


**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 |

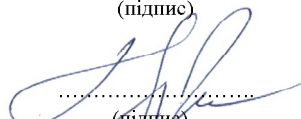
на тему: **«Вдосконалення процесу організації руху та ефективності перевезень впровадженням інтелектуальних транспортних систем»**

Виконав: здобувач вищої освіти групи ОПАТ-21дм
Подгорна Л.С.



.....
(підпис)

Керівник: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.



.....
(підпис)

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



.....
(підпис)

ЗМІСТ

| | стор. |
|--|-------|
| ВСТУП | 3 |
| 1. ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНОГО РУХУ І ПЕРЕВЕЗЕННЯ | 12 |
| 1.1. Аналіз проектів розвитку інтелектуальних транспортних систем | 12 |
| 1.2. Характеристика типових проектів | 18 |
| 2. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ | 29 |
| 2.1 Інтелектуальні транспортні системи при керуванні в небезпечних ситуаціях | 29 |
| 2.2 Інтелектуальні транспортні системи при організації вантажних перевезень | 35 |
| 3. АВТОМОБІЛЬНІ СИСТЕМИ МАРШРУТНОЇ НАВІГАЦІЇ | 47 |
| 3.1 Використання навігаційної системи GPS при маршрутному орієнтуванні | 47 |
| 3.2 Загальні принципи побудови інтелектуальних транспортних систем | 50 |
| 3.3 Функціональна інтеграція інтелектуальних транспортних систем | 54 |
| 4. ВПРОВАДЖЕННЯ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ В РЕГУЛЬОВАНІЙ МЕРЕЖІ | 66 |
| 4.1 Інституційна інтеграція | 66 |
| 4.2 Інтеграція баз даних | 68 |
| 4.3 Результати моделювання руху в регульованій мережі користуванням навігаційних систем | 71 |
| ВИСНОВКИ | 78 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 79 |

ВСТУП

Аналізуючи положення автомобільного транспорту у загальній транспортній структурі вітчизняної та зарубіжної економіки, слід зазначити, що у найближчому майбутньому основні тенденції його розвиток виражаються у підвищенні якості перевезень та дорожнього руху на основі сучасних техніки та технологій. Це насамперед пов'язано з універсальністю автомобільних перевезень, покликаних найбільшою мірою відповідати вимогам споживачів як індивідуальних, так і громадських. Здійснюючи більше половини обсягу вантажних та пасажирських перевезень, автомобільний транспорт реалізує свою головну перевагу - доставку вантажів та пасажирів за принципом "від дверей до дверей".

Автомобільний парк України за останні десять років збільшився на 82% і становить 24,7 млн. автомобілів. Рівень автомобілізації населення за цей же період виріс у два рази та на 1.01. 2001 р. становив 135 легкових автомобілів на 1000 осіб населення. Прогноз на перспективу 10 і 20 років підтверджує існуючу динаміку. Зростання парку автомобілів відповідно до 2010 року – 40 – 55, до 2020 року – 70 –120%. Рівень автомобілізації імовірно становитиме у 2010 році – 190-205 авт/1000 чол. До 2020 року рівень автомобілізації наблизиться до показника 320 - 350 авт/1000 чол. (Один легковий автомобіль на сім'ю) [107]. В основі інтенсивного збільшення парку автомобілів, а відтак і зростання автомобільних перевезень закладено структурні зміни, що проходять у транспортній системі України у зв'язку з перебудовою економіки та соціально-економічним розвитком суспільства

До основних факторів, що зумовлюють зростання перевезень на автомобільному транспорті та збільшення інтенсивності руху на автомобільних дорогах, слід віднести: менші сумарні витрати на перевезення, перевантаження та зберігання порівняно з іншими видами транспорту більш повільними темпами зростання тарифів на автомобільні перевезення, ніж інших видах транспорту; висока якість послуг автомобільного транспорту, що приваблює більшу

частину різних видів перевезень від загального їх обсягу; зростання ділової активності та рухливості населення внаслідок переходу до нових економічних умов; збільшення кількості дрібнопартійних, цінних, термінових та швидкопсувних вантажів; переселення частини міських жителів до приміських районів, розвиток системи відпочинку та туризму; розвиток вітчизняного автомобільного виробництва, покращення транспортно-експлуатаційного стану мережі автомобільних доріг та придорожнього сервісу.

Проте зі зростанням автомобілізації сучасного суспільства, поряд із підвищенням якості транспортних послуг, виявляється низка суттєвих проблем: зростання кількості ДТП; токсичні викиди; шум; низькі швидкості руху; затори в годинник "пік"; великі втрати часу учасників руху; перепробіги, висока витрата палива; збільшення сумарних експлуатаційних витрат за автомобільні перевезення.

Насамперед зазначені недоліки виявляються у місцях концентрації транспортних потоків на ділянках мережі, що функціонують у режимах близьких до пропускної спроможності. Як правило, це великі міста - мегаполіси з високим рівнем автомобілізації. У цій роботі ця ситуація розглядається на прикладі Харкова з кількістю жителів більше одного мільйона, загальним числом автотранспорту – 250 тисяч, рівнем автомобілізації –185 авт/1000 чол. Зазначимо, що кількість автомобілів у місті за останні 10 років збільшилася більш ніж у 2,5 рази за практично незмінної протяжності вулично-дорожньої мережі. За загального незначного зниження аварійності на дорогах усієї області зростає питома вага ДТП на магістралях м. Харкова.

Інтенсивність руху маршрутних автобусів на основних магістралях досягає 240 од/год, швидкість сполучення на найбільш завантажених перегонах знижується до 8 - 12 км/год, при середній швидкості руху в центральному діловому районі міста - 20 ± 3 км/год. Токсичні викиди автомобілів у цьому районі становлять близько 130 кг – окису вуглецю та 13 кг – окису азоту на рік на один погонний метр магістральних автошляхів. Аналогічна ситуація складається й інших містах, як у України і там.

Зростає гострота зазначених проблем, отже і актуальність їх вирішення. За останні 20-30 років багато авторитетних вітчизняних та зарубіжних вчених, фахівців у галузі прикладних і фундаментальних наук зробили великий внесок у розвиток теорії транспортних потоків з позиції її активного використання для вирішення завдань організації дорожнього руху. Значні роботи в цій галузі проводяться вченими та науковими школами МАДІ (ТУ), КАДІ, ХАДІ, Сібаді, ТАДІ, НДІАТу, та інших організацій [2, 3, 6, 7, 9]. У процесі цих досліджень накопичено великий обсяг наукової інформації про закономірності дорожнього руху та отримано позитивні практичні результати при організації автомобільних перевезень та дорожнього руху.

Проте вирішення зазначених раніше проблем залишається досі актуальним. Враховуючи стохастичну природу дорожнього руху, динамічність зміни його характеристик у часі, як і раніше, велику складність представляє процес якісної оцінки та прогнозування змін дорожньо-транспортних ситуацій на мережі автомобільних доріг. Для реалізації різних стратегій управління дорожнім рухом необхідно в режимі часу зібрати достовірну інформацію про рух автомобілів на мережі з урахуванням імовірнісних властивостей транспортного потоку. Від рівня вирішення цих завдань великою мірою залежить правильність та своєчасність вибору великого ступеня залежить правильність і своєчасність вибору оптимальних управлінських рішень, адекватних реальному стану систем теми "водій - автомобіль; дорога - середа" (ВАДС).

Крім цього, при розробці існуючих стратегій керування дорожнім рухом прийнято вважати, що маршрути індивідуальних автомобілів визначаються вільним бажанням водіїв і що керування рухом здійснюється лише за допомогою сигналів світлофорів, дорожніх знаків та покажчиків. При цьому існує можливість запобігти заторам, рекомендуючи водіям або навіть змушуючи їх змінювати маршрути руху, оскільки в принципі можливі найбільш ефективні варіанти використання пропускної спроможності дорожньої мережі. Це досягається шляхом дослідження та аналізу розподілу

транспортних потоків та своєчасного інформування учасників руху про найбільш прийнятні маршрути [43]. Вирішення задачі в такій постановці ускладнювалося тим, що донедавна процес збору, передачі та обробки інформації про стан дорожнього руху наукової бази [45].

Останніми роками у цьому напрямі сталася низка істотних змін. Активно розвиваються наукові дослідження у галузі розвитку теорії транспортних потоків, їх моделювання на макро та мікро рівні дозволяють з високим ступенем достовірності вирішувати широкий спектр завдань щодо прогнозування характеристик транспортних потоків. Розроблено методи, алгоритми та програмне забезпечення оптимізації транспортних мереж та вирішення транспортних завдань з урахуванням характеристик вулично-дорожніх мереж [50].

Відбувся якісний стрибок у розробці та випуску потужних інформаційних комп'ютерних систем, розвитку різних, сучасних видів зв'язку, ефективних навігаційних систем, технічних засобів збору та обробки інформації про характеристики транспортних потоків та дорожньої мережі, технічних засобів організації дорожнього руху [19,24, 25].

Це дозволяє ставити питання про вирішення проблем організації перевезень та управління рухом як для окремих автомобілів, так і транспортних потоків на дорожній мережі в цілому, на якісно новому вищому рівні.

Розвинені країни світу при організації та управлінні рухом та перевезеннями на мережі автомобільних доріг дедалі активніше використовують технології інтелектуальних транспортних систем (ІТС) [40]. Окремі елементи ІТС реалізовані та ефективно використовуються у вітчизняній практиці. Зміцнилася стійка тенденція подальшого вдосконалення та впровадження таких систем при організації перевезень та руху [24, 25]. Аналіз зарубіжного досвіду побудови та розвитку ІТС, принципи їх інтеграції, використання при здійсненні вантажних та пасажирських перевезень, при управлінні дорожнім рухом дозволяє зробити висновок про високу їх

ефективність, технічну можливість та доцільність використання на автомобільному транспорті.

Термін "Інтелектуальні транспортні системи" в даний час характеризує комплекс інтегрованих засобів управління дорожнім рухом та перевезеннями, які застосовуються для вирішення всіх видів транспортних завдань на основі високих технологій, методів моделювання транспортних процесів, програмного забезпечення, організації інформаційних потоків у реальному режимі часу.

Аналіз функціонування таких систем показує, що концепція їх розвитку включає вивчення функцій існуючих систем управління перевезеннями та рухом, оцінку ступеня впливу різних підсистем ІТС на розвиток транспортної системи, створення архітектури системи та узгодження стандартів для розвитку ІТС як інтегрованих систем.

Актуальність теми дослідження

Технології ІТС мають в даний час близько 60 підсистем різних напрямків застосування, але при реалізації своїх функцій окремо не можуть бути повною мірою використані потенційні можливості кожної підсистеми як частини системи. Максимальний ефект від їх використання може бути отриманий лише за загальної інтеграції її окремих підсистем в єдину систему.

Основою для створення ІТС є існуючі автоматизовані системи управління дорожнім рухом, системи управління рухом маршрутного транспорту, автоматизовані системи виявлення дорожньо-транспортних пригод, системи маршрутної навігації, інформаційні системи управління дорожньою мережею та інші підсистеми управління дорожнім рухом та перевезеннями. Зазначені системи та децентралізовані інформаційні бази даних об'єднуються для функціонування у спільній ІТС за такими структурними напрямками:

- об'єднання за функціональними ознаками використання інформаційних потоків для виконання різних функцій у транспортних системах (управління рухом та перевезеннями, інформаційний супровід водіїв, пасажирів та вантажів, виявлення аварійних ситуацій, електронна оплата проїзду та паркування тощо);

- об'єднання за інституціональними ознаками використання інформації різними організаційними структурами (органи державної влади, органи місцевого самоврядування, приватні фірми тощо);
- інтеграція баз даних від безлічі джерел отримання та роботи інформації про транспортні процеси;
- інтеграція у часі для відображення характеристик транспортних процесів, моделювання та аналізу ситуації у реальному режимі часу.

Сучасні тенденції розвитку ІТС показують, що з основних цілей їх функціонування є надання мультимодальної інформації як для управлінських структур, а й персонально учасникам руху. Ця інформація повинна відповідати очікуванням водіїв та пасажирів з точки зору якості поїздки - оптимальності маршруту, безпеки, надійності, комфорту та вартісних параметрів.

Одним з найбільш інтенсивних напрямків ІТС є маршрутна навігація [80]. Розширена концепція навігації в ІТС передбачає обов'язкове виконання таких функцій, як моніторинг характеристик транспортних потоків та показників якості функціонування вулично-дорожньої мережі, визначення місця розташування транспортного засобу із заданою точністю, динамічний вибір маршруту руху та інформаційне забезпечення у реальному режимі часу під час проходження маршруту. Всі ці функції щодо справи спрямовані на підвищення ефективності реалізації головної переваги автомобільного транспорту - організацію перевезень за принципом "від дверей до дверей".

Однак у реальних умовах на рівень розвитку ІТС впливає ряд факторів, що стримують активне використання їх технологій при організації та управлінні дорожнім рухом та перевезеннями. До них у певну чергу слід віднести:

- недостатня розробка методів оцінки ефективності функціонування ІТС, необхідних для залучення інвестицій;
- слабка інформаційна інфраструктура автомобільного транспорту;
- відсутність сучасних, експрес-методів зняття характеристик дорожнього руху для розрахунку параметрів моделей транспортних потоків;

- відсутність способів оцінки та прогнозування якості дорожнього руху на мережевому рівні.

Крім цього необхідні розвиток та розробка методів, моделей, алгоритмів та програмного забезпечення для вирішення задач оптимізації маршрутів руху, як для окремих автомобілів, так і розподілу транспортних потоків на мережі автошляхів в умовах застосування технологій ІТС.

Таким чином, на підставі аналізу стану та перспектив розвитку стратегій управління дорожнім рухом та перевезеннями, з урахуванням сучасних наукових розробок у цій галузі та рівня розвитку техніки, чітко проявляється суперечність. Суть його полягає у наступному. Нові досягнення в галузі інформаційних технологій, комп'ютерної техніки, сучасних видів зв'язку, ефективних навігаційних систем, технічних засобів збору, обробки інформації та регулювання дорожнім рухом не знаходять широкого застосування при керуванні автомобільними перевезеннями та рухом через недостатні наукові знання для використання всього спектра функціональних можливостей зазначених розробок за умов ІТС.

У зв'язку з цим подальші дослідження з організації перевезень та дорожнього руху з використанням технологій ІТС є дуже актуальними.

Мета дослідження: підвищення ефективності функціонування інтелектуальних транспортних систем на основі прогнозування параметрів дорожнього руху на регульованій мережі у реальному масштабі часу.

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

1. Аналіз технологій та функцій інтелектуальних транспортних систем.

2. Визначити умови ідентифікації маршрутного транспорту, обладнаного навігаційними системами з урахуванням інтенсивності його руху на мережі.

3. Розробити методи та моделі оптимізації маршрутів руху та розподілу транспортних потоків у мережі з урахуванням коригування в реальному масштабі часу.

Об'єкт дослідження – функціонування інтелектуальних транспортних систем та вплив на параметри дорожнього руху.

Предмет дослідження – інтелектуальні транспортні системи у реальному масштабі часу.

Методи дослідження – математичний, методи теорії транспортних потоків, теорії ймовірності та статистики, графічний метод (діаграми, схеми, таблиці).

Наукова новизна: сформульовано методологічний підхід до застосування оптимізації маршрутів руху автомобілів та розподілу транспортних потоків на мережі автомобільних доріг в умовах ІТС.

Практична значимість. Практичне значення результатів роботи полягає у запропонованих практичних рекомендаціях поетапного розгортання підсистем ІТС на автомобільному транспорті з подальшою їх інтеграцією з єдиною системою.

Апробація результатів дослідження. Результати аналізу і досліджень повідомленні та обговорені у Східноукраїнському національному університеті ім. В. Даля на конференції кафедри „Логістичного управління та безпеки руху на транспорті” у листопаді 2021 року. Виступ на науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених “Логістичне управління та безпека руху на транспорті” 4 листопада 2021 року м. Северодонецьк (Луганська обл.) на тему: “Етапи впровадження інформаційних технологій на транспорті під час цифровізації транспортних процесів”.

Перелік публікацій за темою кваліфікаційної роботи магістра:

1. Клюєв С.О. Етапи впровадження інформаційних технологій на транспорті під час цифровізації транспортних процесів / С.О. Клюєв, С.П. Сичов, В.О. Ліщенко, Л.С. Подгорна // Логістичне управління та безпека руху на транспорті: збірник наукових праць науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених, 4 листопада 2021 р., м.

Северодонецьк (Луганська обл.) – Міністерство освіти та науки України, СНУ ім. В. Даля. – Северодонецьк. – 2021. – С. 93–96.

2. Kliuiev S. Study of the greenhouse gases impact in the implementaion of green logistics / S. Kliuiev, L. Podhorna //scientific papers of XIV international scientific and practical conference “Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects”. – The Ministry of education and science of Ukraine, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. – Dnipro. – 2022. – P. 21–24.

Кваліфікаційна робота магістра містить: вступ, чотири розділи, висновки і список використаних джерел. Загальний обсяг роботи 84 сторінки, з яких 78 основного тексту, робота містить 22 рисунка, 4 таблиці.

1. ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНОГО РУХУ І ПЕРЕВЕЗЕННЯ

1.1 Аналіз проектів розвитку інтелектуальних транспортних систем

Реалізація проектів розвитку ІТС складає різних рівнях. Існують міжнародні та державні проекти та програми, в яких беруть участь багато країн Європи, Америки та Азії. Практично у всіх країнах існують національні програми розвитку ІТС. І, нарешті, є велика різноманітність програм розвитку ІТС на територіальному рівні – міста, системи швидкісних магістралей, транспортні логістичні системи. Результати аналізу основних проектів та програм розвитку ІТС наведено нижче.

До міждержавних проектів ІТС належить Пан-Європейський проект EDEN (European Data, exchange Network), який запроваджується у багатьох Європейських країнах, починаючи з 1996 року [17]. Реалізація цього проекту сприяє створенню загальної архітектури мережі та баз даних, що обслуговують інтелектуальні транспортні системи, оперативному обміну даними про характеристики дорожнього руху, вирішення завдань з управління рухом та перевезеннями. Структура цієї мережі включає три рівні ієрархії: європейський, регіональний та національний. Під регіональним рівнем розуміється об'єднання баз даних та мережі кількох країн, що знаходяться в одній географічній зоні Європи. Структура мережі EDEN наведена на рис. 1.1.

Структура учасників Європейської бази обміну даними з транспортної мережі показує, деякі країни беруть участь одночасно у реалізації кількох транснаціональних проектів. Це знімає багато проблем при інтеграції баз даних.

Багато країн беруть участь у Європейських дослідницьких програмах DRIVE I та DRIVE II. У цих програм у деяких країнах здійснено впровадження та експлуатація нових міських систем управління рухом. Зокрема, такі системи впроваджено у Німеччині (MOTION), Франції (PRODYN), Італії (UTOPIA), Японії (STREAM). Створення систем із новими функціями відбувається

шляхом модернізації існуючих типових АСУДД (SCOOT, SCATS), використовуючи технології інтелектуальних транспортних систем. Таким чином, вдається зберегти ефективність систем і за значного зростання транспортного навантаження, забезпечуючи скорочення часу поїздки на 10-20% [11].

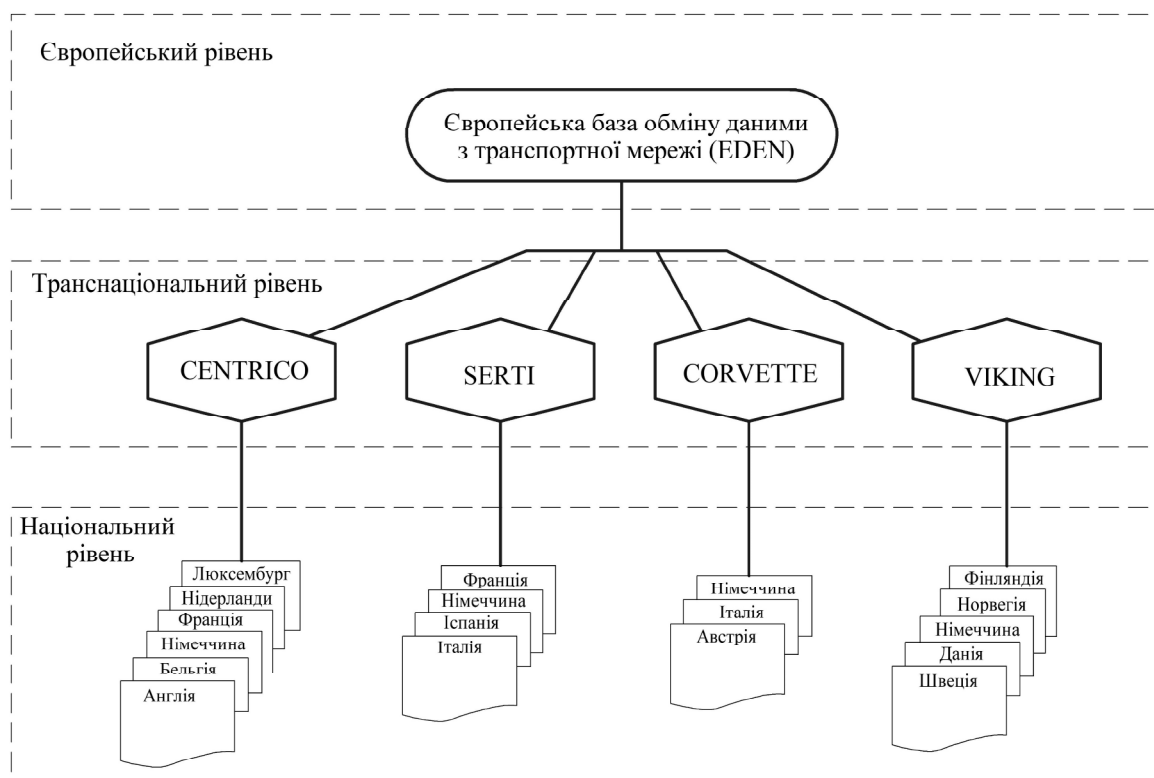


Рис. 1.1. Структура учасників Європейської бази обміну даними щодо транспортної мережі для використання в інтелектуальних транспортних системах

До функцій цих систем входить моніторинг характеристик транспортних потоків, виявлення заторів на вулично-дорожній мережі, автоматичне виявлення дорожньо-транспортних пригод, маршрутна навігація, моніторинг часу поїздки в реальному режимі часу, контроль за рухом тестових автомобілів, що "плавають" у транспортному потоці. Отже, ці типи систем здійснюють управління перевезеннями та дорожнім рухом. У табл. 1.1 наведено узагальнюючий перелік функцій стосовно різних сфер управління транспортним процесом.

