


**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Факультет транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної кваліфікаційної роботи**


освітній ступінь	- магістр
спеціальність	- 275 Транспортні технології (за видами)
освітньо-професійна програма	- Транспортні технології та управління на автомобільному транспорті

на тему: «Підвищення ефективності функціонування транспортної системи міста»


Виконав: здобувач вищої освіти групи ОПАТ-22дм
Лопата О.Ю.


.....
(підпис)

Керівник: доц. Ключев С.О.


.....
(підпис)

Завідувач кафедри: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.


.....
(підпис)

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	3
1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОЗВИТКУ І ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ	6
1.1. Аналіз розвитку інтелектуальних транспортних систем	6
1.2. Архітектура ІТС	13
1.3. ІТС послуги	16
1.4. Формування функціональної архітектури	18
2. ПРИНЦИПИ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ОБ'ЄКТІВ АРХІТЕКТУРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ	30
2.1. Управління ризиками під час впровадження нових об'єктів ІТС	30
2.2. Оцінка функціонування транспортної мережі	34
2.3. Оцінка ризиків досягнення запланованих показників ефективності	36
2.4. Аналіз перерозподілу транспортних потоків	38
3. ВПРОВАДЖЕННЯ ОБ'ЄКТУ ІТС ДЛЯ РІШЕННЯ ІСНУЮЧИХ ПРОБЛЕМ	41
3.1. Управління транспортною системою міста	41
3.2. Особливості моделювання вулично-дорожньої мережі на мікрорівні при запровадження транспортних коридорів	46
3.3. Програмне забезпечення РТV Vissim під час моделювання впровадження об'єктів ІТС	51
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60

ВСТУП

Високий рівень автомобілізації сучасних міст призвів до ускладнення функціонування автомобільної транспортної системи - зниження швидкості пересування автомобілів, регулярним транспортним заторам. Нездатність задовольнити заданий рівень попиту та якості на автомобільні перевезення відбивається у різних сферах економіки як окремого регіону, і країни загалом. Одним із актуальних способів вирішення транспортних проблем є впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС). Ефективна реалізація об'єктів ІТС підвищує якість транспортного обслуговування населення, забезпечує безпеку дорожнього руху та перевезень, розширює можливості автоматизованої системи управління дорожнім рухом (АСУДД) та транспортної системи із задоволення зростаючого попиту на пасажирські та вантажні перевезення.

Актуальність теми дослідження

Процес застосування об'єктів ІТС є складним і трудомістким. Він вимагає побудови різних архітектур ІТС, чіткого визначення поставлених завдань (потреб користувачів), складання бази даних.

При впровадженні конкретних об'єктів ІТС необхідно визначити ефективність їх реалізації. Ключовим способом вирішення даного завдання є математичне моделювання, за допомогою якого має бути отримана наступна інформація: виявлення основних ризиків реалізації проектів інтелектуальних транспортних систем, підвищення рівнів мобільності, надійності, безпеки з урахуванням поточних та перспективних умов впровадження проекту; інвестування з урахуванням короткострокової та довгострокової реалізацій та функціонування об'єкта.

Впровадження проекту ІТС вимагає залучення коштів приватних організацій, котрим найважливішу роль грає фінансова ефективність проекту. У цій сфері економічні ризики безпосередньо пов'язані з технічною реалізацією

проекту та його показниками, такими як ступінь реагування на функції ІТС, що впроваджуються, зміна стану транспортного потоку.

Зазвичай, використання певних об'єктів ІТС може значно підвищити ефективність функціонування автомобільного транспорту. Щоб уникнути різних ризиків та негативних результатів реалізації проектів ІТС, актуальним завданням є новий підхід у галузі перерозподілу транспортного потоку та прогнозування подальших змін у стані автомобільного потоку.

Мета дослідження: підвищення ефективності організації дорожнього руху за допомогою реалізації функцій ІТС, пов'язаних із завданням перерозподілу транспортних потоків.

Мета дослідження полягає у вирішенні наступних **завдань**:

1. Проведення дослідження результатів запровадження об'єктів інтелектуальних транспортних систем та виявлення основних засад оцінки їх ефективності.

2. Підвищення якості транспортного обслуговування шляхом зменшення витрат часу на пересування певними маршрутами.

3. Розробка алгоритму визначення рівня чутливості автомобільних потоків до об'єктів інтелектуальних транспортних систем, що впроваджуються.

Об'єкт дослідження – потоки автомобільного транспорту вулично-дорожньої мережі (ВДМ).

Предмет дослідження – чинники, що впливають на ефективність впровадження об'єктів інтелектуальних транспортних систем.

Методи дослідження – сукупність теоретичних та експериментальних методів, що включають: теорії транспортних потоків, методи математичного моделювання, теорії випадкових процесів, теорії ймовірності та математичної статистики.

Наукова новизна полягає в вирішенні актуального наукового завдання - визначення принципів ефективного впровадження об'єктів інтелектуальних транспортних систем під час удосконалення організації дорожнього руху та розроблено алгоритм оцінки ризиків отримання заданих результатів.

Практична значимість. Практичне значення результатів роботи полягає в запровадженні об'єктів інтелектуальних транспортних систем та виявлення основних засад оцінки їх ефективності.

Кваліфікаційна робота магістра містить: вступ, три розділи, висновки і список використаних джерел. Загальний обсяг роботи 64 сторінки, з яких 59 основного тексту, робота містить 23 рисунка, 2 таблиці.

1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОЗВИТКУ І ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

1.1 Аналіз розвитку інтелектуальних транспортних систем

Ефективність та безпека функціонування транспортних мереж сучасних міст здійснюється шляхом широкого застосування інтелектуальних транспортних систем (ІТС). Транспортна політика всіх розвинених країн світу вже понад 35 років базується на розробці та просуванні інтелектуальних транспортних систем та створенні єдиного інформаційного простору. Спочатку впровадження ІТС вимагало вирішення широкого ряду завдань: розробок концепції архітектури ІТС та глобальної міжнародної стандартизації послуг, залучення інвестицій, тощо, що ускладнювало розвиток галузі ІТС послуг. Тому розвиток ІТС походить від застосування та використання окремих сервісів та програм до комплексного інтегрованого набору послуг.

Початок розвитку окремих елементів ІТС у Європі можна віднести до 1981 року, коли у низці країн (Нідерланди, Франція, Німеччина, Італія, Великобританія) вперше почали застосовуватися динамічні інформаційні табло. Далі, в 1988 році в Лондоні з'являється компанія Trafficmaster, яка до цього часу спеціалізується на випуску програмного забезпечення з надання інформації про швидкість руху автомобільного потоку в режимі онлайн, системи навігації, карти руху транспортних потоків тощо. У 1989 році на швидкісних дорогах Італії починає застосовуватися Telepass - електронна система, що базується на використанні зареєстрованих автомобілів: оплата за користування швидкісними дорогами знімається з рахунку власника транспортного засобу без його участі. У 1991 році у Франції різні радіостанції (107.7) почали надавати інформацію про автомобільний рух міста. До кінця 90-х у Європі починають набувати поширення бортові комп'ютери, що інформують водія транспортного засобу про рух автомобільного транспорту та програми, що надають інформацію про час проходження заданого маршруту.

На початку 2000-х у Франції була розроблена система оплати Liber-t, завдяки якій оплата за користування автомагістралями (а у Франції вони практично всі платні) відбувається без черги та без зупинки автомобіля. У 2006 році у Берліні створено єдиний центр управління дорожнім рухом. Далі і до теперішнього дня розвиток ІТС у Європі спрямований на вдосконалення технологій передачі та обробки даних автомобільного руху.

Історія поширення телематичних пристроїв та майбутніх компонентів ІТС у США бере свій початок у 1961 році, коли вперше почав здійснюватись моніторинг автомобільного руху завдяки камерам відеоспостереження (система телебачення замкнутого контуру). Потім, на початку 90-х, з'являються перші тестові програми контролю дорожнього руху, а вже 1994 року публікується національна архітектура ІТС США. З початку 2000-х на всій території США застосовується уніфіковане управління автомобільним рухом.

Початок застосування елементів ІТС в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні відносять до 1963 з появою продукту SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) - системою управління дорожнім рухом за допомогою якого здійснювалося вимірювання інтенсивності руху автомобільного транспорту. В даний час дана система дозволяє побудову маршруту, моделювання перехресть для підвищення пропускної спроможності та зменшення кількості зупинок на маршруті. Система SCATS набула широкого поширення як по всій Австралії, а й її межами, включаючи Сінгапур, Китай, Ірландію, Чилі, Бразилію, Південну Африку, навіть Катар. 1971 року в Токіо (Японія) з'являється єдиний центр управління автомобільного руху. 1988 рік – у Сінгапурі розроблено та впроваджено систему координованого регулювання транспортних потоків міськими вулицями, при використанні індуктивних детекторів.

До теперішнього часу транспортні проблеми мають особливо гострий характер. Уповільнення темпів розвитку економіки, забруднення навколишнього середовища, кліматичні зміни, все це змушує максимально

ефективно використовувати наявні ресурси та підвищувати конкурентоспроможність ІТС.

Як приклад розглянемо транспортну політику низки країн, спрямовану впровадження та розвитку ІТС.

Швеція

У 2010 році було розроблено план з розширення застосування ІТС у Швеції, що має три основні завдання: розвиток співпраці між державним та приватним секторами економіки; надання консультацій шведському міністерству транспорту щодо реалізації «Мультимодальної стратегії та плану дій застосування ІТС»; розширювати зв'язки Швеції з іншими країнами Європи. Для виконання поставлених завдань знадобилася не лише тісна співпраця між державним сектором та приватними підприємствами, але також і узгодження дій між різними органами влади (Міністерство транспорту Швеції, автотранспортні підприємства Швеції, служба цивільної безпеки, управління міського кадастру та реєстрації земельних ділянок, метеорологічний інститут та ін.).

Цей план включав 6 напрямків:

а) Інновації у сфері транспортних систем

Досягнуто прогрес у виробництві найефективніших програм для використання ІТС. Тим не менш, нині ще існують прогалини у сфері мультимодального застосування. Розвиток наукової школи та аспірантури в галузі ІТС передбачає створення потужної інтелектуальної бази та сталого розвитку цього сектора.

б) Дані та інновації

Рада з ІТС приділяла значну увагу цій галузі та зазначає численні ініціативи, спрямовані на розвиток доступності даних. Частина цих заходів включена до Директиви ІТС Європейського Союзу та до шведського законодавства. Продовження роботи необхідно для того, щоб визначити місце ІТС на ринку послуг.

в) Транспортні засоби та комунікації

Комітет з ІТС наголошує на важливості продовження досліджень у цій галузі для постійного розвитку ІТС.

г) Вантажний транспорт

Створено картку ІТС-послуг, в якій зазначені екологічні зони, термінали електронної оплати, динамічний контроль доступу до інфраструктури для транспортних засобів, що відхиляються від стандартних та безпечних місць для паркування.

д) Пасажирський транспорт

Заходи, вжиті у цій сфері, надають пасажирам інформацію, системи бронювання та оплати, системи безпеки. Дані мультимодальних перевезень, що входять до зони застосування ІТС, прописані у шведському законодавстві. Шведське управління транспортом готує план дій щодо пасажирської інформації відповідно до нещодавно розробленої стратегії. Шведська асоціація громадського транспорту реалізує проект із загальної платіжної системи та активно працює з питаннями безпеки.

е) Метрополітен

Основні питання у цій сфері: додаткове фінансування, управління потоками та управління інформацією для пасажирів, які здійснюють мультимодальні поїздки.

Туреччина

Основною проблемою, виділеною в Туреччині, є уніфікація інформації та комунікативних технологій на всіх видах транспортних засобів для досягнення узгодженості руху, безпеки, ефективності, екологічності, створюючи таким чином розумну транспортну мережу.

Цілі стратегії:

1. Розробка адміністративних та технічних регламентів відповідно до національних та міжнародних стандартів для планування застосування та інтеграції ІТС по всій країні.
2. Розробка конкурентоспроможної турецької галузі народного господарства ІТС на світовому рівні.
3. Розподіл ІТС-послуг по всій країні для підвищення безпеки та ефективності дорожнього руху.
4. Підвищення транспортної доступності за допомогою ІТС.
5. Скорочення споживання палива та викидів газів внаслідок руху автомобільного транспорту.

План дій з досягнення перерахованих вище цілей складається з 38 пунктів, виконання яких рівномірно розподілено по роках.

Сінгапур

Враховуючи специфіку держави, з постійно зростаючим показником чисельності населення та рівня автомобілізації, влада прагне створити «єдине інтерактивне співтовариство наземного транспорту». Стратегія розвитку ІТС має кілька напрямків та завдань. Перший напрямок – розробка та використання інноваційних технологій, які будуть застосовуватись у поточних транспортних умовах та за майбутніх змін. Другий напрямок – залучення інвестицій від приватного сектора. І третій напрямок полягає у розробці стандартів для забезпечення сумісності між системами та користувачами.

До першої задачі належить інформаційне забезпечення (збирання, обробка, передача). Різні пристрої та системи обліку переміщення транспортних засобів здійснюють постійну передачу даних про стан транспортного руху на різних маршрутах. В даний час яскраво виражено прагнення до використання найбільш сучасних методів збору даних: мобільні

дані на основі позиціонування, глобальні навігаційні супутникові системи, відеоспостереження високої чіткості і т.д. Також відзначається прагнення до використання мінімальної кількості датчиків з отриманням максимуму даних – розширення операцій фіксування руху. Паралельно з пристроями збору даних повинні розвиватися пристрої обробки даних. Динамічна обробка даних дозволяє наперед визначити проблемні зони транспортного руху. Нові носії, такі як програми смартфонів, навігаційні системи і т.д. дозволяють миттєву передачу інформації. Також важливу роль відіграє якість інформації про швидкість руху транспортних засобів, час у дорозі, ДТП тощо. Її візуалізація та передача має бути максимально простою та зрозумілою водієві. Іншими аспектами в галузі інформації є дотримання конфіденційності та робота над стандартизацією інформації.

З огляду на високий рівень автомобілізації в Сінгапурі особлива увага приділяється захисту навколишнього середовища. Заохочується поширення екологічно чистого транспорту, який використовує альтернативні види палива. На жаль, на даний момент даний тип транспорту має низьку потужність, високу вартість, також користувачі екологічно чистого транспорту стикаються з проблемою відсутності станцій зарядки даних транспортних засобів. У майбутньому планується впровадження як особистого екологічно чистого транспорту, а й громадського.

Інший вид транспорту, що застосовується в Сінгапурі – транспорт, оснащений інноваційними програмами, які дають інформацію про умови руху на обраному маршруті, вільні місця для паркування і т.д.

Фінляндія

Транспортна політика у Фінляндії щодо впровадження ІТС включає: вирішення фінансових проблем держави, підвищення національної

конкурентоспроможності, розвиток інформаційних і комунікаційних технологій.

Програма впровадження ІТС включає наступні напрями: фінансову доступність послуг, постійний їх розвиток та вдосконалення, ширину охоплення застосування, конфіденційність даних користувачів, співробітництво державного та приватного секторів.

У транспортній системі, орієнтація на клієнта та доступність використання послуг складаються з низки факторів, найважливішими з яких є: мобільність, єдність транспортної системи, якість інформаційних послуг.

Іншим напрямком транспортної політики Фінляндії є прискорення темпів реалізації запровадження ІТС. Як щодо молодого сектора промисловості, ІТС послуги часто представлені в пілотних проектах. У майбутньому, увага буде поступово зміщуватися до реалізації та розповсюдження інтегрованих систем ІТС.

Норвегія

Перший проект реалізації ІТС було запущено у 2002 році, згідно з яким очікувалося досягнення наступних цілей: безпека у транспортній інфраструктурі, використання потенціалу транспортної інфраструктури, вигоди для користувачів транспортної інфраструктури. Для їх досягнення були створені наукові школи ІТС, необхідна архітектура, особливою увагою користувалися розробки додатків.

У 2009 році стратегія зазнала деяких коригування і цілі транспортної політики почали мати такий вигляд: скорочення часу проїздки, зведення до нуля кількість нещасних випадків зі смертельним наслідком, обмеження викидів парникових газів та зменшення впливу на навколишнє середовище, універсальна архітектура транспортної системи.

