

4. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ



Науковий вісник НЛТУ України
Scientific Bulletin of UNFU

<https://nv.nltu.edu.ua>

<https://doi.org/10.15421/40280626>

Article received 15.06.2018 p.

Article accepted 25.06.2018 p.

УДК 004.42



ISSN 1994-7836 (print)

ISSN 2519-2477 (online)

@ ✉ Correspondence author

O. Yu. Boreiko

boreiko.work@gmail.com

П. Ю. Денисюк¹, О. Ю. Бореїко², О. Е. Маркелов¹, В. М. Теслюк¹

¹ Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

² Тернопільський національний економічний університет, м. Тернопіль, Україна

РОЗРОБЛЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПІДСИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО АНАЛІЗУ, ПРОГНОЗУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ ПАСАЖИРОПОТОКУ ДЛЯ ЗАДАНОГО МАРШРУТУ В МІСТІ ЛЬВОВІ

Розроблено спеціалізовану комп'ютерну підсистему, що дає змогу здійснити аналіз пасажиропотоку для заданого маршруту, представлення результатів у зручній для користувача формі, а також здійснити прогнозування та розрахунок пасажиропотоку на основі розробленої математичної моделі. Наведено Результати дослідження пасажиропотоку за конкретним маршрутом громадського транспорту Львова. Розроблено наближену математичну модель пасажиропотоку заданого маршруту, яку надалі використовують у модулі генерації статистичних даних. Математична модель містить такі коефіцієнти впливу на кількісні характеристики досліджуваного пасажиропотоку, як: коефіцієнт впливу дня тижня; коефіцієнт впливу типу дня року; коефіцієнт, що відображає вплив конкуренції в конкретному місці заданого маршруту. Здійснено розрахунок і прогнозування величини пасажиропотоку для заданого маршруту на основі розробленої математичної моделі та відповідного алгоритму генерації статистичних даних, які реалізовані в підсистемі. Здійснено моделювання роботи системи і перевірку отриманих результатів моделювання із реальними даними. Описано структури основних функціональних блоків комп'ютерної підсистеми. Розроблено графічний інтерфейс користувача основного функціонального блоку підсистеми. Наведено результати роботи розробленої підсистеми автоматизованого аналізу, прогнозування та розрахунку пасажиропотоку для конкретного маршруту.

Ключові слова: громадський транспорт; прогнозування пасажиропотоку; модель розрахунку пасажиропотоку; автоматизований аналіз.

Вступ. Проблема пасажироперевезень є актуальною проблемою сьогодення у багатьох регіонах планети (Gorev, 2010), вирішення якої людство займається вже не одне десятиліття, проте особливістю цієї проблеми є абсолютна унікальність кожного із прикладів її прояву, що зумовлена безліччю факторів (Boreiko, et al., 2017; Tesliuk, Boreiko, & Melnyk, 2017; Tesliuk, et al., 2016): специфіка менталітету населення конкретного регіону, особливості архітектури та ландшафту, людський фактор, рівень добробуту населення регіону, боязнь кардинальних змін, соціально-економічна стабільність і т. ін. (Vikovich, 2013).

Одним із рішень описаних завдань пасажироперевезень є розроблення, власне, спеціалізованої комп'ютерної підсистеми автоматизованого аналізу, прогнозуван-

ня та розрахунку пасажиропотоку для заданого маршруту (Gentile & Nökel, 2016; Lebedeva, 2014; Counting in Vehicles, 2018), результати функціонування якої можна надалі використати для: короткострокового чи довгострокового прогнозування пасажиропотоку з метою корекції інфраструктури громадського транспорту; як "важеля впливу" на компанії-перевізники (надавачів послуг), які постійно декларують мало не збитковість своїх перевезень (Nowicka, 2014; Sliusarchuk, et al., 2015). Окрім цього, можна виокремити задачу для компаній-перевізників щодо оптимального розподілу кількості одиниць на маршруті й інтервалі руху між ними і багато іншого (Kupriyanovsky, et al., 2016; Boulton, Brunn & Devriendt, 2018).

Вибір та дослідження пасажиропотоку для кон-

Інформація про авторів:

Денисюк Павло Юрійович, канд. техн. наук, доцент, кафедра систем автоматизованого проектування.

