

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»

БОРЕЙКО ОЛЕГ ЮРІЙОВИЧ



УДК 004.62:656.072

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОПРАЦЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
ПАСАЖИРОПОТОКІВ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Тернопільському національному економічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор,
ТЕСЛЮК Василь Миколайович,
Національний університет «Львівська політехніка»,
професор кафедри систем автоматизованого проектування.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор,
ТИМЧЕНКО Олександр Володимирович,
Українська академія друкарства,
професор кафедри комп'ютерних наук та
інформаційних технологій;

кандидат технічних наук, доцент,
ГНАТЧУК Єлизавета Геннадіївна,
Хмельницький національний університет,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії та
системного програмування.

Захист відбудеться «25» жовтня 2018 року о 16⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.14 у Національному університеті «Львівська політехніка» за адресою: 79013, м. Львів, вул. С. Бандери, 28а, ауд. 807, V навч. корп.

З дисертацією можна ознайомитися у Науково-технічній бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» за адресою: 79013, м. Львів, вул. Професорська, 1.

Автореферат розісланий «21» вересня 2018 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради,
к.т.н., доцент



А.Є. Батюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На даний час більше половини населення світу проживає у містах. За прогнозами Організації Об'єднаних Націй перехід від сільських до міських поселень продовжиться на протязі кількох наступних десятиліть. Міста і мегаполіси породжують проблеми нових видів. Складнощі у сфері утилізації відходів життєдіяльності людей, нестача ресурсів, забруднення повітря, небезпеки для здоров'я жителів, перевантажена транспортна система і невідповідні, застарілі міські інфраструктури є одними з основних технічних, фізичних і матеріальних проблем.

Для вирішення проблем даного спектру пропонується розроблення та інтеграція концепції “розумного” міста у всі ключові сфери діяльності сучасного міста. Реалізація “розумного” міста передбачає впровадження високотехнологічних рішень для підвищення економічних та екологічних показників міста, безпеки та комфорту його жителів.

Значний внесок у розвиток концепції “розумного” міста здійснили університетські науково-дослідні лабораторії: EPFL (Федеральна політехнічна школа Лозанни), MIT (Массачусетський технологічний інститут), дослідницький консорціум в IntelCities, дослідна група URENIO (Urban and regional innovation research) та інші.

Основний підхід “розумного” міста в питанні транспорту – створення міста, орієнтованого на пішохода і прагнення звести використання приватного транспорту до мінімуму. Пріоритет надається громадському транспорту. Для “розумного” міста ключовим є не збільшення транспортних артерій, а підвищення ефективності використання існуючої вулично-дорожньої мережі, що стає можливим завдяки економному використанню проїжджої частини міським громадським транспортом.

Дані, отримані безпосередньо з транспортних засобів громадського користування (наприклад, параметри пасажиропотоків, місцезнаходження транспортного засобу, тощо), можуть бути інтегровані з великою кількістю моніторингових та інформаційних систем транспорту, і можуть бути використані для вироблення управлінських рішень з покращення рівня надання транспортних послуг та збільшення ефективності використання потужності транспортної системи.

Згідно з концепцією “розумного” міста, для оптимізації пасажиропотоків, вдосконалення графіків руху громадського транспорту, забезпечення прозорості оплати пасажирами за проїзд і точної фіксації кількості пасажирів пільгових категорій здійснюється розроблення та впровадження інформаційної технології опрацювання параметрів пасажиропотоків. До параметрів пасажиропотоків належать:

- обсяг перевезень пасажирів з повною оплатою проїзду, тобто кількість пасажирів, які перевозяться громадським транспортом за певний проміжок часу (година, доба, місяць, рік);

- обсяг перевезень пасажирів пільгових (без оплати за проїзд) категорій;

- пасажирооборот (показник обсягу перевезень пасажирів в пасажиро-кілометрах, що обчислюється як добуток кількості пасажирів на відстань перевезень);

- напруженість пасажиропотоків на зупинках громадського транспорту (наповнюваність транспортного засобу пасажирами на конкретних зупинках).

Внесок у розроблення методів дослідження параметрів пасажиропотоків громадського транспорту зробили D. Klauser, A. Patlins, P. Lengvenis, M.V. Януш, А.Ю. Безруков, О.П. Цьонь, С. П. Трофімов, А. А. Попов, Л. Н. Приходько, Е. В. Белякова, В.В. Мазур, О.Ю. Бойко та інші.

Інформаційну технологію реалізує автоматизована система опрацювання параметрів пасажиропотоків (АСОПП). Проведений аналіз дає змогу стверджувати, що в існуючих закордонних та вітчизняних аналогах автоматизованих систем основними недоліками є:

- відсутність можливості фіксувати кількість громадян з пільговим правом проїзду;
- відсутність автономного живлення обладнання, що монтується у транспортному засобі;
- повна монополія компаній виробників на виробництво комплектуючих обладнання, що спричиняє його високу вартість;
- точність підрахунку пасажирів рідко вища за 97-98 %.

Перелічені недоліки існуючих систем можна виправити шляхом підвищення ефективності інформаційної технології опрацювання параметрів пасажиропотоків.

Оцінці ефективності застосування інформаційних технологій присвячені праці таких вчених як N. Sung, J. Zhu, M. Martinez-Nuñez, M.V.Бастріков, О.П. Пономарьов, Г.І. Шкатова, А. Басовський, В. Годін, С. Іляшенко, Ю. Іпатов, Н. Кустова, І. Корнєв, В. Касяненко, Ю. Лисенко, Л. Мельник, В. Плескач, Ю. Рогушина, О. Оліфіров та інші.

Оскільки основними недоліками автоматизованих систем є неповний набір виконуваних функцій, висока вартість обладнання та недостатня точність підрахунку пасажирів, актуальною задачею є підвищення ефективності інформаційної технології за функціональним та ресурсним критеріями, що фактично полягає в розробленні автоматизованої системи, яка забезпечить високу точність підрахунку пасажирів із врахуванням пільгових категорій громадян та нижчу собівартість реалізації, ніж в існуючих аналогів.

Зв'язок роботи із науковими програмами, планами темами. Дисертаційна робота тісно пов'язана з планами науково-дослідної та навчальної роботи кафедри комп'ютерної інженерії Тернопільського національного економічного університету. Дисертація виконана в межах науково-дослідних робіт: «Формування механізму сталого розвитку міського транспорту на засадах концепції "розумного" міста та муніципальної екології» (номер державної реєстрації 0117U003871) і «Математичне та програмне забезпечення для контролю забруднення атмосфери автотранспортом» (номер державної реєстрації 0116U005507) Тернопільського національного економічного університету.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності інформаційної технології опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту "розумного" міста за функціональним та ресурсним критеріями на основі розроблених методів, моделей та засобів.

Мета дисертаційної роботи визначила необхідність виконання таких завдань:

- аналіз існуючих методів, моделей та засобів опрацювання параметрів пасажиропотоків та побудови автоматизованих систем;
- розвиток методу синтезу структурних моделей автоматизованої системи на основі мереж Петрі та їх розширень;
- розроблення структури та алгоритмів функціонування автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків в громадському транспорті “розумного” міста, що складається з клієнтської та серверної частин;
- побудова структурних моделей клієнтської та серверної частин автоматизованої системи на основі мереж Петрі, які дають змогу дослідити динаміку її функціонування;
- розроблення інформаційного забезпечення, яке дає змогу організувати надійний обмін даними між клієнтом та сервером автоматизованої системи;
- розроблення методу опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту “розумного” міста;
- розроблення спеціалізованого програмного і технічного забезпечення клієнтської та серверної частин автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту.

Об’єктом дослідження є процес опрацювання параметрів пасажиропотоків у громадському транспорті.

Предметом дослідження є методи, моделі та засоби інформаційної технології опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту.

Методи дослідження. У дисертаційній роботі для розв’язання поставлених завдань використано: при розробленні методу, моделей, засобів і алгоритмів – теорія системного аналізу, теорія простих, кольорових та інгібіторних мереж Петрі, теорія графів, теорія математичного моделювання; при розробленні програмних моделей – принципи об’єктно-орієнтованого програмування.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень отримано такі результати:

1. Вперше розроблено метод опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту, який враховує окремі категорії пасажирів і, за рахунок використання мультимедійних форматів та інтегрованих структур даних, забезпечує підвищення точності визначення цих параметрів.

2. Вперше розроблено моделі автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків, які ґрунтуються на використанні теорії мереж Петрі та їх розширень, що дає змогу дослідити динаміку функціонування проектованої системи.

3. Вдосконалено ієрархічну програмну модель, яка завдяки поєднанню високо та низько рівневих засобів розробки та модульного принципу організації програмного забезпечення, дає змогу зменшити обсяг програмного коду і вартість програмної реалізації автоматизованої системи.

4. Вдосконалено фізичну модель контролера збору даних автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту, що завдяки використанню модульного принципу організації та одноплатного комп’ютера Raspberry Pi, дає змогу швидко модифікувати і розвивати систему зі збереженням широких функціональних можливостей, вартості системи й точності підрахунку пасажирів.

5. Отримав подальший розвиток метод синтезу структурних моделей автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту, який ґрунтується на використанні інгібіторних мереж Петрі, що забезпечує спрощення структури і призводить до зменшення структурної складності моделей і часу на їх побудову та дослідження.

Практичне значення одержаних результатів полягає у наступному:

1. Розроблено структуру автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків, яка підтримує режим роботи від автономного живлення і містить у своєму складі обладнання для фіксації пільгових категорій пасажирів, що забезпечує коректну роботу системи у випадку зникнення штатного живлення та отримання даних про пільговиків.