Структурна схема таких систем наведена на рис. 1.2.

Сукупність наведених функцій дозволяє отримати системи з якісно новими властивостями. Інтеграція електронної системи оплати поїздок та паркувань, системи управління громадським транспортом, системи виявлення заторів дозволяє вирішувати актуальні завдання обмеження обсягів руху.

Таблиця 1.1

Перелік функцій різних сфер керування транспортним процесом

| Напрями розвитку ІТС | Основні функції | Ефективність | |
|---------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|
| | | пріоритет за експертними оцінками, % | термін окупності, років |
| Управління дорожнім рухом | <ul style="list-style-type: none"> • Моніторинг характеристик транспортних потоків; • Збір даних про умови руху з потужністю контрольних автомобілів; • Оцінка стану покриття; • Мережеве керування світлофорними сигналами цією; • Управління рухом на швидкісних шляхах • Автоматична електронна плата за проїзд та паркування; • Організація віртуальних центрів управління рухом; • Моніторинг забруднення навколишнього середовища; • Оцінка якості функціонування транспорту; | 30 | 0,6 |

| | | | |
|--|---|----|-----|
| Управління перевізним процесом та планування індивідуальних поїздок. | <ul style="list-style-type: none"> • Забезпечення дотранспортною інформацією; • Оцінка попиту перевезення; • Інформування клієнтів про маршрутну мережу, планування подорожей; • бронювання транспортних послуг; • Маршрутне орієнтування, динамічний контроль за проходженням маршруту; • Управління пріоритетним рухом маршрутного транспорту; • Інтеграція систем управління перевезеннями; | 20 | 0,8 |
| Управління у надзвичайних ситуаціях | <ul style="list-style-type: none"> • Виявлення дорожньо-транспортних пригод, управління рухом на небезпечних ситуаціях; • Вироблення стратегії управління у конкретних ситуаціях; • Маршрутна навігація та надання пріоритету спеціальним транспортним середовищем; • Оперативна зміна схем організації дорожнього руху; | 30 | 0,3 |
| Інформаційне забезпечення навчання учасників руху | <ul style="list-style-type: none"> • Передача інформації по радіоканалах; • Інтерактивне інформаційне забезпечення; • Автономне керівництво маршрутом; • Динамічне керівництво маршрутом; • Інтеграція систем управління базами даних про дорожній рух; • Бортове інформаційне забезпечення; | 20 | 5 |

Відмінною особливістю цих систем є високий рівень інформаційного забезпечення учасників руху. Можна сміливо сказати, що створюється ринок транспортної інформації, у якому інформаційний сервіс повинен відповідати новим вимогам рівня обслуговування. Крім того, як і для кожного елемента ринку стає необхідним визначити відповідність між витратами на функціонування цих систем та їхньою ефективністю. Досвід проектів DRIVE I

та DRIVE II показує, що в термінах "витрати/вигода" практично всі елементи систем мають позитивний ефект: управління маршрутним транспортом, виявлення ДТП, керування парковками, контроль швидкісних режимів, маршрутна навігація (табл. 1.1).

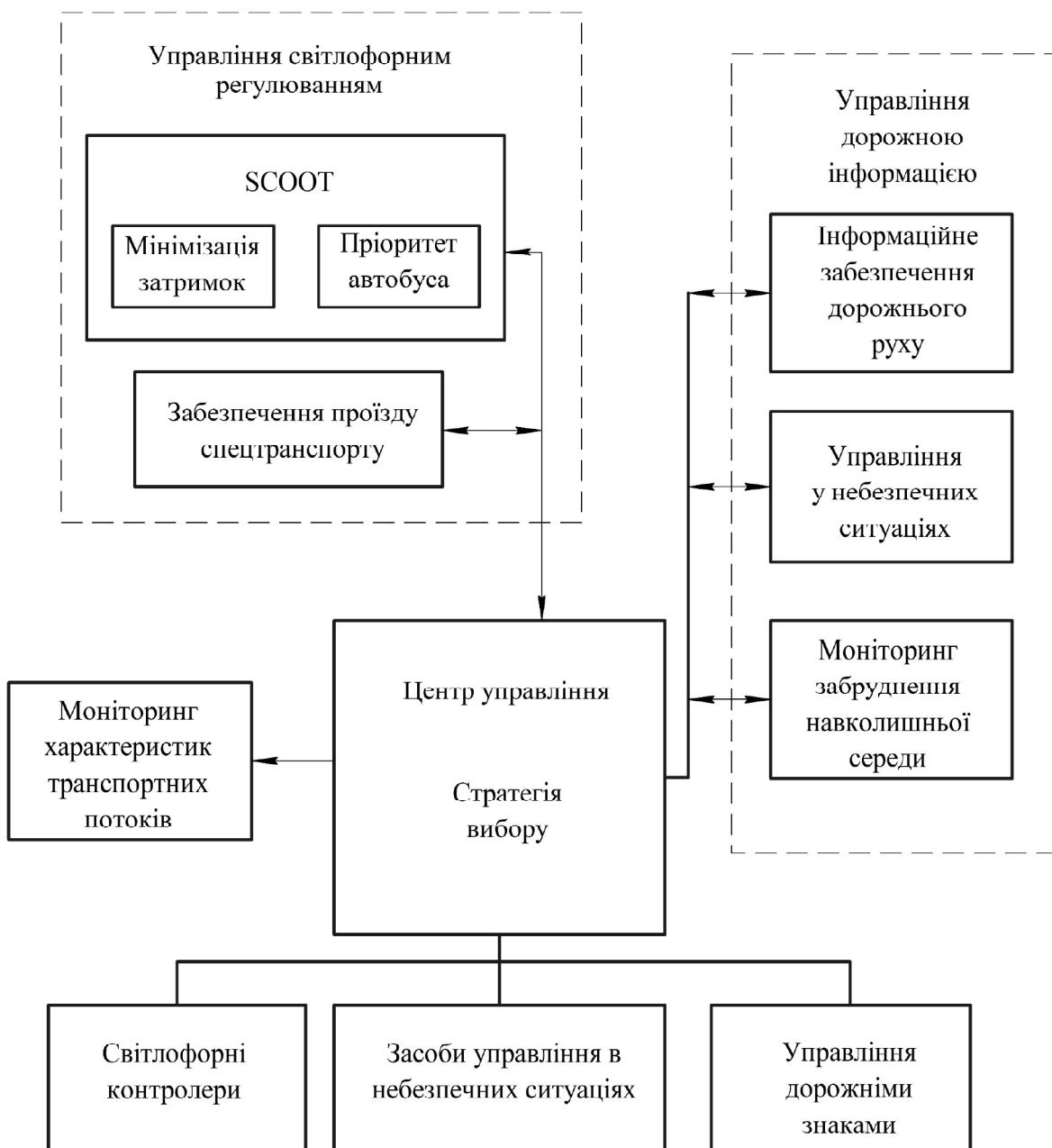


Рис. 1.2. Стратегія вибору функціональних рішень у міських системах управління рухом

Можливість отримання реальної, персоніфікованої та оперативної інформації у процесі дорожнього руху становить значну проблему для

більшості водіїв та пасажирів. Проект PROMISE має на меті створення баз даних, за допомогою яких інтелектуальні транспортні системи можуть інформувати учасників руху про умови на маршруті поїздки, використовуючи при цьому різні засоби зв'язку: мобільний зв'язок GSM, інтернет, периферійні термінали, електронні табло. За допомогою цього система PROMISE забезпечує планування маршрутів, у тому числі мультимодальних, і контроль протягом усього часу проходження маршруту.

Система PROMISE експлуатується у Німеччині, Франції, Швеції, Фінляндії, Шотландії, Нідерландах [179]. При розробці проекту PROMISE враховано наступні потреби учасників руху інформаційному забезпеченні:

- поряд із загальною інформацією для всіх учасників руху, існує мотивація кожного водія та пасажирів в отриманні персональної інформації, тому для комерційного успіху таких інформаційних систем потрібна сегментація інформаційних потоків;
- інформація має бути прямою, оперативною, характеризувати ситуацію для користувача в даний час та в даній точці мережі;
- на додаток до основної інформації при плануванні поїздки існує потреба в додатковому інформаційному сервісі про паркування, розклад руху інших видів транспорту, специфічна інформація для людей похилого віку та інвалідів.

До одного з основних положень концепції PROMISE належить можливість комерційного застосування. Тому інформаційний сервіс здійснюється з урахуванням актуальності, функціональності, персональних особливостей вартості цих послуг. Сервісні послуги поширюються на весь логістичний ланцюг процесу перевезень та дорожнього руху: планування звичайної або мультимодальної поїздки, погодження часу поїздки з розкладами руху інших видів транспорту, бронювання квитків та інших послуг, оперативна інформація про характеристики транспортних потоків та стан дорожньої мережі.

Для виконання цих умов система PROMISE інтегрує такі типи організацій, що формують інформаційні потоки: власники інформації, провайдери інформаційних послуг, оператори передачі, дистриб'ютори. Ця структура зображено на рис. 1.3.

Функціонування такої структури забезпечує постійний доступ клієнтів до динамічної інформації про умови поїздки та характеристики транспортних потоків.

1.2 Характеристика типових проектів

У Франції розроблено концепцію системи CLAIRE для реалізації керуючих впливів за умов заторів. Ця система сумісна з більшістю існуючих автоматизованих систем керування рухом, оскільки CLAIRE виробляє універсальні рішення, які не залежать від типу технічних засобів та методів керування. Методологія CLAIRE вперше була застосована в Тулузі та дозволила виробити узгоджену стратегію управління, яка враховує мету усіх категорій учасників дорожнього руху

Система CLAIRE виконує такі основні функції:

- збір та обробка інформації про характеристики транспортних потоків для оцінки стану потоку та виявлення заторів;
- моніторинг заторових ситуацій для оцінки динаміки їх розвитку;
- додаткові функції моніторингу заторових ситуацій за допомогою телефонних повідомлень учасників дорожнього руху;
- розробка стратегії управління дорожнім рухом в заторовій ситуації;
- передача керуючих впливів та рекомендацій міській системі управління дорожнім рухом
- додатковий інтерфейс для специфічної інформації різних користувачів (передача інформації для керованих дорожніх знаків, інформація телефонної станції ALLO TRAFIC, інформації про ДТП у міській системі управління рухом).

Зрештою, всі ці функції мають забезпечити пошук та призначення альтернативних маршрутів для усунення наслідків транспортних заторів. Відповідно система CLAIRE виконує дві основні задачі: виявлення факторів, що знижують пропускну здатність елементів вулично-дорожньої мережі та аналіз умов формування затору. Тому CLAIRE є оптимізаційною системою, яка передає управляючі впливу міській системі управління рухом, у реальному масштабі часу керуючою роботою 450 світлофорів.

Для оцінки ефективності системи CLAIRE та її впливу на зміну тривалості поїздки було проведено порівняльні випробування у двох режимах. Спочатку система CLAIRE працювала разом із автоматизованою системою управління рухом. Потім типова АСУД працювала автономно. Вимірювання тривалості поїздки проводилося у вечірній час "пік" для кожного з цих двох режимів. Для цієї мети використовувалися шість "плаваючих" автомобілів. Результати досліджень наведено у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Порівняльні випробування ефективності системи CLAIRE

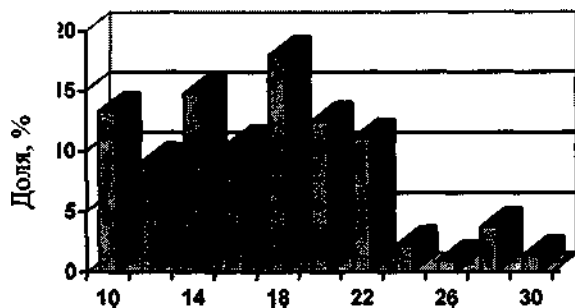
| Зміна параметрів поїздки у заторових ситуаціях | | |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| Режим керування | Зниження часу заїздки | Швидкість повідомлення, км/год |
| АСУДД | 8 -15% | 14-18 |
| АСУДЦ+CLAIRE | 12 – 21% | 18-20 |

Збільшується як швидкість повідомлення. Зростає стабільність швидкісного режиму, про що свідчать порівняльні гістограм розподілу швидкості (рис. 1.4).

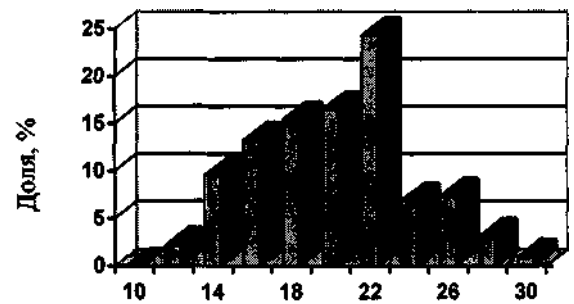
Досвід використання системи CLAIRE при управлінні рухом у заторових ситуаціях показав, що інтегровані інтелектуальні транспортні системи можуть координувати свою роботу з існуючими системами керування дорожнім рухом, ефективно обробляти інформацію в режимі реального часу та

розробляти стратегії керування, що забезпечують оперативну та адекватну реакцію зміни транспортного навантаження. Система CLAIRE дозволила спільно з функціями системи управління рухом керувати рухом автобусів на маршрутній мережі.

У Франції також розроблено проект AIDA щодо використання технологій ІТС на швидкісних магістралях [14]. Реалізація проекту розпочалася 1996 р., а повномасштабне застосування 1998 року. На початковій стадії система обслуговувала 100 км автомагістралі Париж – Орлеан. Бортові комп'ютерні пристрої, сумісні з технічними засобами AIDA, були встановлені спочатку на 500 автомобілів.



Швидкість повідомлення, км/год



Швидкість повідомлення, км/год

Рис. 1.4. Гістограма розподілу швидкості у заторових ситуаціях при роботі типової АСУД (ліворуч) та при роботі інтелектуальної транспортної системи CLAIRE (праворуч)

Ця система виконує такі функції:

- проводить збір даних про характеристики транспортних потоків та дорожні умови (інтенсивність руху, щільність, швидкість, склад потоку, погодні умови, інформація про ДТП та інші надзвичайних ситуаціях);
- забезпечує водіїв цією інформацією у реальному масштабі часу по всьому маршруту прямування;
- інформує водіїв про відстань до найближчого з'їзду, прогнозний час прибуття в будь-який пункт на трасі, відстань до об'єктів сервісу, перелік сервісних послуг та ціни на них.

Національна дорожня Адміністрація Фінляндії останніми роками проводить активну політику щодо впровадження компонентів інтелектуальних транспортних систем [16]. При розробці концепції розвитку ІТС були сформульовані перспективні цілі транспортної системи, розроблена інфраструктура ІТС, необхідна для досягнення цих цілей, проведено аналіз ефективності різних компонентів ІТС у транспортній системі Фінляндії, вироблено загальні умови функціонування інтегрованої ІТС у країні.

Одне з основних завдань полягала у виборі пріоритетних напрямів розвитку ІТС та оцінці ефективності підсистем у конкретних умовах. Спочатку з багатьох різних функцій ІТС (більше 60) було сформовано в шість основних напрямків розвитку, найбільш актуальних для умов Фінляндії. Ці напрями мають наступний цільовий характер: підвищення ефективності перевезень та руху; підвищення безпеки дорожнього руху; підвищення попиту перевезення; розвиток транспортної інфраструктури; покращення координації між різними видами транспорту; підвищення мобільності населення. Експертна оцінка вкладу кожного з цих напрямів підвищення ефективності функціонування транспортної системи наведено на рис. 1.5. Загальна сума вкладів усіх напрямків становить 100%.

Різноманітні проекти розвитку ІТС розроблені США. Це такі проекти як FAST (Лас-Вегас) – управління рухом на швидкісних дорогах, CARAT (Північна Кароліна) – виявлення заторів та обмеження обсягів руху в заторових ситуаціях, TransStar (Х'юстон) – управління дорожнім рухом, CHART (Меріленд) – інформаційне забезпечення дорожнього руху, ATCAS (Каліфорнія) – моніторинг характеристик транспортних потоків та облік руху на платних дорогах, Escort (Даллас) – управління дорожнім рухом, Navigator (Джорджія)- Інформаційне забезпечення дорожнього руху.

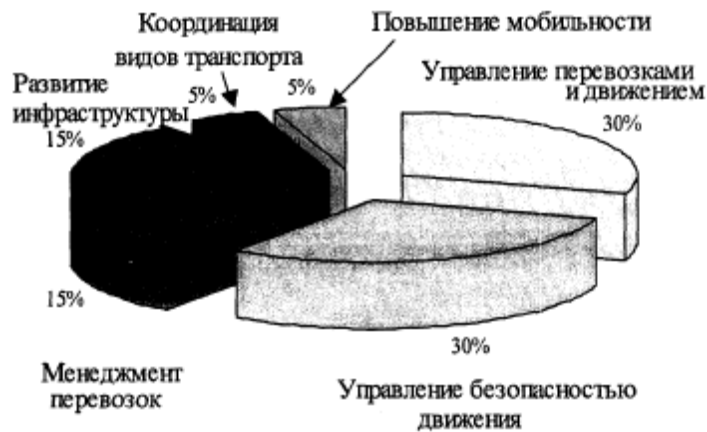


Рис. 1.5. Результаты экспертной оценки эффективности разных направлений ИТС

У Канзасі розроблено стратегічний план розвитку інтелектуальних транспортних систем, що орієнтується на моніторинг характеристик транспортних потоків та створення системи виявлення ДТП та управління в небезпечних ситуаціях, систему управління світлофорними об'єктами, систему інформування водіїв про оптимальні маршрути руху з урахуванням реальної ситуації. Проект передбачає включення в зону дії системи близько 400 км вулично-дорожньої мережі, на якій рух контролюватиметься за допомогою 516 транспортних детекторів, такої самої кількості відеокамер, 79 електронних табло з оперативною інформацією, інформаційно-радіючих радіоканалів [186].

Для визначення оптимальної послідовності впровадження різних компонентів інтелектуальних транспортних систем було проведено оцінку їх економічної ефективності. Технології інтелектуальних транспортних систем, що мають найбільше значення показника "вигоди/витрати", будуть впроваджуватися насамперед. До короткострокових заходів, що забезпечують найбільший ефект, відносяться система виявлення дорожньо-транспортних пригод. Середньо-термінові заходи включають системи управління в'їздом на швидкісні дороги та управління транзитним рухом. Довгострокові заходи спрямовані на заохочення альтернатив використання індивідуальних автомобілів та охорони навколишнього середовища.

У 1991 р. у штаті Мічиган (США) було реалізовано великий демонстраційний проект, який використовує технології інтелектуальних транспортних систем під час управління дорожнім рухом. На основі цих технологій розроблено автоматизовану систему управління дорожнім рухом та систему інформування учасників руху.

Впровадження системи управління рухом значною мірою сприяло зниженню часу поїздки до мережі. Вимірювання проводилися "до" та "після" впровадження системи. Затримки на перехрестях знизилися на 29%, а середня довжина черги автомобілів на перехресті зменшилася з 116 до 87 автомобілів [14].

Інтелектуальні транспортні системи інтенсивно розвиваються у країнах Південно-Східної Азії. Наявність основних функціональних компонентів інтелектуальних транспортних систем у країнах цього регіону відображено у табл. 1.3 [17]. Ці дані показують, що практично всі функції з управління перевезеннями та рухом здійснюються користуванням технологій ІТС.

Структура інтелектуальної транспортної системи в м. Квашон (Південна Корея) включає наступні основні підсистеми: управління дорожнім рухом, контролю швидкісного режиму, навігаційна система динамічного визначення маршруту, інформування пасажирів громадського транспорту, електронної оплати за проїзд, зважування транспортних засобів у русі, інформації про паркування, інформування водіїв [12]. Структурна схема цієї системи наведена рис. 1.6.

Автоматизована система управління рухом виконує функції управління світлофорними об'єктами на вулично-дорожній мережі на основі інформації, що надходить від 160 транспортних детекторів, відеокамер та детекторів ідентифікації транспортних засобів.

Автоматизована система контролю швидкості здійснює безперервний моніторинг швидкісних режимів у чотирьох найнебезпечніших зонах. При цьому фіксуються номер автомобіля, час та місце порушення, швидкість в момент реєстрації.