Email: pavlo.denysyuk@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6544-0128>

Бореїко Олег Юрійович, аспірант. Email: boreiko.work@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1556-8753>

Маркелов Олександр Едуардович, канд. техн. наук, ст. викладач, кафедра систем автоматизованого проектування.

Email: oleksandr.markelov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2432-0768>

Теслюк Василь Миколайович, д-р техн. наук, професор, кафедра систем автоматизованого проектування.

Email: vasyl.teslyuk@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5974-9310>

Цитування за ДСТУ: Денисюк П. Ю., Бореїко О. Ю., Маркелов О. Е., Теслюк В. М. Розроблення комп'ютерної підсистеми автоматизованого аналізу, прогнозування та розрахунку пасажиропотоку для заданого маршруту в місті Львові. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 6. С. 129–135.

Citation APA: Denysyuk, P. Yu., Boreiko, O. Yu., Markelov, O. E., & Teslyuk, V. M. (2018). Development of the computer subsystem of automated analysis, forecasting and calculation of passenger traffic for the given route in Lviv. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(6), 129–135. <https://doi.org/10.15421/40280626>

кретного маршруту. Дослідження проводили у Львові. Як досліджуваний маршрут обрано маршрут № 20. Хотілося б зазначити кілька особливостей маршруту № 20, обраного для дослідження пасажиропотоку (рис. 1): 1) маршрут № 20 з'єднує спальний і промисловий райони; 2) маршрут пролягає через центр міста; 3) маршрут пролягає через район "Привокзальний", в якому є надзвичайно насичений пасажиропотік; 4) маршрут поєднує дві автостанції (АС у районі "Привокзальний" і АС-2); 5) на маршруті № 20 існує також основний "конкуруючий" маршрут № 34, траєкторія якого в більшості стратегічних точок накладається з траєкторією першого.

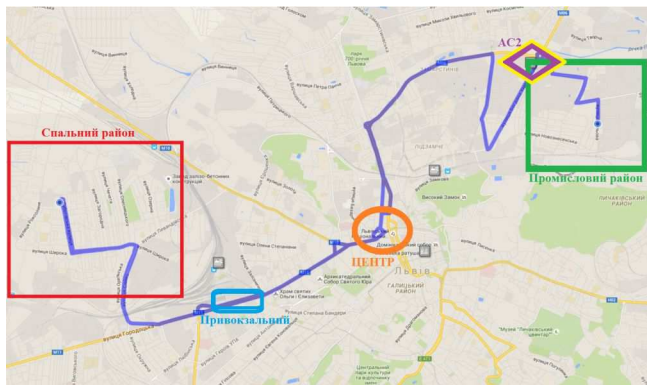


Рис. 1. Стратегічні точки маршруту № 20

Обраний маршрут є надзвичайно цікавим з погляду дослідження пасажиропотоку, адже об'єднує такі стратегічні точки: ("Левандівка" – "Скриня" – "Привокзальний" – "Центр" – "Магнус" – "Форум" – "БТІ" – "Підзамче" – "АС-2" – "Радіоринок" – "Торпедо" – "Епіцентр").

Розроблення моделі розрахунку величини пасажиропотоку для заданого маршруту. Запропоновано наближену математичну модель розрахунку величини пасажиропотоку для заданого маршруту:

$$PassNum = kDayOfWeek \cdot kDayOfYear \cdot kCompet \cdot AverNum, (1)$$

де: *PassNum* – кількість пасажирів у конкретній точці заданого маршруту досліджуваного пасажиропотоку; *kDayOfWeek* – коефіцієнт впливу дня тижня (понеділок, вівторок, середа, четвер, п'ятниця, субота, неділя) на кількісні характеристики досліджуваного пасажиропотоку; *kDayOfYear* – коефіцієнт впливу типу дня року (звичайний робочий день, звичайний робочий день у період канікул і відпусків, святковий день, передсвятковий день, державний вихідний) на кількісні характеристики досліджуваного пасажиропотоку; *kCompet* – коефіцієнт, що відображає вплив конкуренції в конкретному місці заданого маршруту на кількісні характеристики пасажиропотоку для заданого маршруту; *AverNum* – середньостатистична величина пасажиропотоку в конкретній точці заданого маршруту.