2. Розроблено алгоритми методів та моделей для інформаційної технології опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту, які детально відображають динаміку функціонування автоматизованої системи і враховують пасажирів пільгових категорій при опрацюванні параметрів пасажиропотоків, що дає змогу забезпечити точність підрахунку у 99,5 %.

3. Розроблено спеціалізовані програмно-апаратні засоби інформаційної технології опрацювання параметрів пасажиропотоків, які ґрунтуються на платформах з відкритим кодом і архітектурою та розповсюджуються за безкоштовною ліцензією, що дає змогу суттєво зменшити собівартість автоматизованої системи зі збереженням її функціональності.

4. Результати дослідження впроваджені та використані в роботі управління транспорту, комунікації та зв'язку Тернопільської міської ради, ТОВ "Системний зв'язок", при виконанні прикладної розробки Тернопільського національного економічного університету «Формування механізму сталого розвитку міського транспорту на засадах концепції "розумного" міста та муніципальної екологістики», впроваджені у навчальний процес кафедри інформаційних систем і технологій Інституту підприємництва та перспективних технологій Національного університету "Львівська політехніка". Впровадження матеріалів досліджень підтверджено відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Всі наукові результати теоретичних і практичних досліджень, викладених у дисертації, одержано автором особисто. Праця [7] опублікована одноосібно. У працях, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать: структура, алгоритм функціонування, програмна модель та спеціалізоване програмне забезпечення для реалізації функцій контролера збору даних [1]; структура, алгоритм роботи, а також інформаційне та технічне забезпечення серверної частини системи опрацювання параметрів пасажиропотоків [2, 13]; аналіз етапів розвитку та сучасного стану систем "розумного" міста [3, 17, 18, 20]; фізична модель і технічне забезпечення контролера збору даних для автоматизованої системи [4, 8, 9, 12]; метод опрацювання параметрів пасажиропотоків [5, 14]; використання інгібіторних мереж Петрі для вдосконалення методу синтезу структурних моделей автоматизованої системи [6, 15]; модель автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків на основі кольорових мереж Петрі [7]; структурна модель системи на основі простих мереж Петрі [10-12]; інформаційна модель системи [13, 19]; фізична модель контролера [11]; аналіз транспортної системи "розумного" міста [12, 16, 21].

Апробація результатів дисертації. Основні теоретичні положення та практичні результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на: Міжнародній науково-технічній конференції “Перспективні технології і методи проектування МЕМС” (“Perspective Technologies and Methods in MEMS Design”), MEMSTECH, (Поляна – Свалява (Закарпаття), 2014, 2016, 2018); Всеукраїнській конференції з міжнародною участю АСІТ (Тернопіль 2016-2017); Міжнародній конференції «Досвід розробки і застосування САПР в мікроелектроніці» (The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics), CADSM (Поляна – Свалява (Закарпаття), 2015, 2017); Науково-практичній конференції “Проблеми та перспективи розвитку економіки і підприємництва та комп’ютерних технологій в Україні” (Львів, 2017, 2018); Міжнародній науково-практичній конференції “Нові досягнення в галузі інформаційно-комунікаційних технологій” (“Advanced Information and Communication Technologies”), АІСТ, (Львів, 2017); Міжнародній науково-технічній конференції “Комп’ютерні науки та інформаційні технології” (“Computer Sciences and Information Technologies”), CSIT, (Львів, 2017), а також на наукових семінарах кафедри комп’ютерної інженерії Тернопільського національного економічного університету (2015-2018).

Публікації. За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 21 друковану працю, серед них 1 розділ монографії у закордонному виданні, 2 статті у наукових періодичних виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus, та 7 статей у фахових виданнях України, 3 з яких входять до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus, та 12 публікацій у матеріалах конференцій, 5 з яких входять до міжнародної наукометричної бази Scopus.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 168 сторінок, у тому числі 117 сторінок основного тексту, 49 рисунків та 27 таблиць, список використаної літератури налічує 148 бібліографічних найменування. Дисертація містить 8 додатків, розміщених на 12 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та основні задачі досліджень, визначено наукову новизну роботи і практичне значення отриманих результатів, показано зв’язок роботи з науковими темами. Подано відомості про апробацію результатів роботи, особистий внесок автора та його публікації.

У **першому розділі** дисертаційної роботи проведено аналіз сучасного стану розроблення систем “розумного” міста. Здійснено огляд публікацій, що стосуються даного напрямку дослідження. Аналіз дає змогу стверджувати, що технологія “розумного” міста є складною системою великої розмірності, яка швидко розвивається і, закономірно, що при цьому виникають незначні проблеми з термінологією. На сьогодні, єдиного однозначно стандартизованого визначення даного терміну немає.

Дослідження засад концепції “розумного” міста показало, що для вироблення управлінських рішень по підвищенню ефективності транспортної системи міста

шляхом оптимізації пасажиропотоків, графіків руху громадського транспорту, забезпечення прозорої оплати пасажирями за проїзд та фіксації кількості пасажирів пільгових категорій здійснюється розроблення та впровадження автоматизованої системи, що реалізує інформаційну технологію опрацювання параметрів пасажиропотоків (рисунок 1).

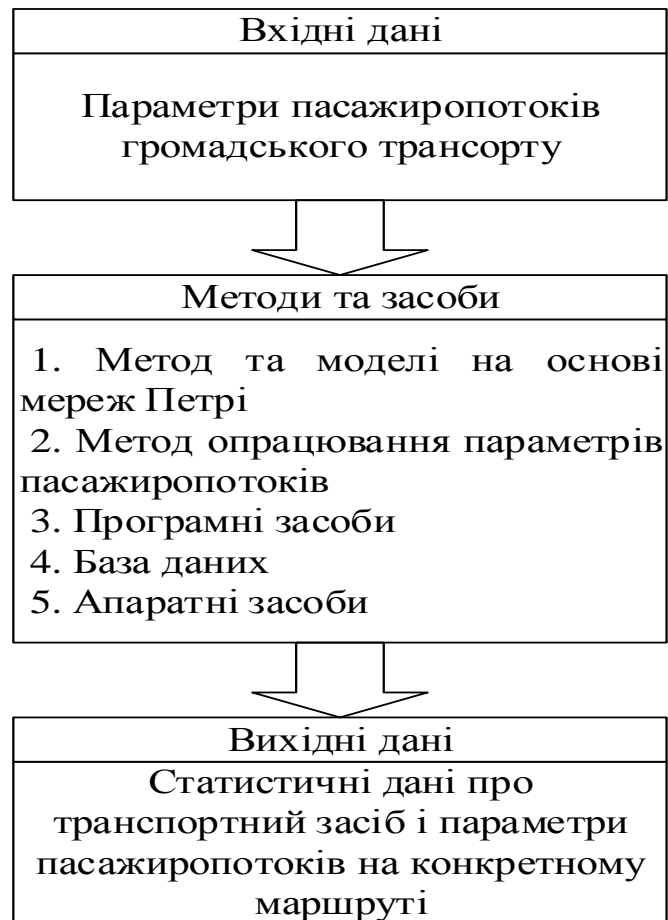


Рисунок 1 – Структура інформаційної технології опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту

Інформація про точну кількість пільговиків і пасажирів, які повністю оплачують проїзд є дуже важливою для перевізників та міської влади. Перевізникам така інформація дає чітке уявлення про дохідність конкретного маршруту й усуває зловживання водіями своїми обов'язками. Міській владі, яка на даний час зобов'язана монетизувати пільги або здійснювати компенсацію перевізникам за пільговий проїзд з місцевого бюджету, точна інформація про кількість пільговиків дає змогу ефективно розподіляти бюджет, уникаючи завдання збитків перевізникам, а також перерозходу виділених їм коштів.

Переважно розрахунок компенсації за проїзд пільгової категорії громадян в громадському транспорті здійснюється за формулою, яка містить коефіцієнт пільгового населення, проїзд якого фінансується з міського бюджету. Цей коефіцієнт визначається шляхом ділення кількості громадян, яким надається пільга, на загальну чисельність мешканців населеного пункту станом на 01 січня кожного року. Місячні компенсації визначаються шляхом ділення річної суми на 12 місяців. Оскільки даний підхід для

розрахунку компенсації передбачає використання змінних параметрів, поточне значення яких екстраполюється на цілий рік, точність його знижується.

Аналіз підходів до побудови автоматизованих систем опрацювання параметрів пасажиропотоків показав необхідність розроблення нового методу та моделей. Результати аналізу існуючих автоматизованих систем дали змогу стверджувати, що в більшості з них не в повній мірі реалізована необхідна функціональність (врахування пасажирів з пільговим правом проїзду), недостатньо висока точність підрахунку пасажирів (в більшості не вище 98 %) та висока вартість обладнання, пов'язана з монополією компаній-виробників. Дослідження існуючих систем здійснювалося за такими критеріями (таблиця 1): назва системи, виробник системи, технологія, яка використовується для підрахунку пасажирів, точність підрахунку, врахування пасажирів пільгових категорій, підтримка GPS, можливість автономного живлення системи, вартість системи, монополія на виробництво комплектуючих обладнання автоматизованої системи (даний параметр означає, що супровід та обслуговування автоматизованої системи може вести виключно виробник). Позначення використані в таблиці: «-» – функція відсутня, «+» – функція присутня, «-» – інформація про функцію відсутня.

Таблиця 1.