В даний час досягнення вищезазначених цілей здійснюється на всіх видах транспорту (автомобільному, залізничному, водному та повітряному).

За підсумками проведеного дослідження зарубіжного досвіду поширення інтелектуальних транспортних систем, можна дійти невтішного висновку, що від застосування однієї послуги ІТС у складну інтегровану систему неможливий без початкового побудови архітектури ІТС. З її допомогою можливе наочне уявлення взаємозв'язків всіх елементів майбутніх послуг та прогнозування їх розвитку.

1.2 Архітектура ІТС

На основі вивчення закордонного досвіду було виділено принцип первинності побудови архітектури ІТС. Використання системного підходу, заснованого на застосуванні архітектури ІТС, дозволяє уникнути потенційних складнощів у розробці інтелектуальних транспортних систем. Даний спосіб дозволяє детально прогнозувати реалізацію ІТС на початку її життєвого циклу, таким чином, можливе запобігання негативним наслідкам та розробка сценаріїв на випадок виникнення небезпечних ситуацій. Потреба в Архітектурі ІТС була визнана на початку 1990-х років, коли значно зросла кількість можливих додатків та послуг ІТС. Перша архітектура була створена Міністерством транспорту США в 1996 році. Після цього в 2000 році було створено Європейську Архітектуру ІТС. З моменту створення обидва підходи до архітектури ІТС постійно розвиваються,

Архітектура ІТС поєднує в собі всі інструменти, що вирішують проблеми руху транспортних потоків, враховує як безпеку на вулично-дорожній мережі, мобільність транспортних потоків, так і екологічні аспекти. Завдяки архітектурі забезпечується узгодженість роботи підсистем управління дорожнім рухом на будь-якому рівні.

Архітектуру інтелектуальних транспортних систем можна розділити на такі:

- опорну, яка включає основні елементи і процеси транспортної системи, її основні цільові характеристики і зв'язок з навколишнім середовищем;

- функціональну, яка визначає окремі функції елементів, модулів та підсистем, включаючи зв'язки між ними, внаслідок чого вона дає можливість створення додатків;

- фізичну, яка включає у собі пристрої, виконують окремі функції, які забезпечують роботу додатків, тобто. встановлення зв'язків окремих елементів, модулів та підсистем у функціональній архітектурі з відповідними пристроями (об'єктами);

- комунікаційну, що забезпечує передачу інформації в рамках системи відповідно до фізичної архітектури, що визначає принципи формування структури відповідної інформаційної підсистеми, включаючи вимоги до розміщення, кодування та передачі інформації;

- архітектуру модулів, що охоплює як взаємозв'язки між окремими функціями ІТС, так і функціонування системи загалом.

- організаційну, яка встановлює принципи створення структури та вибір функцій окремих активних компонентів системи (або рівня управління).

На рисунку 1.1 зображено побудову архітектури ІТС. Далі кожен із етапів буде докладно розглянутий.

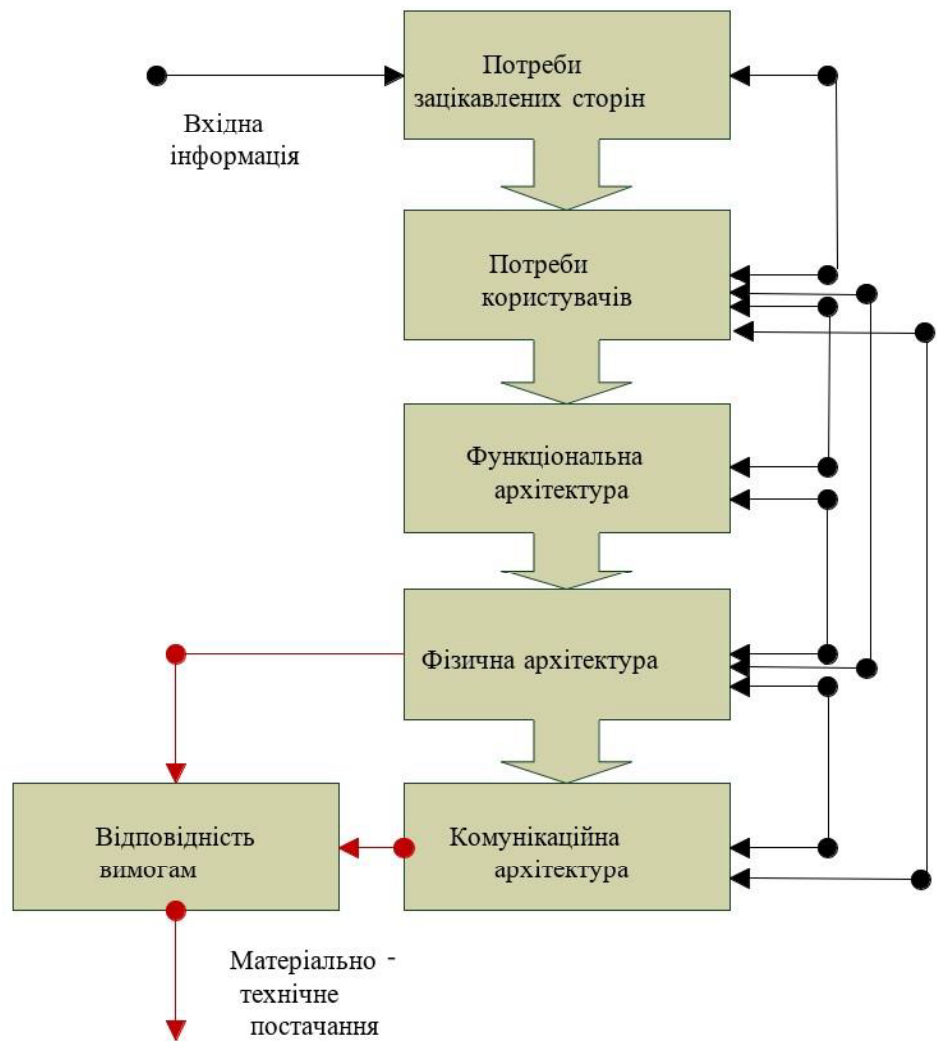


Рисунок 1.1 – Побудова Архітектури ІТС

Основні можливості при побудові архітектури ІТС полягають у наступному (рис. 1.2):

- групування різних елементів, що дозволяє відстежувати будь-які їх загальні показники та відмінності у даних;
- вибір набору функціональної архітектури, який задовольняє запити користувачів, на основі чого відбувається подальше створення відповідної фізичної архітектури.

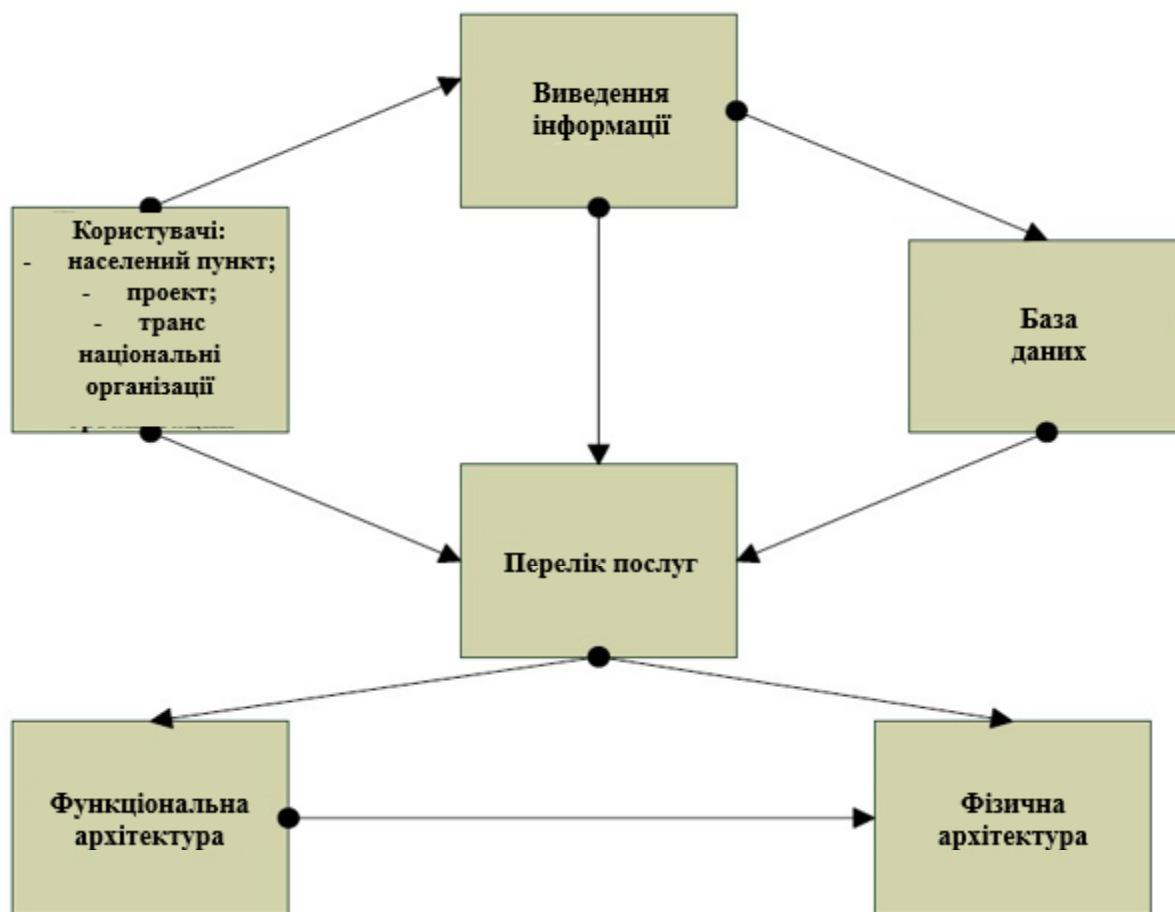


Рисунок 1.2 – Схема побудови архітектури ІТС

1.3 ІТС послуги

Інтелектуальні транспортні системи мають широкий спектр послуг і, відповідно, широкий спектр користувачів. Наприкінці 1990-х років у результаті досліджень було сформовано базовий перелік потреб користувачів, що включає близько 550 основних функцій ІТС. Таким чином, при побудові архітектури мінімізовано необхідність додавання будь-яких нових потреб користувачів.

Існує чотири класи учасників реалізації ІТС послуг:

- Замовники ІТС: (місцеві) органи влади та дорожні оператори, які потребують послуг ІТС для підвищення ефективності та безпеки функціонування транспортних мереж. Цей клас також включає операторів громадського і вантажного транспорту, де інтелектуальні транспортні підвищують ефективність переміщення людей і товарів.

- Користувачі ІТС: кінцеві користувачі послуг ІТС. Цей клас включає водіїв усіх класів транспортних засобів; менеджерів громадського транспорту та операторів транспортної системи, водіїв на мультимодальних перевезеннях.

- Керівництво ІТС: розробники регламентів та стандартів. До них відносяться місцева влада та різні правоохоронні органи.

- Розробники ІТС: клас, що включає виробників систем, комунікаційних провайдерів і системних адміністраторів. Наприклад, провайдери інформації щодо стану маршруту.

Перелік запитів користувачів часто виявляється різноманітним. Тому виникає необхідність класифікації, результатом чого є набір згрупованих потреб користувачів з наданням інформації про їх властивості.

Виділяють такі необхідні властивості потреб користувачів:

- Однозначність – функція, що запитується, повинна мати чіткий опис. Наприклад, коли використовується слово «інформація», має бути очевидним із контексту, що саме міститься всередині цієї інформації, інакше необхідні приклади.

- Тестируемість – оскільки потреби користувачів є основою побудови архітектури ІТС, дані мають бути надані в такий спосіб, щоб їх якість міг перевірити кожен із розробників архітектури ІТС.

- Контрольність - можливість відстеження потреб користувачів в архітектурі ІТС.

- Сингулярність – для максимальної ефективності розвитку послуг ІТС, які задовольняють якнайбільше потреб користувачів, необхідно розділяти запити деякі групи, незалежні друг від друга.

- Унікальність – кожному окремому користувачеві (запиту) надавати свій ID для більшої зручності пошуку конкретної послуги у загальному списку.

Щоб відповідати цим властивостям, кожна потреба має бути записана так:

Приклад 1 – система повинна забезпечувати інформацією про маршрут водіїв певних ділянок транспортної мережі у зазначеному напрямку (маршрут та навігація 6.4.0.1).

Приклад 2 – система повинна мати попереджувальну функцію при зміні маршруту, помилковому повороті і т.д. (6.4.0.4).

Приклад 3 – система повинна забезпечувати використання портативного обладнання для вказівки маршруту (6.4.2.4).

1.4 Формування функціональної архітектури

Функціональна архітектура (її також називають логічною) показує необхідні функції задоволення запитів користувачів. Вона вибудовується як діаграми потоку даних, що містить функції, програми, послуги, бази даних, і навіть дані, передані між ними. Кожна складова має власний опис, який відображає яку саме функцію вона виконує.

Після завершення складання функціональної архітектури, виділяється місце кожної функції та сховищу даних у підсистемі або в межах модуля, що є частиною підсистеми.

Побудова функціональної архітектури представлено рисунку 1.3.

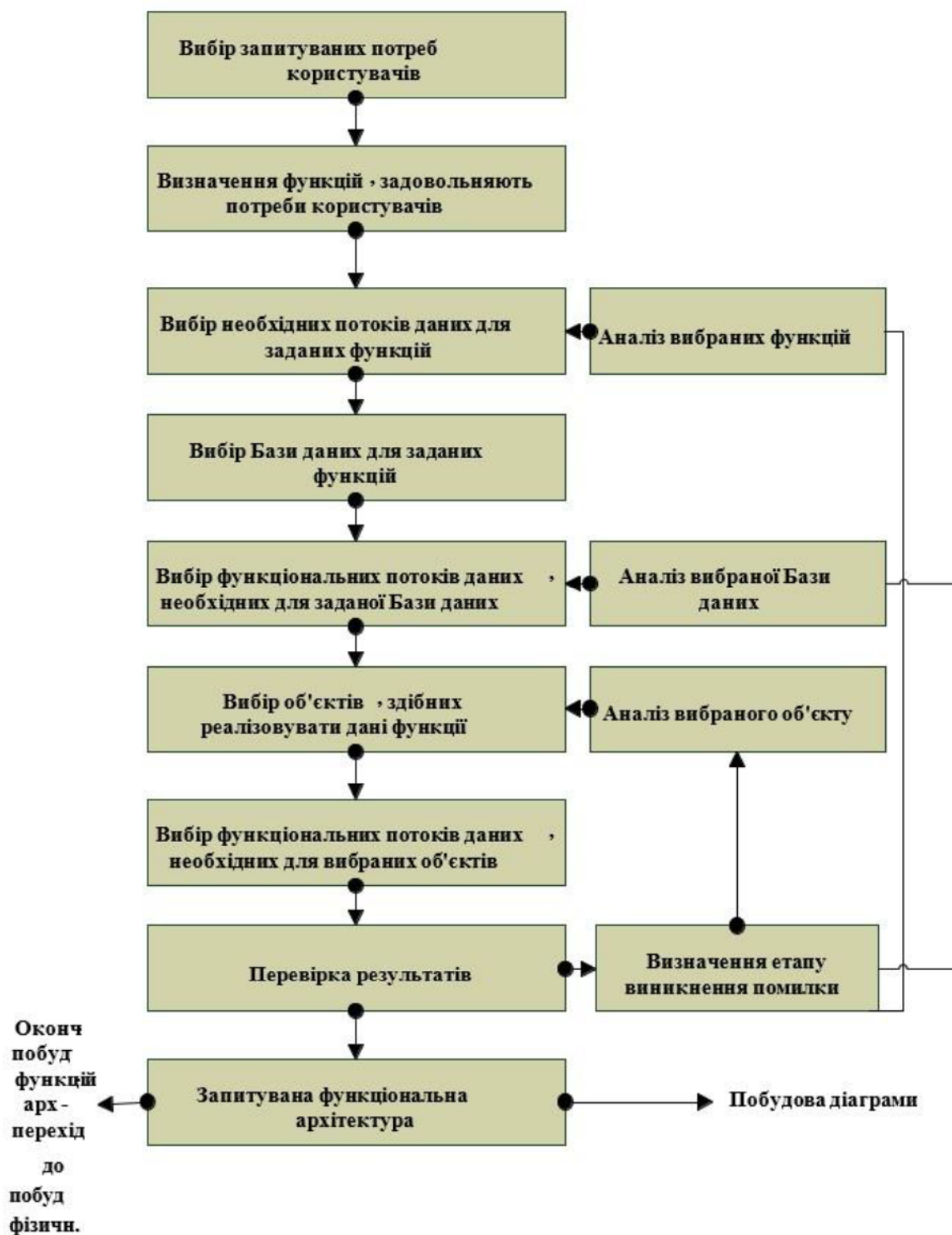


Рисунок 1.3 – Побудова функціональної архітектури

Формування фізичної та комунікаційної архітектури

Ще одна складова архітектури ІТС – фізична архітектура. Її формування складається з наступних кроків:

- вибір функціональної структури як основи процесу створення фізичної архітектури;
- визначення необхідних підсистем та їх розташування;
- вибір функцій та даних для підсистем;
- за необхідності створення модулів у межах підсистем; - визначення функцій та даних для модулів у підсистемах;
- підготовка відомостей про зміст фізичної архітектури

У програмному забезпеченні, яке здійснює послуги ІТС, є інструмент, за допомогою якого із загального переліку вибирається необхідна послуга (інструмент вибору). Отже, запускаються фізичні потоки даних між підсистемами.