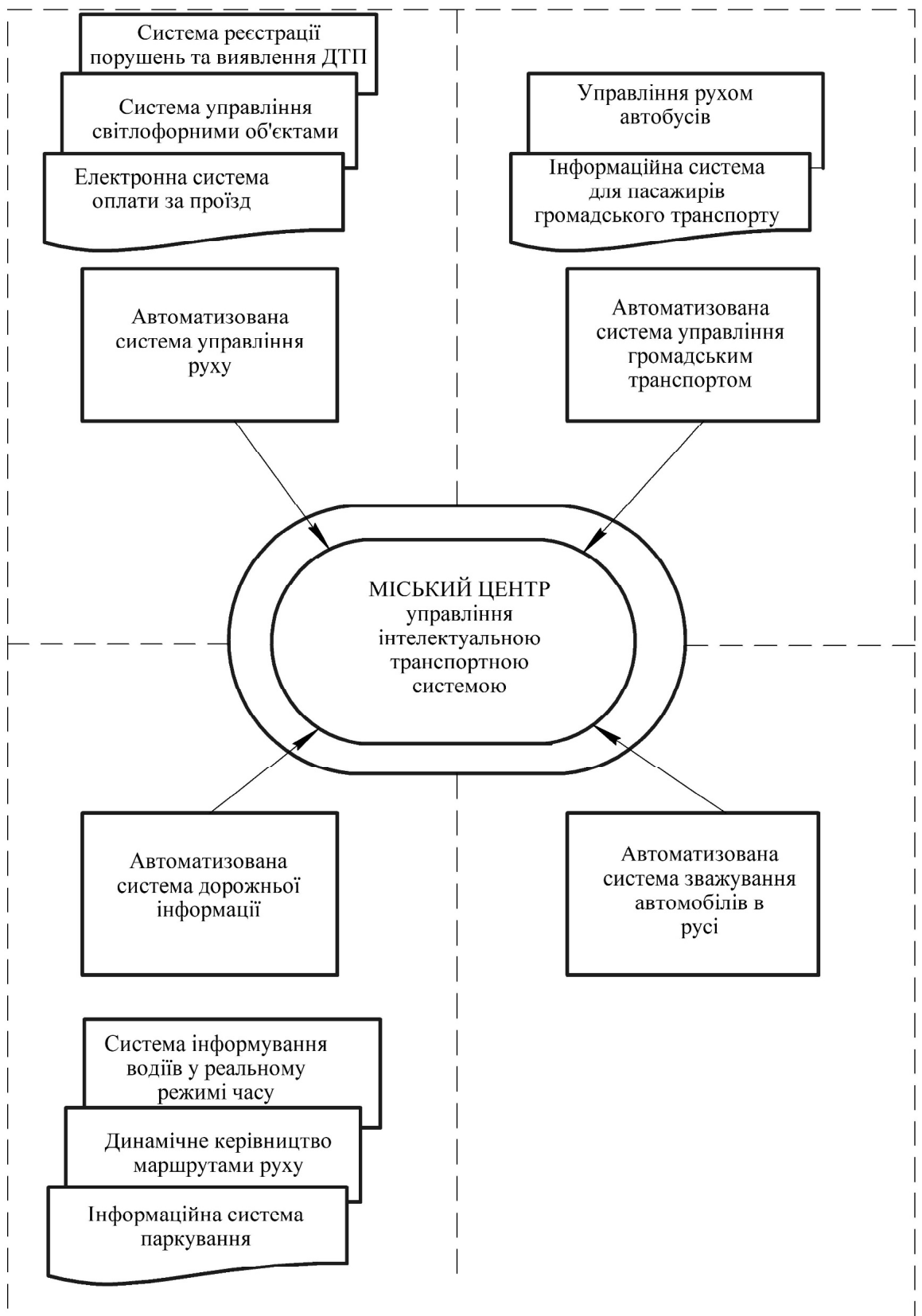


Рис. 1.6. Функції інтелектуальної транспортної системи у м. Квашон (Південна Корея)

Навігаційна система динамічного визначення маршруту за допомогою GPS визначає місце розташування автомобілів та автобусів, розраховує оптимальні маршрути та забезпечує контроль за їх перебігом.

Інформаційна система громадського пасажирського транспорту повідомляє пасажирів у реальному режимі часу про рух автобусів за маршрутною мережею.

Електронна система оплати функціонує на швидкісній магістралі та, використовуючи технології інтелектуальних транспортних систем працює в безупинному режимі.

Система інформації про паркування за допомогою електронних табло інформує водіїв про наявність вільних місць на певних стоянках. В єдину систему пов'язані шість паркувань.

Система інформування водіїв за допомогою радіоканалів та візуальної інформації повідомляє водіям ситуацію на мережі для того, щоб вони могли завчасно скоригувати маршрут руху.

Широко використовуються інтелектуальні транспортні системи на Тайвані. Одним із компонентів інтелектуальних транспортних систем на Тайвані є експертна система управління рухом на швидкісних магістралях [13]. Система функціонує в реальному режимі часу та виробляє керуючі впливи при виникненні критичних ситуацій, таких як затори, дорожньо-транспортні пригоди, погіршення погодних умов та інші специфічні фактори. Експертна система і модель управління дозволяють визначати ефективність рішень, що виробляються в критичних дорожньо-транспортних ситуаціях. У реальному режимі часу на основі інформації про існуюче транспортне навантаження система прогнозує параметри дорожнього руху та створює модель оптимального динамічного розподілу транспортних потоків.

Експертна система має базу з багатьох можливих планів управління, кожен із яких адаптований до певної ситуації та ідентифікується за сукупністю класифікаційних ознак для кожної специфічної ситуації. Усі вони видаються як класи об'єктів, що характеризуються типом небезпечної ситуації, наявністю

технічних засобів управління рухом, геометричними характеристиками доріг, параметрами транспортних потоків. Співвідношення між об'єктами різних класів використовуються для вироблення поведінкових та керуючих рішень. Тому на основі вхідної інформації система автоматично представляє експертну інформацію про можливі керуючі дії. Структурна схема функціонування системи наведена на рис. 1.7.

На цій структурній схемі наведено технологію функціонування системи з такими ключовими блоками як виявлення та аналіз небезпечних ситуацій, пошук у базі даних типових ситуацій та вибір відповідної стратегії управління. У той же час оператор має всі можливості для коригування виробленої системою стратегії управління, аж до скасування представленого плану дій та запровадження додаткових параметрів для повторення процедури пошуку.

Основою роботи експертної системи є результати постійного моніторингу характеристик транспортних потоків. Ці дані передаються модуль прогнозування характеристик транспортних потоків. Прогнозування здійснюється за авторегресійними моделями ковзного середнього $(0,1,1)$ Бокса-Дженкінса для тимчасових рядів. Потім відбувається генерація матриць призначення на основі передбачених значень характеристик транспортних потоків та здійснюється оптимізація розподілу транспортних потоків.

Швидкість транспортного потоку вище за небезпечний рівень і тривалість небезпечної ситуації є двома головними факторами, які є основою для визначення форми інформаційного забезпечення водіїв. У типових ситуаціях застосовується наступна градація: при відхиленні швидкості до 10% видається попередження про потенційно небезпечну ситуацію, при відхиленні швидкості від 10 до 20% - вказівки про небезпечну ситуацію та рекомендований швидкісний режим, при відхиленні понад 20% - примусові заходи обмеження доступу на цей ділянку мережі. Ця експертна система обслуговує загалом мережу швидкісних доріг Тайваню довжиною близько 1000 км.

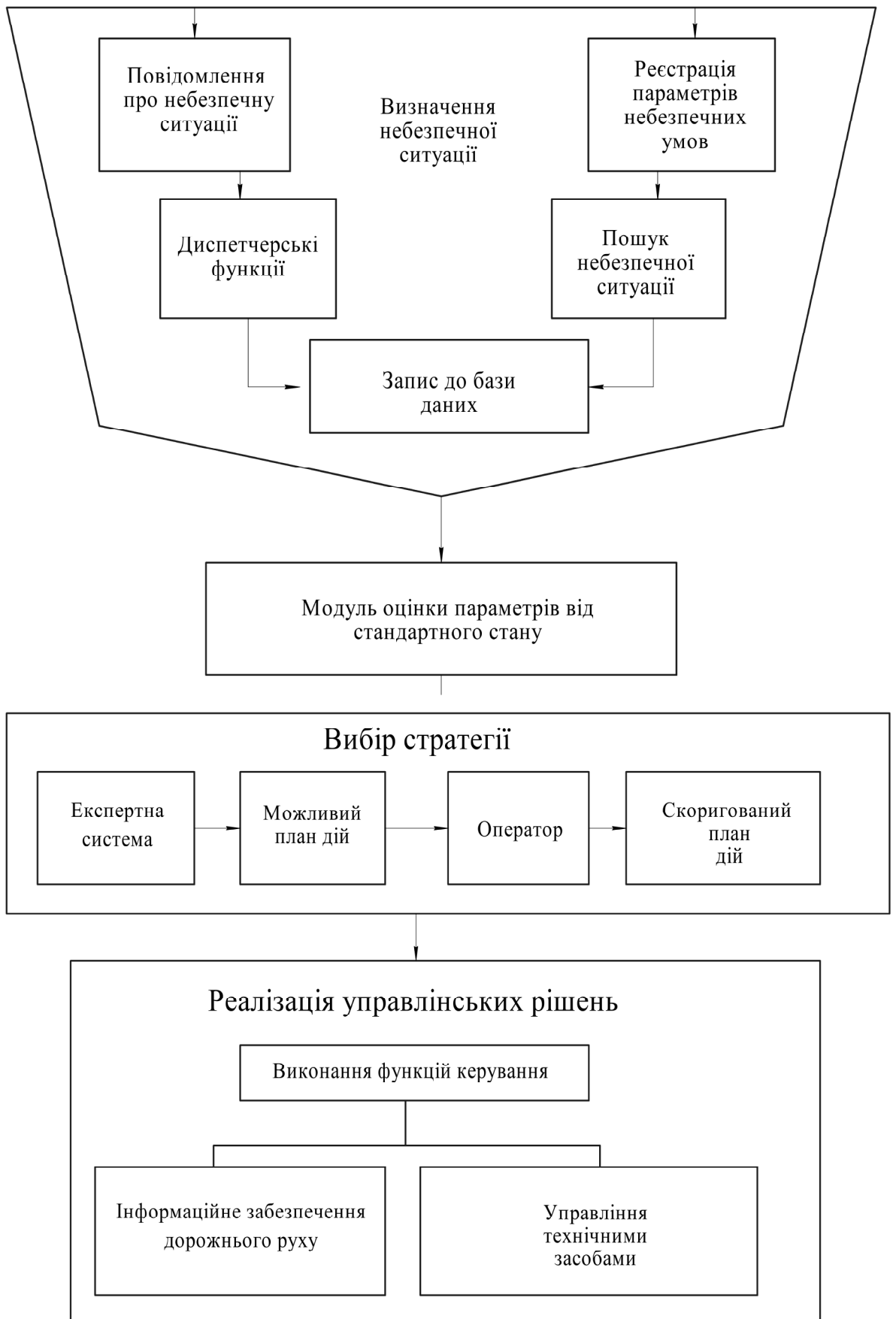


Рис. 1.7. Структура експертної системи виявлення небезпечних ситуацій та управління рухом у цих умовах на мережі швидкісних магістралей Тайваню

У Китаї існує комісія з управління розвитком досліджень інтелектуальних транспортних систем. Розроблено програму, що включає загальну стратегію розвитку ІТС та перелік пілотних демонстраційних проектів [17]. До цих проектів у першочерговому порядку включено міські центри управління рухом та електронні системи оплати за проїзд. Крім того, у співпраці з Європейським союзом та ERTICO складена програма, яка включає наступні напрямлення розвитку ІТС:

- експресна система перевезень вантажів із автоматизованим центром управління, системою електронного документообігу EDI, навігаційною системою на базі GPS, системою управління перевезеннями;
- система управління рухом на швидкісних магістралях із застосуванням інтелектуальних транспортних систем для виявлення місць скоєння дорожньо-транспортних пригод та системою електронної оплати за проїзд;
- міські системи управління дорожнім рухом;
- системи управління громадським транспортом з визначенням розташування автобуса, комп'ютеризацією диспетчерських функцій та моніторинг попиту на перевезення.

Найбільш серйозні перспективи розвитку мають електронні системи оплати за проїзд на мережі швидкісних магістралей, тунелів та мостів. Очікуються також значні капіталовкладення у системи управління рухом у містах, у наступні 5-6 років загальний обсяг фінансування розвитку цих систем може становити 300 млн. доларів. Великий потенційний ринок мають системи управління, що забезпечують маршрутну навігацію. Прогнозна ємність цього сегмента ринку в 5,8 млрд. доларів на період до 2015 року.

2. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ

2.1 Інтелектуальні транспортні системи при керуванні в небезпечних ситуаціях

Практично при всіх опитуваннях щодо ефективності різних підсистем інтелектуальних транспортних систем пріоритет надається функцій, що забезпечують безпеку дорожнього руху. До таких функцій ІТС належать прогнозування небезпечних ситуацій, виявлення заторів та дорожньо-транспортних пригод, розробка планів дій у небезпечних ситуаціях, інформування учасників руху про виникнення небезпечних ситуацій. Перевагою ІТС під час роботи у умовах є можливість інтеграції всіх джерел інформації. Загальна структурна схема прийняття рішень в ІТС у процесі управління небезпечних ситуаціях наведено на рис. 2.1.

Однією з таких систем є COMPANION – система попередження про дорожньо-транспортні пригоди на швидкісних магістралях, розроблена BMW. Вперше була пущена в експлуатацію у 1996 р. у Мюнхені [18]. Потім ця система була встановлена на автомагістралях в Італії та Шотландії. Система COMPANION інформує водіїв про дорожню обстановку за допомогою світлових сигналів, що сприймаються всіма водіями. Системи такого типу усувають причини виникнення дорожньо-транспортних пригод та оперативно виявляють місця скоєння ДТП за рахунок таких факторів:

- оперативного попередження учасників руху про потенційно небезпечні ділянки на маршруті руху;
- інформування всіх учасників руху лише світловими сигналами без додаткового обладнання, що особливо важливо за умов обмеженої видимості; передачею сигнальної інформації різної колірної гами за рахунок застосування світлодіодної технології;
- високим ступенем гнучкості дорожньої інформації, що досягається установкою дорожніх сигнальних маяків через кожні 50 м;

- зниженням ДТП у незадовільних дорожніх умовах.

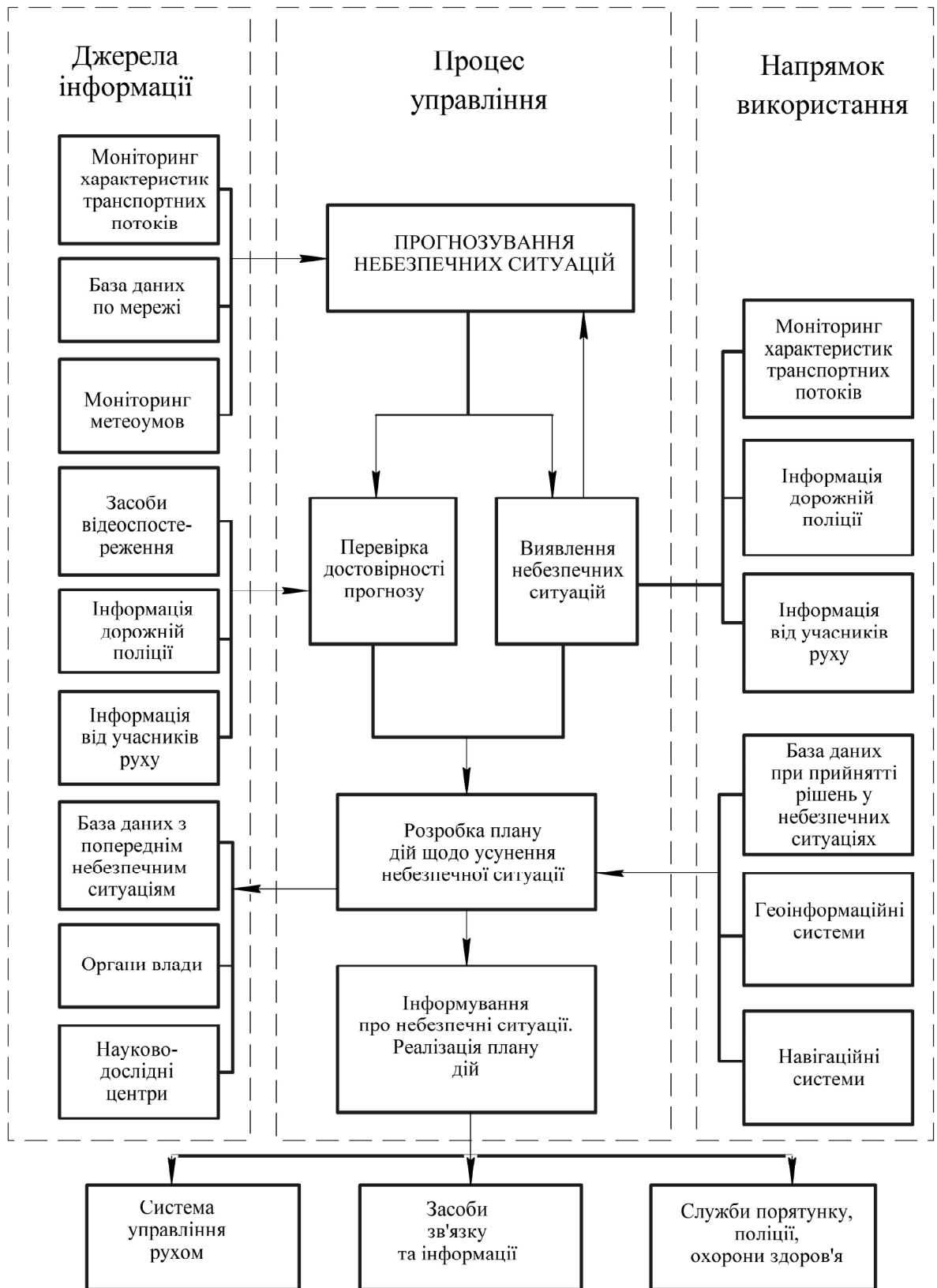


Рис. 2.1 Процес управління в небезпечних ситуаціях

Система COMPANION сприяє попередженню як одиночних, так і множинних ДТП, які відбуваються під час руху в колонному режимі в умовах поганої видимості. Для попередження дорожньо-транспортних пригод використовуються такі можливості системи:

- ідентифікація потенційно небезпечних ситуацій за рахунок аналізу режимів руху транспортного потоку та попередження водіїв про ці небезпечні ситуації до того, як вони призвели до ДТП;
- організація руху в місцях проведення дорожніх робіт, зупинка несправних автомобілів з використанням відеокамер, транспортних детекторів, засобів дорожньої інформації;
- пропозиція альтернативних маршрутів в умовах поганого видимості;
- попередження про місця скоєння первинних ДТП для попередження обертання наступних ланцюгових зіткнень.

Ключовим інформаційним елементом системи є сигнальні маяки, які встановлюються кожні 50 м і пов'язані в одну мережу. Ці маяки інформують водіїв про дорожні роботи, затори, дорожньо-транспортні пригоди. Джерелами інформації є цифрові відеокамери, мікрохвильові транспортні детектори, які встановлюються через 250 м, детектори туману, встановлені на кожному кілометрі дороги, пробні автомобілі, що плавають у транспортному потоці. Така насиченість дороги транспортними детекторами дозволяє отримати високий ступінь дозволу при виявленні різких коливань характеристик транспортних потоків, що є одним із основних ознак небезпечної ситуації.

Система COMPANION може також взаємодіяти з автомобілями, що мають навігаційні системи на основі GPS, відображати на цифрових картах інформацію про небезпечні ділянки на маршруті, повідомляти рекомендований швидкісний режим та безпечну дистанцію.

Автоматизована система виявлення дорожньо-транспортних пригод VELEC розроблена у Франції та експлуатується у різних європейських країнах (Бельгія, Іспанія, Німеччина). Система функціонує на основі інформації про

характеристики транспортних потоків, яка надходить від транспортних детекторів та цифрових відеокамер. При аналізі параметрів транспортних потоків відбувається ідентифікація автомобілів за швидкісними режимами. При цьому виділяються автомобілі, що рухаються з різкими коливаннями швидкості, автомобілі, що повільно рухаються, і автомобілі, що зупинилися. Особлива увага приділяється виявленню автомобілів, що зупинилися. Програмне забезпечення дозволяє оперативно виділити такі автомобілі за будь-якої інтенсивності руху. В умовах вільного руху ймовірність виявлення автомобіля, що зупинився, становить 83,9%,

В останні роки значний розвиток отримали методи та технічні засоби контролю за виконанням встановлених обмежень швидкості руху. Нині лише Нідерландах реалізується понад 50 різних програм подібного напрямку на швидкісних магістралях, дорогах загального користування, вулично-дорожній мережі міст [150]. В основному це пов'язано із застосуванням інтелектуальних транспортних засобів та впровадженням систем виявлення дорожньо-транспортних пригод.

Досвід застосування інтелектуальних транспортних систем дозволив розробити новий методичний підхід до регламентації швидкісних режимів і контролю над їх виконанням [150]. Основні причини цього полягають у наступному. Водії повинні бути поінформовані, що на даній ділянці дороги дорожня поліція контролює швидкість руху. Проте дорожня поліція не в змозі постійно знаходитись у цьому місці. Тому дорожня поліція має діяти разом із системами автоматизованого контролю і в цьому випадку загроза контролю стає можливою. Оптимізація ймовірності контролю означає, що водії знають, що їхня швидкість руху контролюється, але не знають ні місце, ні час перевірки.

Отже, цей метод поєднує інформацію про регламентовану швидкість, інформацію про можливість перевірки швидкісного режиму та загрозу примусу до виконання обмежень. Використовуючи поняття маркетингу можна охарактеризувати цю концепцію так: примус є продуктом системи, а

інформація - маркетинговим інструментом продажу цього товару певним цільовим групам. Стратегія примусу реалізується на три етапи: інформація до примусу, сигнали до примусу, саме примус. Найкращі результати можуть бути досягнуті оптимальним поєднанням примусу та інформації. Природно, що центральним моментом цієї стратегії є фактичний контроль швидкості, що здійснюється різними технічними засобами від мобільних радарів до постійних та працюючих цифрових відеокамер.

