліку зупинок, на яких потрібно встановити «розумні термінали».

У місті є q зупинок. Для кожної зупинки відомі координати x, y , середня кількість людей за певний циклічний інтервал часу (в добу, в тиждень і т. д.) – k . Тоді формулу (3.1) можна представити у вигляді:

$$a_{\text{общ.}} = \sum_{i=1}^q s_i$$

де s_i – усереднений показник «корисності» зупинки, залежить від її розташування, маршрутів, що проходять, вимог до безпеки і кількості людей k .

На зупинках міста потрібно розмістити k терміналів, $1 \leq p \leq q$. Якщо $p = 1$, то для максимізації досить розмістити термінал на тій зупинці i , для якої s_i буде найбільшим, $p > 1$.

Для кожної «розумної зупинки» s_i не залежить від наявності терміналів на сусідніх зупинках. Тому для розміщення p терміналів достатньо вибрати p зупинок з найвищим значенням s_i . Якщо кілька терміналів вже розміщені, то при подальшому збільшенні кількості терміналів зручно мати список

зупинок, відсортований за спаданням s_i . Нові термінали потрібно додавати за цим списком. Корисність зупинки s є функцією кількох змінних:

$$s = f(b_1, b_2, \dots, b_m) \approx \sum_{j=1}^m k_j \cdot b_j, \quad (3.2)$$

де m – кількість ознак;

b_j – значення j -ї ознаки;

k_j – вага j -ї ознаки.

Розглянемо деякі з них.

1) b_1 – доступність для жителів.

$$b_1 = \sum_{i=1}^n \frac{k_i}{d_i} \approx \sum_{i=1}^n \frac{k_i}{\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}}, \quad (3.3)$$

де n – кількість під'їздів в найближчому до розумної зупинці будинку;

k_i – середня кількість жителів в i -ому під'їзді, що користуються громадським транспортом протягом обраного інтервалу часу;

d_i – довжина шляху пішки від зупинки до i -го під'їзду;

x, y – координати зупинки;

x_i, y_i – координати під'їзду.

Точне значення d_i залежить від рельєфу місцевості і забудови території.

2) b_2 – близькість до відвідуваних місць;

3) b_3 – маршрути, які використовують зупинку:

$$b_3 = \sum_{i=1}^m C_i \approx \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \frac{b_{j,1} + b_{j,2}}{|1 - j|}$$

де m – кількість маршрутів, що використовують зупинку;

c_i – корисність маршруту;

n_i – кількість зупинок i -го маршруту;

$b_{j,1}$ – доступність j -ї зупинки для жителів;

$b_{j,2}$ – близькість до відвідуваних місць;

l – номер даної зупинки.

4) b_4 – небезпечність зупинки, розраховується з кримінальної статистики, приблизно можна оцінити через відстань до центру міста або тип району (спальний, громадське місце, незабудована природа або занедбаний район).

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської атестаційної роботи був проведений аналіз сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в області Smart city і інтелектуальних транспортних систем, реалізовано статистичне дослідження для оцінки потреби і функціоналу інтелектуальної зупинки, що є важливою компонентною ІТС.

В результаті проведеного огляду і аналізу було встановлено, що протягом наступних трьох десятиліть 70% світового населення буде жити в містах. Цей факт передбачає розвиток кращих практик щодо поліпшення міського управління ресурсами. Інтеграція інформаційних та комунікаційних платформ в різних технічних системах та інфраструктурі міста є фундаментальною основою в Smart city. Концепція Smart city передбачає модернізацію інфраструктури міста з принципово новими можливостями централізованого управління, новим рівнем сервісів і безпеки. У зв'язку з тим, що транспорт є одним з основних напрямків дослідження в сфері Smart city і головним компонентом архітектур інтелектуального управління міською інфраструктурою, виникають нові завдання, які потребують вирішення. Приклади таких завдань можуть бути наступними:

- необхідний аналіз і класифікація інфокомунікаційних технологій, застосовуваних в транспортних системах Smart city;
- необхідний аналіз і розробка моделі переходу до Smart city на базі інтелектуальних транспортних систем;
- аналіз і оцінка потреби, наприклад, в інтелектуальних зупинках і визначення їх функціоналу в рамках ІТС;
- моделювання транспортних потоків, розробка і реалізація програмно-апаратних систем ІТС.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Токарев В.В. Разработка алгоритма мультиагентного управления группой мобильных «s-bot» / В. Н. Ткачев, В. В. Токарев, Г. И. Чурюмов // Реєстрація, зберігання і обробка даних. - 2019, Т. 21, № 1 – С.46-56.
2. Токарев В.В. Надширококутні технології в системах управління мобільними об'єктами / О. А. Серков, П. Є. Пустовойтов, І. В. Яковенко, Б. О. Лазуренко, Г. І. Чурюмов, В. В. Токарев, Ванг Наннан // Сучасні інформаційні системи. - 2019, Т.3, №2 – С.22-27.
3. Volodymyr Tokariiev. Ultra Wideband Signals in Control Systems of Unmanned Aerial Vehicles / Aleksandr Serkov, Valeri Kravets, Igor Yakovenko, Gennady Churyumov, Wang Nannan // The 10th IEEE International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies, DESSERT'2019 5-7 June, 2019, Leeds, United Kingdom. - Pp.26 - 29.
4. Tokariiev Volodymyr. Problem of self-organization of s-bot group movement in unorganized physical environment / Churyumov Gennadiy, Tokariiev Volodymyr, Tkachov Vitalii // Комп'ютерні та інформаційні системи і технології: тези доповідей третьої міжн. наук. - техн. конф. 23 - 24 квітня 2019 р. - Харків, Україна. - С.16-17.
5. Volodymyr Tokariiev. Method for Ensuring Survivability of Flying Ad-hoc Network Based on Structural and Functional Reconfiguration / Genadiy Churyumov, Vitalii Tkachov, Volodymyr Tokariiev, Vladyslav Diachenko // Selected Papers of the XVIII International Scientific and Practical Conference "Information Technologies and Security" (ITS 2018) / Kyiv, Ukraine, November 27, 2018. – Pp. 64-76.
6. Volodymyr Tokariiev. Method of Data Collection in Wireless Sensor Networks Using Flying Ad Hoc Network / Vitalii Tkachov, Volodymyr Tokariiev, Yana Dukh, Vadym Volotka // 2018 5th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology, October 9-

12, 2018 Kharkiv, Ukraine. – Pp.197 - 201.

7. Tokariiev, V. Scenario of Interaction of the Mobile Technical Objects in the Process of Transmission of Data Streams in Conditions of Impacting the Powerful Electromagnetic Field / G. Churyumov, V. Tokarev, V. Tkachov, S. Partyka // 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP). – 21-25 Aug. 2018. – Pp. 183-186.

8. Токарев В.В. Темпоральная модель адаптации интегрированной информационной системы путем реконфигурации логической структуры / О.Г. Лебедев, В.Н. Ткачев, В.В. Токарев, Г.И. Чурюмов // Комп'ютерні та інформаційні системи і технології: тези доповідей другої міжн. наук. - техн. конф. 18 - 19 квітня 2018 р. - Харків, Україна. - С.6-7.

9. Tokarev V.V. SHORTEST PATH BRIDGING METHOD FOR THE GROUP OF MOBILE TECHNICAL OBJECTS/ V.M. Tkachov, V.V. Tokarev, G.I. CHURYUMOV//СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ: матеріали VIII - межд. наук. - техн. конф., 26 - 27 квітня 2018 р. - Харків, 2018р. - С.18.

10. Volodymyr V. Tokarev. Provision of Survivability of Reconfigurable Mobile System on Exposure to High-Power Electromagnetic Radiation / Igor V. Ruban, Genadiy I. Churyumov, Volodymyr V. Tokarev, Vitaliy M. Tkachov // Selected Papers of the XVII International Scientific and Practical Conference on Information Technologies and Security (ITS 2017). – CEUR Workshop Processing. – Kyiv, Ukraine, November 30, 2017. – Pp. 105-111.

11. СТВОРЕННЯ НАУКОВО-МЕТОДИЧНИХ ОСНОВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИВУЧОСТІ МЕРЕЖЕВИХ СИСТЕМ ОБМІНУ ІНФОРМАЦІЄЮ В УМОВАХ ЗОВНІШНЬОГО ВПЛИВУ ПОТУЖНОГО НВЧ ВИПРОМІНЮВАННЯ // Г.И. Чурюмов, В.В. Токарев, И.В. Рубан, В.Н. Ткачев и др. // ЗВІТ ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ за договором від 20.09.2017 р. № Ф76/109-2017 (заключний). № держреєстрації 0117U003916. ХИРЭ. - 116с.

12. Спосіб передачі цифрових даних мультикоптерною системою між сегментами розподіленої сенсорної мережі та базовою станцією [Текст] : пат. 118921 Україна: МПК 2017.01, H04W 64/00, H04W 84/18 (2009.01), G06F 17/40 (2006.01) / Ткачов В.М., Токарев В.В., заявник та патентовласник Харківський національний університет радіоелектроніки. – u2017 04085; заяв. 24.04.2017; опубл. 28.08.2017, бюл. № 16. – 2017. – 5 с.

13. Токарев В.В. Мобильная подсистема «Мультикоптер-сенсорная сеть» в компьютерной системе хранения BIG DATA / В.О. Радченко, Д.А. Руденко, В.Н. Ткачов, В.В. Токарев // Системи управління, навігації та зв'язку - 2017. - №4(44). – С.102-105.

14. Токарев В.В. Проблема передачі даних типу BIG DATA у мобільній системі «МУЛЬТИКОПТЕР - СЕНСОРНА МЕРЕЖА» / В.М. Ткачов, В.В. Токарев, В.О. Радченко, В.О. Лебедев // Системи управління, навігації та зв'язку - 2017. - №2(42). – С.154-157.