Даним запитам надається номер, який за необхідності може бути змінений у конкретну назву.

Розподіл функцій та даних для підсистем (і модулів) показує:

- чи знаходяться функціональні потоки даних у межах підсистеми (або модуля);
- можуть функціональні потоки даних передаватися від однієї підсистеми до іншої або від одного модуля до іншого.

Оскільки підсистеми розташовані окремо одна від одної (наприклад, у центрі управління дорожнім рухом, у самому автомобілі тощо), необхідно створення відповідних комунікацій за допомогою детального аналізу кожного фізичного потоку даних. Цей аналіз показує, чи можливо використання даних для здійснення запиту, чи застосовується використання існуючого каналу для зв'язку і, у разі необхідності, виявляє новий канал зв'язку.

Після завершення побудови архітектури ІТС вона може бути використана як основа для вирішення наступних проблем: створення проектів ІТС, підбір

технічних засобів реалізації послуг ІТС, подальший розвиток ІТС, прогнозування економічної ефективності реалізації проектів ІТС, аналіз можливих ризиків при експлуатації об'єктів ІТС.

Всі елементи архітектури ІТС та їх взаємозв'язку можна переглядати в інтерактивному режимі за допомогою стандартного перегляду HTML сторінок.

Програмне забезпечення, за допомогою якого реалізуються послуги ІТС, підтримується інструментом списку даних про потоки інформації між усіма елементами архітектури. Цей інструмент застосовується для вибору заданих запитів користувачів, потім інструмент передає запити у ті частини функціональної архітектури, які зможуть задовольнити потреби. Не завжди можливе задоволення всіх потреб (повністю чи частково). З метою забезпечення підтримки можливе створення та додавання додаткових потреб користувачів і, отже, елементів функціональної архітектури за допомогою інструмента вибору.

Оскільки надання інформації вимагає перевірки відповідності запиту та послуги, даний інструмент, ймовірно, видасть деякі логічні невідповідності в результаті початкового вибору потреб користувачів та елементів функціональної архітектури. Можлива зміна вибору послуги, шляхом увімкнення додаткових елементів, або видаленням деяких із уже вибраних.

Як тільки функціональна архітектура прийде в необхідну відповідність із запитом, її можна використовувати як основу для однієї і більше фізичних архітектур. Це відбувається шляхом виділення функцій та даних в окремих підсистемах і, за необхідності, у модулях.

Після завершення побудови фізичної архітектури, один із звітів інструмента списку даних про потоки інформації між усіма елементами архітектури може бути використаний як основа для аналізу фізичного потоку

даних. Це призводить до створення комунікаційної архітектури, яка покаже деталі необхідних зв'язків між кожною підсистемою, модулем та об'єктом.

Таким чином, інструмент списку послуг виконує більшу частину роботи, фіксуючи прийняті рішення. Даний інструмент дозволяє створити безліч фізичних архітектур з однієї функціональної, що дозволяє відстежити переваги та недоліки різних конфігурацій компонентів.

При необхідності можливе додавання або зміна даних архітектури ІТС. Це послідовний процес, представлений рисунку 1.4.

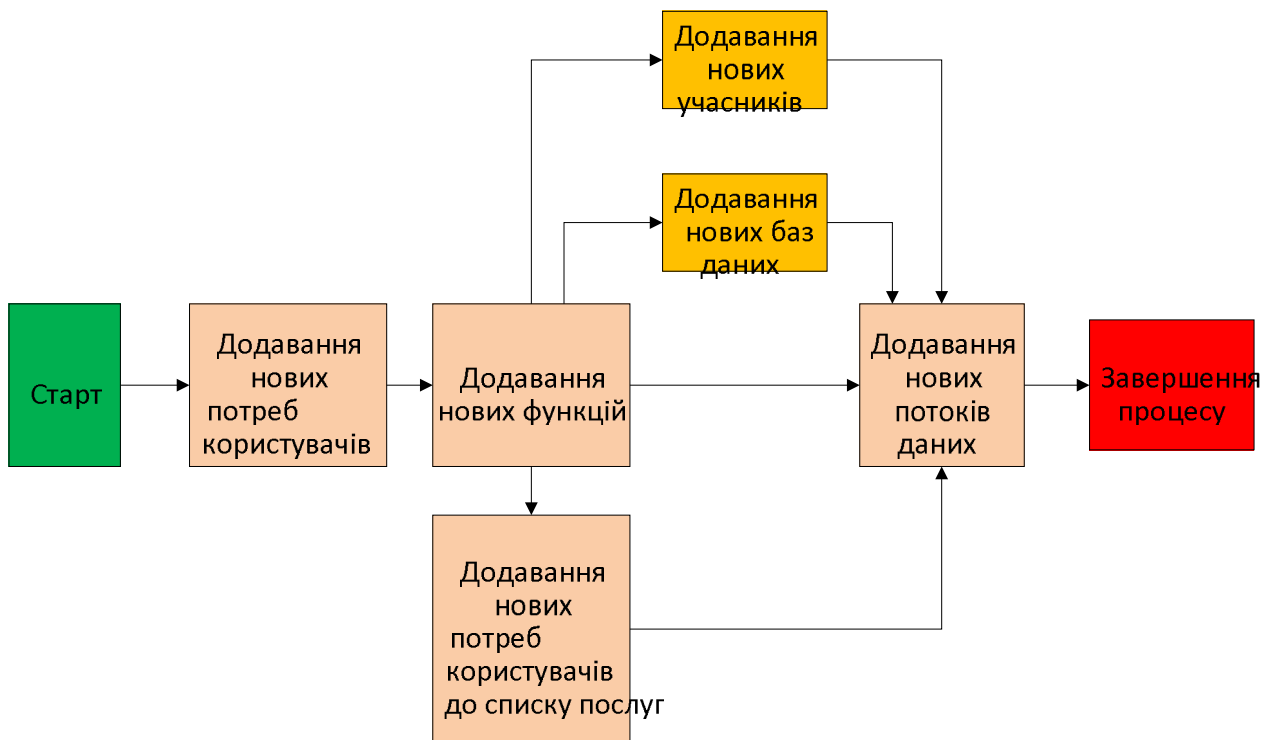


Рисунок 1.4 – Процес внесення змін до архітектури ІТС

Розробка плану застосування ІТС

Створення моделі ІТС складається з наступних п'яти стадій:

1. Створення списку потреб користувачів.
2. Створення архітектури, яка задовольнятиме ці потреби.
3. Створення окремих частин ІТС, які потім інтегруються разом, формуючи в такий спосіб повну архітектуру ІТС.

4. Аналіз, перевірка та затвердження всіх компонентів ІТС.

Кожен процес характеризується як приватними функціями, так і параметрами, що приймають вимоги до вхідної та вихідної інформації, а також способу обробки інформації. До вимог до вхідної інформації окремих процесів відносяться: частота квантизації вхідної інформації, визначення інтерфейсів вхідної інформації, вимоги до передачі вхідної інформації від датчиків тощо. До вимог до обробки інформації в рамках процесу відносяться, зокрема, захищеність і надійність даних у процесах обробок, властивості алгоритмів, що використовуються і т.д. До вимог до вихідної інформації відносяться в першу чергу частота квантизації вихідної інформації, визначення інтерфейсу вихідної інформації, затримка в часі між подією та отриманням вихідної інформації тощо. При впровадженні інтелектуальних транспортних систем важливим

моментом є системний підхід до проектування об'єктів ІТС. Інтеграція окремих послуг ІТС у складну інтегровану систему - трудомісткий процес, що стосується різних учасників впровадження та експлуатації об'єкта: органи влади, системних адміністраторів, програмістів, центри управління даними і т.д. Далі, у таблиці 1.3. представлено, як змінюється управління системою, оптимізація ІТС та взаємодія з користувачами ІТС послуг від рівня 1, де надається єдина послуга ІТС, до рівня 5, де ІТС представлена складною інтегрованою системою.

Для надійного функціонування транспортних інтелектуальних додатків слід забезпечити синхронізацію між приватними процесами, а саме:

- кодова синхронізація, яка потребує наявності певного інтерфейсу між окремими процесами так, щоб була можливість спільно використовувати та передавати задані параметри інформації, а також функціонально пов'язувати їх між собою;

- тимчасова синхронізація, яка вимагає приведення приватної інформації до єдиної шкали часу так, щоб можна було порівнювати та обробляти інформацію, що відноситься до певного часу;
- просторова синхронізація, яка вимагає, щоб інформація була віднесена до єдиної загальної точки простору (характерно для розташування транспортних засобів або товару при мультимодальних перевезеннях).

Програми інтелектуальних транспортних систем використовують виходи окремих приватних процесів, які синхронізовані в часі, за кодом та у просторі. До додатків ІТС належать, наприклад, підтримка транспортного планування, інформація для водіїв легкових автомобілів, електронний збір оплати за проїзд на автомагістралях, керування громадським транспортом, керування перевезеннями вантажними транспортними засобами тощо.

Аналіз попиту об'єкти ІТС

Для аналізу попиту на об'єкти ІТС, учасникам проекту необхідно розглянути ризики щодо функціонування транспортної мережі загалом. Економічні показники та щільність населення (чинники, що впливають на попит) надаються у матрицях кореспонденцій. Розподіл транспортних потоків обумовлено структурою та умовами транспортної мережі. Варто зазначити, що дані функціонування транспортної мережі є змінними показниками. Динамічна зміна попиту певні транспортні вузли залежить від реалізації об'єктів ІТС.

Розглянемо використання об'єкта ІТС з прикладу реалізації проектів платних доріг. Коли до існуючої транспортної мережі додається платна дорога, то, природно, відбуваються значні зміни у розподілі транспортного потоку. Водії можуть користуватися платними дорогами як повністю, так і частково, а взагалі можуть не користуватися. Робота платних доріг залежить від платежів користувачів та інформаційної інфраструктури, т.к. недостатнє інформування про об'єкти ІТС значно знижує попит на них. У ході вивчення прийняття

рішень користування платними шляхами, з урахуванням відправної точки маршруту, фактора часу, відстані не було виведено очікуваних закономірностей, і ефективність реалізації проекту та зміни в транспортній мережі найчастіше залишаються непередбачуваними.

Як розв'язання цієї проблеми було розроблено методологію аналізу попиту, яка дає об'єктивну оцінку змін у структурі транспортної мережі на економічну ефективність існуючих та впроваджуваних проектів платних доріг. Дана методологія включає наступні дії:

- визначення факторів ризику, яких залежить даний проект;
- виявлення основних конкуруючих маршрутів;
- аналіз транспортної мережі під час реалізації подібних проектів;
- розвиток системи ухвалення рішень.

На фазі визначення факторів ризику, від яких цей проект, дослідницька група визначає стратегічні цілі проекту: фінансовий прибуток, зниження рівня транспортних заторів, підвищення безпеки на транспортних мережах, дотримання екологічних норм.

Після складання наведеної вище таблиці, основна увага приділяється прибутку від проекту, т.к. цей параметр має найбільше значення для інвесторів. Зазначимо, що чим вища вартість користування платними дорогами, тим вищий рівень ризику.

Виявлення основних конкуруючих маршрутів включає аналіз розподілу транспортних потоків до впровадження об'єкта ІТС. У той час як багато досліджень проектів платних доріг основну увагу звертають на умови транспортної мережі та вибір маршруту, оцінку доцільності впровадження об'єкта, важливий аспект аналізу транспортної мережі, найчастіше нехтується. Цей параметр є одним із найважливіших при фінансуванні проекту. У цьому контексті конкуруючі дороги виявляються шляхом визначення, яка їх найбільш ефективно зможе вплинути на транспортні потоки мережі. Згідно зі схематичним аналізом і цим показником, методологія ґрунтується на виявленні всіх можливих варіантів реалізації проекту шляхом моделювання, потім,

дослідивши результати, визначається проект, що найбільше позитивно впливає на транспортні потоки.

Аналіз транспортної мережі під час реалізації подібних проектів ґрунтується на оцінці впливу впровадження об'єктів ІТС в умовах існуючої транспортної мережі та подальших структурних змін.

Останнім компонентом аналізу є розвиток системи прийняття рішень, він полягає у моделюванні проекту, що дозволить оцінити вплив проекту на транспортну мережу загалом та на доходи від його реалізації.

Традиційна оцінка транспортної мережі складається з чотирьох послідовних етапів, у яких моделюються транспортні потоки всієї мережі (рисунок 1.5).

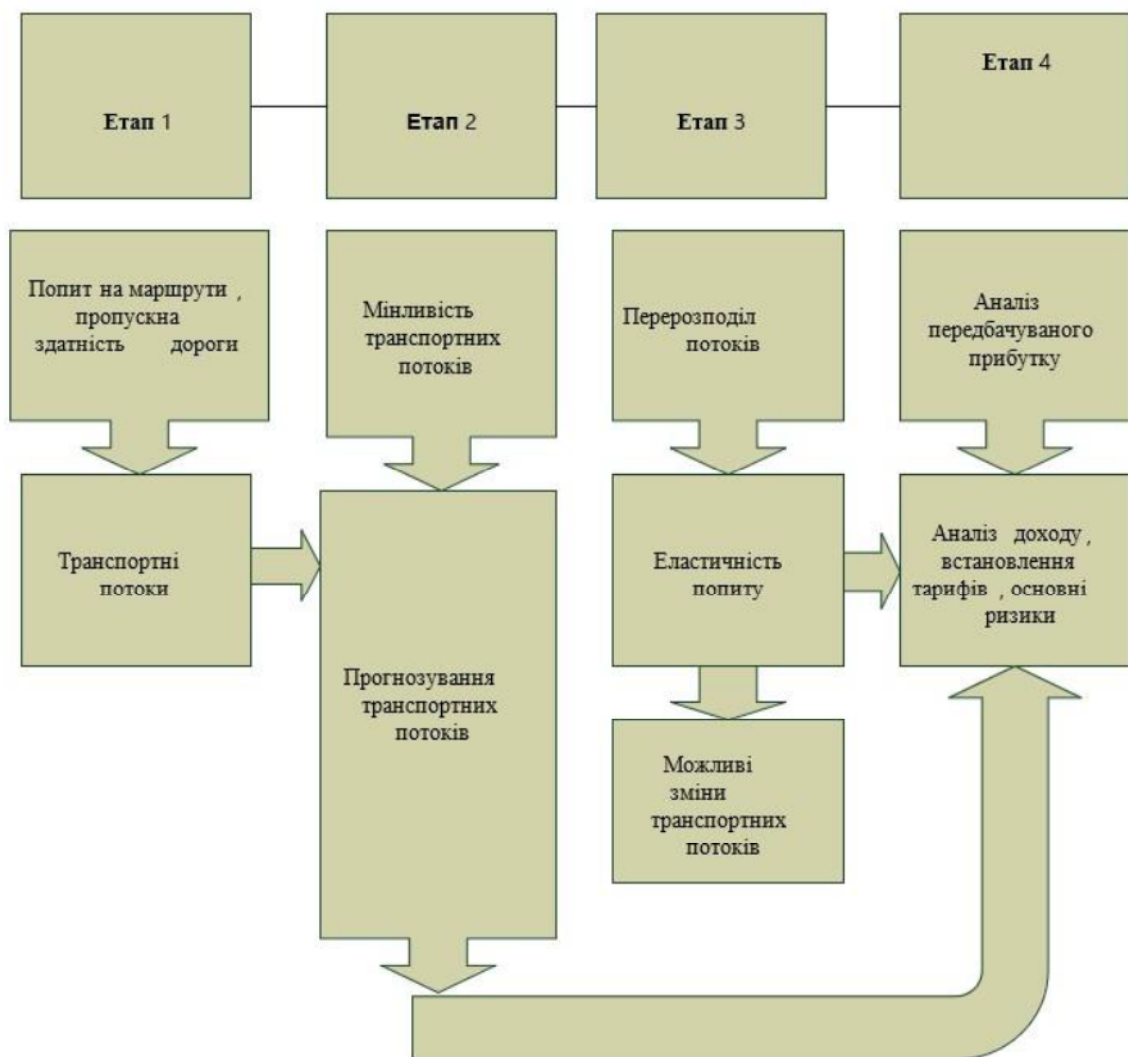


Рисунок 1.5 – Схема оцінки транспортної мережі

У першому етапі аналізу дається оцінка топології транспортної мережі, попиту певні маршруту (наприклад, матриця кореспонденцій).