Параметри існуючих систем опрацювання параметрів пасажиропотоків

№ п/п	Назва системи	Виробник (країна)	Технологія підрахунку	Точн., %	Пільг. катег.	GPS	Жи вл.	Варт., \$	Моно пол.
1.	DynaPCN APC	Eurotech (Італія)	Стереоскопічна фотозйомка	98	-	+	-	1269	+
2.	Infodev EDI APC system	Infodev (Канада)	Електрооптич-на технологія	98.46	-	+	-	-	+
3.	IRMA	Iris (Німеччина)	Інфрачервоний аналіз руху	98	-	-	-	-	+
4.	DP-3DBC-2	R & D Group Ltd (РФ)	Відео-стереоскопічна зйомка	~100	-	+	-	2000	+
5.	VPC-B GPRS Bus PCS	Sodimax (Китай)	Аналіз зображень	98	-	+	-	-	+
6.	APC	Dilax (Німеччина)	-	99	-	+	-	-	+
7.	Teletrack	Ультра Телеком (РФ)	Давач сходінка	95-97	-	+	-	700	-
8.	ИС38+модуль GPS	GPS Transport Control (Україна)	Зчитування сигналів багатопроменевого випромінювача	99	-	+	-	-	+
9.	Intranso SC 300V	Джемікл (Україна)	Оптичний відкладений принцип	96	-	+	+	1400	-

Отримані результати доводять необхідність підвищення ефективності інформаційної технології за функціональними та ресурсними критеріями. Під ефективністю розуміється співвідношення ресурсів, затрачених на розроблення системи до результатів її роботи. Функціональні критерії характеризують степінь досягнення при даній інформаційній технології тих бажаних характеристик інформаційного процесу, які необхідні користувачу (врахування пільгових категорій і, відповідно, підвищення точності підрахунку всіх пасажирів за рахунок додавання відповідної функції). Ресурсні критерії оцінки ефективності інформаційної технології характеризують кількість і якість ресурсів різних видів, необхідних для реалізації даної інформаційної технології (забезпечення припустимої вартості обладнання зі збереженням функціональних переваг; зменшення структурної складності моделей автоматизованої системи і, відповідно, економія часових ресурсів на етапі її проектування).

У другому розділі розвинуто метод синтезу структурних моделей автоматизованої системи на основі мереж Петрі. Розроблений метод ґрунтується на: алгоритмах роботи системи, що детально відображають усі етапи функціонування клієнтської та серверної її частин; моделях клієнтської та серверної частини системи на основі інгібіторних мереж Петрі, що дають змогу дослідити стани та динаміку функціонування усієї системи, а також її компонентів; моделях системи на основі кольорових мереж Петрі, що відображають типи, рух та опрацювання даних контролерами і сервером.

Розроблено структуру автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків, що ґрунтується на клієнт-серверній архітектурі. Побудовано структури контролера збору даних та сервера для системи опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту. Приклад структурної схеми контролера наведено на рисунку 2.

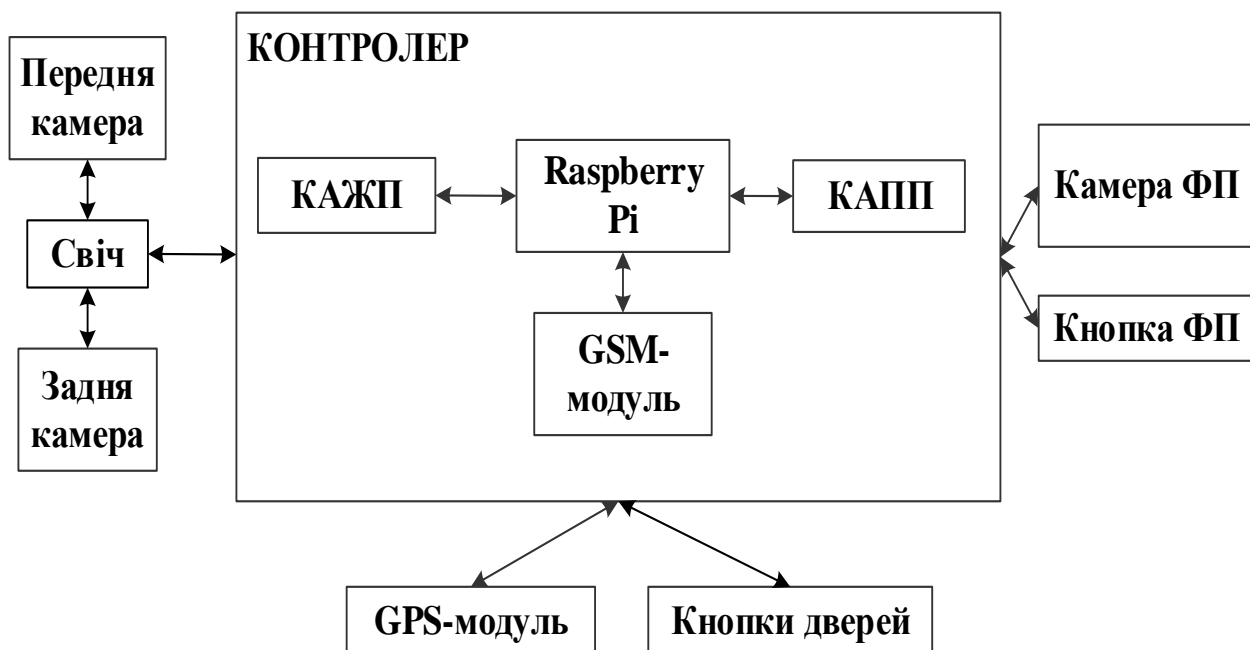


Рисунок 2 – Структура контролера збору даних для системи опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту “розумного” міста

Побудована структура пристрою включає контролер, до складу якого входять такі складові елементи: одноплатний комп'ютер Raspberry Pi; GSM-модуль; GPS-модуль; контролер акумуляторного живлення пристрою (КАЖП); контролер аварійного перезапуску пристрою (КАПП); кнопка фіксації пільговиків (ФП); камера для фіксації пільговиків та камери для фіксації пасажиропотоку в транспортному засобі; мережевий комутатор (свіч); кнопки відкриття/закриття дверей.

Розроблені структури характеризується модульною організацією, що дає змогу швидко модернізувати розроблений пристрій та серверну частину системи.

Розроблено алгоритми та блок-схеми алгоритмів функціонування клієнтської та серверної частин системи опрацювання параметрів пасажиропотоків.

Побудовані алгоритми дають змогу забезпечити вимоги до опрацювання параметрів пасажиропотоків, архівування даних, надсилання їх клієнтською стороною на сервер та збереження на серверній частині системи. На сервері дані перевіряються на цілісність, достовірність і коректність. Коли перевірку завершено, частина даних потрапляє на автоматичне опрацювання, а дані, яким характерна якась неоднозначність, – на опрацювання оператора.

Побудовано і досліджено моделі автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту на основі інгібіторних та кольорових мереж Петрі, які дають змогу дослідити динаміку роботи системи.

В загальному випадку, модель на основі мереж Петрі можна описати виразом (1):

$$N = \{P, T, F, M_0\}, \quad (1)$$

де $P = \{P_1, P_2, \dots, P_a\}$ – множина позицій (станів); $T = \{T_1, T_2, \dots, T_b\}$ – множина переходів; F – множина дуг, яка включає дві підмножини вхідних та вихідних дуг по відношенню до переходу; M_0 – множина, яка задає початкове маркування мережі Петрі; a, b – кількість позицій і переходів; $l + m = n$ – кількість дуг.

Модель на основі інгібіторних мереж Петрі також підпадає під опис загальним виразом (1), за тією лиш відмінністю, що інгібіторна мережа включає додаткову підмножину дуг. Дану підмножину становлять інгібіторні дуги по відношенню до кожного переходу (2):

$$F_{ing} = \{F_{ing,1}, F_{ing,2}, \dots, F_{ing,k}\} \quad (2)$$

Відповідно загальна кількість всіх дуг інгібіторної мережі Петрі може бути представлена виразом (3):

$$l + m + k = n, \quad (3)$$

де l – кількість вхідних дуг; m – кількість вихідних дуг; k – кількість інгібіторних дуг мережі.

Модель контролера збору даних автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту описується виразом (4):

$$N_{controller} = \{P, T, F, M_0\}, \quad (4)$$

де $P = \{P_0, P_1, \dots, P_{13}\}$ – множина позицій моделі контролера; $T = \{T_0, T_1, \dots, T_{18}\}$ – множина переходів; $F = \{F_{input}, F_{output}, F_{ing}\}$ – множина дуг, яка складається з трьох

підмножин: $F_{input} = \{F_{input_1}, F_{input_2}, \dots, F_{input_17}\}$ – вхідних дуг, $F_{output} = \{F_{output_1}, F_{output_2}, \dots, F_{output_19}\}$ – вихідних дуг, $F_{ing} = \{F_{ing_1}, F_{ing_2}, \dots, F_{ing_4}\}$ – інгібіторних дуг моделі контролера; $M_0 = \{0, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$ – початкове маркування моделі контролера збору даних.

Приклад структурної моделі контролера збору даних про параметри пасажиропотоків наведено на рисунку 3.

Периферійні пристрої в побудованій моделі представлені позиціями $P_0 - P_2$, $P_4 - P_6$, команди від водія – позицією P_3 . У позицію P_7 поступають дані з передньої та задньої камер через мережевий свіч. В позиції P_9 зосереджуються всі дані від периферійних пристроїв, що поступають на обробку до процесора Raspberry Pi.

Процесор Raspberry Pi (в даному випадку Raspberry Pi 3В з чотирьох ядерним процесором) реалізовано набором позицій $P_9 - P_{12}$ та переходів $T_{10} - T_{17}$.

Опрацьовані дані з процесора Raspberry Pi зосереджуються в позиції P_{13} , а відправка даних на сервер представлена переходом T_{18} .