Інформація про контроль швидкості встановлюється на дорозі в наступній послідовності: дорожній знак-піктограма "контроль швидкості радаром", дорожній знак індивідуального проектування "зона автоматичного контролю швидкості", електронне табло, що інформує фактичну швидкість руху, інформація про місце розташування технічних засобів вимірювання швидкості. Це сприяє тому, що близько 60% водіїв переконані про можливість контролю швидкості на всьому.

протягом дороги. Наведені у табл. 2.1 порівняльні дані досліджень в Австралії та Англії показують, якою є ефективність контролю швидкості за допомогою компонентів інтелектуальних транспортних систем порівняно з типовими методами контролю, пов'язаними з фізичною присутністю дорожніх поліцейських [128, 150].

Аналіз дорожньо-транспортних пригод показує, що значна частка аварій за участю вантажних автомобілів відбувається у динамічно вузьких місцях, на ділянках з обмеженням швидкості та заборонаю обгону, у зонах дорожніх робіт. Близько третини всіх цих пригод відбуваються з вини водіїв вантажних автомобілів.

Після аналізу причин цих ДТП на основі технологій інтелектуальних транспортних систем розроблено систему попередження ДТП вантажних автомобілів [131]. Система забезпечує повне інформування водіїв та організацію дорожнього руху на небезпечних ділянках доріг. Система структурно складається з наступних блоків: ідентифікація вантажних

автомобілів у процесі руху; керування рухом; інформаційно-керуюча система керованих дорожніх знаків.

Таблиця 2.1

Ефективність контролю швидкості за допомогою компонентів ІТС

| Періоди спостережень | Частка автомобілів, що перевищують встановлений швидкісний режим, % | |
|---|---|------------------------------------|
| | Фізична присутність поліцейських | Інтелектуальна транспортна система |
| До початку контролю швидкості | 77 | 60 |
| Під час контролю швидкості | 23 | 12 |
| Після завершення контролю швидкості (прихованої реєстрації швидкості при ІТС) | 71 | 8 |

При ідентифікації вантажних автомобілів на підході до цієї ділянки відбувається зважування автомобіля в русі, визначення кількості осей і типу автомобіля, його швидкості та інтервалу до автомобіля, що йде. З урахуванням цієї інформації та даних про транспортно-експлуатаційні та геометричні характеристики дороги визначається безпечна швидкість для даного типу автомобіля. Це значення швидкості з відповідним поясненням відображається на табло. У процесі експлуатації таких систем на жодній із ділянок не зареєстровано ДТП, хоча раніше регулярно відбувалися події з вантажними автомобілями.

2.2 Інтелектуальні транспортні системи при організації вантажних перевезень

Для ефективного функціонування ринку, підвищення якості послуг та проведення збалансованої цінової політики потрібна оптимізація виробництва, збуту, продажу та сервісу. При реалізації цієї політики необхідний високий рівень організації зовнішніх та внутрішніх матеріальних, фінансових та інформаційних потоків. Тому застосування принципів логістики має найважливіше значення. З появою інтелектуальних транспортних систем логістичні технології стають доступними як великих компаній, але й окремих підприємств. З одного боку зростає конкуренція у сфері бізнес-логістики, з іншого, вирішення проблем логістичного управління сприяє розвитку інтелектуальних транспортних систем.

Інтелектуальні транспортні системи забезпечують основну умову оптимізації логістичних систем - інтеграцію інформації та доступ до неї в будь-який тимчасовий період для всіх учасників транспортного процесу за рахунок наступних функцій:

- дані вантажовідправників, перевізників та вантажоодержувачів інтегровані в єдиний інформаційний потік;
- всі учасники логістичного ланцюга мають прямий і безпосередній доступ до цих даних;
- управління всіма вантажними операціями та контроль за проходженням вантажу здійснюється автоматично з веденням електронного документообігу.

Прикладом такої логістичної системи є європейський проект "Серга", реалізований у місті Дізендорф (Німеччина) групою Cargo-Line [52]. Структурна схема системи наведено на рис. 2.2.

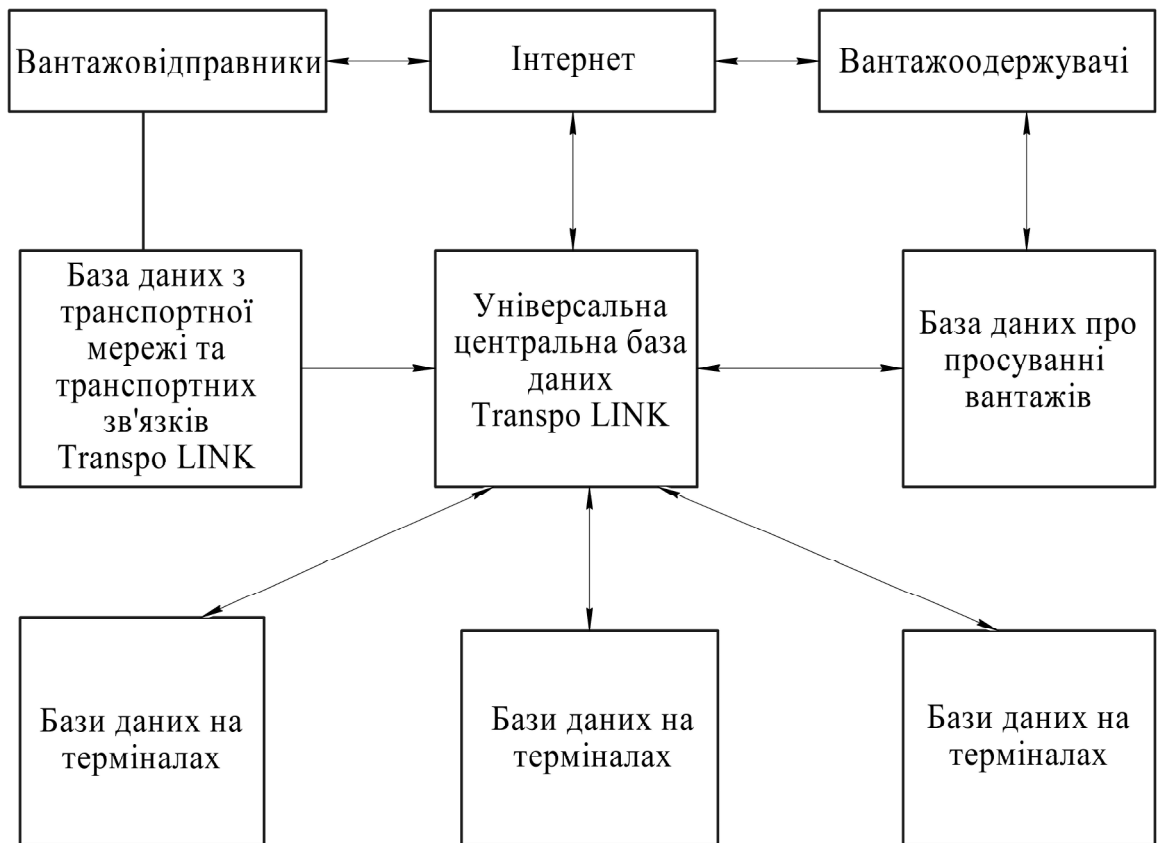


Рис. 2.2. Компоненти логістичного проекту СЕРРА у системі Євро-Лог

У значній увазі приділяється створенню інтелектуальної транспортної інфраструктури. Інтелектуальна транспортна інфраструктура є системою транспортного моніторингу, зв'язку та управління, призначена для інформаційного забезпечення ІТС. Система управління транзитними перевезеннями є однією з сфер розвитку ІТС, де інформаційна інфраструктура створюється на комерційній основі. Використовуючи навігаційні системи маршрутного орієнтування на основі GPS, такі системи працюють у багатьох містах США та Канади (Піттсбург, Сіетл, Чикаго, Торонто, Майамі та ін.). Найбільш відомим типом системи управління транзитними перевезеннями є система Fleet-Lynx, розроблена фірмою Харріс [139]. Компоненти системи включають диспетчерський центр, навігаційну систему автоматичного визначення розташування автомобілів.

Диспетчерський центр побудований за конфігурацією клієнт/сервер, має базу даних з транспортних та дорожніх характеристик мережі, цифрові карти

мережі, що входить до зони обслуговування центру, системи зв'язку між водіями та диспетчерами.

Згідно з даними Департаменту транспорту, час проходження маршруту при використанні системи управління транзитними перевезеннями скорочується на 15-18% [19]. Міжремонтний пробіг збільшується на 12-23%. Час очікування пасажирів знижується на 50%. Усе це забезпечує високу економічну ефективність системи управління транзитними перевезеннями, щорічно окупається 45% інвестицій у створення цієї системи. Щорічний економічний ефект оцінюється у 1,5 млн. доларів.

Системи типу TruckScan розроблені та функціонують в Австралії, здійснюють перевірки вантажних автомобілів використовуючи технології інтелектуальних транспортних систем [12]. За рахунок цього автоматизовано всі операції, скорочено час обробки автомобіля.

Технологічний процес обробки автомобілів виглядає так. Вантажні автомобілі підходять до станції без зниження швидкості, і на цій ділянці підходу система виконує операції оптичного розпізнавання автомобіля. Ця інформація передається в центральну базу даних, де знаходяться всі відомості про конкретний автомобіль, і реєструється час проходження ділянки, швидкість відхилення від графіка руху. Попередження про відхилення від графіка передається оператору та водієві. Система дозволяє вимірювати навантаження на осі, загальну масу автомобіля, габаритні розміри. Таким чином здійснюється моніторинг вантажних автомобілів, що проходять через мережу станцій і центральна база даних може контролювати характеристики руху автомобілів по мережі.

Структурна система TruckScan складається із семи підсистем:

- база даних по вантажних автомобілях (номерний знак, належність, експлуатаційні характеристики тощо);
- підсистема реєстрації проходження автомобілів через станцію;
- центральний сервер TruckScan, який приймає рішення;
- підсистема зв'язку мережі станцій;

- підсистема реєстрації автомобілів державними органами дорожньо-транспортної адміністрації;
- електронна система зважування автомобілів у русі;
- сервісні підсистеми.

Якщо автомобіль проходить процедуру реєстрації по всьому технологічному ланцюжку без відхилень, він може безперешкодно продовжувати рух по маршруту. У тому випадку, якщо система виявляє будь-які порушення, автомобіль залишається на станції для більш ретельної перевірки.

Оскільки вся процедура ідентифікації та перевірки автомобіля виконується у русі, забезпечується висока пропускна здатність системи, що досягає 500 авт/год в одному напрямку. Для досягнення цих показників використовуються сучасні технічні засоби, у результаті розпізнавання автомобіля проводиться за 2,5 с. Тому система має високі показники ефективності, співвідношення прибуток-витрати становить 5:1 [22].

Автоматизовані системи управління громадським транспортом із використанням технологій інтелектуальних транспортних систем

Сучасний етап розвитку автоматизованих систем керування рухом автобусів також характеризується використанням технологій інтелектуальних транспортних систем. Це дозволяє розширити функціональні можливості систем, застосовувати досконаліші технічні засоби, програмне забезпечення та методи управління. Розвинені країни вже накопичили достатній досвід розробки проектів інтелектуальних транспортних систем та їхньої експлуатації при організації пасажирських перевезень. Інтелектуальні транспортні системи дозволяють підвищити привабливість міського транспорту.

У м. Гетеборг (Швеція) впроваджено систему управління рухом громадського транспорту, яка, поряд з організацією пріоритетного руху автобусів, дозволяє здійснити інформаційне забезпечення пасажирів у реальному режимі часу. Аналіз думки пасажирів показав, що ця інформація є

важливим фактором, що знімає невизначеність при виборі виду транспорту. Необхідна не тільки інформація про час, що залишається до прибуття на зупинку наступного автобуса, а також повідомлення про порушення графіків руху. Пасажири вважають цю інформацію найважливішою.

Усі автобуси в Гетеборзі в автоматичному режимі передають інформацію про місцезнаходження на маршрутній мережі на кожному зупинковому пункті та після проходження транспортних детекторів на регульованих перехрестях. На основі цієї інформації здійснюється динамічне прогнозування часу проходження автобусів на всіх пунктах зупинки. Результати цих прогнозів постійно відображаються на електронні табло на пунктах зупинки і передаються в комп'ютерну мережу Інтернет. Ця інформація оновлюється в динамічному режимі кожні 30 секунд. Інформація про рух громадського транспорту, що публікується в Інтернеті, має великий попит, щомісяця реєструється близько 700 тис. звернень від 50 тис. користувачів.

Визначення розташування автобусів здійснюється з використанням супутникової навігаційної системи GPS. Технологія диференціальної навігаційної системи DGPS дозволяє визначити координати автобуса на маршрутній мережі з точністю до 10 м. Ця інформація постійно відображається в центрі управління, порівнюється з плановою та відхилення від графіка руху повідомляються водієві. За допомогою GPS визначається швидкість руху автобусів та інформація про це заноситься до бази даних системи управління дорожнім рухом.

Використовуються також можливості GPS з визначення розташування автобуса, що подав "тривожний" сигнал про дорожньо-транспортне події, поломки, порушення правопорядку. Тим самим значно підвищується безпека перевізного процесу. Навігаційне обладнання GPS та бортові комп'ютери мають 600 автобусів, що працюють на лінії.

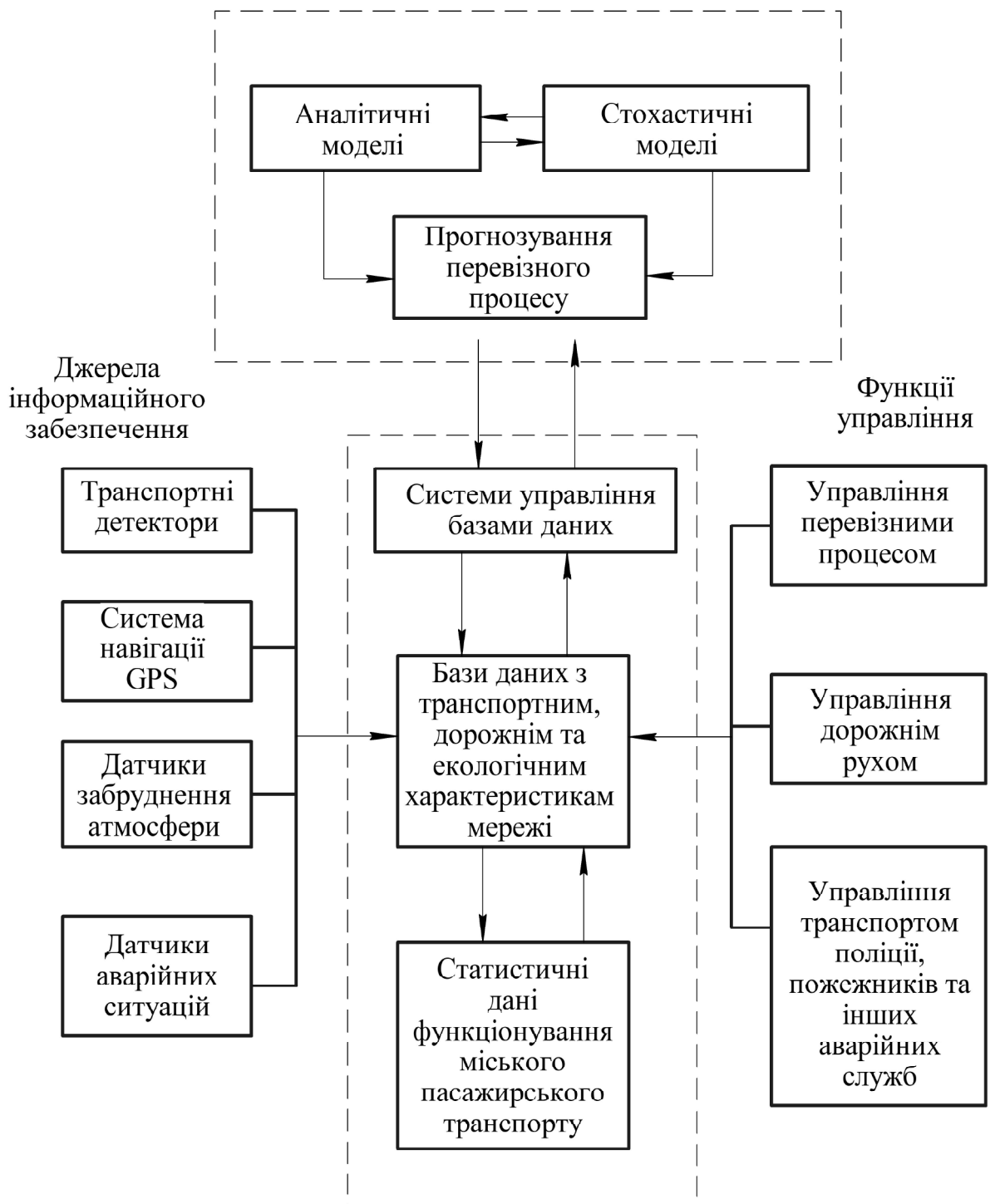


Рис. 2.3. Функціональна схема системи управління міського пасажирського транспорту у м. Гетеборзі

Основне технологічне обладнання системи складається із Центру управління рухом, зональних комп'ютерних відділів, обслуговувані райони міста, 150 периферійних комп'ютерів на вулично-дорожній мережі, 300 транспортних детекторів, 50 світлофорних об'єктів, близько 100 інформаційних

табло, встановлених на зупинкових пунктах. Все це обладнання керує роботою 450 автобусів. Функціональна схема наведена на рис. 2.3.

Під час роботи системи формуються такі бази даних:

- керуюча база даних, яка визначає планові маршрути руху та їх транспортно-експлуатаційні характеристики;
- ситуаційна база даних, що характеризує поточну ситуацію для кожного автобуса, його місцезнаходження в мережі та будь-які відхилення від планового розташування;
- прогнозна база даних, що містить результати прогнозів прибуття автобусів на всі пункти зупинки мережі;
- база даних, що описує результати роботи громадського транспорту за будь-який час.

Витрати систему склали 150 млн. шведських крон.

На рис. 2.4, 2.5 наведено порівняльні дані зміни часу проїзду центру міста по днях тижня та годині доби до та після організації пріоритетного руху автобусів у системі "Оптікон" [144]. Очевидно, що пріоритетний рух автобусів забезпечує значне зниження часу поїздки за будь-якого транспортного навантаження.

На першому етапі автоматизована система "Оптікон" була впроваджена на 5 перехрестях міста Віченце. Основні переваги системи на стадії впровадження та експлуатації полягають у швидкості та легкості монтажу та низьких витратах на експлуатацію, що насамперед обумовлено застосуванням сучасних оптико-електронних технологій. Переваги у процесі управління перевезеннями полягають у розвиненому програмному забезпеченні, роботі в реальному режимі часу, що дозволяє оперативно приймати управлінські рішення, підвищення безпеки руху. Безперервний рух маршрутних автобусів на регульованих перетинах значно підвищує безпеку руху.

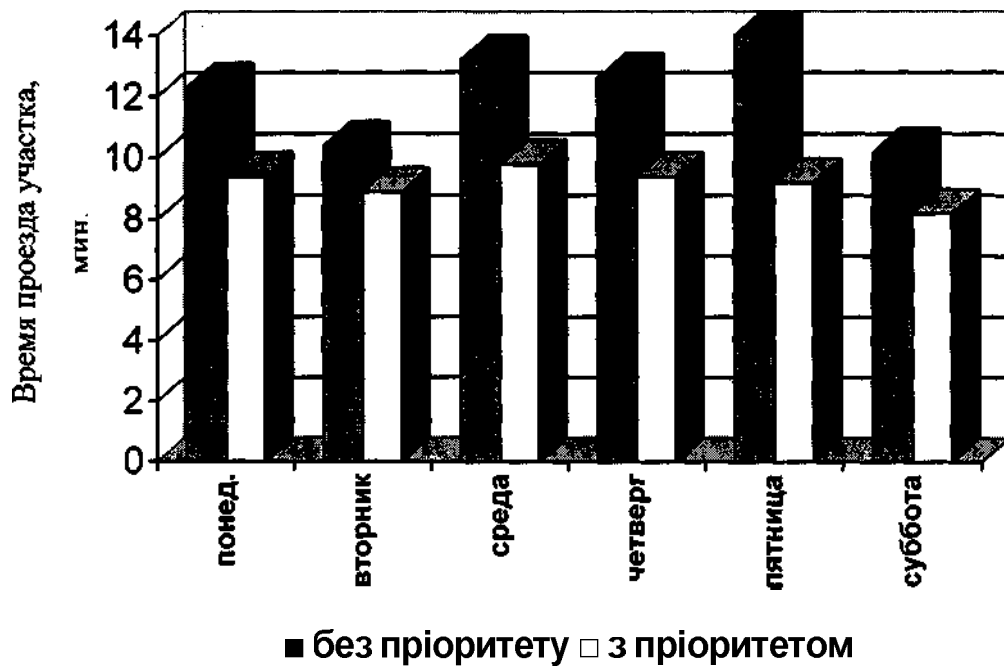


Рис. 2.4. Зміна часу проїзду центру міста під час організації пріоритетного руху автобусів

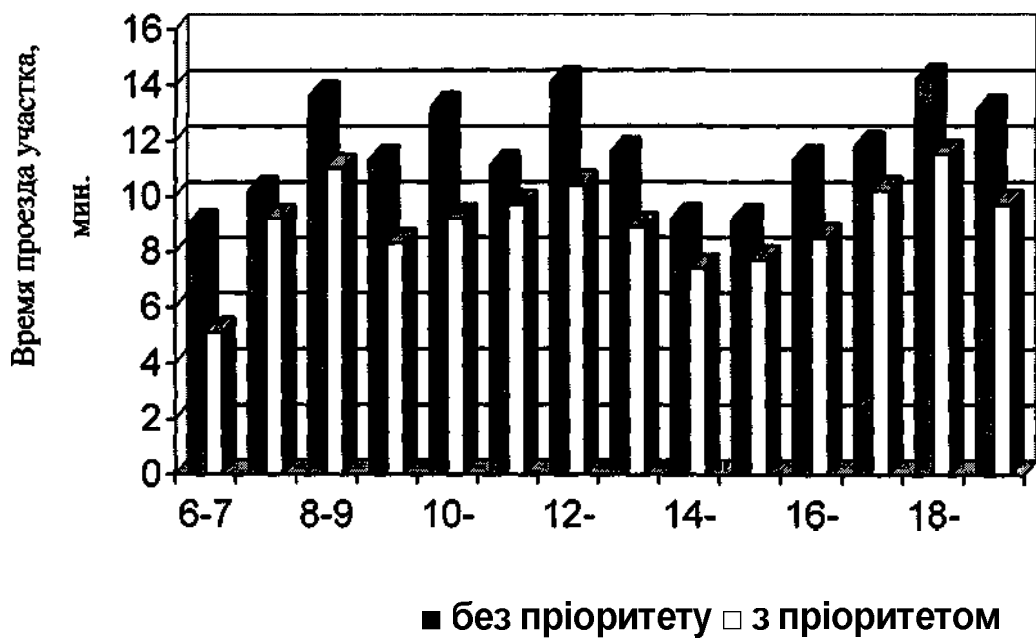


Рис. 2.5. Зміна часу проїзду центральної частини міста щогодини при організації пріоритетного руху

В історичному та культурному центрі Італії, Флоренції міська влада та транспортні компанії розробили систему управління пасажирськими перевезеннями, що стимулює жителів міста користуватися послугами громадського транспорту. Маршрутна мережа Флоренції має протяжність 625 км, понад 2000 пунктів зупинки. Перевезення існують 480 автобусів різної місткості.