З другого краю етапі робляться прогнози можливих змін поведінки транспортної мережі під час реалізації проекту. За допомогою програм моделювання та побудови графіків транспортних заторів аналізується поточна ситуація на транспортній мережі, потім за допомогою тих же інструментів аналізується зміна потоків транспорту.

На третьому етапі аналізуються та порівнюються конкуруючі маршрути. Суть цього етапу, насамперед, полягає у вивченні, як саме вплине перерозподіл транспортних потоків на існуючі маршрути.

На четвертому етапі вся увага фокусується на змінах транспортного руху, спричиненого реалізацією проекту. На цьому етапі здійснюється точніша оцінка фінансових ризиків. Очікується, що проект позитивно вплине на транспортний потік, що підвищить прибуток від проекту, тим самим знизиться фінансові ризики.

Перш ніж пропонувати конкретні проекти, необхідно представляти – не лише до чого приведе їх реалізація, а й чи потрібне впровадження проектів взагалі. Одним із рішень цього питання є математичне моделювання.

Серед усієї різноманітності математичних моделей, що практично застосовуються на сьогодні для аналізу транспортних мереж міст і регіонів, можна виділити три основні групи моделей:

- прогнозні моделі;
- імітаційні моделі;
- оптимізаційні моделі.

Усі математичні моделі функціонування транспортної мережі ґрунтуються на великій кількості вихідних даних, таких як: диференційована по районах чисельність населення, середній час пересування, число місць здійснення праці та ін. Першим етапом побудови моделі є формалізація параметрів, що характеризують стан транспортної мережі. На другому – розрахунок зміни попиту під час впровадження проекту.

Підсумовуючи, слід зазначити, що крім первинності побудови архітектури ІТС та системного підходу до проектування ІТС, ключовим способом зниження різних ризиків реалізації проектів ІТС є моделювання наслідків впровадження об'єктів, яке більш докладно буде розглянуто у наступних розділах.

Висновки за розділом:

1. Найбільш ефективним способом вирішення проблем функціонування транспортної системи (таких як зниження швидкості пересування автомобілів, регулярні транспортні затори, численні дорожньо-транспортні пригоди) є впровадження інтелектуальних транспортних систем. Транспортна політика багатьох країн спрямована на поширення та інтеграцію інтелектуальних транспортних систем у єдиний інформаційний простір.

2. Аналіз закордонного досвіду дозволив виявити основні засади успішної реалізації проектів інтелектуальних транспортних систем. Принцип первинності побудови архітектури ІТС – використання системного підходу, що дозволяє уникнути потенційних складнощів у розробці інтелектуальних транспортних систем. Завдяки архітектурі забезпечується узгодженість роботи підсистем управління дорожнім рухом на будь-якому рівні. Архітектура ІТС поєднує у собі всі інструменти, що вирішують проблеми руху транспортних потоків. Завдяки архітектурі забезпечується узгодженість роботи підсистем управління дорожнім рухом на будь-якому рівні.

3. Крім первинності побудови архітектури ІТС підвищення ефективності застосування об'єктів, також застосовується принцип системного підходу при проектуванні об'єктів ІТС - кожна окрема функцію ІТС після реалізації об'єднується в єдину інтегровану інформаційну систему на транспорті.

4. Виділено принцип застосування моделювання наслідків реалізації проектів ІТС. Цей метод дозволяє зробити найточніший прогноз сценаріїв

розвитку функціонування об'єкта ІТС, виявлення різних ризиків та способи їх пом'якшення.

2. ПРИНЦИПИ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ОБ'ЄКТІВ АРХІТЕКТУРИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

2.1 Управління ризиками під час впровадження нових об'єктів ІТС

Управління ризиками при впровадженні об'єктів інтелектуальних транспортних систем (включаючи розробку планів щодо запобігання ризикам та складання програм пом'якшення їх наслідків) є одним із найважливіших етапів ІТС. Система управління ризиками необхідна для виявлення, групування та аналізу основних ризиків в ІТС, а також для розробки сценаріїв пом'якшення наслідків найімовірніших ризиків (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Оцінка показників застосування об'єктів інтелектуальних транспортних систем

Результат розробки ІТС	1994р.	2004р.	2006р.	2009р.
Проектних показників досягнуто	16%	29%	35%	32%
Проектні показники досягнуто частково	53%	53%	46%	44%
Проектних показників не досягнуто	31%	18%	19%	24%

Тому доцільно включати до архітектури ІТС етапи оцінки ризиків:

Перший етап: планування реалізації об'єкта ІТС. Включає дії, спрямовані на усунення ризику і мінімізацію наслідків його впливу: оцінку загрози; аналіз ризиків та обробку ризику. Найчастіше помилки на даному етапі призводять до незворотних негативних наслідків. Наприклад, при розробці проекту Даллас Грінуей (США), за підрахунками фахівців, зростання попиту на цей маршрут

передбачалося на 14% за перші шість років. Вихідна оцінка - 34 000 транспортних засобів на добу, виявилася занадто оптимістичною, фактично середня чутлива інтенсивність склала 11 500 транспортних засобів, що призвело до масштабних фінансових збитків проекту.

Другий етап: добір ризиків. Неможливо керувати ризиками, доки вони чітко не визначені. Цей етап передбачає ідентифікацію ризиків визначення реальних загроз. До них можуть належати: збій передачі інформації, підвищення вартості послуг, порушення рівня безпеки автомобільного руху, соціальна нестійкість суспільства, відставання розвитку даного регіону, вплив на навколишнє середовище.

Третій етап: аналіз ризиків. Після того, як визначено всі можливі ризики даного проекту, необхідний їх детальний аналіз, який призначений для виявлення найбільш ймовірних та небезпечних ризиків для подальшої роботи з ними.

Четвертий етап: робота із ризиками. Включає міри, необхідні для боротьби з виявленою проблемою при оцінці аналізу ризиків. Одним із способів запобігання ризикам може бути онлайн управління, яке вимагатиме забезпечення магістралей засобами моніторингу та створення команди висококваліфікованих операторів. Метою онлайн управління є підвищення ефективності та якості функціонування ІТС.

П'ятий етап: вибір стратегій пом'якшення. Заснований на класифікації ризиків, включених до бази даних відповідно до умов, за яких вони можуть виникнути. Розробка стратегій управління інцидентами має призвести до зменшення витрат часу надання допомоги потерпілим. Для цього необхідно розробити засоби онлайн управління, що базуються на комплексному моніторингу мережі, що скоротить використання додаткових засобів та втручання оператора. Ці засоби також повинні включати різні сценарії пригод, з урахуванням місць та заходів реагування.

Шостий етап: побудова сценаріїв пом'якшення наслідків ризикових ситуацій. Виділяють 4 найважливіші елементи для побудови сценарію пом'якшення наслідків:

- тимчасові рамки;
- співробітництво державного та приватного секторів;
- основні тенденції розвитку ІТС;
- територіальні особливості

Одним із методів угруповання сценаріїв є поділ ризиків на залежні від часового проміжку та незалежні. Після цієї початкової класифікації слід виявити, коли ІТС (або тільки конкретний сервіс ІТС) повністю підтримуються органами влади, або коли тільки приватний сектор бере участь у розробці та експлуатації ІТС.

Процес аналізу ризиків під час впровадження інтелектуальних транспортних систем зображено рисунку 2.1.

Використання кількох джерел даних дозволить підвищити ефективність цієї системи. Але безліч джерел даних не повинно ускладнювати роботу системи, їх варто використовувати як спосіб розширення інформації та залучення більшої кількості користувачів. Залучення персональних користувачів дозволяє центрам управління магістралями отримувати більше даних, на основі яких вони можуть скласти інформацію про рух. Учасники руху, у свою чергу, можуть отримати доступ до інформації про стан на магістралях. Вирішення організаційних питань, пов'язаних із необхідністю співпраці, а також розподілом відповідальності між різними операторами, які зазвичай діють незалежно, дозволить розширити мережу обміну даними.

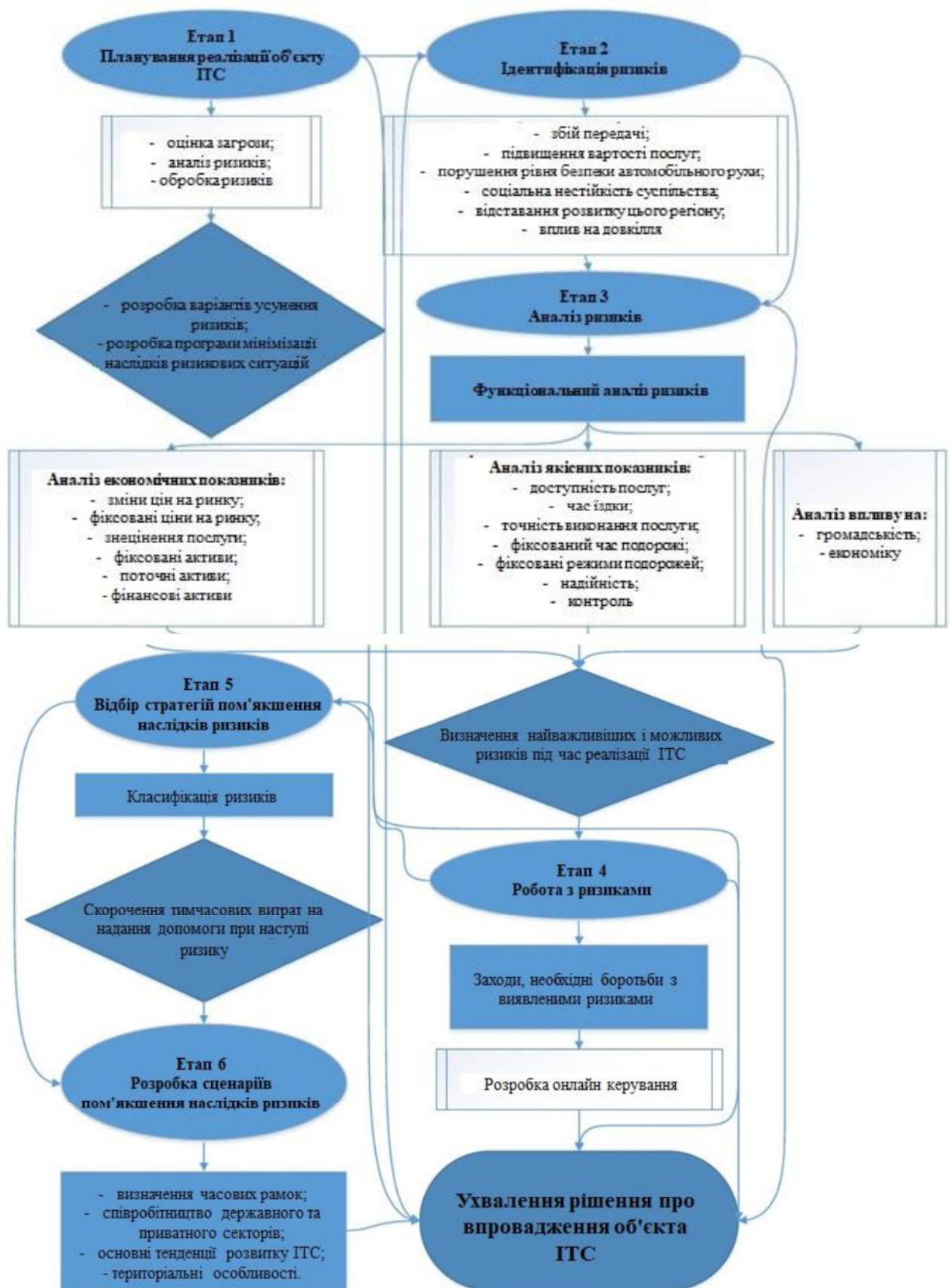


Рисунок 2.1 Оцінка ризиків при впровадженні інтелектуальних транспортних систем

2.2 Оцінка функціонування транспортної мережі

Перевезення – найважливіша послуга транспортної галузі виробництва. Як і продукт будь-якої іншої галузі, перевезення оцінюються співвідношенням ціна-якість. Рівень якості транспортної послуги можна оцінити за допомогою показників безпеки, часу та інших параметрів. Вплив якості послуги на поведінку транспортних потоків є основною характеристикою транспортної галузі. Об'єкти інтелектуальних транспортних систем значною мірою здатні підвищити якість транспортних послуг. Далі з прикладу альтернативного платного маршруту розглянемо, чого залежить перерозподіл транспортних потоків під час запровадження об'єктів ІТС.

Потреба у виборі певних маршрутів залежить від пріоритетів користувачів транспортної мережі. Але при погіршенні умов транспортного руху, частих заторових ситуацій на певних маршрутах попит на них знижуватиметься, а користувачі почнуть шукати альтернативні варіанти маршруту. Таким чином, кожен користувач робить свій вибір маршруту індивідуально, але в той же час його вибір може вплинути на поведінку інших учасників поїздки.

Припустимо, що транспортна мережа складається з набору транспортних вузлів N і прямих каналів зв'язку A . Нехай N_j позначають підмножину j вузлів, де p_j ($j = 1, \dots, J$) – плата за користування певними маршрутами. Визначення тимчасових та грошових витрат для даних каналів зв'язку здійснюється наступним чином:

$$C = t_l * v_l + \frac{p_l}{v_l} \quad (2.1)$$

де:

C - загальні грошово-часові витрати на платному маршруті; l – вибраний платний маршрут; t_l – час проходження платного маршруту;

v_l - грошово-часові витрати користувача (грн./хв.);

p_l – плата користування маршрутом.

Це рівняння показує, що користування платними дорогами впливає на показники часу та вартості поїздки. При користуванні безкоштовними дорогами знижується показник вартості поїздки, але зростає показник тимчасових витрат.

Для кожної категорії учасників руху існує поріг чутливості, тому необхідно розглядати варіанти з різною величиною зміни витрат на подорож.

$$p - (c + \Delta c) \leq p_w, \quad (2.2)$$

де Δc – зміна витрат на поїздку порівняно з існуючими умовами;

p_w – допустимий рівень вигоди від виконання мети подорожі.

Певний рівень критичного значення Δc може залучити або навпаки відштовхнути деяких учасників руху від використання конкретних варіантів поїздки. Таким чином, при певному рівні Δc можливі наступні варіанти:

- підвищення витрат на поїздку на величину Δc не викликає в учасників руху бажання змінити щось у звичному маршруті;
- підвищення витрат на поїздку на величину c призводить до того, що деякі користувачі змінюють маршрут;
- підвищення витрат на поїздку на величину c призводить до того, що певна категорія користувачів змінює час поїздки;
- підвищення витрат на поїздку на величину c призводить до того, що певна категорія користувачів відмовляється від поїздки.