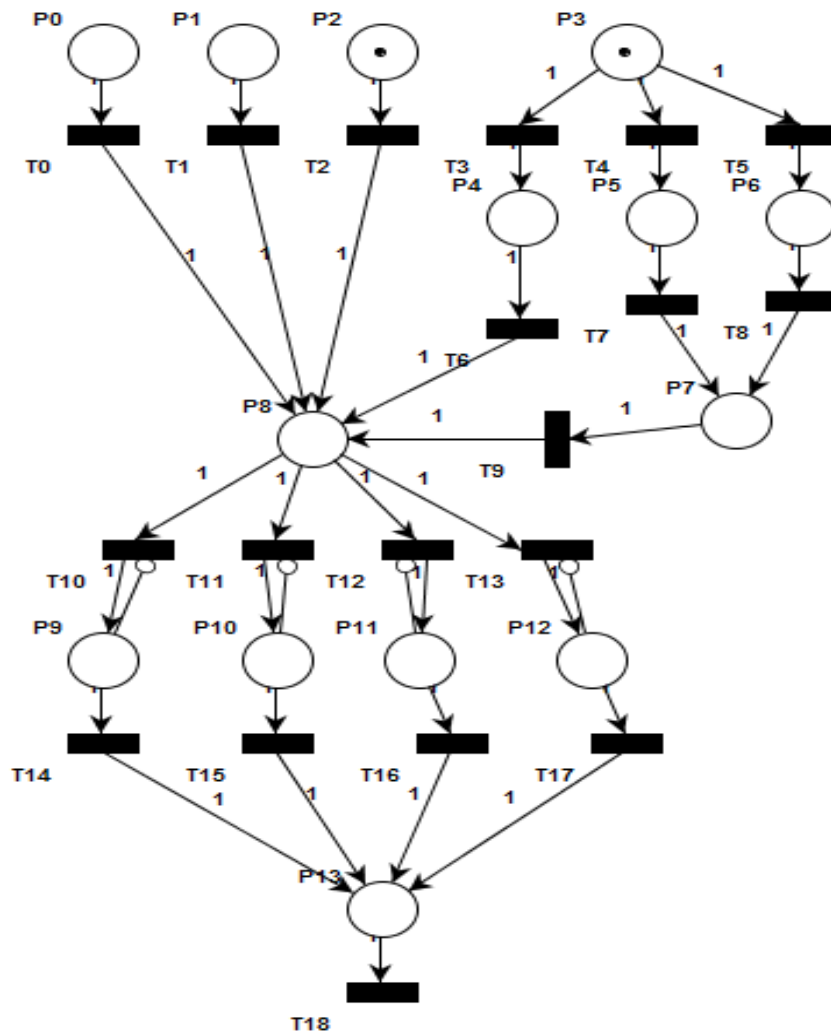


Рисунок 3 – Схемна модель функціонування контролера збору даних автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків

Використання інгібіторних мереж Петрі забезпечує ефективніший процес моделювання, адже для побудови моделі контролера збору даних на основі інгібіторних мереж необхідно використати на 10 % менше елементів мережі, ніж у випадку простих мереж Петрі.

З отриманих результатів випливає, що використання інгібіторних мереж Петрі дає можливість спростити структуру моделей на основі мереж Петрі, що в кінцевому випадку, призводить до зменшення їх структурної складності.

Розроблені моделі на основі кольорових мереж Петрі призначені для більш адекватного і зручного вираження в термінах мереж особливостей функціонування реальних дискретних систем. Дана модифікація забезпечує клас мереж, який є значно потужнішим, ніж клас простих мереж Петрі.

Математична модель для побудови кольорової мережі Петрі має наступну форму:

$$CPN = \{SP, ST, SARC, SMARK, STYPE, PSTS, ASTS, CA\},$$

де $SP = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – множина позицій (станів); $ST = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ – множина переходів; $SARC$ – множина вхідних та вихідних дуг по відношенню до переходу; $SMARK$ – множина, яка задає початкове маркування мережі Петрі; $STYPE$ – множина типів; $PSTS$ – множина, яка відображає доступну множину типів у позиціях мережі; $ASTS$ – множина типів маркерів, що активують перехід, або вказує які типи маркерів будуть згенеровані переходом; CA – множина умов активації переходів.

Моделі автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту на основі кольорових мереж Петрі, побудовані засобами CPN Tools. Приклад моделі контролера наведено на рисунку 4.

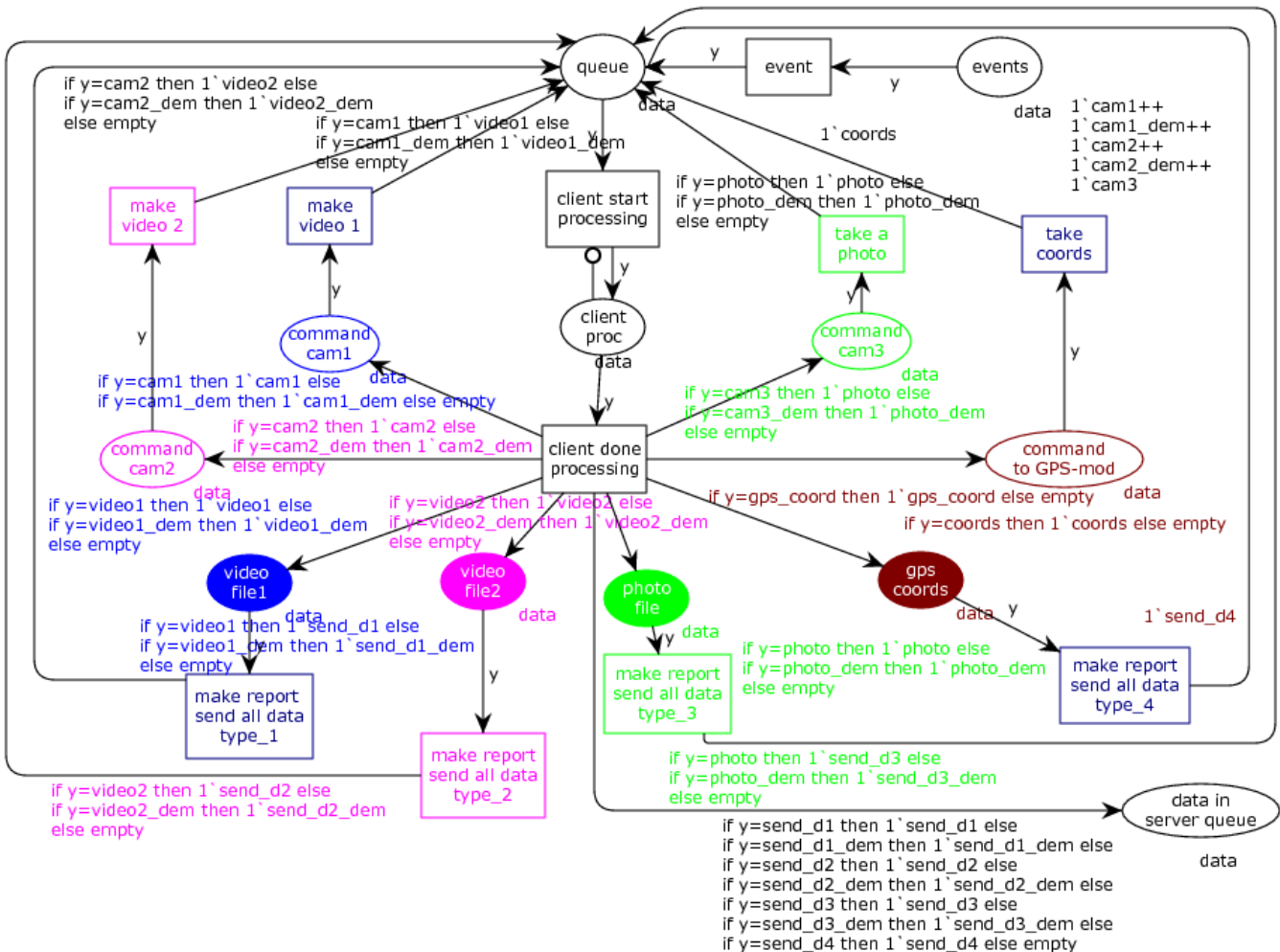


Рисунок 4 – Приклад моделі контролера на основі кольорових мереж Петрі

Дослідження моделей, розроблених засобами кольорових мереж Петрі, дало змогу зробити висновок про те, що побудовані моделі дотримуються принципів обмеженості, досяжності, живості, стійкості мереж Петрі. Отримані результати показали, що в процесі моделювання виконуються основні принципи мереж Петрі, а отже розроблені структури та алгоритми автоматизованої системи є адекватними і коректними.

У третьому розділі розроблено метод опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту “розумного” міста, що базується на роботі: алгоритмів первинного опрацювання даних контролером збору даних, що забезпечують збереження файлів, формування звітів та надсилання їх на сервер; алгоритмів опрацювання сервером даних, надісланих контролерами-клієнтами, що реалізують процес підрахунку пасажирів, розрахунок траєкторії маршруту транспортного засобу, збереження та відображення усіх статистичних даних по конкретному маршруту; програмної моделі контролера збору даних, що відображає функціональність та взаємозв'язок усіх складових програмних модулів клієнтської частини системи; ієрархічної моделі організації програмного забезпечення серверної частини системи, яка відображає основні принципи та етапи функціонування серверної частини системи; інформаційної моделі, що відображає процеси взаємодії між основними елементами системи та описує рух даних та етапи інтерпретації їх в завершену статистичну інформацію.

Алгоритм первинного опрацювання даних контролером включає кроки:

1. Перевірити стан передніх та задніх дверей і кнопки для фіксації пільговиків.
2. У разі відкриття дверей почати зйомку відео, та здійснити фото у випадку натискання водієм на кнопку для фіксації пільговиків.
3. Коли двері закрито, зберегти відео/фото файли, провести первинне опрацювання даних, сформувати звіти по збережених файлах для відправки на сервер.
4. Якщо є доступ до інтернету, то здійснити передачу усіх даних для подальшого опрацювання на сервер, інакше позначити дані як архівні.
5. У разі успішної передачі, видалити локальні копії даних, інакше, спробувати відновити зв'язок, і здійснити наступну спробу надсилання пізніше.