Розробка системи здійснювалася відповідно до проекту Європейського Співтовариства JUPITER, який спрямований на зниження енергоспоживання на міському транспорті та зменшення забруднення довкілля.

Основні функції системи управління у Флоренції полягають в наступному:

- автоматичне безперервне визначення розташування транспортних засобів з величиною помилки, що не перевищує 50 м;
- збір та аналіз інформації в реальному режимі часу;
- забезпечення пріоритетного проїзду автобусів на регульованих перетинах;
- інформаційне забезпечення пасажирів у реальному масштабі часу;
- оперативне управління перевізним процесом (оптимальна кількість автобусів на маршруті, необхідна частота руху, автоматичний підрахунок пасажирів, аналіз техніко-експлуатаційних показників роботи автобуса на маршруті, контроль діагностичних параметрів оцінки технічного стану автобуса).

У найбільших містах Європи Лондоні, Ліоні, Амстердамі, Мюнхені, Дубліні на спільній методичній та науково-технічній основі розробляється проект LLAMD (за першими літерами у назвах міст) щодо вдосконалення управління транспортними системами міст. Цей проект розробляється за технологією інтелектуальних транспортних систем.

У Мюнхені 1991 р. розпочалися роботи зі створення системи управління міським транспортом COMFORT (Cooperative Management For Urban and Regional Transport) [133, 190]. Особливу увагу при розробці та реалізації

проекту було приділено створенню пріоритетних умов функціонування міського пасажирського транспорту. Ця система серед інших підсистем включає такі структурні складові, що сприяють підвищенню привабливості громадського транспорту як підсистему пріоритетного руху автобусів, підсистему інформаційного забезпечення пасажирів громадського транспорту, підсистему організації руху "park and ride". Структурна схема системи COMFORT наведено на рис. 2.6.

Інформаційна система громадського транспорту контролює рух автобусів у реальному режимі часу з відображенням інформації для пасажирів на електронних табло, моніторах, у комп'ютерній системі Інтернет.

Опитування пасажирів громадського транспорту та користувачів системи "park and ride" показало, що покращення інформації про роботу громадського транспорту зробило його популярнішим, 15% опитаних планують більш інтенсивне користування громадським транспортом.

Система управління рухом та пріоритету громадського транспорту під назвою BALANCE також є складовою COMFORT і забезпечує підвищення рівня організації дорожнього руху. На основі моніторингу характеристик транспортних потоків здійснюється керування рухом за різними алгоритмами.

Метод управління BALANCE здатний здійснювати кардинальнішу політику з управління перевезеннями та рухом, враховувати пріоритети різних груп учасників руху, транспортних операторів, дорожніх служб. Застосування цих методів управління створює стимули до зміни способів поїздки, а не пасивно пристосовує параметри регулювання до транспортного навантаження, що випадково змінюється. Це є актуальним з огляду на те, що загальною стратегічною лінією транспортної політики у великих містах є підвищення привабливості громадського транспорту. Крім того, BALANCE дозволяє створити інтегровану базу даних, на основі якої можна реалізувати управління в реальному масштабі часу та забезпечити інформаційний сервіс усім групам користувачів.

Центр управління



Рис. 2.6 Структурна схема системи COMFORT

Програмне забезпечення, яке використовується в системі BALANCE, дозволяє в широкому діапазоні диференціювати пріоритети різних користувачів під час оптимізації параметрів світлофорного регулювання, особливо для різних типів рухомого складу маршрутного транспорту автобусів, легкого

рейкового транспорту. Розширено також перелік інформаційних джерел, на основі яких приймаються управлінські рішення. На додаток до транспортних детекторів інформація про умови руху надходить також від пробних автомобілів, аерофотозйомки, засобів відображення інформації.

3. АВТОМОБІЛЬНІ СИСТЕМИ МАРШРУТНОЇ НАВІГАЦІЇ

3.1 Використання навігаційної системи GPS при маршрутному орієнтуванні

Глобальна навігаційна система GPS (Global Positioning System) використовується для передачі сигналів навігації на всю територію земної кулі, дозволяє визначати координати будь-якого об'єкта (широту та довготу), швидкість його руху та точний час. У структуру навігаційної системи входять супутники, наземні системи управління (у тому числі і ІТС) та пристрої користувача. Як і багато інших сучасних технологій, ця система спочатку призначалася для військових цілей і була розроблена на замовлення Міністерства оборони США. Основу навігаційної системи GPS складають 24 супутники, виведені на кругові орбіти з висотою приблизно 20000 км та періодом обігу близько 12 годин. Система створювалася протягом 1989-94 р.р. та повномасштабна експлуатація GPS розпочалася з 1995 року. Подальшим стимулом до розширення застосування GPS у цивільних цілях стала скасування у травні 2000 р. селективного доступу для регулювання точності навігаційної інформації транспортних рядових користувачів.

Вітчизняна система супутникової навігації "GPS" (Глобальна навігаційна супутникова система) також створювалася для застосування у військових цілях. Американська супутникова навігаційна система була розгорнута на початку 90-х рр., а її комерційна експлуатація здійснювалася з 1995 року.

Принцип функціонування системи полягає у визначенні дальності від даного об'єкта до декількох супутників за допомогою спеціальних приймачів та обчислення координат по точках перетину поверхонь рівного видалення. Відстань визначаються з урахуванням швидкості поширення радіосигналу та часу затримки під час проходження ним шляху від супутника до заданого об'єкта. Розмір затримки обчислюється зіставленням кодів сигналів супутника і

приймача шляхом тимчасового зсуву до збігу. Тимчасовий зсув вимірюється по годинниках приймача. Для знаходження широти, довготи, висоти з урахуванням похибки виміру часу потрібно вирішити систему з чотирьох рівнянь. Тому приймач користувача повинен мати можливість прийняти навігаційні сигнали від чотирьох супутників. Швидкість визначається по доплерівському зсуву несучої частоти сигналу супутника, що викликається рухом користувача. Допплерівський зсув вимірюється при зіставленні частот сигналів, що приймаються від супутника і генеруються приймачем.

Для вирішення цих завдань на транспортному засобі має бути встановлене відповідне навігаційне обладнання: радіоконтролер (процесор введення-виводу, центральний процесор, радіомодем, контролер зв'язку, контролер зберігання поточного часу, що входить до системи єдиного часу), приймальна антена GPS, приймач системи GPS, приймальна антена УКХ діапазону, приймальна радіостанція УКХ, дисплей відображення інформації. Крім того, як додаткове обладнання може входити комплекс спеціальних датчиків для контролю та передачі різних параметрів – аварійний виклик, експлуатаційні параметри (стан акумуляторної батареї, системи запалювання), положення дверей, люків тощо. (Рис. 3.1).

Шестиканальний приймач GPS-сигналів із зовнішньою антеною використовує простий ASCII-послідовний протокол і дозволяє забезпечити безперервність роботи системи, що стежить у міських умовах. Такі дані про транспортний засіб, як його координати, швидкість, умовний номер і системний час можуть видаватися приймачем принаймні один раз на секунду. Завдяки точному відліку часу, доступному всім транспортним засобам, можуть бути здійснені різні стратегії прийому повідомлень: або на основі опитування, або за встановленому графіку.

Ефективність передачі визначається двома елементами: мікропроцесорним модемом, спеціально створеним для роботи з мобільною радіостанцією, та спецконтролером мережі передачі даних. Однією з головних переваг використання мікропроцесорного бортового контролера є можливість

здійснення складнішого протоколу сеансів зв'язку. У системі реалізовано "слотовий" протокол відліків, який збільшує в 4 рази кількість автомобілів, що передають повідомлення щоміти по одному радіоканалу. Таким чином, можуть бути досягнуті швидкості опитування від 180 до 300 автомобілів за хвилину по одному виділеному радіоканалу.

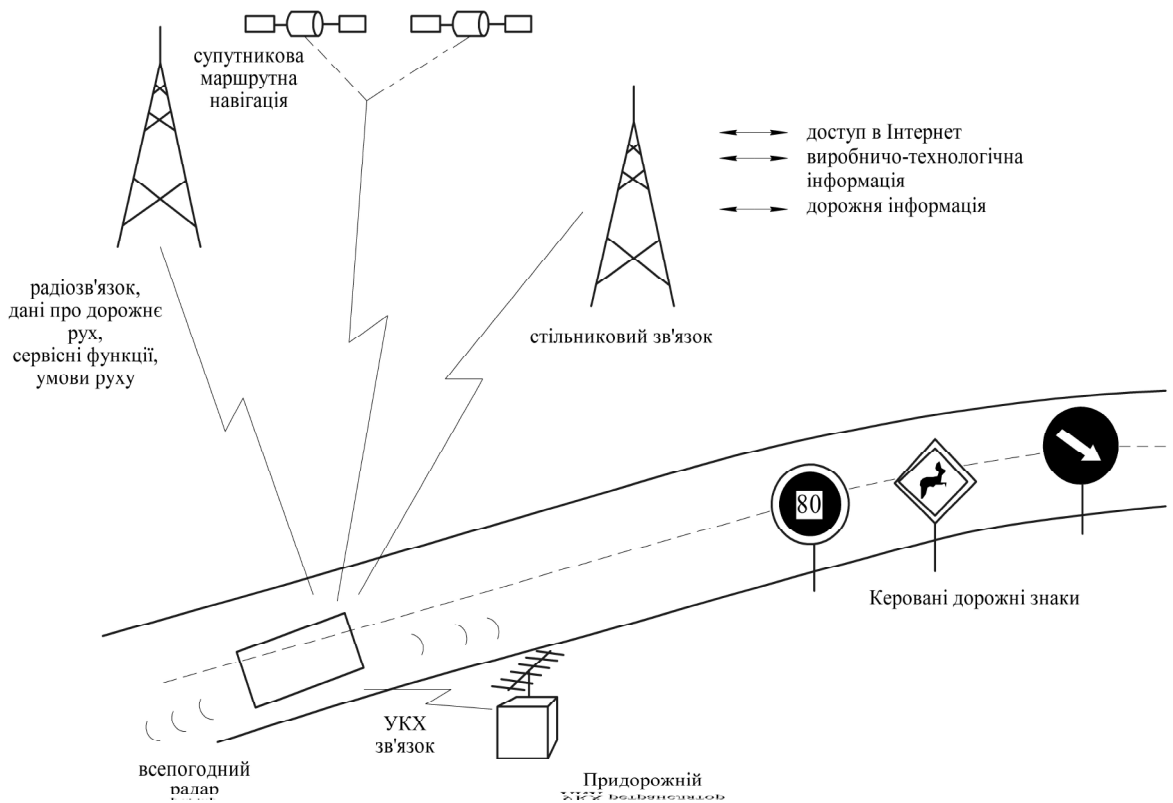


Рис. 3.1. Структурна схема бортових пристроїв автомобільної навігаційної системи

Однією з найвідоміших систем, що використовують ці принципи, є автомобільна система навігації CARIN (Car Information and Navigation), розроблена фірмою Philips [188]. Спочатку це була автономна навігаційна система з електронною картою доріг на компакт-дисках і орієнтування здійснювалося за допомогою електронної карти, показань магнітного компасу та визначення пройденого відстань від початкової точки маршруту. За допомогою бортового комп'ютера автомобіля на дисплеї відображалася електронна карта заданої ділянки дорожньої мережі, положення автомобіля,

найменування вулиць, напрямки руху, що рекомендуються. Інструкції про проходження маршруту повідомлялися водію за допомогою мовного синтезатора. Цей варіант системи CARIN почав експлуатуватися з 1997 року.

З початком відкритого доступу до глобальної супутникової навігаційної системи GPS система CARIN використовувала результати супутникової навігації. У 1994 р. на автомобілях BMW стала встановлюватись така навігаційна система [46]. У бортовий комп'ютер вводиться призначення. Потім автоматично вмикається радіо, який отримує сигнали від супутників навігаційної системи GPS. Періодичність опитування становить 3 секунди. За допомогою цих сигналів визначається місцезнаходження автомобіля з точністю від 10 до 25 м. Одночасно на моніторі відображається карта ділянки мережі. Щоб не відволікати водія від спостереження за дорогою, система видає мовленнєві вказівки, заздалегідь попереджаючи водія про необхідність зміни напрямку руху.

В даний час подібні навігаційні системи встановлюються на багатьох моделях вантажних та легкових автомобілів. Компанія Форд оголосила, що на 1 млн. автомобілів Форд випуску 2002 р. будуть встановлені системи Wingcast, що виконують, у тому числі функції навігаційних систем.

3.2 Загальні принципи побудови інтелектуальних транспортних систем

При аналізі розвитку інтелектуальних транспортних систем (ІТС) спочатку постає питання про загальні принципи побудови систем, архітектури систем, стандартних вимог для забезпечення взаємодії технічних засобів та програмного забезпечення різних компонентів систем. Основою розуміння цих проблем є єдина термінологія у додатку до об'єкта досліджень.

При існуючому різноманітті компонентів ІТС, у часто для описи систем, виконують одні й самі функції, застосовуються різні назви, проте, певною мірою можна типізувати ці системи. Вивчення науково-технічної літератури

показує, що найчастіше використовуються такі термінологічні характеристики компонентів інтелектуальних транспортних систем.

Інтелектуальні транспортні системи - системи, що використовують інформаційні та комп'ютерні технології для вдосконалення процесу перевезення вантажів та пасажирів та управління дорожнім рухом.

Розширені системи керування дорожнім рухом - комплекс сучасних технічних засобів управління дорожнім рухом з оперативного відстеження характеристик дорожнього руху, виявлення проблемних ситуацій, реагування на них та інформування учасників руху про їхню поведінку

Системи управління рухом на швидкісних автомобільних дорогах - засоби контролю, оповіщення та управління рухом на швидкісних автомобільних доріг.

Системи виявлення дорожньо-транспортних пригод технічні засоби та методи виявлення дорожньо-транспортних пригод, транспортних заторів та інших ситуацій, що виникають при русенні нормальних умов руху.

Системи управління у небезпечних ситуаціях - методи та засоби відновлення руху після дорожньо-транспортних пригод та заторів.

Системи інформування водіїв - методи та засоби інформування водіїв про дорожні умови та характеристики транспортних потоків у реальному масштабі часу.

Системи спостереження за дорожнім рухом - моніторинг характеристик транспортних потоків у режимі автоматизованих систем керування дорожнім рухом.

Закриті телеавтоматичні системи спостереження засоби реєстрації порушень правил та контролю параметрів дорожнього руху.

Автоматизовані системи керування перевізним процесом- методи та засоби управління вантажними та пасажирськими перевезеннями.

Інтегровані системи транзитних повідомлень системи, що здійснюють планування та управління перевезеннями на різних види транспорту.

Мультимодальні системи інформування про подорож - універсальні сервісні системи, що надають усім учасникам транспортного процесу поточну інформацію на всіх етапах (до початку, час та після закінчення поїздки).

Системи автоматичної ідентифікації транспортних засобів системи розпізнавання транспортних засобів, що використовуються в засобах автоматичної оплати за проїзд, доступу до певних зон вулично-дорожньої мережі, плати за паркування, виявлення порушень в установлених режимах руху.

Електронні системи оплати - системи збору платежів за проїзд на платних автомобільних дорогах у безупинному режимі.

Глобальна система позиціонування- система визначення розташування будь-якого об'єкта (у тому числі що рухається) у будь-якій точці земної поверхні дорожньої мережі за допомогою навігаційних сигналів супутників та бортових пристроїв.

Автомобільні навігаційні системи - Системи інформування, в реальному режимі часу всього процесу проходження маршруту руху від пункту відправлення до пункту призначення.

Системи запобігання зіткненням - бортові автомобільні системи визначення безпечної дистанції за даних дорожніх умов та швидкості руху, з деякими функціями за безпосереднім управління автомобілем.

Наведений перелік основних компонентів інтелектуальних систем дозволить орієнтуватися в структурі цих систем та умовах їх взаємодії при виконанні різних завдань з організації поїздок та рухи.

Основні засади інтеграції інтелектуальних транспортних систем

Концепції розвитку інтелектуальних транспортних систем засновані на використанні досягнень засобів зв'язку та управління інформаційними процесами, комп'ютерних технологій, технічних засобів вимірювань для підвищення ефективності та безпеки транспортних систем, обмеження їхнього впливу на навколишнє середовище. Внаслідок цього технології

інтелектуальних транспортних систем мають значну сферу застосування – від автоматичної ідентифікації номерних знаків автомобілів до застосування технологій GPS під час здійснення маршрутної навігації транспортних засобів. Однак у багатьох випадках відбувається запровадження лише якихось елементів інтелектуальних транспортних систем, які виконують окремі функції. При такому вузькому функціональному підході резерви транспортних систем не можуть бути використані повною мірою. Кожен захід або технологія можуть бути корисними, проте потенційні можливості як частини інтегрованої системи не будуть реалізовані і транспортна система в цілому не набуде якісно нових можливостей. Наприклад, система виявлення дорожньо-транспортних пригод не може повністю реалізувати свої функції, якщо не буде підсистемою складної системи управління рухом та перевезеннями на даній території. Тому окремі підсистеми мають бути інтегровані у загальній інтелектуальній транспортній системі задля досягнення єдиних цілей.

Аналіз розвитку інтелектуальних транспортних систем дозволяє виділити такі форми інтеграції щодо специфіки інформаційних процесів [154,156,180,183]:

- функціональна інтеграція;
- тимчасова інтеграція;
- інституційна інтеграція;
- інтеграція бази даних.

Функціональна повнота інтелектуальних транспортних систем визначає рівень відображення специфічних властивостей об'єкта управління при оцінці ситуації та формуванні впливів, що управляють. Повнота та ефективність функціональної інтеграції обумовлені можливістю збору, обробки та обміну в реальному масштабі часу наступної сукупності потоків інформації про умови протікання транспортних процесів: інформація про характеристики транспортних потоків; інформація про дорожньо-транспортні пригоди, затори та інші ситуації, що створюють перешкоди нормальному функціонуванню дороги; інформація про рух громадського транспорту та ін.

Тимчасова інтеграція обумовлена тим, що, зрештою, інтелектуальні транспортні системи можуть реалізувати всі свої можливості тільки при роботі в реальному масштабі часу. Рівень оперативності управління залежить від мінімізації в часі процесу фактичної зміни параметрів стану транспортних процесів, отримання інформації про ці зміни, вироблення та реалізації керуючих впливів. Споживчі властивості інтелектуальних транспортних систем включають насамперед саме такі вимоги: маршрутна навігація, динамічне визначення оптимальних маршрутів, інформування всіх учасників дорожнього руху. Тому збір інформації має бути організований таким чином, щоб відображати на локальному, регіональному та національному рівнях процеси, що відбуваються у транспортній системі, у реальному масштабі часу.

Інституційна інтеграція необхідна для примирення інтересів усіх сторін, що беруть участь у розробці та експлуатації інтелектуальних транспортних систем. Досвід впровадження інтелектуальних транспортних систем показує, що наукові, технологічні та технічні труднощі долаються набагато легше, ніж інституційні та організаційні проблеми [180]. Органи управління, муніципальні влади, приватні фірми намагаються зберегти свої інтереси, обмежити доступом до деякої інформації й у умовах інституційна інтеграція визначає функціональну повноту і оперативність управління. Для зниження рівня інституційних проблем доцільно проводити групування користувачів відповідно до загального функціонального призначення та однорідних технологічних параметрів.

3.3 Функціональна інтеграція інтелектуальних транспортних систем

Практично у всіх країнах перші кроки щодо інтеграції інтелектуальних транспортних систем здійснювалися на функціональному рівні на основі систематизації логічних та функціональних вимог до різних компонентів ІТС. Послідовність цих дій приведена на рис. 3.2..



Рис. 3.2. Функціональна інтеграція інтелектуальних транспортних систем

Найбільш повно принципи та умови функціональної інтеграції викладені у концепції національної архітектури інтелектуальних транспортних систем у

США. У національній архітектурі виділено 19 різних підсистем та описано умови їх взаємодії з користувачами, іншими підсистемами, оточенням [157,156]. Ці умови та вимоги не залежать від конструктивного виконання технічних засобів, технології їх виробництва, темпів розвитку окремих компонентів та підсистем ІТС. Національна архітектура визначає те, які функції виконує ця підсистема, а не те, як вона повинна виконувати ці функції. Основна перевага концепції національної архітектури полягає в тому, що компоненти ІТС можуть модернізуватися або взагалі замінюватись і функціональні вимоги до них визначають процес розвитку підсистем. Крім того, національна архітектура ІТС визначає перелік інформації, що циркулює між різними підсистемами. Передбачається, що термін дії цього варіанту навігаційної архітектури ІТС у США складе 20 років.