Впровадження альтернативних маршрутів є одним із способів вирішення проблем функціонування транспортної мережі. Ретельне моделювання, що повністю відображає особливості транспортних потоків на рівні всього міста – найважливіший етап розробки та впровадження об'єктів архітектури ІТС. Подібне моделювання призведе до прийняття найефективніших рішень, виявлення основних ризиків, пов'язаних із впровадженням об'єктів та виявить найважливіший показник для залучення інвесторів – фінансову ефективність проекту.

2.3 Оцінка ризиків досягнення запланованих показників ефективності

Приватний сектор бере дедалі більшу участь у роботі транспортної інфраструктури. Раніше об'єкти ІТС, наприклад, платні дороги, фінансувалися державним бюджетом, але зараз попит на подібні проекти настільки високий, що коштів державного бюджету стає недостатньо. Для вирішення цієї проблеми необхідно залучати приватних інвесторів. При цьому приватним особам для участі в подібних проектах доводиться вдаватися до банківських кредитів, а певні фінансові ризики значно знижують їхню зацікавленість, ускладнюють взаємини учасників проекту. Необхідна нова методологія планування функціонування транспортної мережі, за якої особлива увага приділятиметься фінансовому ризику.

Аналіз та прогноз попиту на перевезення є невід'ємною частиною розвитку проектів ІТС. Виходячи з цього прогнозу, проект ІТС розробляється відповідно до особливостей майбутнього транспортного руху. Окрім того, від цієї оцінки залежить фінансова структура проекту. Окупність проекту розраховується на основі попиту та встановленого тарифу. На практиці багато проектів платних доріг стикаються з фінансовими проблемами через похибки у прогнозуванні попиту.

Через подібні можливі помилки у розрахунках багато країн продумують програми зі збільшення попиту на подібні проекти. Такі помилки також є стимулом для розвитку нових та ефективних комп'ютерних програм транспортного моделювання та підготовки фахівців.

Ключовим моментом при прогнозуванні руху транспортних потоків є стохастичне переміщення транспорту.

Обмеження при стохастичному русі автомобілів при занадто великому розкиді значень параметром можуть мати негативні значення, що непридатне при моделюванні попиту/пропозиції на даній ділянці транспортної мережі.

Припускаючи, що транспортні потоки мають стохастичний характер, моделювання транспортного попиту та пропозиції матиме випадкові величини.

Прогнозовані транспортні потоки на об'єкті, що впроваджується, можуть бути змодельовані з урахуванням розподілу відомих різних очікуваних показників і дисперсією. Крім того, при моделюванні попиту на користування платною дорогою передбачається, що:

- Інтенсивність транспортних потоків на об'єкті постійно зростає.
- Транспортний попит на передбачуваному об'єкті залежить лише від показників транспортних потоків у час.

Низькі або високі показники кількості минулого транспорту на проєкті, що впроваджується, так само залежать від зростання або спаду в економіці. Таким чином, транспортні потоки на платній дорозі можуть змінюватися періодично через зовнішні фактори, що знаходяться поза контролем учасників проєкту.

Щорічний дохід дорівнює річній кількості транспорту, який скористався цим платним об'єктом.

Також необхідно враховувати параметри, що впливають на дохід: щорічний транспортний потік на платних об'єктах ІТС, очікуване зростання трафіку, коефіцієнт нестійкості та коефіцієнт плати.

Аналітичні дослідження з економічних питань запровадження платних об'єктів ІТС показали, що подібні об'єкти є високорентабельними, а при правильній роботі з різними показниками (тип транспортного засобу, вартість та час поїздки) можлива максимізація прибутку.

Проведені дослідження платних маршрутів показали велику різницю у прибутку та якості платних та безкоштовних доріг. Також важливим моментом є те, що ефективний платний маршрут часто може негативно вплинути на роботу транспортної мережі в цілому. Найбільша ефективність роботи транспортної мережі може бути досягнута шляхом угод між приватними компаніями та державними установами, робота спільно дозволить знизити транспортні затори та інші проблеми у роботі транспортної мережі міста.

2.4 Аналіз перерозподілу транспортних потоків

Багато складових транспортних послуг не фіксуються, т.к. вони безпосередньо залежить від поведінки водіїв. Наприклад, дві точки транспортної мережі можуть з'єднуватися різними маршрутами: якщо більшість користувачів почне переміщатися тим маршрутом мережі, який має найбільш позитивні показники - зросте час очікування громадського транспорту, збільшиться час перевезення, знизиться якість послуги і т.д. Прогнозувати поведінку користувачів дуже складно, т.к. деякі з них погодяться витратити більше часу на проходження даного маршруту, інші змінять свій маршрут, а треті відмовляться від подорожі. Подібна ситуація може бути проаналізована за допомогою двох функцій, які показують як рівень якості послуги вплине на попит і як попит впливає на якість послуги.

У цій ситуації ці функції також повинні враховувати структуру транспортної мережі та її показники.

Вулично-дорожня мережа складається з набору певних точок та ліній, що з'єднують їх. Найчастіше кожна пара точок з'єднується більш ніж однією лінією (рисунок 2.3).

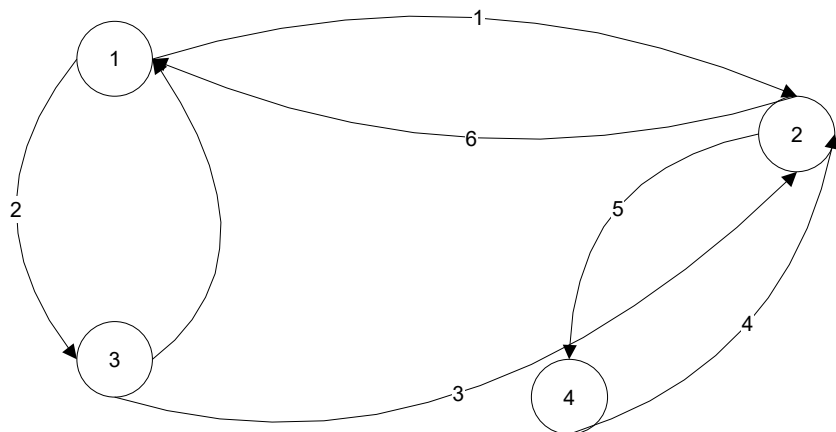


Рисунок 2.3 Ділянка транспортної мережі

Вибір кожного маршруту залежить багатьох показників: час, вартість, додаткові послуги. Отже, між маршрутами виникає певна конкуренція.

При аналізі роботи громадського транспорту маршрут розглядається як набір зупинок і ділянки транспортної мережі, що з'єднують їх, він зазвичай характеризується показником «час у дорозі», але також необхідно враховувати, що пасажери витрачають час на очікування транспортного засобу і на підхід до зупинного пункту (рисунок 2.4) :

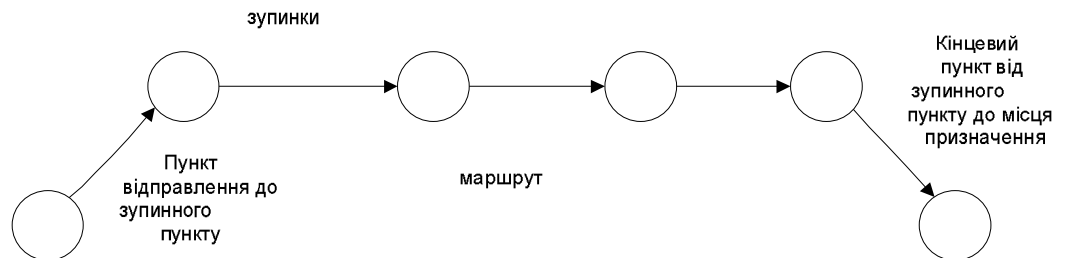


Рисунок 2.4 Маршрут з погляду пасажирів

Слід взяти до уваги, деякі маршрути можуть перетинатися, можуть бути взаємозамінними тощо. Вибір залежить від вартості подорожі та близькості зупинки.

Під час транспортного планування вся міська мережа ділиться на зони. Розмір кожної зони може бути від одного кварталу до цілого міста, залежно від заданих параметрів, як і кількість зон. Кожній зоні надається «центроїд» (геометричний центр кожної зони). Вся міська транспортна мережа включає безліч перехресть, автобусних зупинок і т.д., але центроїд є точкою виникнення транспортних потоків. Після визначення центроїду можливе побудова матриць кореспонденцій – транспортних потоків між центроїдами.

Наприклад розглянемо невелику транспортну зону (рисунок 2.5):

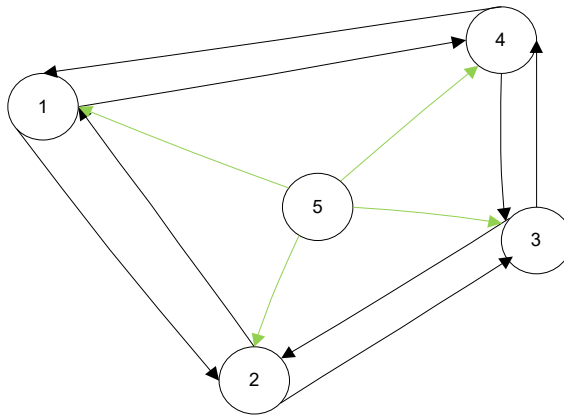


Рисунок 2.5 Транспортна зона

Ця транспортна зона має двосторонній рух. Крапка в середині – центроїд, саме він є відправною точкою транспортного потоку цієї зони. Лінії, що з'єднують центроїд з іншими ділянками маршруту, можуть вимірюватися часом, що витрачається пішки, часом очікування транспортного засобу і т.д. Використання даних про транспортні потоки між центроїдами різних транспортних зон потрібне при складанні матриць кореспонденцій. Для аналізу необхідні найважливіші магістралі міста, ті ділянки транспортної мережі, які мають найбільше вплив на розподіл транспортних потоків.

Висновки з розділом

1. Запропоновано методику оцінки ризиків реалізації об'єктів ІТС, що здійснюється у 6 етапів: 1. Планування реалізації об'єкта ІТС; 2. Відбір ризиків. Ідентифікація ризиків визначення реальних загроз. 3. Аналіз ризиків. Після того, як визначено всі можливі ризики даного проекту, необхідний їх детальний аналіз, який призначений для виявлення найбільш ймовірних та небезпечних ризиків для подальшої роботи з ними; 4. Робота із ризиками. Включає міри, необхідні для боротьби з виявленою проблемою при оцінці аналізу ризиків. 5. Вибір стратегій пом'якшення. Заснований на класифікації ризиків, включених до бази даних відповідно до умов, за яких вони можуть виникнути; 6. Побудова сценаріїв пом'якшення наслідків ризикових ситуацій.

3. ВПРОВАДЖЕННЯ ОБ'ЄКТУ ІТС ДЛЯ РІШЕННЯ ІСНУЮЧИХ ПРОБЛЕМ

3.1 Управління транспортною системою міста

У світі близько 74% населення проживає у містах, що у свою чергу говорить про високому значенні транспортної системи як сполучного елемента. Транспортні системи класифікуються за різними ознаками: територіальними, видами транспорту тощо. Суть досліджень у галузі транспортних системи полягають у виділенні взаємозв'язків та взаємодій роботи дорожньої мережі міста та водіїв, спрямовані на постійне підвищення якості роботи міської транспортної мережі. Моніторинг, аналіз існуючої ситуації на транспортній мережі міста, виявлення та вирішення транспортних проблем, управління рухом транспорту – об'єкти досліджень у галузі розвитку транспортних систем та технічних інновацій.

Розглянемо систему управління роботою міського транспорту (рисунок 3.3). Всі дані про стан транспортної мережі надходять до єдиного центру управління, звідки йде подальше прийняття оперативних рішень, реагування на дорожньо-транспортні пригоди, своєчасне інформування водіїв та пасажирів про будь-які зміни на певних ділянках доріг, надання додаткових послуг тощо.

Управління міськими транспортними потоками є складним та трудомістким процесом. У сучасному світі відбувається активний розвиток інноваційних технологій у цій галузі – Інтелектуальних транспортних систем, за допомогою яких весь процес стає більш точним та ефективним. Окремі елементи запроваджені та застосовуються у вітчизняній практиці, але щодо їх використання наша країна значно відстає від багатьох зарубіжних країн. Завдяки подібним системам можливий збір даних у режимі реального часу, швидке реагування на дорожньо-транспортні пригоди, їх прогнозування та запобігання; моделювання зміни роботи транспортної мережі та перерозподіл

транспортних потоків, розробка планів щодо покращення роботи транспортної мережі (рисунок 3.4).

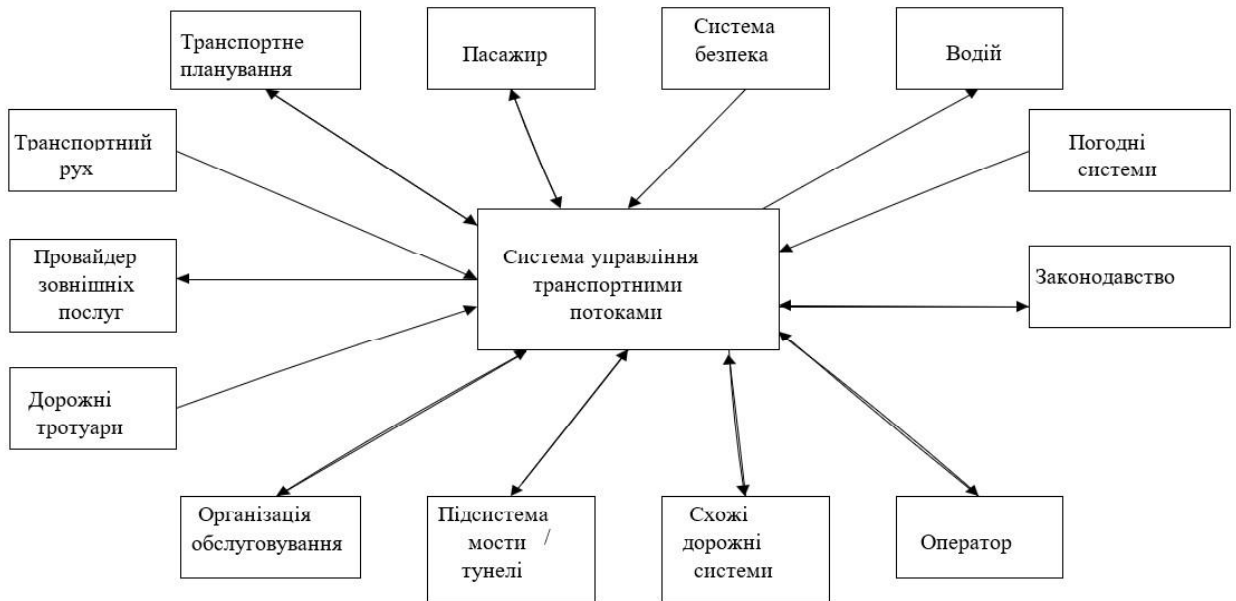


Рисунок 3.3 – Система управління рухом транспорту у містах

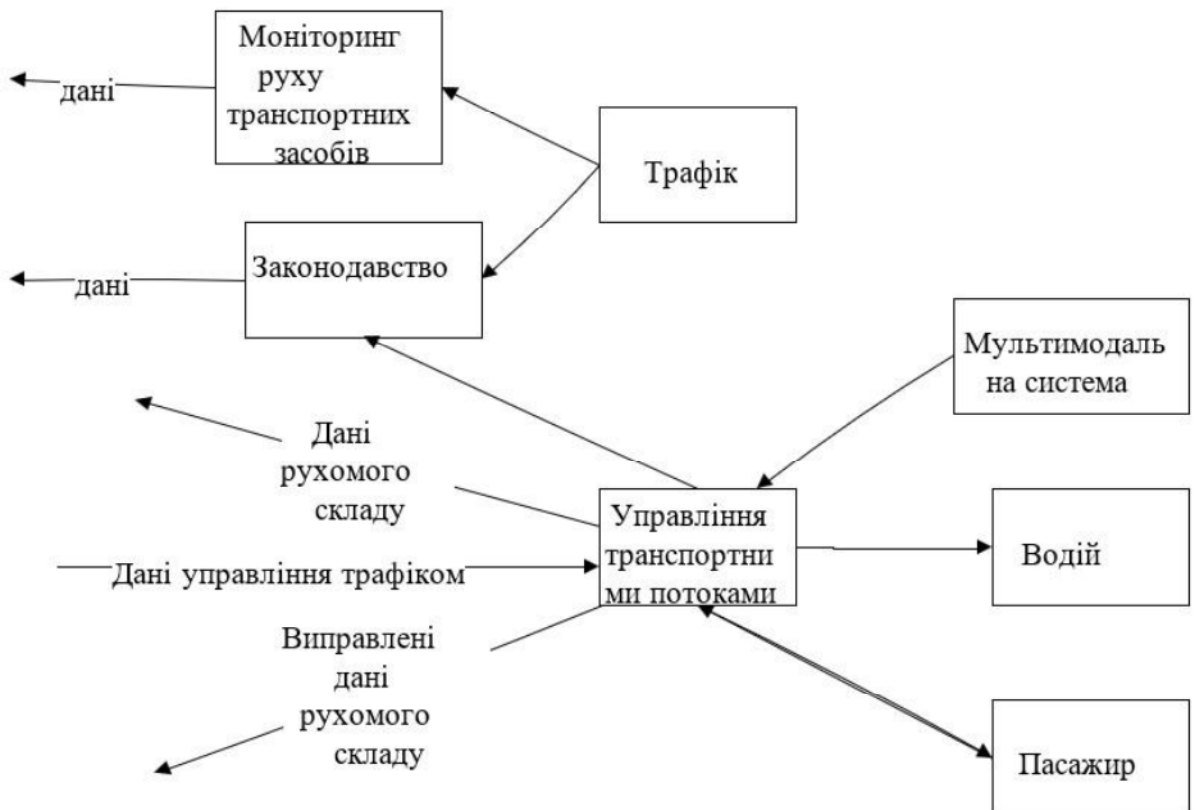


Рисунок 3.4 – Система керування транспортними потоками: модулі підсистеми "на дорозі"