Алгоритм роботи серверної частини системи включає такі кроки:

1. Перевірити наявність вхідних даних – програмна перевірка факту здійснення запитів від клієнтів до сервера (WEB-сервера, FTP-сервера).
2. Зберегти дані – у разі отримання запитів та даних від клієнтів, зберегти їх у базу даних та дисковий простір сервера, інакше очікувати на запити від клієнтів.
3. Перевірити коректність та повноту отриманих даних. Якщо дані коректні, направити на автоматичне опрацювання, інакше направити на ручне опрацювання оператором.
4. Опрацювати дані – власне опрацювання серверною частиною системи даних, отриманих від клієнтів у автоматичному або ручному (за необхідності) режимі. Зберегти результат.
5. Відобразити результат – зведення та виведення усієї статистичної та аналітичної інформації по кожному конкретному клієнту (маршруту) на основі даних, отриманих від нього.

Основу програмної моделі контролера збору даних становлять модулі, реалізовані на інтерпретованій мові програмування високого рівня Python. Програмна модель складається з модулів, що виконують такі функції:

- запуск, налаштування та робота з GPS модулем;
- забезпечення активації USB камери при натисканні водієм кнопки для фіксації пасажирів з пільговим правом на проїзд, формування звіту про відповідну подію;
- перевірка статусу передніх та задніх дверей, забезпечення зйомки відео при відкритті дверей та формування звітів про події;
- коректне завершення роботи системи у випадку аварійного переходу контролера збору даних на автономне живлення;
- відправка на сервер всіх звітів, сформованих та збережених при відкритті дверей, здійсненні фото пільговиків, отриманні координат із GPS модуля;
- перевірка стану обладнання: камер, модему (GSM-модуль), логування, керування світлодіодною індикацією;
- синхронізація системи з поточними датою і часом, відслідковування роботи пристрою за принципом інкрементування таймера та надсилання його значень серверу;
- надсилання мультимедійних файлів на FTP-сервер за допомогою спеціального програмного забезпечення.

Розроблена програмна модель контролера збору даних детально описує призначення та принципи функціонування усіх її складових програмних модулів. Модель ґрунтується на використанні об'єктно-орієнтованого підходу, що дає можливість швидко розширювати та масштабувати клієнтську частину системи.

Приклад розробленої багаторівневої моделі організації програмного забезпечення серверної частини системи показано на рисунку 5.

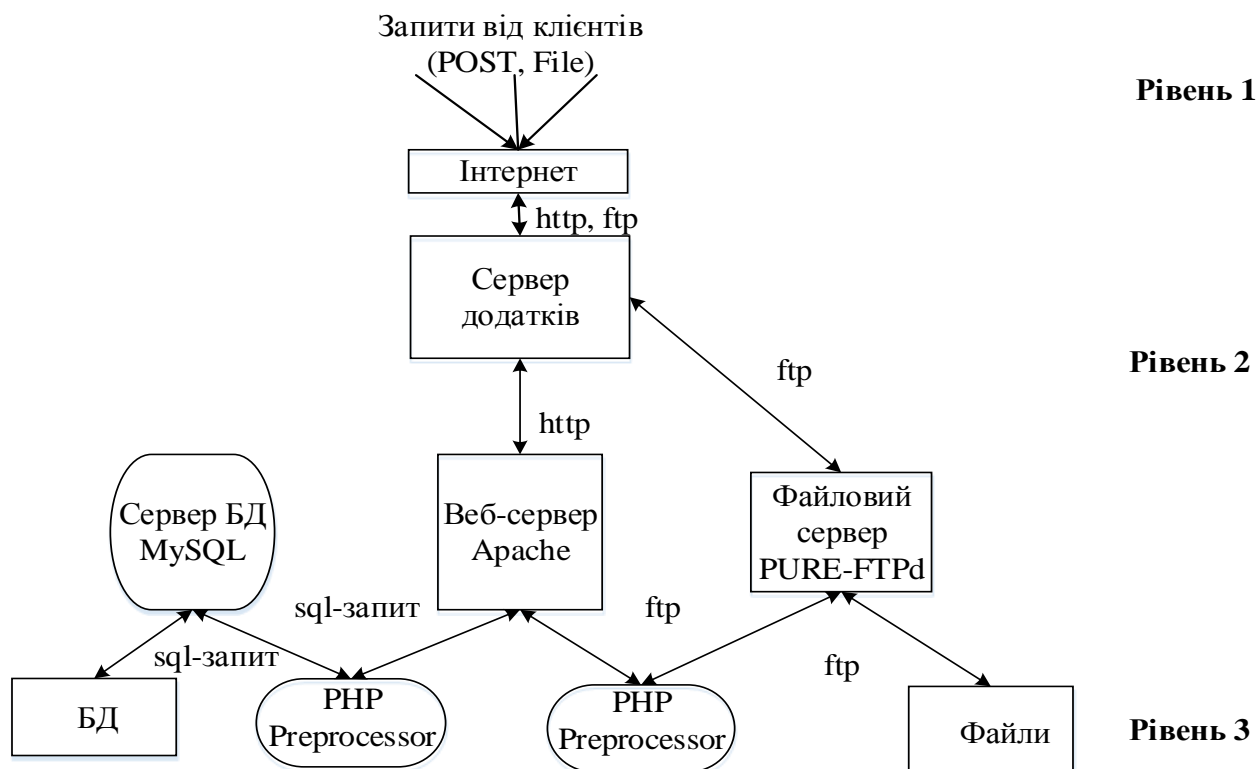


Рисунок 5 – Модель організації програмного забезпечення серверної частини системи

Побудована модель ґрунтується на використанні мультимедійних форматів та інтегрованих структур даних і підтримує врахування різних категорій пасажирів, що дає змогу отримати детальнішу описову статистику пасажиропотоків громадського транспорту.

В загальному випадку, від кожного контролера-клієнта надходять дані про подію. Структури даних про подію можуть бути двох типів. В першому випадку, подією може виступати факт відкриття передніх або задніх дверей транспортного засобу та натискання спеціальної кнопки для фіксації пільговиків. По факту відкриття дверей, як і по факту натисканням водієм кнопки фіксації пільговиків, на контролері формується звіт, що включає в себе комплекс певних даних. Такими даними є: конкретні координати з GPS-модуля місця, де відбулася подія; точний час, коли відбулася подія; назва відео (якщо відкривалися двері) або фото (після активації кнопкою камери для фіксації пільговиків); службові дані (передні/задні двері, посвідчення).

До другого типу належать безпосередньо мультимедійні дані, тобто відео і фото. Таким чином, дані, що надсилаються від клієнта до сервера відносяться до першого типу. Такі дані надходять у вигляді POST-запиту до веб-сервера. Мультимедійні дані, що надходять для збереження на файловий сервер, відносяться до другого типу. Спрощена схема розроблених структур даних представлена на рисунку 6.

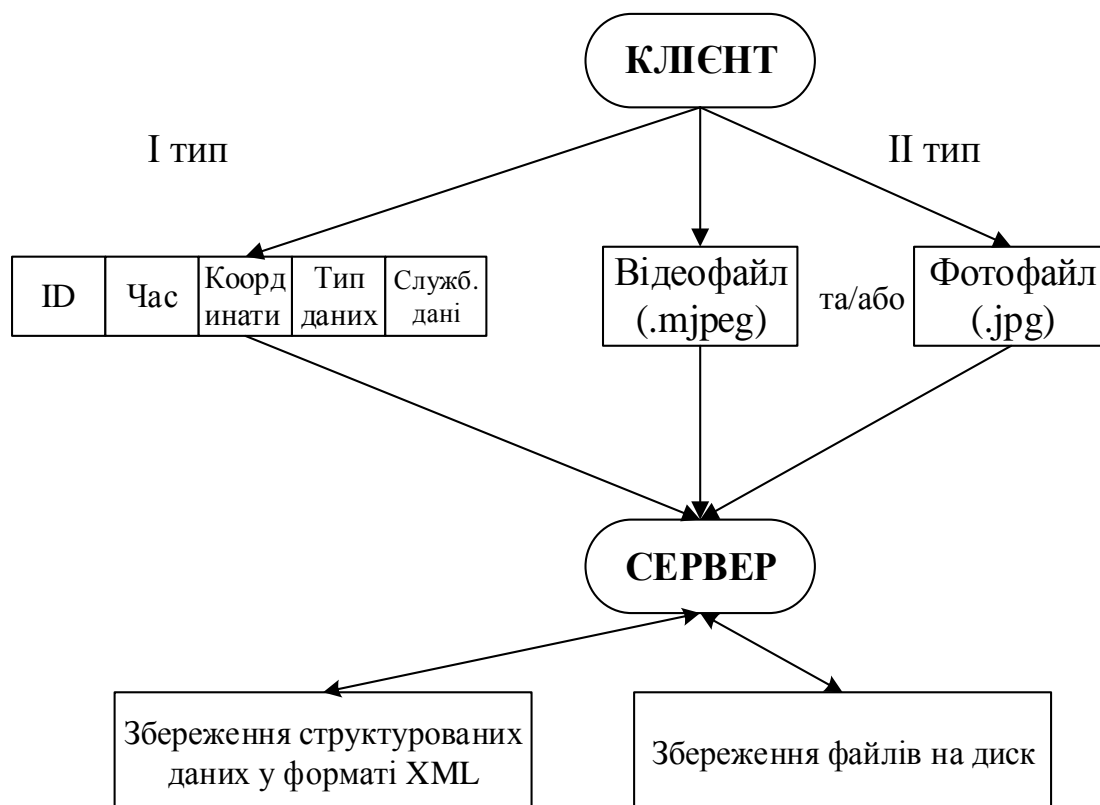


Рисунок 6 – Типи структур даних системи опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту

Розроблені структури даних двох типів дають змогу контролювати, зберігати та ефективно опрацьовувати параметри пасажиропотоків громадського транспорту “розумного” міста.