Звичайно, окремі компоненти інтелектуальних транспортних систем можуть функціонувати і без урахування вимог, що висуваються концепцією національної архітектури ІТС, проте забезпечувати підвищення безпеки руху, зниження токсичних викидів та витрати палива, зниження витрат на перевезення. Однак національна архітектура та стандарти ІТС можуть забезпечити інтеграцію у загальнодержавному масштабі, знизити витрати на створення ІТС, знизити ринкові ризики при просуванні технологій ІТС на ринок транспортних послуг.

Всі потенційні користувачі послуг інтелектуальних транспортних систем можуть бути згруповані в шість різних сфер, що ставлять процес перевезень та руху:

- управління перевезеннями та рухом;
- керування транзитними перевезеннями;
- керування електронними платіжками за транспортні послуги;
- керування комерційною роботою транспорту;
- керування дорожнім рухом в аварійних ситуаціях; управління безпекою руху.

У ці шість сфер включені різні напрямки діяльності, які забезпечують користувачам з конкретними функціональними запитами певні види послуг з організації перевезень та руху, інформаційного сервісу. Ці напрями сформовані під час аналізу різних конкуруючих концепцій та основою вибору закладено такі умови:

- низька початкова вартість;
- можливість альтернативного вибору техніки та технології в параметри ціна/якість;
- забезпечення вигоди для приватних операторів;
- пристосованість систем до розширення рівня взаємодії, інтеграції, підвищення їх якості;
- здатність до стандартизації, що забезпечує взаємодію та зниження ринкового ризику;
- використання існуючої інфраструктури, що дозволяє максимально використати колишні інвестиції;
- заохочення співпраці приватних та державних структур;
- підвищення безпеки дорожнього руху.

Усі 19 ключових підсистем інтелектуальних транспортних систем відповідно до виконуваних ними функцій згруповані в чотири класи: центральні підсистеми, підсистеми дорожньої мережі, автомобільні підсистеми, підсистеми віддаленого доступу до інформації. Взаємозв'язки між цими підсистемами вказано на рис. 3.3. Нижче наведено перелік самих підсистем та їх коротка функціональна характеристика стику.

Клас центральних підсистем включає дев'ять підсистем [156, 157].

Підсистема керування комерційною транспортною діяльністю- видача сертифікатів, збирання податків і мит, збирання та зберігання даних про безпеку перевезень, інформаційний обмін з іншими підсистемами комерційних перевезень, вантажовідправниками, терміналами.

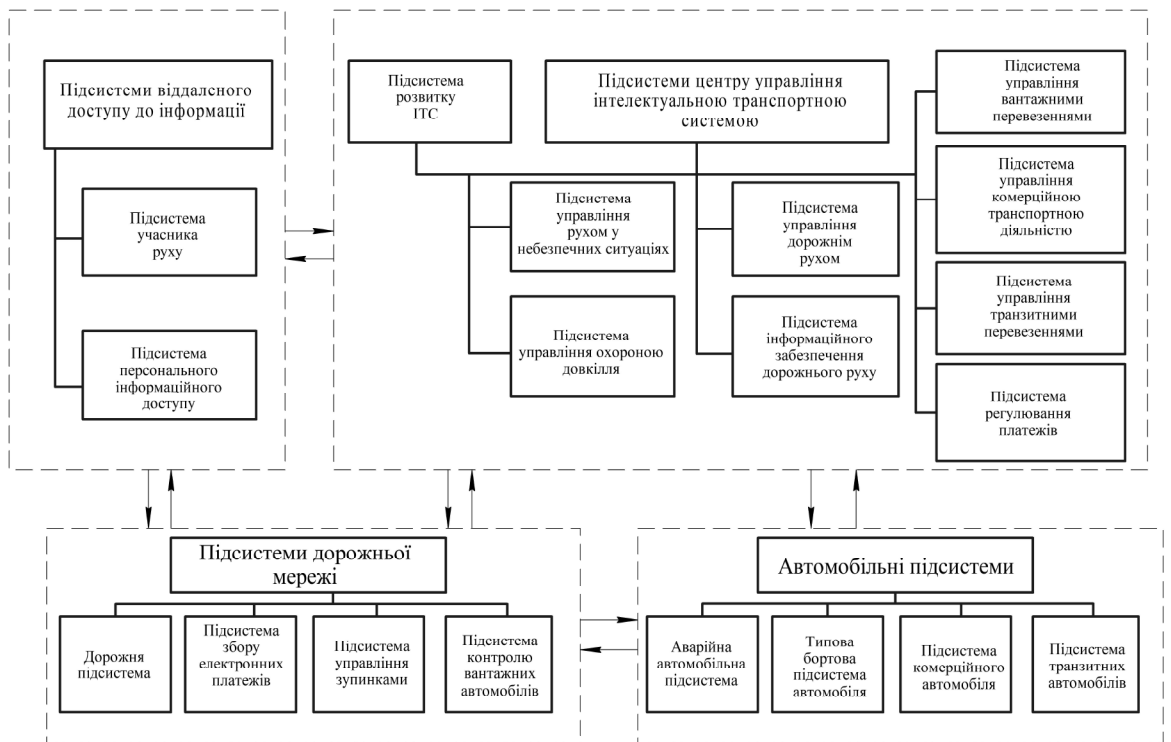


Рис. 3.3. Структура інтелектуальної транспортної системи

Підсистема керування вантажними перевезеннями - стратегічне та тактичне планування вантажних перевезень, моніторинг параметрів перевізного процесу, організація мультимодальних перевезень з координацією вантажоперевізників та терміналів, збір оперативних даних про транзитних автомобілів.

Підсистема регулювання платежів - остаточні операції за розрахунками системи електронних платежів.

Підсистема керування транзитними перевезеннями - планування перевезень, збирання та обробка даних про транзитні транспортні засоби.

Підсистема управління у небезпечних ситуаціях - координація заходів з управління дорожнім рухом у разі виникнення дорожньо-транспортних пригод, перевезення небезпечних вантажів.

Підсистема управління охороною навколишнього середовища - збирання та обробка інформації про токсичні викиди транспортних потоків, організація перевезень та руху з урахуванням вимог охорони навколишнього середовища.

Підсистема розвитку ІТС - забезпечення оптимального планування розвитку інтелектуальних транспортних систем, збирання та обробка даних інших центральних підсистем, забезпечення цими аналітичними даними процесу проектування розвитку транспортних систем.

Підсистема керування дорожнім рухом - збирання та обробка даних про характеристики транспортних потоків, управління дорожнім рухом, виявлення дорожньо-транспортних пригод при взаємодії з підсистемами дорожньої мережі, забезпечення інших підсистем даними про характеристики транспортних потоків.

Підсистема інформаційного забезпечення - організує інформаційне забезпечення всіх учасників руху на основі отримання та узагальнення інформації від інших підсистем у реальному масштабі часу, надає персональні інформаційні дані щодо індивідуальних запитів у процесі динамічного управління маршрутом. Інформаційний сервіс є ключовим елементом організації мультимодальних перевезень, включаючи до транспортну інформацію, планування маршруту, взаємодію видів транспорту в транспортних вузлах.

Клас підсистем дорожньої мережі складається із чотирьох підсистем.

Дорожня підсистема - забезпечує моніторинг характеристик транспортних потоків та дорожніх умов для керування дорожнім рухом, надає дорожню інформацію за допомогою світлофорів, дорожніх знаків, інформаційних табло.

Підсистема збору електронних платежів - координація роботи пунктів збирання платежів на дорогах.

Підсистема керування стоянками - моніторинг параметрів роботи паркувань, інформування водіїв про наявність вільних місць конкретних парковках, збирання плати за паркування.

Підсистема контролю вантажних автомобілів - документальний контроль вантажних автомобілів, перевірка виконання вимог щодо безпеки

перевезень, повідомлення водіям та операторам про результати контролю, передача даних у підсистему регулювання комерційної транспортної діяльності.

Автомобільні підсистеми складаються з бортових комп'ютерних інформаційних пристроїв, які одержують інформацію від центральних підсистем та підсистем дорожньої мережі. У національній архітектурі інтелектуальних транспортних систем США класифіковано такі варіанти підсистем [156, 157].

Типова бортова підсистема - Виконує стандартні функції для всіх типів автомобілів: маршрутну навігацію, ідентифікацію при електронних платіжках, круїз-контроль, забезпечення безпечної дистанції слідування за лідером.

Підсистема транзитного автомобіля - забезпечує взаємодію України з підсистемою управління транзитними перевезеннями, надає дорожню інформацію за маршрутом слідування, забезпечує збереженість вантажів, безпека водія та пасажирів.

Підсистема комерційного автомобіля - зберігає дані для контролю безпеки руху, дані проходження контрольних пунктів, прямі та зворотні сполучення між водієм і підсистемою управління вантажними перевезеннями, містить усі відомості про транспортний засіб, водія, вантаж, що перевозиться, маршрут слідування.

Аварійна автомобільна підсистема - забезпечує незалежний аварійний виклик та відповідний статус у підсистемі управління у аварійних ситуаціях.

Підсистеми віддаленого доступу інформації забезпечують доступ до транспортної інформації залежно від потреб користувача. Ці підсистеми може бути як державними, і приватними.

Підсистема учасника руху - забезпечує отримання інформаційних слуг у будь-якій точці маршруту, включаючи забезпечення безпеки під час поїздки та зупинки у транзитному сполученні.

Підсистема персонального інформаційного доступу - інформація про поїздки, дорожні умови, безпеку руху на запит з будь-якого комп'ютера, існує

можливість персонального обмеженого доступу для певних категорій користувачів.

Функціональна інтеграція найбільшою мірою позначається на ефективності таких операцій як вибір оптимальних маршрутів та здійснення контролю за їх проходженням у реальному режимі часу, інтеграція організації перевезень та руху. Алгоритм реалізації цих функцій наведено на рис. 3.4.

Функціональні взаємозв'язки показують рівень інтеграції інтелектуальних транспортних систем необхідний виконання цих складних операцій. Вибір маршрутів здійснюється на основі запитів широкого кола користувачів – водіїв, пасажирів, менеджерів транспортних фірм. Після всіх етапів вибору маршруту, цей маршрут вказується користувачеві: водієві через автомобільну підсистему, пасажирам за допомогою відповідних інформаційних систем, менеджерам транспортних фірм до їх систем управління перевезеннями. Управління рухом вибраним маршрутом здійснюється в покроковому режимі, іноді званому "поворот за поворотом

В інтелектуальних транспортних системах передбачено різні варіанти вибору маршруту в залежності від розташування користувача (транспортний засіб, робоче місце, пасажирський термінал) та технічних засобів інформаційного доступу. Одностороння передача даних підсистемою інформаційного провайдера по виділеному радіоканалу для всіх водіїв, що налаштувалися на цей канал, містить лише найбільш загальну інформацію та не враховує цілі кожного водія. Національна архітектура підтримує автономний вибір маршруту руху в автомобільній підсистемі та динамічний вибір маршруту, що здійснюється через підсистему інформаційного провайдера. Звичайно, автономні маршрути, надані водієві автомобільною підсистемою, визначені на персональний запит до конкретного пункту призначення, але вони можуть не відповідати реальній дорожній обстановці.

Найбільш повне функціональне забезпечення вибору маршруту в реальному масштабі часу здійснюється в режимі клієнт-сервер, "запит-відповідь" між водієм та підсистемою інформаційного провайдера. При цьому

методі динамічного керування маршрутом будь-який водій може використовувати повну інформаційну базу про дорожню мережу та характеристики транспортних потоків, яка постійно оновлюється і містить найбільш достовірні дані про умови функціонування транспортної мережі.

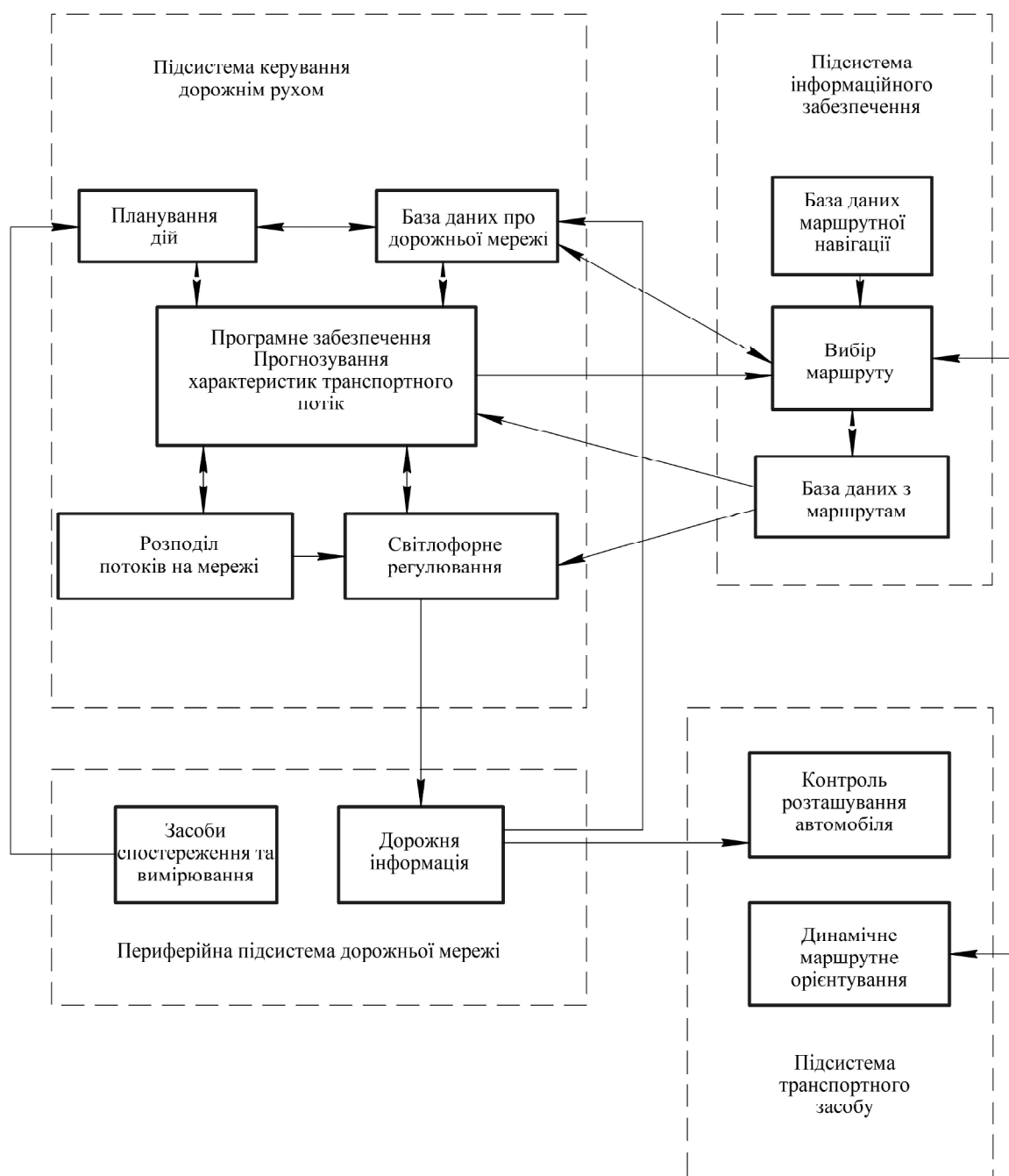


Рис. 3.4. Управління дорожнім рухом з динамічним вибором маршруту

У той же час, незалежно від режиму функціонування, підсистема інформаційного провайдера може бути клієнтом, що запитує інформацію від

інших підсистем ІТС. Ця інформація має бути регулярною та оперативною, а певний перелік параметрів має надходити в реальному режимі часу для того, щоб інші підсистеми ІТС підвищили свою ефективність, а користувачі якісний інформаційний сервіс.

Для вибору маршруту поїздки зазвичай потрібна наступна інформація: початковий та кінцевий пункт поїздки, час відправлення та бажаний час прибуття, вид транспорту, кращі альтернативні маршрути або проміжні пункти, через які повинен проходити маршрут. Користувачі інтелектуальних транспортних систем можуть як під час підготовки до поїздки, так і під час самої поїздки змінити свої плани та запросити від підсистеми інформаційного провайдера нові варіанти маршруту з іншим часом початку поїздки мультимодальний характер поїздки і т.д.

При виборі конкретного плану поїздки з кількох альтернативних варіантів, користувач може зберегти конфіденційність маршруту і не підтверджувати вибір цього маршруту. Однак, коли для здійснення поїздки необхідно здійснювати операції, пов'язані із взаємодією з іншими підсистемами ІТС, підсистема інформаційного провайдера вимагає підтвердження вибору певного маршруту. Це необхідно при плануванні мультимодальних поїздок та зворотного транзиту (підсистема управління транзитними перевезеннями), маршрутів руху автомобілів аварійних служб (підсистема управління дорожнім рухом), бронюванні місць на стоянках (підсистема управління стоянками).

Після підтвердження якогось із запропонованих варіантів маршруту поїздки користувач отримує повну інформацію, що включає час початку поїздки, послідовний список проходження окремих ділянок маршруту, час проходження цих ділянок, обмеження щодо організації дорожнього руху. При відповідних інформаційних можливостях, користувачеві можуть повідомити ідентифікаційний номер, і користувач має можливість визначати своє місцезнаходження на дорожній мережі. У цьому випадку, при визначенні істинного розташування користувача, підсистема інформаційного провайдера при зміні обстановки може запропонувати користувачеві більш зручний

маршрут. Такі функції дають змогу інтегрувати дії підсистеми інформаційного провайдера з іншими підсистемами ІТС. Підсистема інформаційного провайдера може повідомити про обраних та що здійснюються маршрути підсистеми управління дорожнім рухом, підсистеми управління транзитними перевезеннями, щоб прогнозувати очікуваний рівень транспортного навантаження.

Дані, отримані підсистемою керування дорожнім рухом від підсистеми дорожньої мережі та пробних автомобілів, використовуються для аналізу стану транспортного потоку та оцінки якості функціонування транспортної мережі. Технічні засоби підсистеми управління дорожнім рухом на основі цієї інформації здійснюють розрахунок параметрів світлофорного регулювання та управління світлофорними об'єктами, дорожніми знаками, інформаційними табло, придорожніми маяками.

При високому рівні інтеграції компонентів ІТС підсистема управління транзитними перевезеннями може запитувати про надання пріоритетного проїзду певним категоріям автомобілів. Підсистема управління в аварійних ситуаціях може вимагати право пріоритетного руху автомобілям аварійних служб вибір, маршрутів яких і подальше маршрутне орієнтування здійснюються за допомогою підсистеми інформаційного провайдера. Архітектура ІТС підтримує також надання пріоритету різним категоріям автомобілів при інформаційному супроводі каналами УКХ.

Перевагою таких принципів функціонування є те, що підсистема управління рухом зберігає в базі даних маршрути руху цих автомобілів і тому може здійснювати пріоритетне регулювання з мінімальними труднощами інших типів автомобілів в транспортному потоці, враховуючи сумарну затримку всіх транспортних засобів. При здійсненні глобального моніторингу інформаційних потоків різні територіальні підсистеми управління рухом можуть взаємодіяти один з одним, обмінюючись інформацією про транспортне навантаження, місця концентрації ДТП, дорожніх умовах, заходах, що викликають тимчасове підвищення інтенсивності руху.

Підсистема дорожньої мережі, використовуючи власні технічні засоби реєстрації характеристик транспортних потоків, може передавати підсистемі управління рухом додаткову інформацію про характеристики транспортних потоків, погодні умови, стан покриття. Підсистема управління транзитними перевезеннями та підсистема інформаційного провайдера також можуть повідомляти підсистему управління рухом інформацію про реальне місцезнаходження автомобілей та маршрути їх руху.

У складних дорожніх умовах та заторових ситуаціях підсистема управління рухом забезпечує пріоритетний проїзд лише для спецавтомобілів: пожежники, швидка допомога, міліція. У умовах функціонування транспортної мережі здійснюється оптимізація всіх учасників руху. З розвитком засобів зв'язку та інформаційних технологій кількість автомобілів, що здійснюють рух за допомогою навігаційних систем, може настільки збільшитися, що оптимізація маршрутів у реальному режимі часу впливатиме на весь транспортний потік.

Автомобільні бортові підсистеми у процесі маршрутної навігації взаємодіють лише з підсистемою інформаційного провайдера (рис. 1.26). Це відповідає очікуванням користувачів отримання персоніфікованої інформації. Відповідно до цієї схеми підсистема управління рухом повідомляє підсистемі інформаційного провайдера прогнозовану модель транспортних зв'язків, модель транспортної мережі, обмеження щодо організації дорожнього руху, характеристики транспортних потоків. У свою чергу підсистема інформаційного провайдера інформує підсистему управління рухом при плануванні автомобільних маршрутах.

4. ВПРОВАДЖЕННЯ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ В РЕГУЛЬОВАНІЙ МЕРЕЖІ

4.1 Інституційна інтеграція

Практично в усіх країнах склалося досить жорстке поділ функцій держави, міської влади, приватних фірм у розвитку інтелектуальних транспортних систем. Роль органів державної влади у реалізації політики розвитку інтелектуальних транспортних систем полягає у вирішенні наступних завдань:

- аналіз основних напрямів розвитку інтелектуальних транспортних систем та законодавче забезпечення державної політики щодо розвитку інтелектуальних транспортних систем;
- координація у загальнодержавному масштабі проектів розробки ІТС, проведення експертизи різних проектів;
- реалізація демонстраційних проектів інтелектуальних транспортних систем;
- проведення науково-дослідних робіт;
- навчання персоналу та технічне керівництво при впровадженні та експлуатації інтелектуальних транспортних систем;
- контроль за розробкою стандартів, що регламентують вимоги до інтелектуальних транспортних систем;
- пайове фінансування проектів розвитку ІТС у співпраці з організаціями інших форм власності.