Розглянемо, як відбувається керування транспортними потоками більш детально. Вся інформація, що надходить, розподіляється за модулями, що відповідають за певні дані. Зв'язок між такими модулями здійснюється оператором, таким чином різні модулі з'єднуються в єдину інформаційну систему управління, забезпечену ефективним обміном даними, що дозволяє швидке реагування на різні дорожньо-транспортні пригоди, планування поїздок і т.д. (Рисунок 3.5):

Об'єкти інтелектуальних транспортних систем повинні виконувати такі групи функцій:

- планування роботи інфраструктури – ця група включає довгострокове планування, моделювання та звіти роботи транспортної мережі;
- законне регулювання – розробка різних правил та обмежень роботи транспортної мережі;
- фінансове регулювання - встановлення тарифів на надання різних послуг ІТС;
- управління дорожньо-транспортними пригодами – ця група включає розробку систем підвищення рівня безпеки транспортної мережі, управління особливо небезпечними ділянками доріг, запобігання розкраданню транспортних засобів і т.д.;
- інформація про поїздки та навігація – надання як попередньої інформації, так і у процесі поїздки, включаючи зміни у планах маршруту;
- управління трафіком, попитом та ДТП – включає моніторинг, планування, аналіз потоків транспортних засобів, встановлення допустимих швидкостей, визначення паркувальних місць, контроль встановлення тарифів;
- інтелектуальні транспортні засоби - включає в себе різне обладнання, що здійснює контроль швидкості та ДТП, підвищення рівня огляду транспортної мережі, системи оповіщення тощо;
- управління вантажним транспортом – включає збирання даних, підготовку регулюючої документації, планування, моніторинг, звітність, безпеку транспортного засобу;

- управління громадським транспортом – здійснює контроль попиту, безпеку пасажирів, інформування у поїзді.

Розглянемо перелічені вище функції схематично на прикладі управління швидкісним режимом міських транспортних потоків та управління магістралями міста (рисунки 3.5, 3.6):

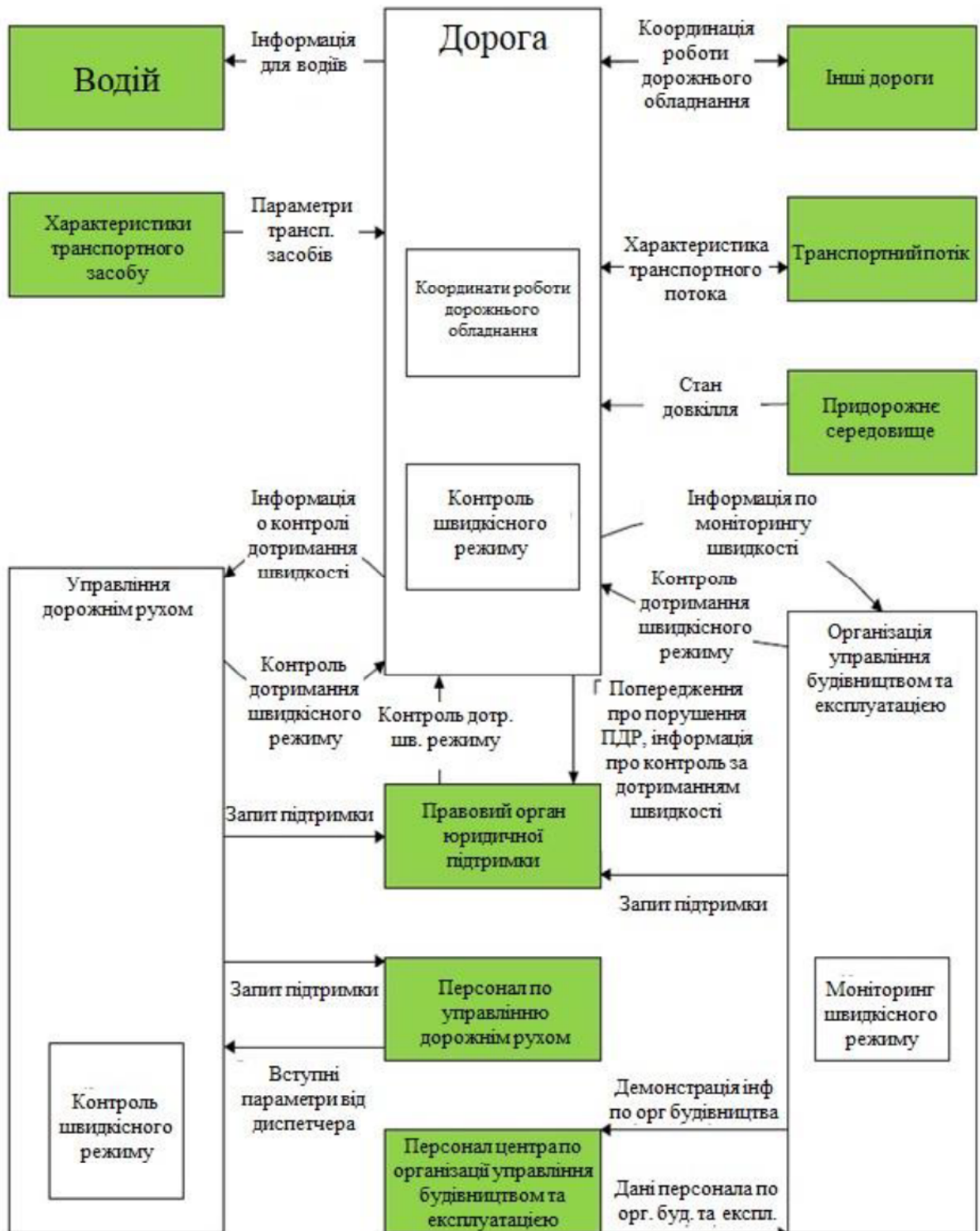


Рисунок 3.5 – Моніторинг швидкісного режиму



Рисунок 3.6 – Управління автомагістралями міста

При дослідженні платних маршрутів відзначається велика різниця у прибутку та якості платних та безкоштовних доріг. Також важливим моментом є те, що ефективний платний маршрут часто може негативно вплинути на роботу транспортної мережі в цілому. Найбільша ефективність роботи транспортної мережі може бути досягнута шляхом угод між приватними компаніями та державними установами, робота спільно дозволить знизити транспортні затори та інші проблеми у роботі транспортної мережі міста.

Найбільш прийнятною формою оплати за проїзд є використання електронних смарткарт або безконтактної оплати (рисунок 3.7).

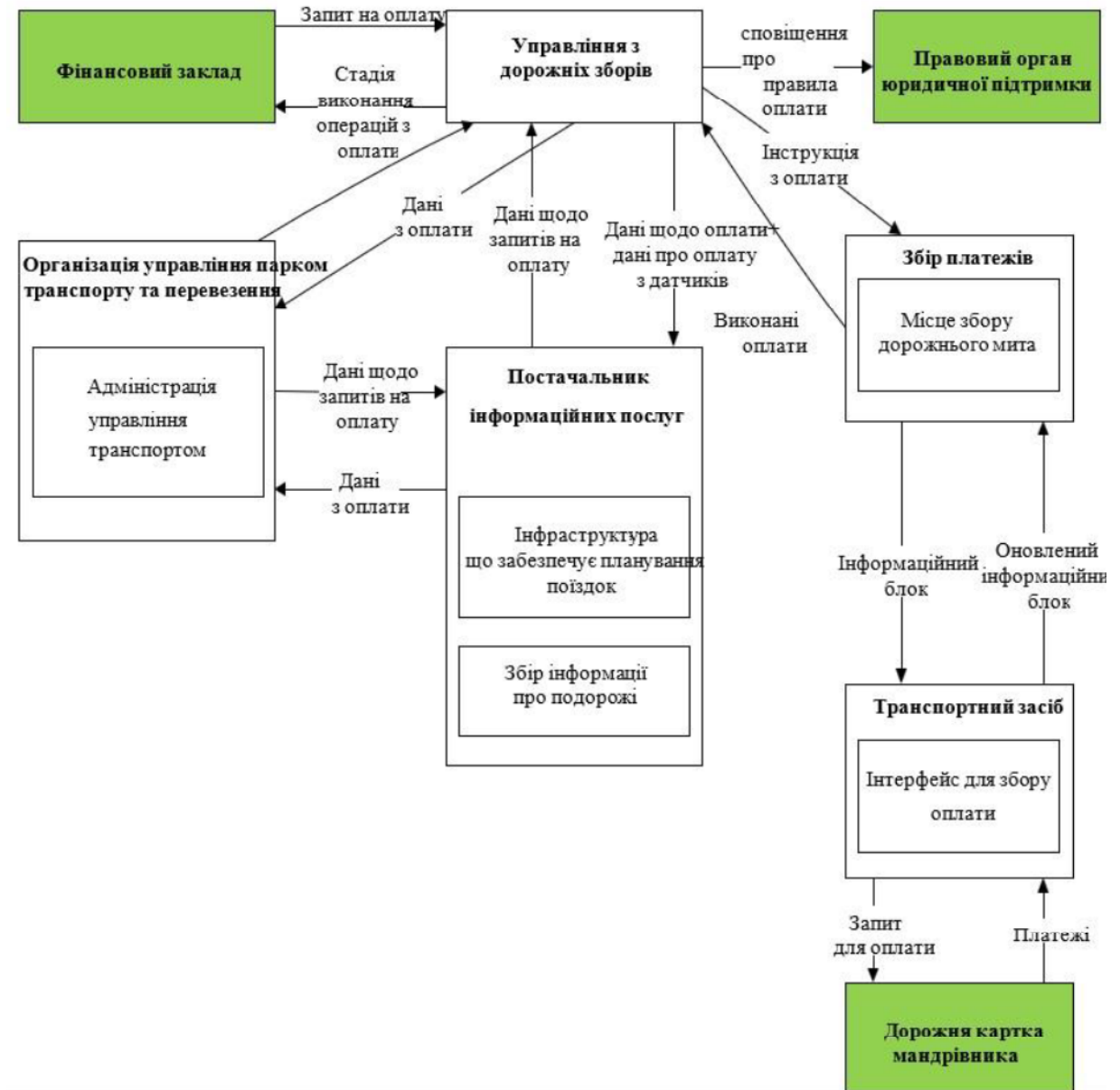


Рисунок 3.7 – Електронна оплата зборів за проїзд

3.2 Особливості моделювання вулично-дорожньої мережі на мікрорівні при запровадження транспортних коридорів

У світі стрімкого розвитку новітніх технологій, багато розробки у сфері програмного забезпечення, спрямовані створення різних програм транспортного моделювання. Подібні програми є інструментом, за допомогою

якого можливий пошук оптимального вирішення існуючих транспортних проблем та вибору найефективнішого розвитку існуючої транспортної системи.

Інтелектуальні транспортні системи виконують широкий спектр завдань щодо підвищення ефективності функціонування транспортної системи, але однією з найбільш значущих є моделювання, на основі якого пропонується можливе покращення роботи транспортної мережі та прогнозування дорожньо-транспортних ситуацій. Як приклад реалізації об'єктів ІТС та оптимізації функціонування транспортної мережі, розглянемо транспортні коридори.

До транспортних коридорів належать об'єкти, з яких користувачі можуть переміщатися з максимально допустимою швидкістю, уникаючи транспортних заторів. Користування подібними об'єктами здійснюється за певну плату за встановленими тарифами. Система керування транспортним коридором має виглядати так (рисунок 3.8):

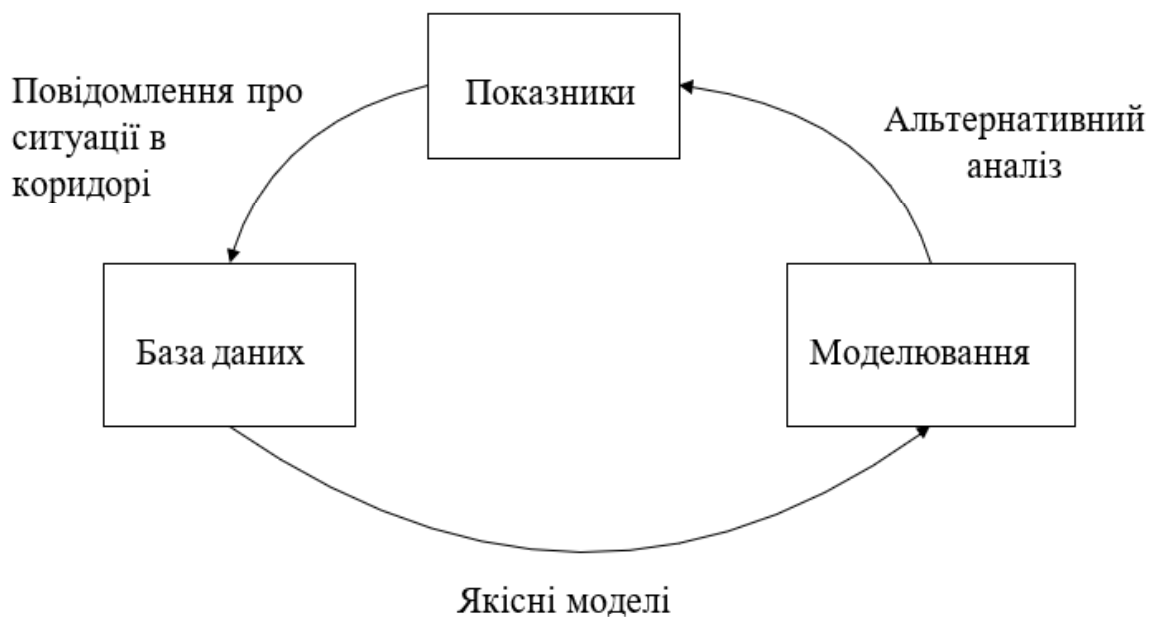


Рисунок 3.8 – Цикл керування транспортним коридором

На практиці часто виникає ситуація, коли неможливо оптимальне управління ситуацією на транспортному коридорі (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – Проблеми в керуванні транспортним коридором

Існує безліч проблем та причин помилок у циклі обміну даними між різними центрами управління транспортним коридором. Основні вимоги до показників поточного стану транспортного коридору:

- всеосяжність, чітке встановлення критеріїв показників, фокусування як на кінцевій меті – поїздки, так і на побічний – транспортних заторах;
- до бази даних – моніторинг, систематизований аналіз даних;
- до моделей – облік різнорідних даних, вибіркового даних при створенні експериментальної моделі.