Розроблена серверна частина системи включає апаратний сервер з програмними реалізаціями сервера баз даних, сервера збереження файлів та веб-сервера. Опрацювання даних, які надходять від клієнтів, відбувається на серверній стороні. Неповними або неоднозначними даними займаються оператори. Структурна програмна модель сервера показана на рисунку 7.

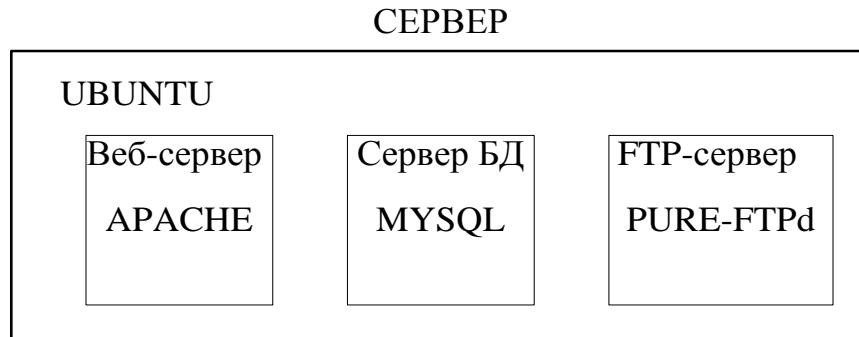


Рисунок 7 – Структурна модель програмного забезпечення сервера

Побудована інформаційна модель автоматизованої системи має на меті описати інформаційні процеси, параметри та властивості системи опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту “розумного” міста (рис. 8).

Модель представлена у вигляді схеми, на якій зображені всі основні складові елементи системи, взаємодію між ними, описано рух та етапи опрацювання даних.

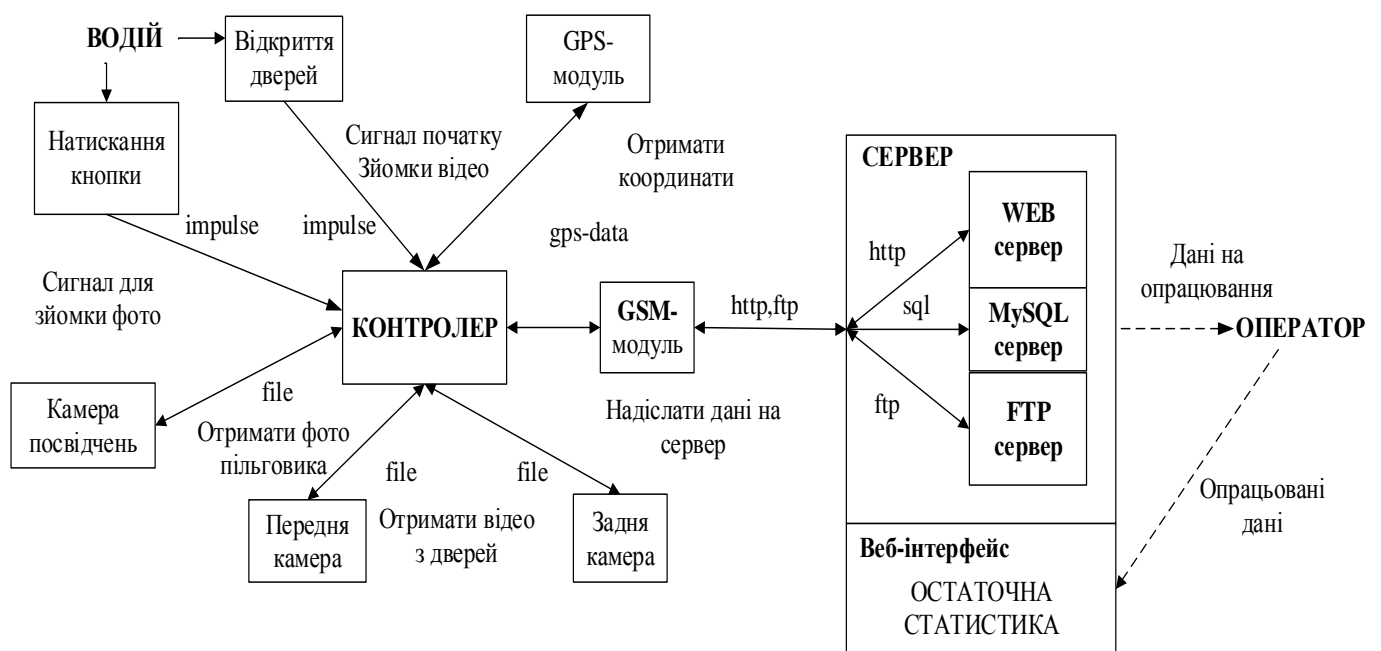


Рисунок 8 – Структура руху даних в інформаційній моделі системи опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту

В четвертому розділі розроблено фізичну модель контролера збору даних і технічні засоби для реалізації серверної частини системи, програмне забезпечення для роботи автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту “розумного” міста.

Розроблено технічне забезпечення на основі бюджетного, проте функціонального міні-комп'ютера Raspberry Pi для побудови фізичної моделі контролера збору даних про параметри пасажиропотоків, а також технічні засоби для реалізації серверної частини автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків у громадському транспорті.

Розроблено програмне забезпечення контролера збору даних про параметри пасажиропотоків громадського транспорту з використанням мов програмування Python та C.

Приклад реалізації контролера показано на рисунку 11. Зокрема, корпус контролера наведено на рисунку 9. Приклад плафона із вмонтованою камерою та світлодіодною підсвіткою представлено на рисунку 10.



Рисунок 9 – Зовнішній вигляд контролера



Рисунок 10 – Плафон з камерою



Рисунок 11 – Приклад контролера (1 – плафон з передньою камерою, 2 – плафон з задньою камерою, 3 – USB-камера реєстрації пільгових пасажирів, 4 – GSM-модуль, 5 – GPS-модуль, 6 – кнопка активації USB-камери реєстрації пільгових пасажирів)

Розроблена система опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту дає змогу отримувати дані: про положення транспортного засобу в конкретний момент часу зі збереженням координат маршруту в БД. Дані можуть бути отримані через веб-інтерфейс користувача. Пройдений шлях, а також поточне або конкретне місце транспортного засобу відображається на карті Google (рис. 12); про кількість пасажирів у транспортному засобі в конкретний момент та за певний заданий період часу. Зведена статистика також доступна через спеціально розроблений інтерфейс користувача (рис. 13); про співвідношення пасажирів з повною оплатою і з правом на пільговий проїзд у громадському транспортному засобі; про кількість пасажирів, що увійшла до транспортного засобу на конкретній зупинці громадського транспорту; про тривалість маршруту та пройдений транспортним засобом шлях, а також тривалість простою та ін.

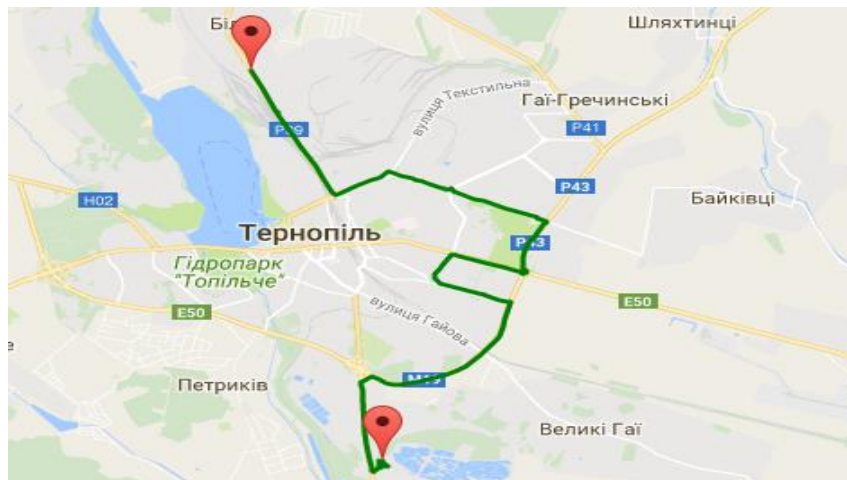


Рисунок 12 – Приклад відображення маршруту переміщення транспортного засобу

Приклад меню з статистикою маршруту зображено на рисунку 13. Відповідно, сформовані звіти з використанням програмної частини системи дають повну картину параметрів пасажиропотоків кожного з маршрутів та їхні сумарні показники.

Аналітика															
Транспортні засоби		Маршрути		Водії		Користувачі		Посвідчення		Диспетчер		Налаштування		ВИХІД	
Виберіть транспортний засіб			Виберіть маршрут												
Фільтрувати															
Вчора												Сьогодні			
Дата	Транспортний засіб	Водій	Маршрут	Візд		Опрацьовано									
				З (год)	До (год)										
2016-04-21	BO_3524 AA (new) (детальна аналітика)	-	Миру - Миськларня №2 (3)	05:37:08	21/04/2016	20:04:36	21/04/2016	100 %							
Коло	Візд		Трек	Тривалість	Простій	Пройдений шлях	Кількість пасажирів								
	З (год)	До (год)					Повні	Діти	діти н/в	Пільговики	Учнівські	Всього			
1	05:37:08	21/04/2016	08:05:26	21/04/2016	2:28:18	00:09:27	15.2 км.	53	1	0	9	4	67		
2	08:05:26	21/04/2016	09:14:30	21/04/2016	1:9:4	00:01:10	16.02 км.	77	3	0	7	3	90		
3	09:16:26	21/04/2016	10:23:11	21/04/2016	1:8:41	00:02:32	16.64 км.	47	4	0	14	2	67		

Рисунок 13 – Приклад меню програмної системи з статистикою маршрутів

Високої точності підрахунку пасажирів (рис. 14) вдалося досягнути завдяки використанню відеоданих, що дає змогу перевірити, довести і обґрунтувати підраховану кількість пасажирів, шляхом проведення повторного аналізу відеофайлів за необхідності.