Діяльність регіональних та міських органів управління спрямована на створення транспортної, дорожньої та інформаційної інфраструктури та забезпечення сумісності різних компонентів інтелектуальних транспортних систем, що функціонують на цій території. Особлива увага звертається на інтеграцію ІТС, інтермодальність та багатофункціональність їх властивостей.

Приватний бізнес бере активну участь у комерціалізації технологій інтелектуальних транспортних систем.

Однак на різних етапах розвитку ІТС співвідношення між державою та приватним бізнесом мають різний характер. Аналіз розвитку інтелектуальних транспортних систем у різних країнах показує, що спочатку програми створення ІТС приймалися на державному рівні з відповідним бюджетним фінансуванням. Надалі програми розвитку ІТС, як і раніше, координувалися на державному рівні, але все більше значення приділялося комерційним аспектам функціонування ІТС, фінансовому партнерству державних, муніципальних та приватних організацій. Саме цей типовий шлях розвитку пройшли майже всі країни [140, 175, 177, 180].

Наприклад у Данії перший документ, який визначив національну політику щодо ІТС, називався "Телематика в управлінні дорожнім рухом та перевезеннями" і був прийнятий у 1990 [175]. У цьому проекті були сконцентровані основні завдання та напрями досліджень. У 1993-95 р.р. було проведено коригування цієї програми. У 1996 р. було прийнято новий план розвитку, основний концепцією якого є стратегічне значення інтелектуальних транспортних систем під час реалізації транспортної політики. У 1998 р. у програму розвитку ІТС включені ідеї комерційного використання та сформована концепція ринкової орієнтації функціонування інтелектуальних транспортних систем, дослідження та моделювання потенційного ринку компонентів ІТС. Подібний типовий шлях розвитку пройшли багато інших країни.

4.2 Інтеграція баз даних

До створення інтелектуальних транспортних систем практично всі організації, що функціонують у сфері управління дорожнім рухом та перевезеннями, мали власні бази даних. При цьому дублювались роботи зі збору та обробці інформації, збільшувалися витрати на утримання систем управління, була відсутня оперативність при вирішенні багатьох завдань, що вимагають прийняття рішень у реальному масштабі часу.

Технологічними:

- централізовані системи управління базами даних мають обмежені можливості масштабування, при значному зростанні джерел даних та кількості користувачів погіршуються експлуатаційні показники;
- централізовані бази даних недостатньо добре адаптуються до умов роботи у разі виникнення систем з новими способами отримання інформації та розширенням функціональних можливостей;
- інформаційні системи з високим ступенем централізації є дорогими внаслідок того, що при певних розмірах системи їхня топологія вступає в суперечність з новими інформаційними технологіями, які вимагають створювати розподілену топологію для підвищення надійності та економічної ефективності параметрах "витрати-доходи".

З урахуванням цих недоліків, керувати дорожнім рухом інтенсивно розробляються системи розподілених баз даних умов роботи у реальному режимі часу. Ці концепції нині застосовуються до створення регіональних центрів управління дорожнім рухом [189]. Пріоритет децентралізованого мережевого топології віддається внаслідок наступних переваг:

- будь-якому користувачеві в будь-якому пункті зони управління забезпечується гнучкий доступ до системи для повного інформаційного сервісу процесу дорожнього руху, що значно розширює можливості оперативної реалізації керуючих впливів;

- децентралізація баз даних підвищує надійність функціонування інтелектуальних транспортних систем, оскільки обмежується доступ на центральний сайт та усувається необхідність ранжирування всіх користувачів системи;

- з'являється можливість створення віртуальних центрів управління.

Хоча децентралізація забезпечує значне підвищення ефективності функціонування систем, проте, за реалізації цього підходу значними обмеженнями є необхідність сумісності технічних засобів, програмного забезпечення, баз даних. Проте досвід експлуатації інтелектуальних транспортних систем показав, що переваги децентралізації переважають їхні недоліки.[158, 175,183, 189].

Трирівнева архітектура клієнт/сервер є основною концепцією створення баз даних, які забезпечують функціонування інтелектуальних транспортних систем [158]. За такої структури будь-яка організація може інтегруватися в ІТС з існуючою базою даних щодо характеристик транспортних потоків та геоінформаційних систем дорожніх мереж.

Переваги трирівневої клієнт/серверної системи полягають у надійності, гнучкості, свободі вибору програмного забезпечення, однорідності, прозорості. Ступінь надійності є високою, оскільки порушення в роботі при виході з ладу одного із серверів можна компенсувати включенням до конфігурації системи резервуючого сервера. Гнучкість цієї архітектури забезпечується тим, що модифікація будь-якої з підсистем не вплине на функціонування всієї системи. Модульний принцип трирівневої архітектури дозволяє мати свободу вибору програмного забезпечення кожної з підсистем.

Переваги трирівневої системи клієнт/сервер простежуються під час аналізу структурної схеми, зображеної на рис. 4.1. Ця структурна схема демонструє, що бази даних можуть бути доступні безлічі користувачів. Децентралізований підхід дозволяє адаптуватися до специфічних вимог при керуванні дорожнім рухом, коли для вирішення різних завдань створюються комбінації різних користувачів. Тому наступним етапом розвитку є концепція

віртуальних баз даних, яка передбачає доступ різних користувачів до інформаційних баз за характеристиками дорожнього руху (рис. 4.2).

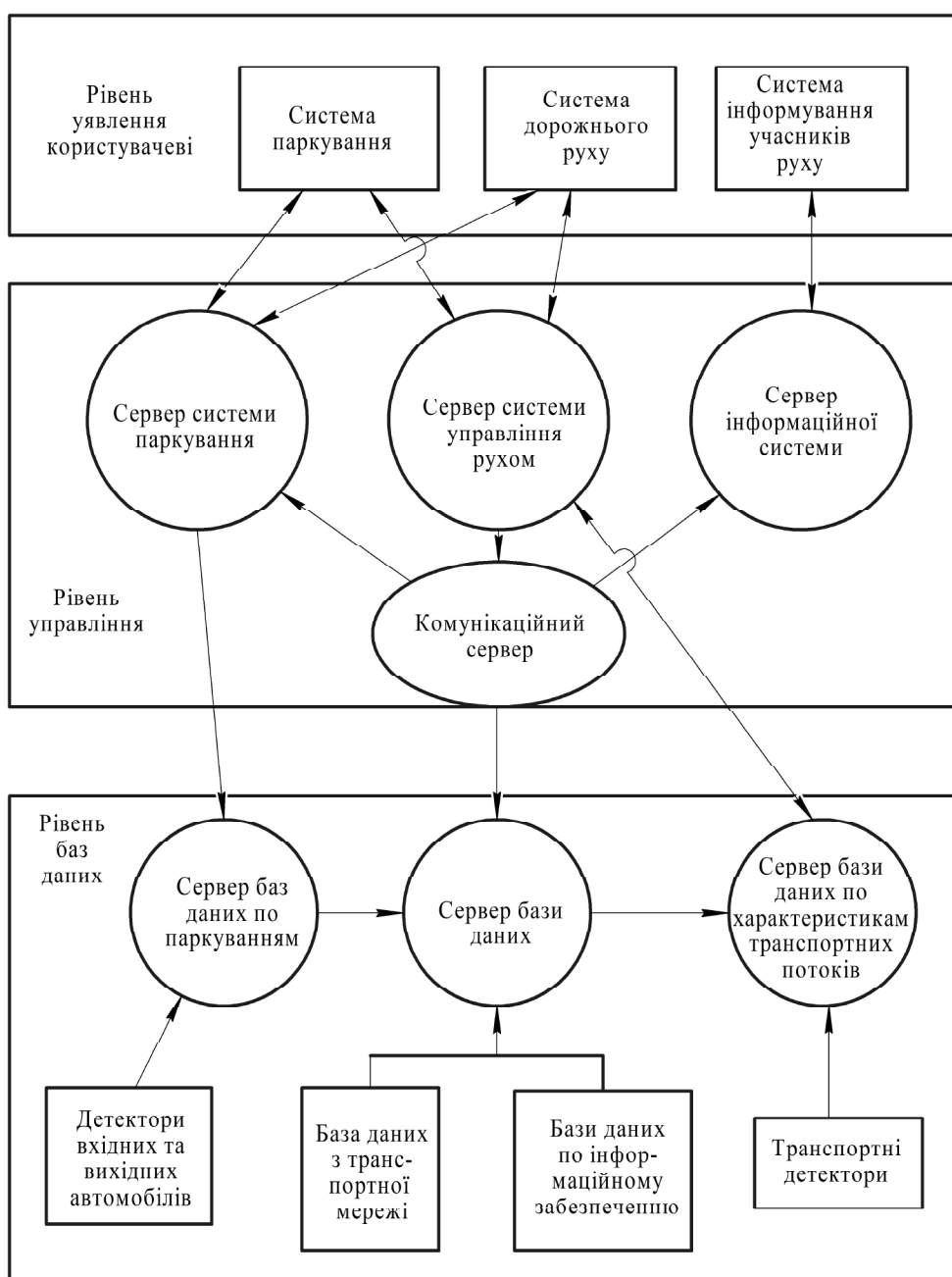


Рис. 4.1. Структура трирівневої архітектури інтелектуальної транспортної мережі

Особливо актуальним це для виявлення дорожньо-транспортних пригод та усунення їх наслідків, управління дорожнім рухом у складних умовах. Сфери відповідальності за прийняття рішень змінюються для різних ситуацій, при

цьому в багатьох випадках структури, що приймають рішення, навіть не включені в централізовані центри управління рухом. Тому в перспективі великі центри управління не обов'язково відіграватимуть провідну роль в процесі управління рухом.

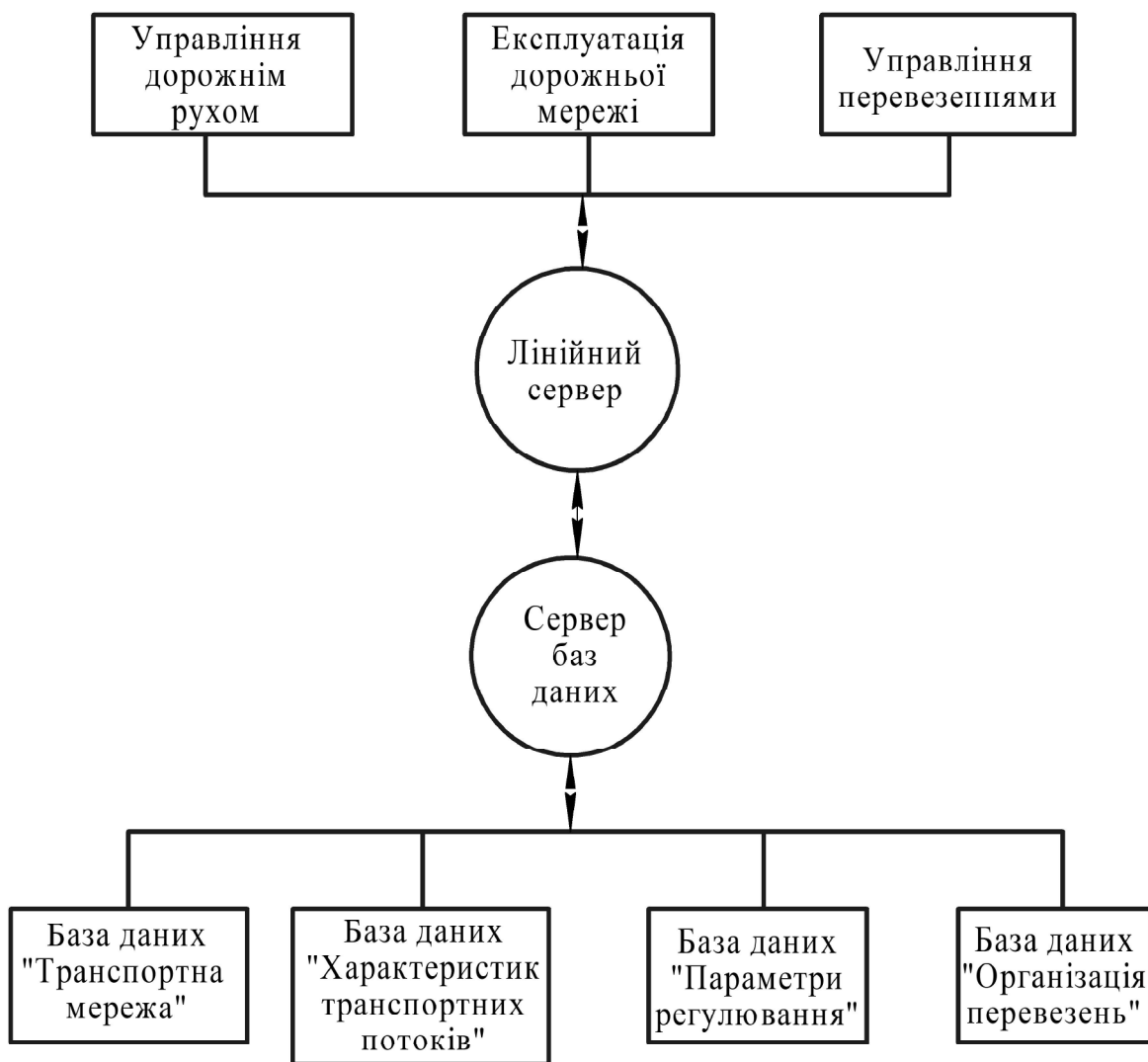


Рис. 4.2. Структура віртуальної бази даних

4.3 Результати моделювання руху в регульованій мережі користуванням навігаційних систем

Як показав аналіз напрямів розвитку інтелектуальних транспортних систем, проведений у першому розділі, одним із актуальних є застосування технологій ІТС для управління рухом маршрутного транспорту та

інформаційного забезпечення учасників руху [134, 136]. Одним із проявів реалізації цього напрямку стало широке використання навігаційних систем на маршрутному транспорті. Спочатку ці системи використовувалися, в основному, лише для цілей диспетчерського управління: постійне визначення розташування транспортних засобів на маршруті, контроль за виконанням розкладу руху, оперативна інформація про аварійні ситуації. Проте постійно відбувається розширення функцій ІТС під час управління рухом маршрутним транспортом.

Причинами такого інтересу є, з одного боку, прагнення підвищити привабливість маршрутного транспорту порівняно з легковими автомобілями, а з іншого, поява технічних засобів, котрі можуть реалізувати ці завдання. Однак існує проблемна ситуація, яку потрібно вирішити, щоб повною мірою використати можливості ІТС при управлінні рухом маршрутного транспорту на перетинах, що регулюються. Ця ситуація полягає в розмитості існуючих критеріїв доцільності організації пріоритетного руху маршрутного транспорту, відсутності даних допустимих розмірів пасажиропотоку, поєднанні інтенсивності руху на основному та конфліктуючому напрямках.

Проте найважливішою інформацією для організації руху для маршрутного транспорту в таких специфічних умовах є визначення можливих значень відстані до стоп-лінії, з якої проводиться ідентифікація автобусів, що мають навігаційні системи маршрутного орієнтування. Фактично в умовах навігаційних систем ця відстань може змінюватися від місцезнаходження стаціонарного детектора транспортного перегону до попереднього перехрестя по всій довжині. Тому найважливіші завдання, які мають бути вирішені насамперед, полягають в оцінці того, чи існують відмінності в ефективності роботи громадського транспорту при ідентифікації автобусів на різній відстані від перехрестя.

Для цього було проведено модельні експерименти. Укрупнений алгоритм моделювання показано на рис 4.3.

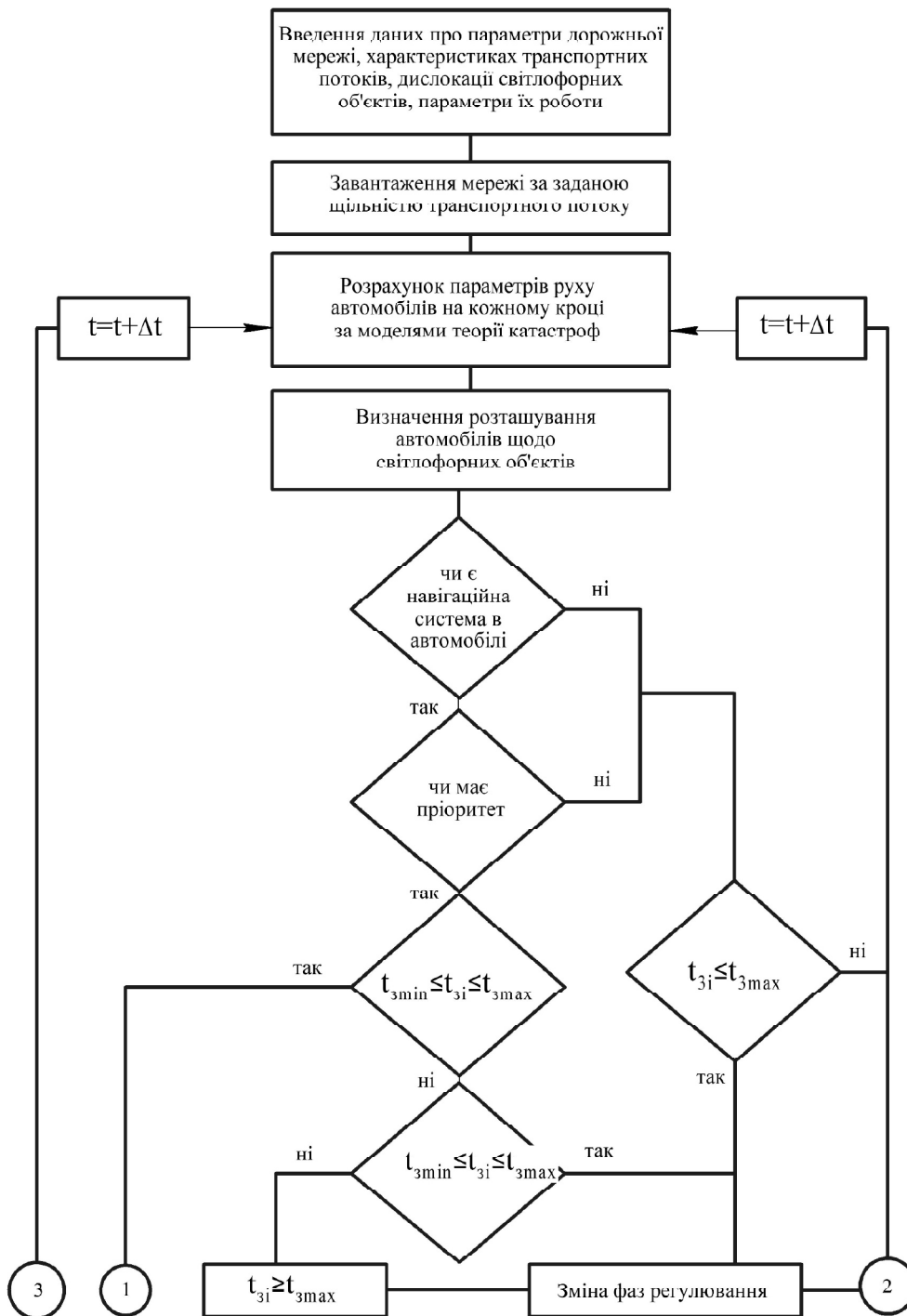


Рис. 4.3. Укрупнений алгоритм моделювання руху на регульованому перетині в умовах навігаційних систем

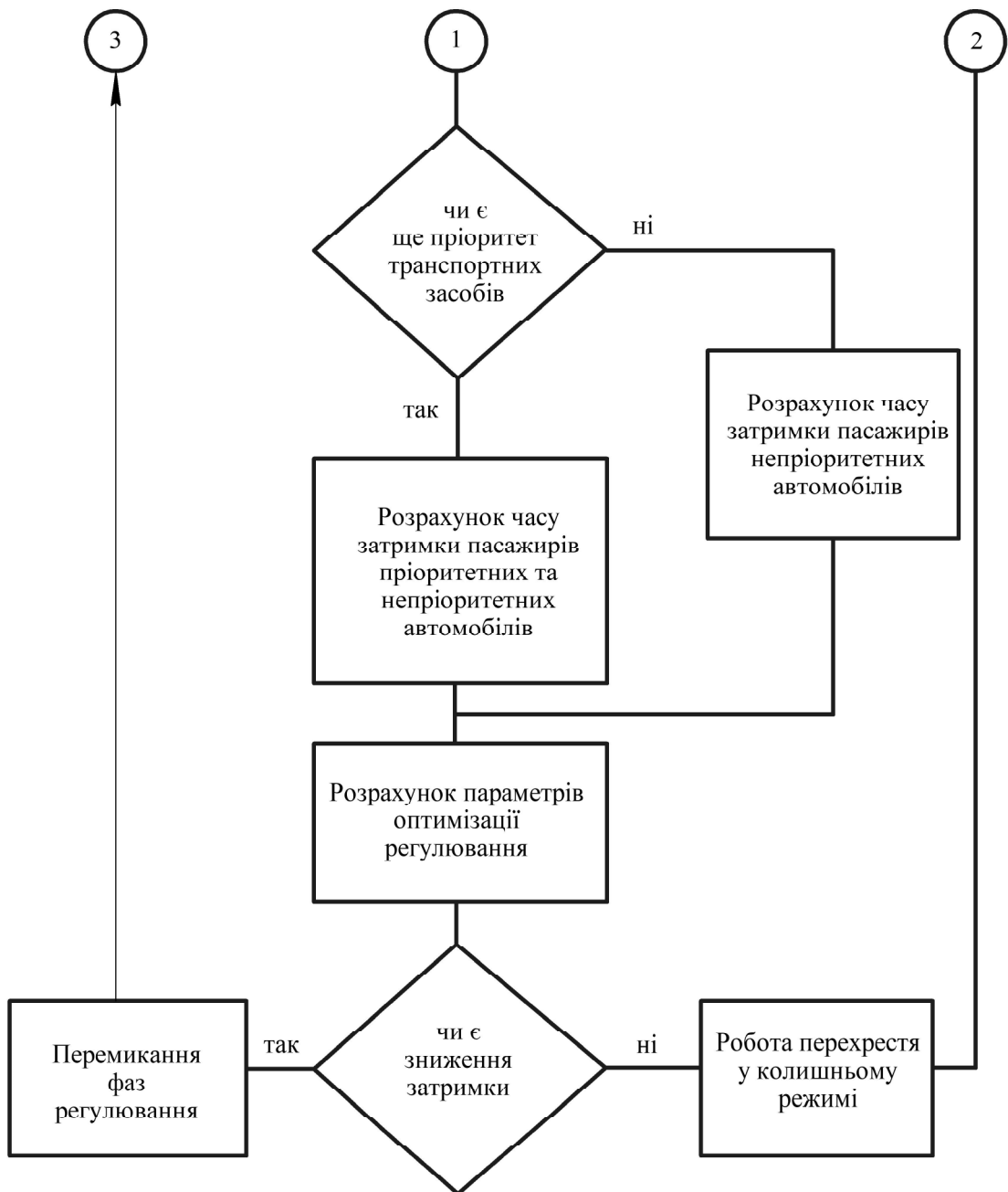


Рис. 4.3. Укрупнений алгоритм моделювання руху на регульованому перетині в умовах навігаційних систем (Продовження)

Результати моделювання дозволяють зробити висновок вплив відстані ідентифікації на затримки пасажирів. При моделюванні прораховувалися ситуації зі зміною сумарного пасажиропотоку на перетині від 5 до 10 тис. пас/год та відстані виявлення маршрутних транспортних засобів від 40 до 240 м від стоп-лінії.