При моделюванні транспортних коридорів необхідно враховувати наступне: тимчасове призупинення отримання даних від водіїв, особливості різних типів рухомого складу, кілька варіантів розвитку ситуацій у транспортному коридорі, широке територіальне охоплення тощо.

Моделювання транспортних коридорів може здійснюватися на трьох різних рівнях (мікро, мезо та макро). Розглянемо докладно мікромоделювання. Як правило, воно здійснюється в умовах міської транспортної мережі. Контроль розподілу транспортних засобів здійснюється поетапно, на основі отриманих даних, розробляються необхідні схеми їх руху. Потім з допомогою

імітаційних моделей транспортний попит приводиться у рівновагу, тобто. здійснення розподілу потоків найбільш оптимальним чином (зниження показників тимчасових витрат тощо). Одним із плюсів моделювання на мікрорівні є можливість динамічного аналізу не лише конкретного на міському рівні, а й на регіональному. Порівняємо моделі транспортного попиту та імітаційні моделі на мікрорівні (таблиця 3.1):

Таблиця 3.1 – Порівняння моделей транспортного попиту та імітаційних моделей на мікрорівні

	Модель транспортного попиту	Імітаційна модель
Територія	Регіональна транспортна мережа/міська транспортна мережа	Невеликі відрізки транспортної мережі
Попит	Статичні матриці кореспонденцій	Динамічні матриці кореспонденцій
Контроль руху транспортних засобів	Не потрібні дані про географічне розташування транспортних засобів	Необхідні схеми руху та точні параметри транспортних засобів
Аналіз	Рівновага попиту залежить від обсягу затримок транспортних засобів	Імітаційна модель базується на інформації про рух автомобілів особистого користування
Переваги	Можливість аналізу у процесі руху транспортних засобів	Можливий аналіз руху транспортних засобів у режимі реального часу (транспортні затори, світлофорні сигнали тощо)
Недоліки	Нечутливі до операційних стратегій	Територіально обмежені через високу трудомісткість та калібрування.

Вибір рівня моделювання залежить від розміру транспортного коридору. Головною перевагою макромодельювання є точний аналіз пересування транспортних засобів регіональних транспортних мережах. Моделювання на

мезо рівні найефективніше при аналізі інформації про водіїв, проблемних зон транспортної мережі та встановлення тарифів. Мікромодельовання спеціалізується на аналізі та контролі руху транспортних засобів (світлофорне регулювання тощо).

Отримані в результаті моделювання дані повинні:

- забезпечити повною інформацією про справжній та прогнозований рух транспортних засобів в умовах заданої території;

- довести підвищення рівнів мобільності, надійності, безпеки навколишнього середовища з урахуванням справжніх та майбутніх умов реалізації проекту;

- виявити пріоритетні інвестиції з урахуванням короткострокової та довгострокової реалізацій та функціонування транспортного коридору.

Слід пам'ятати у тому, що немає поняття «типові» умови руху. Альтернативні сценарії повинні враховувати зниження та підвищення рівня попиту транспортним коридором, дорожньо-транспортні пригоди, робочі зони, кліматичні умови та інші параметри.

Моделювання роботи транспортної мережі може здійснюватися на будь-яких рівнях при використанні різних характеристик транспортного потоку та дорожньої мережі міста. Моделі повинні враховувати стохастичну поведінку водіїв, залежність між розподілом транспортних потоків, взаємодію в системі «водій – автомобіль – дорога – середовище».

Результатами розрахунків повинні бути дані про величину транспортного потоку з розподілом за видами транспорту на елементах транспортної мережі, рівень завантаження по відношенню до пропускної та провізної спроможності, сумарний пробіг та час пересування, середні показники – швидкість, дальність поїздки тощо, представлені в вигляді картограм, таблиць та графіків.

3.3 Програмне забезпечення PTV Vissim під час моделювання впровадження об'єктів ІТС

Перш ніж пропонувати впровадження конкретних проектів, необхідно представляти, до чого приведе їх реалізація, одним із рішень цього питання є математичне моделювання.

В даний час існує безліч різних математичних моделей, які можна застосовувати для аналізу транспортних мереж міст та регіонів, виділимо три основні групи:

- прогнозні моделі;
- імітаційні моделі;
- оптимізаційні моделі.

Усі математичні моделі функціонування транспортної мережі ґрунтуються на великій кількості вихідних даних, таких як: диференційована по районах чисельність населення, середній час пересування, число місць здійснення праці та ін. Першим етапом побудови моделі є формалізація параметрів, що характеризують стан транспортної мережі. На другому – розрахунок зміни попиту під час впровадження проекту.

Моделювання роботи транспортної мережі (рис. 3.10) може здійснюватися на будь-яких рівнях при використанні різних характеристик транспортного потоку та дорожньої мережі міста. Моделі повинні враховувати стохастичну поведінку водіїв, залежність між розподілом транспортних потоків, взаємодію в системі «водій – автомобіль – дорога – середовище».

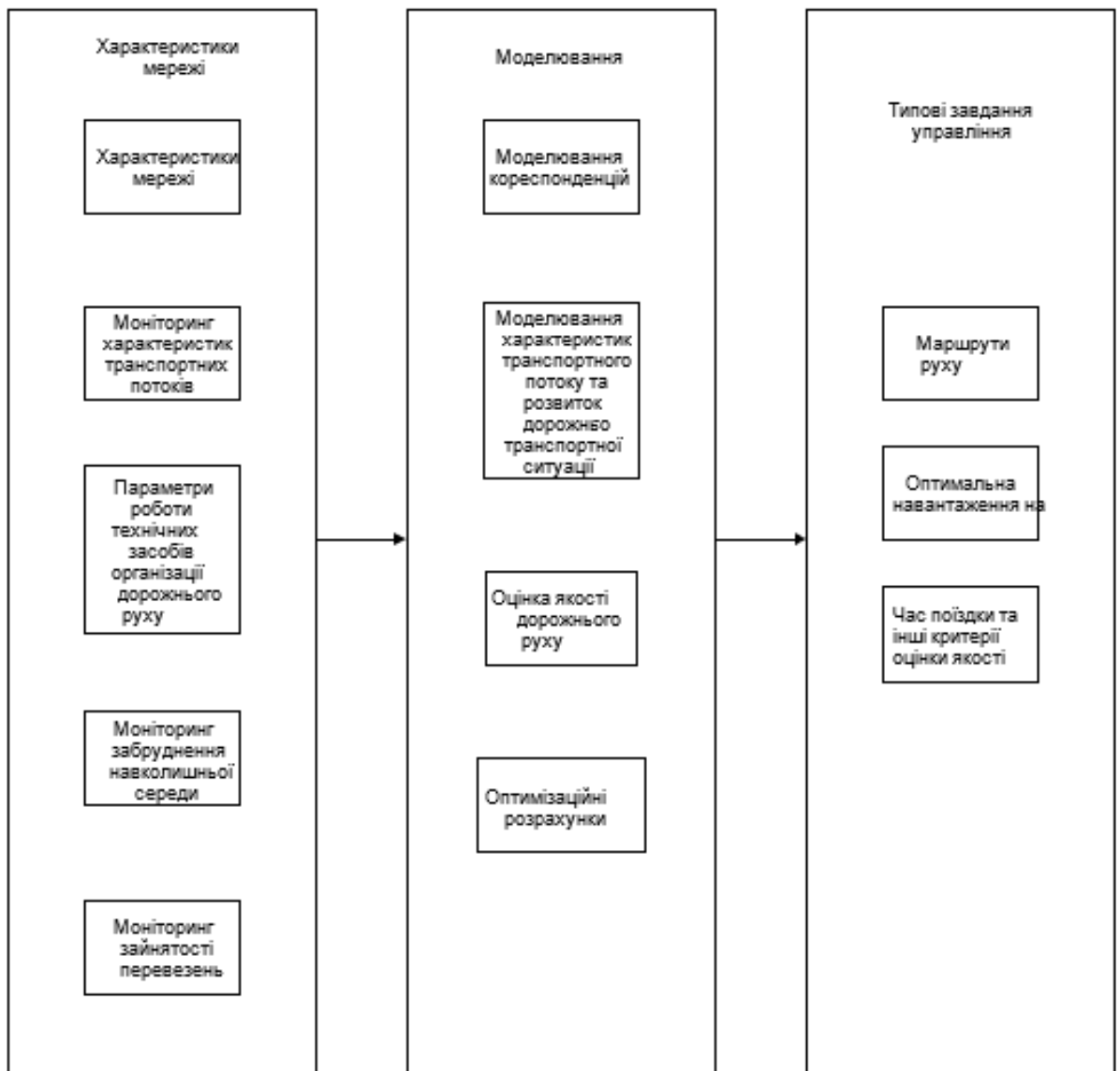


Рисунок 3.11 – Завдання моделювання в інтелектуальних транспортних системах

PTV Vissim – програма транспортного моделювання, яка дозволяє моделювати від маршруту одного автобуса до цілого регіону. Даним програмним забезпеченням користуються представники державних та приватних установ, інформаційні центри та університети по всьому світу. Завдяки PTV Vissim можливе швидке та якісне моделювання реалізації проектів інтелектуальних транспортних систем, транспортного попиту, статичний та динамічний аналіз руху транспортних засобів на всіх рівнях.

Особливості моделювання, що включає мікро і макро рівні:

- визначення рівня транспортного попиту з допомогою матриць кореспонденцій;

- уніфікована база даних;

- динамічний аналіз руху транспортних засобів із урахуванням стохастичного характеру вибору маршрутів;

- динамічний аналіз руху транспортних засобів з урахуванням динамічної рівноваги транспортного попиту;

- управління рухом транспортних засобів.

Основні переваги такого моделювання:

- застосування найефективніших інструментів;

- побудова розширених імітаційних моделей щодо одного документі;

- відсутність помилок, що виникають при моделюванні різних рівнів в окремих програмах;

- усунення зайвої роботи, що виникає при поєднанні рівнів, змодельованих у різних програмних забезпеченнях;

- зниження вартості робіт; підвищення швидкості виконання замовлень.

Т.к. розробники PTV Vissim самі є фахівцями в галузі транспортного руху, дане програмне забезпечення створено з максимально зручним інтерфейсом, враховуючи всі потреби користувача:

- можливе налаштування інтерфейсу самим користувачем;

- моделі транспортної мережі, імітаційні моделі та вихідна інформація знаходяться в окремих розділах програми;

- можливість копіювати/вставити інформацію;

- порівняння різних сценаріїв;

- створення сценаріїв для завдань, що автоматично повторюються.

PTV Vissim дозволяє максимально швидко моделювання з можливістю вибору додаткових елементів, як, наприклад, саме місто, і його міжміські магістралі. На екрані монітора PTV Vissim може запустити модель транспортної системи Сінгапуру, що має 10580 перехресть, 4483 км внутрішньоміських доріг, в 2-3 рази швидше, ніж це відбувається в реальному

часі. Така висока швидкість дозволяє: моделювати величезні ділянки, не пропускаючи проблемні зони і протестувати більше сценаріїв при різних параметрах транспортної мережі. У цьому програмному забезпеченні здійснювалося моделювання Монреаля (Канада), Торонто (Канада) та Нью-Йорка (США).

Можливість моделювання з урахуванням стохастичного характеру вибору маршрутів та динамічним поданням даних дозволяє отримати максимально точну модель транспортної мережі. Надалі ця модель застосовується під час складання маршруту, т.к. дозволяє побачити ситуацію на транспортній мережі. Таким чином, оператори транспортної мережі можуть впливати на вибір маршрутів, надаючи інформацію про транспортні затори (рис. 3.12).

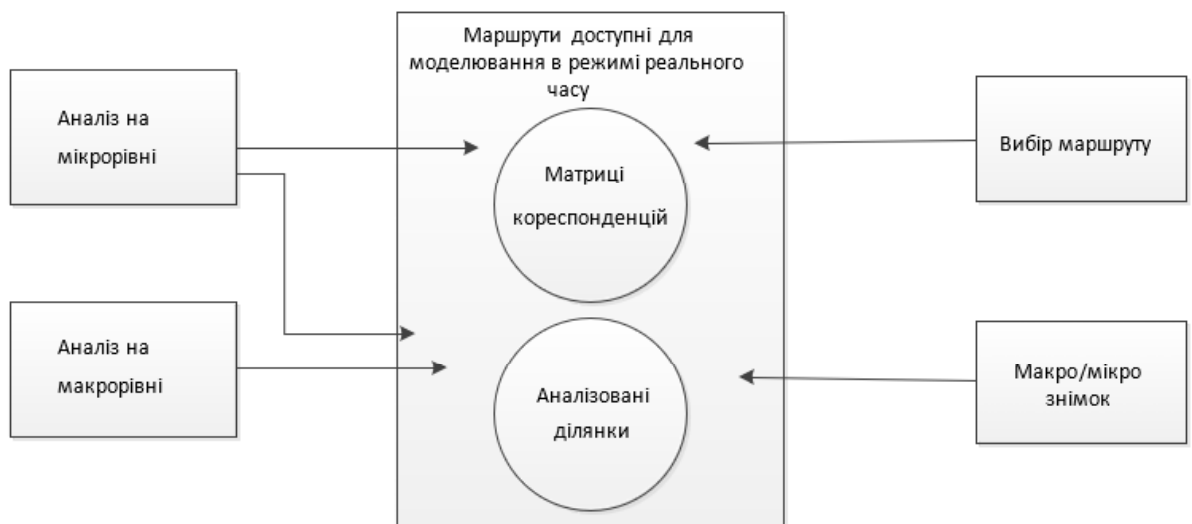


Рисунок 3.12 – Здійснення збору інформації про рух транспортних засобів

PTV Vissim сумісний з існуючими програмами: CAD, GIS, різні програми моделювання, оптимізації світлофорних сигналів і т.д.

Також PTV Vissim дозволяє моделювати поведінку пішоходів, що дозволяє підвищити рівень безпеки, прогнозування інцидентів, аналіз міського середовища. PTV Vissim може враховувати до 30 000 пішоходів на годину, таким чином імітаційні моделі можуть містити і транспортні засоби, і пішоходів. Використовуючи під час моделювання статистичні дані щодо

чисельності населення, програма враховує і середню швидкість пішоходів, і необхідний особистий простір.

Розробка різних сценаріїв у програмі дозволяє постійне внесення додаткових деталей, копіювання інформації з різних файлів (що дозволяє уникнути безлічі помилок). Усі сценарії зберігаються в окремому файлі.

Усі розроблені імітаційні моделі та сценарії можуть бути відкриті у програмі 3D Max, що дозволяє експертам відстежувати рух транспортних засобів за допомогою віртуальних камер спостереження. Ще однією перевагою PTV Vissim є застосування OpenStreetMap, що дозволяє розпочати моделювання проекту з імпортування даних про обрану територію.

Процес моделювання ІТС складається з наступних етапів:

1. Визначення зони моделювання. На даному етапі визначається масштаб впливу об'єкта, що впроваджується, на перерозподіл транспортних потоків і встановлюються його межі («зона впливу»). При визначенні меж моделі необхідно враховувати такі особливості:

- функціональні можливості реалізованих заходів щодо організації дорожнього руху та розвитку транспортної інфраструктури із застосуванням компонентів ІТС;

- можлива зона впливу заходів на елементи вулично-дорожньої мережі та варіація цих впливів за характерними тимчасовими періодами;

- динамічність поширення збурень у транспортному потоці на сусідні елементи вулично-дорожньої мережі.

Так само проводиться аналіз, як даний об'єкт може вплинути на транспортне навантаження на тих ділянках, які не включені в зону впливу. При моделюванні "зони впливу" об'єктів ІТС необхідно враховувати всі можливі варіанти поведінки транспортних потоків та умов їх руху.

2. Другий етап – Розробка алгоритму моделювання впроваджуваного об'єкта.

На рисунку 3.13 поетапно розглянуто цей процес.