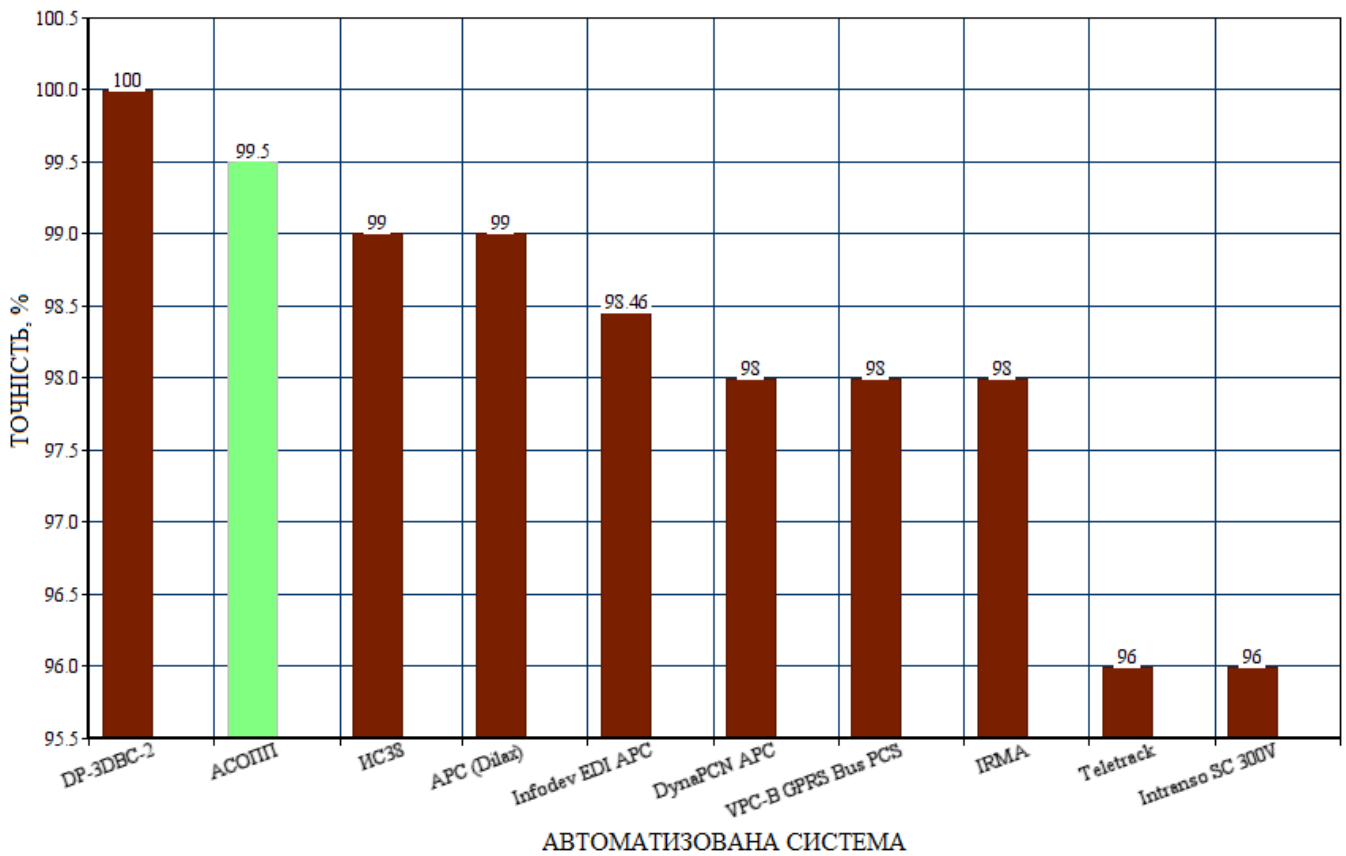


Рисунок 14 – Порівняння точності підрахунку пасажирів розробленої автоматизованої системи з існуючими аналогами

Розроблена автоматизована система опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту характеризується високою точністю підрахунку пасажирів, функціональними можливостями врахування пасажирів з пільговим правом на проїзд, має відкриту архітектуру, а також ґрунтується на використанні сучасної елементної бази та програмних засобів, що розповсюджуються за безкоштовною ліцензією. Такий підхід дав змогу підвищити ефективність інформаційної технології опрацювання параметрів пасажиропотоків шляхом побудови автоматизованої системи, якій у порівнянні з існуючими аналогами характерні ширші функціональні можливості, нижча собівартість реалізації та забезпечення високої точності підрахунку пасажирів. Вартість реалізації розробленої системи, в залежності від масштабу проекту, розпочинається від 650 доларів.

Дані, отримані в результаті роботи системи можуть бути використані для вироблення управлінських рішень з підвищення ефективності функціонування транспортної системи міста за рахунок оптимізації пасажиропотоків, маршрутів, графіків руху громадського транспорту, бюджетних коштів і, як наслідок, підвищення якості перевезень, зручності та комфорту пасажирів.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано актуальну наукову задачу – розроблено і вдосконалено методи, моделі та засоби на основі розширень мереж Петрі для підвищення ефективності опрацювання параметрів пасажиропотоків у громадському транспорті “розумного” міста. При цьому отримано такі наукові та практичні результати:

1. Здійснено аналіз існуючих методів, моделей та засобів опрацювання параметрів пасажиропотоків. Визначено технічні характеристики і недоліки існуючих автоматизованих систем опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту. Основними недоліками існуючих автоматизованих систем є низька точність підрахунку пасажирів та відсутність можливості врахування пасажирів з пільговим правом проїзду.

2. Вперше розроблено метод опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту, який дає змогу врахувати окремі категорії пасажирів і за рахунок використання мультимедійних форматів та інтегрованих структур даних забезпечує точність підрахунку пасажирів у 99,5 %.

3. Вперше розроблено моделі системи опрацювання параметрів пасажиропотоків, які ґрунтуються на використанні теорії мереж Петрі та їх розширень, що дає змогу дослідити динаміку проектованої системи та її складових елементів. Дослідження побудованих моделей показало, що розроблені структури та алгоритми автоматизованої системи є адекватними і коректними.

4. Вдосконалено ієрархічну програмну модель, яка ґрунтується на використанні об'єктно-орієнтованого підходу, що дає можливість швидко розширювати та масштабувати автоматизовану систему. Поєднання мов високого рівня програмування Python і C забезпечує гнучкість в процесі врахування особливостей апаратної платформи на основі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi і дає змогу досягнути необхідної швидкодії, функціональності та вартості програмної реалізації системи.

5. Вдосконалено фізичну модель контролера збору даних автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту, що реалізована з використанням сучасної елементної бази з широкими функціональними можливостями та прийнятною вартістю обладнання. Модель побудована за модульним принципом, що дає змогу швидко відновлювати роботу та легко масштабувати систему в майбутньому.

6. Отримав подальший розвиток метод синтезу структурних моделей автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту, які базуються на використанні інгібіторних мереж Петрі. Використання інгібіторних мереж Петрі забезпечує спрощення структури мереж, за рахунок зменшення кількості елементів моделей на 10 %, що призводить до зменшення часу на їх побудову та дослідження.

7. Розроблено спеціалізовані програмно-технічні засоби інформаційної технології, що дають змогу автоматизувати процес визначення параметрів пасажиропотоків громадського транспорту та забезпечують режим роботи системи від автономного живлення.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Boreiko, O., Teslyuk, V. Developing a controller for registering passenger flow of public transport for the "smart" city system. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologie*. 2016. Vol. 6, № 3(84). P. 40-46. doi: 10.15587/1729-4061.2016.84143 (Scopus)
2. Boreiko, O., Teslyuk, V., Zelinskyy, A., Berezsky, O. Development of models and means of the server part of the system for passenger traffic registration of public transport in the "smart" city. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 1, № 2(85). P. 40-47. doi: 10.15587/1729-4061.2017.92831 (Scopus)
3. Борейко О.Ю. Модель автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоку громадського транспорту "розумного" міста на основі кольорових мереж Петрі. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Вип. 27, № 6. С. 154–159. (Index Copernicus)
4. Борейко О.Ю., Теслюк В.М. Використання інгібіторних мереж Петрі для побудови автоматизованої системи обліку пасажиропотоку громадського транспорту "розумного" міста. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Вип. 28, № 2. С. 150-154. (Index Copernicus)
5. Boreiko O., Teslyuk V., Chorna I. Analysis and prospects of smart city technology development. *Innovative education as a constituent part of the smart city (Series of monographs Faculty of Architecture, Civil Engineering and Applied Arts Katowice School of Technology Monograph 14)*. 2017. P. 60-70.
6. Борейко О.Ю., Теслюк В.М., Машевська М.В., Гураль І.В. Технічне забезпечення контролера збору даних системи автоматизованого опрацювання пасажиропотоку громадського транспорту "розумного" міста. *Моделювання та інформаційні технології: Збірник наукових праць. Інститут моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України*. 2017. Вип. 79. С. 190-197.
7. Борейко О.Ю., Теслюк В.М., Зелінський А.Я., Коваль В.Я. Метод опрацювання параметрів пасажиропотоку громадського транспорту "розумного" міста. *Моделювання та інформаційні технології: Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України*. 2017. Вип. 81. С. 123-129.
8. Борейко О.Ю., Теслюк В.М., Березький О.М. Розроблення компонентів системи відеонагляду "Інтелектуального будинку" на базі Raspberry PI. *Моделювання та інформаційні технології: Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України*. 2014. Вип. 71, С. 66-71.
9. Теслюк В.М., Борейко О.Ю., Сидор А.Р., Береговська Х.В. Модель телекомунікаційної мережі "інтелектуального будинку". *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 1, С. 351-357. (Index Copernicus)
10. Boreiko O., Teslyuk V. Structural Model Of Passenger Counting And Public Transport Tracking System Of Smart City. *Proceeding of the XIII International Conference "Perspective Technologies and Methods in MEMS Design", MEMSTECH'2016, 20 - 24 April 2016 Polyana, Lviv, Ukraine, 2016*. P. 124-126. (Scopus)