Встановлено, що в залежності від величини пасажиропотоку змінюється оптимальна відстань до стоп-лінії, з якої доцільно контролювати розташування автобуса для організації пріоритетного руху на регульованому перехресті (рис. 4.4).

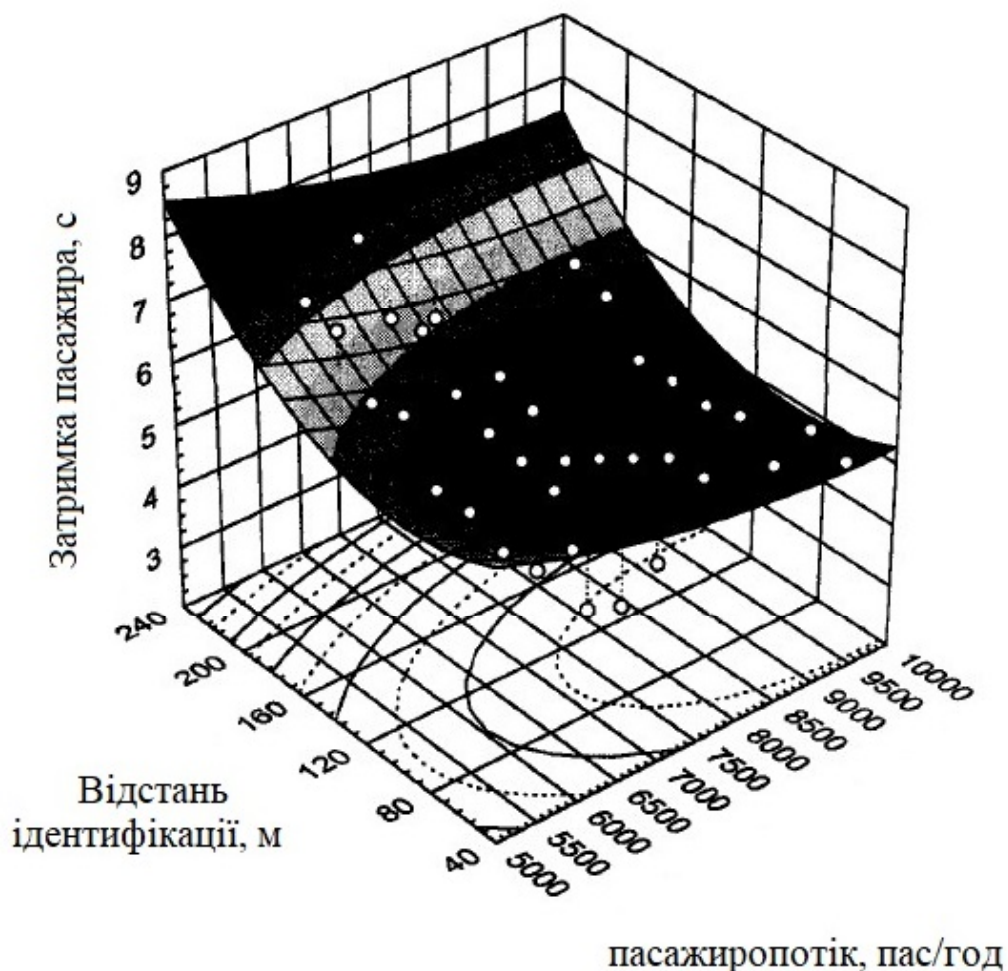


Рис. 4.4. Зміна часу затримки на різній відстані ідентифікації транспортного засобу

Відстань ідентифікації, на якій забезпечується мінімізація сумарних затримок для пасажиропотоку на перетині, становить від 80 до 140 м. Отже, навігаційні системи дозволяють підвищити ефективність організації пріоритетного руху.

Ця зміна відстані ідентифікації впливає і на можливість роботи регульованого перетину в різних варіантах, відповідно до класифікації,

формалізованої в рівняннях 4.5-4.12. результати моделювання на концептуальному рівні відповідають основним положенням теорії транспортних потоків. Отримано також нову інформацію про закономірності роботи регульованого перетину у пріоритетному режимі (рис. 4.5).

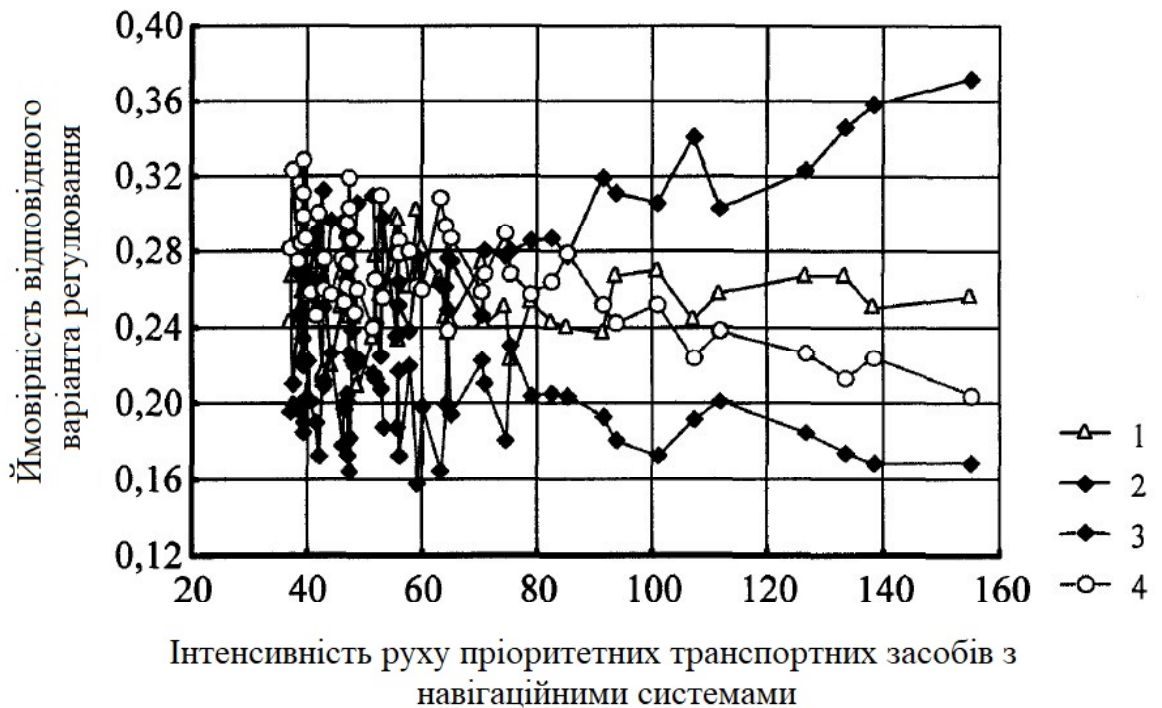


Рис. 4.5. Можливість варіантів регулювання світлофора при різній інтенсивності руху пріоритетних транспортних засобів

- 1 - без коригування основного такту;
- 2 - продовження зеленого сигналу на основному напрямку;
- 3 - скорочення тривалості червоного сигналу на конфліктному напрямку;
- 4 - скорочення тривалості червоного сигналу після закінчення на конфліктному напрямі t_{3min}

При найбільш типовій інтенсивності руху пріоритетних автобусів в діапазоні від 30 до 80 од./год. ймовірність роботи регульованого перетину у виділених чотирьох варіантах зазнає значних змін, що, очевидно, визначається переважанням стохастичної складової при невеликій інтенсивності руху.

Імовірність роботи перехрестя без продовження зеленого сигналу (варіант 1) змінюється від 0,21 до 0,3. Імовірність продовження зеленого сигналу для автобусів із навігаційними системами (варіант 2) знаходиться в області 0,21-0,31. Імовірність існування ситуації, коли автобус з навігаційною системою прибуває до перехрестя на забороняючий сигнал, але до завершення конфліктуючого напрямку t_{3min} (варіант 3) змінюється від 0,16 до 0,25. Можливість коригування заборонного сигналу (варіант 4) може змінюватись від 0,22 до 0,32.

Друга характерна ділянка знаходиться в діапазоні інтенсивності руху автобусів з навігаційними системами від 80 до 120 од./год. У цьому діапазоні ймовірність зміни структури можливих варіантів регулювання значно менша і виявляється тенденція збільшення ймовірності продовження тривалості зеленого сигналу при зменшенні ймовірності варіантів 3 та 4. При інтенсивності руху маршрутних автобусів з навігаційними системами понад 120 од./год. є чіткий тренд без істотних коливань.

Тоді слід враховувати, що можливість існування різних варіантів регулювання залежить також від конкретних параметрів світлофорного регулювання. Зокрема, чим більший максимально можливий час продовження зеленого сигналу щодо розрахункового жорсткого циклу, тим більша ймовірність функціонування перетину в умовах другого варіанта.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота магістра містить отримані результати, які в сукупності вирішують наукове завдання підвищення ефективності функціонування інтелектуальних транспортних систем на основі прогнозування параметрів дорожнього руху на регульованій мережі у реальному масштабі часу. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити такі висновки:

Аналіз стану та перспектив розвитку стратегій управління дорожнім рухом та перевезеннями показав, що застосування новітніх розробок інформаційних технологій, комп'ютерної техніки, сучасних видів зв'язку, ефективних навігаційних систем, технічних засобів збору, обробки інформації та регулювання дорожнього руху стримується недостатніми науковими знаннями у галузі теорії транспортних потоків для використання всього спектра функціональних можливостей зазначених розробок за умов ІТС.

В результаті модельних досліджень визначено умови ідентифікації маршрутного транспорту, обладнаного навігаційними системами з урахуванням інтенсивності його руху на мережі з метою зниження затримок на перетинах, що регулюються.

Запропоновані з урахуванням особливостей функціонування ІТС алгоритми дозволяють вирішувати широкий спектр практичних завдань щодо оптимізації розподілу транспортних потоків на мережі та динамічного керівництва маршрутами окремих автомобілів. Вони враховують вимоги до екологічних показників, безпеки руху та умов поїздки, а також реальний стан вулично-дорожньої мережі..

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A partnership for progress. Kwachon field operation test. "Traffic technology international". Oct/Nov, 1998, p.p. 21-23.
2. Abdel-Rabin A., Taylor W.G., Bangia. A. The SCATS effects. "Traffic technology international". Feb/Mar., 1998, p.p. 57-60.
3. Armour M. Effect of police presence on driving speeds. Australian Road Research. 1984. Vol. 14. №3, p.p. 142-148.
4. Atalla G. Tagged for trade. A technology survey for commercial border clearance. "Traffic technology international". Dec98/Jan99, p.p. 39-41.
5. Bauman D., Fierro D. Intelligent Transportation System in plain English. "Traffic technology international". Oct/Nov, 1998, p.p. 53-56.
6. Bergan A.T., Taylor W.B., Bushman R. Keep on trucking. Safer commercial traffic with ITS. "Traffic technology international". Annual Review. 1998, p.p. 239-242.
7. Black R. Driven to distraction. "Traffic technology international". April/May, 1998, p.p. 74-77.
8. Bossom R. A System Architecture for ROMANSE. Traffic Technology International, Oct./Nov. 1997, p.p. 95-99.
9. Chang G., Vasudevan M., Su C Modelling and evaluation of adaptive bus - preemption control with and without automatic vehicle location systems. Transpn. Res., vol. 30, № 4, 1996, p.p. 251-268.
10. Chang M.F., Herman R. Trip time versus stop time and fuel consumption characteristics in cities. "Transp. Sci.". 1981, vol. 15, №3. p.p. 183-209.
11. Chin-Ping Chang E., Ho K.K., Lin Kuo-Wei. Integrated freeway management in Taiwan. "Traffic technology international". Oct/Nov, 1996, p.p. 42-46.
12. Chowdbury M., Pol J., Franclin G. Tailoring on architecture. "Traffic technology international". Aug/Sept, 1998, p.p. 88-94.

13. Daniel T., Lepers B. Automatic incident detection: a key tool for intelligent traffic management. "Traffic technology international". Annual Review. 1996, p.p. 158-162.
14. DeMorrانville B. Intelligent transit management. "Traffic technology international". Feb/Mar, 1997, p.p. 68-71.
15. Dempsey P., Nuttal I. Making a market. First steps to driver information services. "Traffic technology international". April/May, 1998, p.p. 64-69.
16. Duncan N.C. A further look at speed/flow/concentration. "Traffic Eng. And control". 1979, vol.20, p.p. 482-483.
17. El - Reedy T., Ashworth R. The effect of bus detection on the performance of a traffic signal controlled intersection. Transpn Res., vol. 12, 1978, p.p. 337-342.
18. Elvis T. Deterring bus lane bandits. Traffic Technology International. Annual Rev. 1998, p.p. 192-194.
19. Fenzi A., Bolelli A., Sacca G. INFOTEN Italia. Multimodal passenger information services. "Traffic technology international". Feb/Mar., 1998, p.p. 47-51.
20. Gautier J.M. AIDA. Towards information superhighways. "Traffic technology international". Annual Review. 1998, p.p. 227-229.
21. Gerlough D., Hueber M. Traffic flow theory - A Monograph. Transportation Research Board. Special Report 165, Washington D. C 220 p.
22. Gibson D., Ross P. Simulation of traffic in street networks. Transp. Eng., 1977, vol. 57, № 12, p.p. 19-27.
23. Gipps P., Wilson B. Multsim: A computer package for simulating multilane traffic flows. Proc, 4th Biennial Conf, Simulation Soc. Aust., 1980.
24. Herman R., Malakhoff L. A., Ardekani S. A. Trip time-stop time studies of extreme driver behaviors." Transp. Res.". 1998, vol. 22A, №6. p.p. 427-433.
25. Herremans R., Stelt E. Hide and speak. Using communication to improve enforcement - the Dutch approach. "Traffic technology international". Feb/Mar., 1998, p.p. 99-104.

26. Heydecker B. Capacity at a signal - controlled junction where there is priority for buses. *Transpn. Res.*, vol. 17B, 1983, p.p. 341-357.
27. Holroyd E., Scraggs D. Waiting times for buses in Central London. *Traffic Engng and Control* 8(3), 1966, p.p. 158-160.
28. Hooker J. Optimal driving for single - vehicle fuel economy. *Transportation Research*, 1988, vol. 22A, p.p. 183-201.
29. Integration is the key. "Traffic technology international". *Annual Review*. 1998, p.p. 25-30.
30. Jacobson J., Sheffi Y. Analytical model of traffic delays under bus signal preemption: theory and application. *Transpn Res.*, vol, 15B, 1981, p.p. 127-138.
31. Jaffe R.S. The US National ITS Architecture. Part 1 - Definition. "Traffic technology international". Aug/Sept, 1996, p.p. 58-64.
32. Jaffe R.S. The US National ITS Architecture. Part 2 - Application. "Traffic technology international". Aug/Sept, 1996, p.p. 71-75.
33. Johnson T., Bolt M. Don't believe the hype. Cut through the client/server jargon for integrated benefits. "Traffic technology international". April/May, 1998, p.p. 53-56.
34. Jordan W., Turnquist M. Zone scheduling of bus routes to improve service reliability. *Transp. Sci.*, vol. 13, № 3, 1979, p.p. 242-268.
35. Knight T. An approach to the evaluation of changes in travel unreliability: a "safety margin" hypothesis. *Transpn.* 3(4), 1974, p.p. 393-408.
36. Larson R., Korsak A. A dynamic programming successive technique with convergence proofs. - *Automatica*, vol. 6, 1970, p.p. 245-260.
37. Lin F. Predictive Models of traffic - actuated cycle splits. *Transportation Research*, vol. 16 B , № 5, 1982, p.p. 361-372.
38. Lin F., Mazdeyasna F. Delay model of traffic - actuated signal controls. *Transp. Res. Rec.*, № 905. p.p. 33-38.
39. MacGowan J., Fullerton I. Development and testing of advanced control strategies in the urban traffic control system. *Pub. Roads* 43, 1979, p.p. 97-105.

40. 165.Macleod C J., Al-Kahili A.J. Modelling of urban traffic networks. "Transp. Res.". 1978 , vol.12, p.p. 121-130.
41. Navigating to growth. . "Traffic technology international". April/May., 1999, p. 7.
42. Nuttall I. Open for business. "Traffic technology international". Dec98/Jan99, p.p. 32 - 36.
43. Post K., Kent J. N., Tomlin J., Carruthers N. Fuel Consumption and Emission Modeling by Power Demand and a Comparison with Other Models. Transp.Res., 1984, vol. 18A,p.p. 191-213.
44. Kulmala R., Noukka M. Raiting the objectives. Finland's ITS strategy to 2010. "Traffic technology international". Feb/Mar., 1998, p.p. 62-66.
45. Maki K. Boom town solutions. ITS planning for the highway rollers of Las Vegas. "Traffic technology international". Oct/Nov, 1997, p.p. 47-50.
46. Miles J. Urban traffic control meets Intelligent Transportation System. "Traffic technology international". Annual Review. 1998, p.p. 44-48.
47. Mortensen I. Denmark gets the message. "Traffic technology international". Aug/Sept, 1998, p.p. 59-62.
48. Nutall I. In search of harmonious exchange. "Traffic technology international". Feb/Mar, 1997, p.p. 41-43.
49. Nutall I. Will the tigers roar. ITS market potential in ASEAN region. "Traffic technology international". Dec97/Jan98, p.p. 60-64.
50. Nuttall I. Hunting out the budgets. An informal look at who's spending what ITS. "Traffic technology international". April/May, 1998, p.p. 21-22.
51. Nuttall I. Open for business. "Traffic technology international". Dec98/Jan99, p.p. 32-36.
52. Nuttall I. Will the driver buy it? Driver reaction on transport telematics policy on Britain's roads. "Traffic technology international". Feb/Mar, 1998, p.p. 26-27.
53. Nuttall I. Will the tigers roar ? ITS market potential in ASEAN region. Traffic Technology International. Dec. I Jan. 1998, p.p. 60-64.

54. Ojala T., Decker P. Fulfilling traveller's PROMISE. "Traffic technology international". Annual Review. 1998, p.p. 219-222.
55. Orski K. Balancing the budget for the Federal vision. "Traffic technology international". Feb/Mar, 1997, p.p. 49-50.
56. Reichart G. Driver assistance. Concepts for the future of individual mobility. Annual Review. 1997, p.p. 86-89.
57. Reid P., Myers R. TruckScan automatic and improving roadside checking. "Traffic technology international". Oct/Nov, 1996, p.p. 83-85.
58. Reynolds S. Architectural TRENDS. A real time distributed database for Europe. "Traffic technology international". Feb/Mar., 1998, p.p. 37-39.
59. Schatz P. COMPANION for the road. "Traffic technology international". April/May, 1998, p.p. 103-106.
60. Schatz P. First class posts. "Traffic technology international". Dec99/Jan2000, p.p. 21-25.
61. Smith S., Hubbard S. America's heartland. "Traffic technology international". June/July, 1996, p.p. 56-60.
62. Stohr E. A framework for fleets. "Traffic technology international". Annual Review. 1998, p.p. 251-253.
63. "Talking map" coming soon. "Motor. 1985, № 4322, p. 7
64. Tarnoff P. A virtual case. Do we need operations centers? "Traffic technology international". Oct/Nov, 1998, p.p. 26-30.
65. Tomey C, Clark M., Friedrich B. Tipping the BALANCE. A European trial of advanced UTC. "Traffic technology international". Dec97/Jan98, p.p. 51-54.
66. Zyrianov V., Schepelev E., Sanamov R. Experience of reforming of public transport in the city of Rostov-on-Don. Proceedings of the international conference CODATUIX, Mexico, 2000 г., p.p. 47-50.
67. Zyrianov V., Kocherga V., Estimation of efficiency of urban network operation with usage of floating vehicles. Proceedings of the international congress ITS in Europe. Bilbao, 2001, №2131, p.p. 1-9.