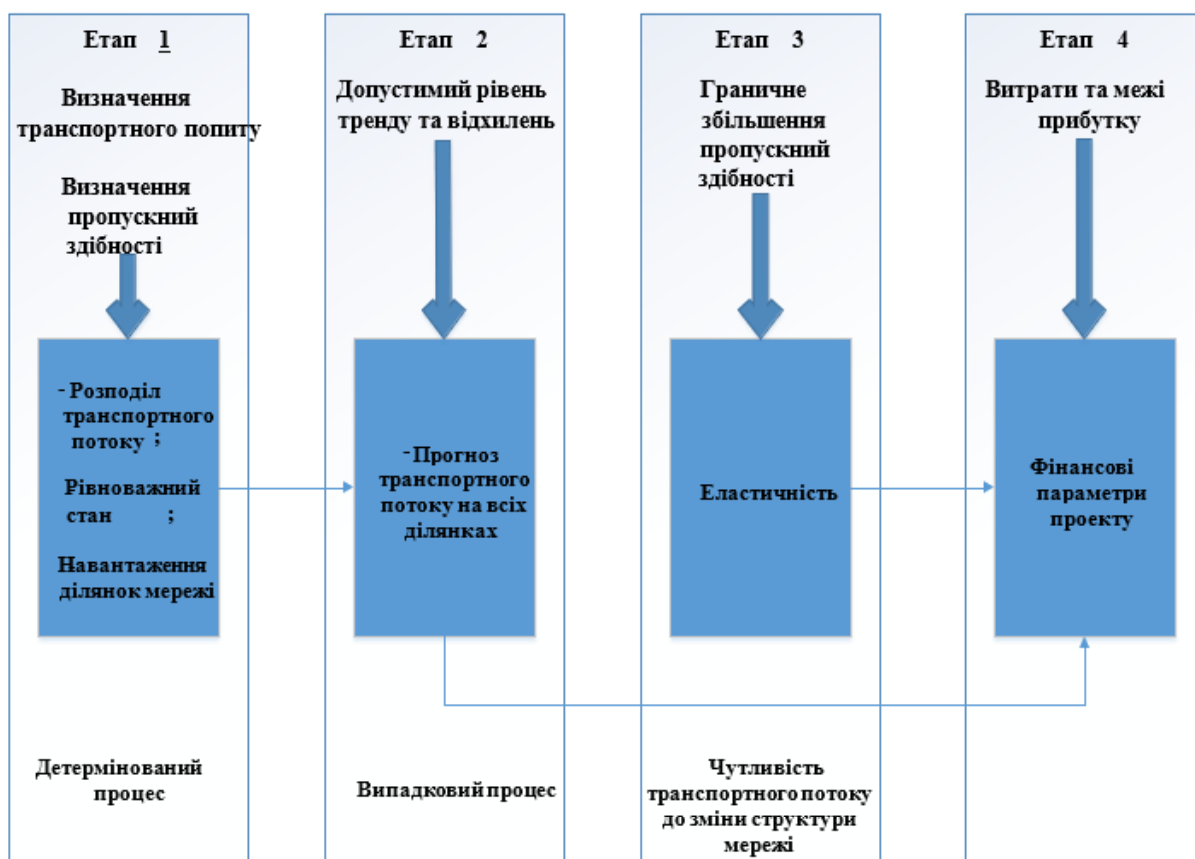


Рисунок 3.13 – Алгоритм моделювання оцінки впливу об'єктів ІТС на розподіл транспортних потоків

На першому етапі прогнозування транспортного попиту на об'єкт, що впроваджується, будуються детерміновані макромоделі транспортного потоку. Для цього формуються матриці кореспонденцій, що показують обсяги руху між різними пунктами вулично-дорожньої мережі. На основі матриць кореспонденцій проводиться розподіл транспортного потоку на вулично-дорожній мережі з урахуванням пропускної спроможності ділянок мережі. Моделювання у разі базується на принципі транспортного рівноваги, за яким користувачі транспортної мережі вибирають найефективніші маршрути, цим знижуючи показники часу й вартості проходження потрібного їм маршруту. Цей розподіл потоків є вихідним для початку моделювання з необхідністю коригування під реальні умови.

На другому етапі здійснюється мікромоделювання руху транспортних потоків на вулично-дорожній мережі. Мікромоделювання дозволяє врахувати

детальні характеристики вулично-дорожньої мережі, параметри роботи світлофорного регулювання, обмеження щодо організації дорожнього руху. Однак найважливішою обставиною є те, що на цьому кроці використовується імітаційне моделювання, що враховує можливі випадкові відхилення в режимах руху транспортного потоку, розподіл маршрутів руху автомобілів. Крім того, цей метод моделювання дозволяє реальніше оцінити пропускну здатність ключових ділянок вулично-дорожньої мережі. Отже, оскільки транспортний потік стохастичним і моделюється як випадковий процес, можуть бути розглянуті різні сценарії, що показують можливі обсяги руху на ділянках мережі.

На третьому етапі здійснюється порівняння існуючої ситуації з перспективною при впровадженні компонентів ІТС. Використовуючи такі параметри, як час поїздки в мережі, інтенсивність руху, швидкість визначається ступінь впливу перерозподілу транспортних потоків на зміну умов руху.

Четвертий крок виконується на підставі даних про транспортний попит у зоні моделювання. На основі даних про можливий обсяг руху, витрати на впровадження компонентів ІТС, ефективності заходів визначаються параметри окупності проекту.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота магістра містить отримані результати, які в сукупності вирішують наукове завдання підвищення ефективності організації дорожнього руху за допомогою реалізації функцій ІТС, пов'язаних із завданням перерозподілу транспортних потоків. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити такі висновки:

Для визначення основних принципів ефективної реалізації об'єктів інтелектуальних транспортних систем було проведено ретельний аналіз закордонного досвіду. Цей аналіз дозволив виявити такі принципи:

- принцип первинності побудови архітектури ІТС, яка поєднує у собі всі інструменти, що вирішують проблеми руху транспортних потоків, забезпечує узгодженість роботи підсистем управління дорожнім рухом на будь-якому рівні, показує всі елементи ІТС, їх взаємозв'язки та канали передачі інформації;

- принцип системного підходу при проектуванні об'єктів ІТС: - кожна окрема функція ІТС після реалізації інтегрується в єдину інформаційну систему;

- принцип застосування моделювання наслідків реалізації проектів ІТС. Цей метод дозволяє отримати найточніший прогноз сценаріїв розвитку функціонування об'єкта ІТС, виявити різні ризики та розробити способи їх пом'якшення.

Запропоновано методику оцінки ризиків реалізації об'єктів ІТС, що здійснюється у 6 етапів: 1. Планування реалізації об'єкта ІТС; 2. Відбір ризиків. Ідентифікація ризиків визначення реальних загроз. 3. Аналіз ризиків. Після того, як визначено всі можливі ризики даного проекту, необхідний їх детальний аналіз, який призначений для виявлення найбільш ймовірних та небезпечних ризиків для подальшої роботи з ними; 4. Робота із ризиками. Включає міри, необхідні для боротьби з виявленою проблемою при оцінці аналізу ризиків. 5. Вибір стратегій пом'якшення. Заснований на класифікації ризиків, включених

до бази даних відповідно до умов, за яких вони можуть виникнути; 6. Побудова сценаріїв пом'якшення наслідків ризикових ситуацій.

Розроблено алгоритм моделювання об'єктів ІТС, що складається з наступних етапів:

Перший етап. Визначення зони впливу об'єкта, що впроваджується.

Другий етап. Розробка алгоритму впровадження об'єкта ІТС, що включає:

- прогнозування транспортного попиту даний об'єкт;
- мікромоделювання переміщення транспортних потоків;
- порівняльний аналіз характеристик транспортної мережі до та після впровадження об'єкта ІТС;
- визначення економічної ефективності реалізації об'єкта ІТС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ardekani, S., Herman, R. Urban network-wide traffic variables and their relations / *Transportation Science* 21 (1), 1987. Pp 1–16.
2. Barcelo, J. and Casas J. (2005). Stochastic heuristic dynamic assignment базується на PTV VISSIM microscopic traffic simulator. 85th Transportation Research Board 2006 Annual Meeting.
3. Ben-Elia, E., Shiftan, Y. Which road do I take? На обліковому-базованій моделі routechoice behavior with real-time information. *Transportation Research Part A* 44, pp. 249-264, 2010
4. Bauman D., Fierro D. Intelligent Transportation System in plain English // *Traffic technology international*, Oct/Nov, 1998. Pp. 53-56.
5. Bovy P., Liaudat C. Великий Event Logistical and Support Traffic Management.
6. Abstract and Summary Report. Swiss Federal Institute of Technology в Lausanne. Lausanne, 2003
7. Carrara M. 2006 Winter Olympic Games Turin Experience//15th ITS World Congress. 2008. New York.
8. Chang, GL, Fei, X. i Point-du-Jour, JY Interrelations між variable message signs and detour operations in I-95 corridor – Final report, 21 p., 2002.
9. Chang, GL, Fei, X. i Point-du-Jour, JY Empirical analysis на influence of traffic information by divergence rate using observed traffic data. Процедури Великої Азії Society for Transportation Studies, Vol. 5, pp. 1484 - 1495, 2005
10. Chiang WC., Russell RA., Cordeau J.-F., Laporte G., Savelsbergh MWP, Vigo D., Vehicle Routing. *Transportation*, in: C. Barnhart, G. Laporte, (eds.) // *Handbooks in Operations Research and Management Science*, vol. 14 (2007), pp. 367-428.
11. Daganzo, CF Urban Gridlock: Macroscopic modeling and mitigation approaches / *Transportation Research Part B* 41 (1), 2007. Pp 49-62.

12. Daganzo, CF, Geroliminis, N. An analytical approximation for macroscopic fundamental diagram of urban traffic / *Transportation Research Part B* 42, (2008), Pp 771-781.
13. Daniel T., Lepers B. Automatic incident detection: key tool for Intelligent traffic management // *Traffic technology international. Annual Review*, 1996. P. 158-162.
14. Dantzig GB, Ramser JH, truck dispatching problem//*Management Science*, vol. 6, No. 1 (Oct., 1959), Pp. 80-91.
15. Darido G., Osama T., Schneck D. Права для ІТС у транспорті Планування та операції з Olympic Events: Case Studies and Lessons Learned// 10th World Congress Intelligent Transport Systems and Services. 2003. Madrid.
16. Del Castilio, JM, Benitez, FG За функціональною формою швидкісних відносин - I: General theory. "Transp. Res." vol.29B №5. pp 373-389, 1995.
17. Del Castilio, JM, Benitez, FG на функціональній формі швидкісних відносин - II:Емпіричне investigation. "Transp. Res.". 1995, vol.29B №5. pp 391-406, 1995.
18. European ITS Framework Architecture. Models of Intelligent Transport Systems
19. Peter H Jesty, Jan Giezen, Jean-François Gaillet, Jean-Luc Durand, Victor Avontuur, Richard Bossom, Gino Franco, August 2010.
20. Florian, M., Mahut, M., Tremblay, N. (2008). Application of a simulationbased dynamic traffic assignment model, *European Journal of Operational Research*. 189 (3), 1381-1392, 2008.
21. FRAMEONLINE офіційна webpage. - URL:www.frame-online.net
22. Fundamentals of Traffic Simulation. Ed. Barcelo, J. Springer. 440 p., 2010.
23. Geroliminis, N., Daganzo, CF Existence urban-scale macro-scopic fundamental diagrams: Some experimental findings / *Transportation Research Part B* 42, (2008). Pp 759-770.

24. Geroliminis, N., Sun, J. "Properties of well-defined macro-scopic fundamental diagram for urban traffic", *Transportation Research Part B* 45, (2011). Pp 605-617.
25. Godfrey, JW Механізм of road network / *Traffic Engineering and Control*, Volume 11, (1969). Pp 323-327.
26. Highway Capacity Manual 2000. - Transportation Research Board, National Research Council. - Washington, DC, USA, 2000. -1134 p.
27. Inaudi D., Balister P. Transport Planning for Torino 2006 Winter Olympic Games. 10th World Congress Intelligent Transport Systems and Services. 2003. Madrid.
28. Inose H., Fujisaki, Hamada T. Road traffic control theory базується на mac roscopic traffic model. - *Journal of the Institute of electrical ingeneers of Japan*, 1967, vol. 87. P. 15911600.
29. Jizhen G., Changqing Z., Xueliang Z. VMS Release of Traffic Guide Information in Beijing Olympics, 2008, 8 (6), 115-120.
30. Kerner, BS Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control: The Long Road to Three-Phase Traffic Theory. *The Long Road to Three-Phase Traffic Theory*, 265p, 2009.
31. Krivolapova OY Micro level modeling of road network for implementation of transport corridors / *Science, Technology and Higher Education*, 2014.
32. Lerner N., Singer J., Robinson E., Huey R., Jenness J. Driver Use of EnRoute RealTime Travel Time Information. Final Report, 2009, 124p.
33. Local level planning and investment prioritization: applicability study (Project – DCP/015) Final Report, Department for International Development, IT Transport Ltd, June 2003 - 50 p.
34. Mahmassani, HS, Williams, J., Herman, R. Розробка urban traffic networks / *Proceedings of 10th International Symposium on Transportation and Traffic Theory*, pp. 1-20, 1987.

35. Mahmassani, HS Dynamic network traffic assignment and simulation methodology for advanced system management applications / Networks and Spatial Economics 1 (3), pp. 267-292, 2001.
36. Microsimulator and Mesosimulator в PTV Vissim User's Manual, Draft Version – October 2008, Transport Simulation Systems, SL, p. 303.
37. Nazer Z., Jaffe R. Regional ITS Architecture for London Olympics//13th ITS World Congress. 2006. London.
38. Pan, J., Khan, MA, Popay, IS, Zeitouniy, K. and Borcea, C. Proactive vehicle re-routing strategies for congestion avoidance. Department of Computer Science, 8p, 2011.
39. Prato C. Route choice modeling: past, present i future research directions. Journal of Choice Modelling, 2 (1), pp. 65-100, 2009.
40. Quantifying Effects of Network Improvement Actions на Value of New and Existing Toll Road Projects / Center for Transportation Research University of Texas на Austin 3208 Red River, Suite 200, Austin, TX 78705-2650, August 2009.
41. Ramming, M. Network Knowledge and Route Choice. Thesis (Ph. D.) Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Civil and Environmental Engineering, pp. 225-236., 2002.
42. Rao, AM, Rao, K. (2012). Measuring urban traffic congestion – a review. International Journal for Traffic and Transport Engineering, 2 (4) pp.286 – 305, 2012.
43. Robila, SA Investigation of Spectral Screening Techniques for Independent Component Analysis Based Hyperspectral Image Processing [Электронный ресурс] / URL: <http://www.cs.uno.edu/~stefan>.
44. Rupert B., Wright J., Pretorius P., Cook G. Traveler Information Systems in Europe // www.international.fhwa.dot.gov
45. Schatz P. COMPANION for the road. //Traffic technology international. / Annual Review. April. - May, 1998. Pp. 103-106.
46. Sheffi, Y. Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, USA., 1985.

47. Skyscomp, Inc., Колумбія, Maryland, в союзі з Olsson Associates Traffic Quality на MAG Regional Freeway System, 2011. – 102p.
48. Smeed, RJ Road Capacity of City Centers. Traffic Engineering and Control / Vol. 8, No. 7, (1966). Pp 455-458
49. Стрікленд, Шелдон, G, і W. Berman Congestion Control і Demand Management. Public Roads On-Line (www.tfrc.gov/pubrds/winter95/p95wil.htm), 1995.
50. Sundaram, S. та ін. Simulation-базується динамічний транспортний assignment для short-term planning applications, Simulat. Modell. Pract. Theory, doi: 10.1016/j.simpat.2010.08.004, 2010.
51. Toth P., Vigo D., Branch-i-bound algoritms for capacited VRP, in: Toth, P., Vigo, D. (Eds.)//The vehicle routing problem, SIAM: Philadelphia, pp. 29-52. 2001.
52. Wardrop, JG, 1968. Journey Speed and Flow in Central Urban Areas. Traffic Engineering and Control, Vol. 9, No. 11, 528-532.
53. Yang Xiao Kuan, et. Al. “Introduction of Transportation Management для 2008 Summer Olympic Games in Beijing”. Presentation on 83rd TRB Annual Meeting of 2004.
54. Zyryanov V. Simulation of Impact of Components of ITS on Congested Traffic States//7th European Congress on Intelligent Transport Systems. 2008. Geneva.
55. Zyryanov V., Keridi P., Guseynov R. Traffic Modelling of Network Level System для Великої Event//16th ITS World Congress. 2009. Stockholm.