11. Boreiko O., Teslyuk V. Model of a controller for registering passenger flow of public transport for the "smart" city system. Proc. of the 14 Intern. Conf. on The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM'2017). Lviv. Polyana: Publishing House Vezha&Co, 2017. P. 207-209. (Scopus)

12. Boreiko O., Teslyuk V. Model of data collection controller of automated processing systems for passenger traffic public transport «smart» city based on Petri nets. Proceeding of the 2nd International Conference on “Advanced Information and Communication Technologies”, (AICT2017). IEEE, 2017. P. 62-65. (Scopus)

13. Boreiko O., Teslyuk V. Information model of the control system for passenger traffic registration of public transport in the "smart" city. Proceeding of the XII-th International Scientific and Technical Conference “Computer Science and Information Technologies”, (CSIT2017). IEEE, 2017 P. 113-116. (Scopus)

14. Boreiko O., Teslyuk V., Baran M., Navytka M. Data processing method for public transport passenger flow of the "smart" city. Proceeding of the XIVth International Conference "Perspective Technologies and Methods in MEMS Design", MEMSTECH'2018, 18 - 22 April 2018 Polyana, Lviv, Ukraine, 2018. P. 61-64. (Scopus)

15. Борейко О.Ю., Інгібіторні мережі Петрі для моделювання автоматизованої системи обліку пасажиропотоку громадського транспорту "розумного" міста. Проблеми та перспективи розвитку економіки і підприємництва та комп'ютерних технологій в Україні : збірник тез доповідей XIV науково-практичної конференції, 17–20 квітня 2018 р. Львів: Навчально-науковий інститут підприємництва та перспективних технологій Національного університету «Львівська політехніка», 2018. С. 10-11.

16. Борейко О.Ю., Теслюк В.М Автоматизоване визначення параметрів пасажиропотоку громадського транспорту «розумного» міста. Проблеми та перспективи розвитку економіки і підприємництва та комп'ютерних технологій в Україні : збірник тез доповідей XIII науково-практичної конференції, 27–31 березня 2017 р. Львів: Навчально-науковий інститут підприємництва та перспективних технологій Національного університету «Львівська політехніка», 2017. С. 31-33.

17. Борейко О.Ю Система обліку пасажиропотоку та моніторингу руху громадського транспорту “розумного міста”. Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: Матеріали Всеукраїнської школи-семінару молодих вчених і студентів АСІТ'2016. Тернопіль: Економічна думка, 2016. С. 96-98.

18. Борейко О.Ю., Зубко Р. А. Моделювання контролю руху міського транспорту на основі мереж Петрі. Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: Матеріали Всеукраїнської школи-семінару молодих вчених і студентів АСІТ'2016. Тернопіль: Економічна думка, 2016. С. 11-13.

19. Борейко О.Ю. Інформаційна модель системи автоматизованого опрацювання пасажиропотоку громадського транспорту "розумного" міста. Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: Матеріали Всеукраїнської конференції з міжнародною участю АСІТ'2017. Тернопіль: ТНЕУ, 2017. С. 11-12.

20. Теслюк В.М., Борейко О.Ю., Мельник А. Ю. Моделювання руху громадського транспорту на основі мереж Петрі. Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: Матеріали Всеукраїнської конференції з міжнародною участю АСІТ'2017. Тернопіль: ТНЕУ, 2017. С. 24-25.

21. Boreiko O., Teslyuk V., Berezsky O., Beregovska C. Video Monitoring System's Module for Smart Home. Перспективні технології і методи проектування MEMC : матеріали десятої міжнар. конф. MEMSTECH 2014, 22-24 червня 2014, Львів, Україна. Нац. ун-т "Львів. політехніка" Львів : Вежа і Ко, 2014. С. 126-128.

АНОТАЦІЯ

Борейко О.Ю. Інформаційна технологія опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Національний університет «Львівська політехніка», Міністерство освіти і науки України, Львів, 2018.

Дисертаційна робота присвячена розв’язанню важливого наукового завдання – завдання підвищення ефективності опрацювання параметрів пасажиропотоків у громадському транспорті “розумного” міста.

У дисертації розроблено метод опрацювання параметрів пасажиропотоків громадського транспорту. Отриманий метод враховує різні категорій пасажирів та завдяки використанні мультимедійних форматів і інтегрованих структур даних забезпечує підвищення точності визначення їх параметрів.

Вдосконалено ієрархічну програмну модель, яка дає можливість досягнути необхідної швидкодії, функціональності, вартості програмної реалізації системи і швидко масштабувати автоматизовану систему.

Вдосконалено фізичну модель контролера збору даних, яка ґрунтується на використанні сучасної елементної бази і забезпечує широкі функціональні можливості та припустиму вартість реалізації у порівнянні з існуючими аналогами.

Для зменшення структурної складності моделей автоматизованої системи опрацювання параметрів пасажиропотоків отримав подальший розвиток метод синтезу структурних моделей автоматизованої системи на основі інгібіторних мереж Петрі.

Ключові слова: інформаційна технологія, громадський транспорт, параметри пасажиропотоків, інформаційна модель, автоматизована система, “розумне” місто, мережі Петрі.

АННОТАЦИЯ

Борейко О.Ю. Информационная технология обработки параметров пассажиропотоков общественного транспорта. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Национальный университет «Львовская политехника», Министерство образования и науки Украины, Львов, 2018.

Диссертация посвящена решению важного научного задания – повышения эффективности обработки параметров пассажиропотоков в общественном транспорте "умного" города.

В диссертации разработан метод обработки параметров пассажиропотоков общественного транспорта. Полученный метод учитывает различные категорий пассажиров и благодаря использованию мультимедийных форматов и

интегрированных структур данных обеспечивает повышение точности определения их параметров.

Усовершенствована иерархическая программная модель, которая дает возможность достичь необходимого быстродействия, функциональности, стоимости программной реализации системы и быстро масштабировать автоматизированную систему.

Усовершенствована физическая модель контроллера сбора данных, которая основана на использовании современной элементной базы и обеспечивает широкие функциональные возможности и допустимую стоимость реализации по сравнению с существующими аналогами.

Для уменьшения структурной сложности моделей автоматизированной системы обработки параметров пассажиропотоков получил дальнейшее развитие метод синтеза структурных моделей автоматизированной системы на основе ингибиторных сетей Петри.

Ключевые слова: информационная технология, общественный транспорт, параметры пассажиропотоков, информационная модель, автоматизированная система, "умный" город, сети Петри.

ABSTRACT

Boreiko O. Yu. Information technology of data processing concerning the parameters of public transport passenger flow. – Qualifying scientific work as a manuscript.

Thesis for a Candidate Degree in Technical Sciences (Doctor of Philosophy) in specialty 05.13.06 "Information Technologies" – Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2018.

The thesis is dedicated to the upgrading of efficiency of information technologies of data processing for public transport passenger flow.

The actuality of the subject of the dissertation has been proved in the introduction of the scientific work. The aim and the main tasks of the investigation have been formulated. The scientific novelty and the practical implementation of the obtained results have been defined.

The first chapter of the thesis contains the analysis of the current state of the systems development of the "smart" city. The results of the analysis of the existing automated systems gave the possibility to state the following facts: in most cases, a necessary functionality (privileged passengers are taken into account) was not fully realized, there were not insufficient high accuracy calculation of passengers (no more than 98%) and expensive equipment connected with the monopoly of producing companies.

In the second chapter of the investigation, there is the further development of models of the automated system on the base of Petri nets. The developed method is based on the following: algorithms of the work of the system, which show all stages of functioning of a client and its server part in details; models of a client and server part of the system on the base of inhibitor Petri nets, which give the possibility to investigate state and dynamics of the functioning of the whole system and its components; models of the system based on color Petri nets showing types, movement and processing of data by controllers and a server.

In the third chapter of the research, the processing method of parameters for public transport passenger flows of the “smart” city has been developed for the first time. It is based on the activity of the following: algorithms of the original data processing by a controller; algorithms of data processing by a server sent by controllers-clients; program model of a controller of data collection; hierarchical model of the management of software of a server part; information model, which reflects the processes of interaction between the main elements of the system and describes data flow and stages of their interpretation in the final statistic information.

In the fourth chapter of the research, physical model of a controller for data collection and technical means for the realization of a server part of the system, software for the automated system for processing of parameters of public traffic passenger flows of the “smart” city have been upgraded. Technical equipment for the design of a physical model of a controller of data collection has been developed. A high accuracy of calculation of passengers that is equal to 99.5% together with the use of video data gives the possibility to check, prove and show the estimated quantity of passengers of each transport means during the chosen period.

Keywords: information technology, public transport, parameters of passenger flows, information model, automated system, "smart" city, Petri nets.

Підписано до друку 20.09.2018 р.
Формат 60x84/16. Папір офсетний
Друк офсетний. Зам. № 0228-2
Умов. друк. арк. 1.1. Обл.– вид. арк. 1.2
Тираж 100 прим.

Віддруковано ФО-П Шпак В.Б.
Свідоцтво про державну реєстрацію В02 № 924434 від 11.12.2006 р.
Свідоцтво платника податку: Серія Е № 897220
м. Тернопіль, вул. Просвіти, 6.
тел. 8 097 299 38 99
E-mail: tooums@ukr.net