Отже, як бачимо, запропонована модель надзвичайно проста, проте вона дає змогу досить ефективно здійснити розрахунок і прогнозування величини пасажиропотоку для заданого маршруту. Для отримання значень коефіцієнтів, наведених у формулі для розрахунку (1), дослідним шляхом встановлено значення *AverNum* – середньостатистична величина пасажиропотоку в конкретній точці заданого маршруту для різних часових проміжків доби. Після цього в ідентичні часові проміжки доби проводили дослідження в різні дні тижня і визначили значення мультиплікативного коефі-

цієнта *kDayOfWeek* для різних днів тижня. Таким самим способом визначено значення коефіцієнта *kDayOfYear* (коефіцієнт, що відповідає за вплив типу дня року), – дослідження проводили в один і той самий час доби у звичайний будній день, у звичайний робочий день в період канікул і відпусків, у суботу, у неділю, у святковий день, у передсвятковий день, та в офіційні вихідні (державні свята). Отже, дослідження пасажиропотоку на обраному маршруті № 20 проводили в кожен із представлених типів дня року, і вивели відповідні значення коефіцієнта *kDayOfYear*. Значення останнього коефіцієнта *kCompet* визначали цим самим шляхом, як і встановлення значень усіх попередніх коефіцієнтів – дослідним шляхом: на певних зупинках у певний час доби автобуси обраного маршруту № 20 прибували одночасно з автобусами інших маршрутів, і враховуючи той факт, що автобуси цих інших маршрутів також мають свої чіткі графіки руху, саме для цих зупинок і конкретно в цей час визначено значення коефіцієнтів *kCompet*.

Розроблення структури взаємозв'язку основних функціональних блоків підсистеми. Розроблена підсистема складається з таких основних функціональних блоків, взаємозв'язаних між собою (рис. 2): блок генерації статистичних даних; блок конвертації генерованих статистичних даних та основний функціональний блок, що відповідає за комунікацію з користувачем, введення вхідної інформації та вивід результатів. Така структура забезпечує максимальну гнучкість розробленої підсистеми, адже за потреби не потрібно буде кардинально перебудовувати всю систему загалом, а лише вдосконалити алгоритм роботи конкретного блоку.

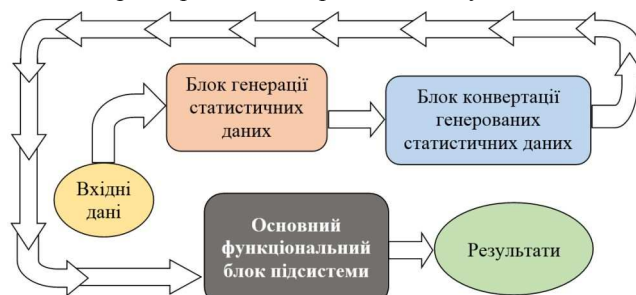


Рис. 2. Структура взаємозв'язку основних функціональних блоків підсистеми

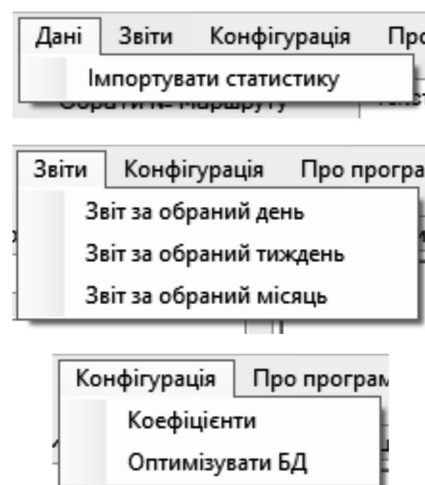


Рис. 3. Розгорнутий вигляд стрічки меню

Розроблення графічного інтерфейсу користувача основного функціонального блоку підсистеми. Головне вікно основного функціонального блоку підсистеми

теми (рис. 4) складається із стрічки меню вгорі (розгорнутий вигляд якої подано нижче, на рис. 3), області задавання вхідних параметрів зліва та області виводу отриманих результатів моделювання по центру, при цьому вивід результатів моделювання передбачений у

текстовій (див. рис. 4), табличній (рис. 5) та графічній (рис. 6) формах представлення для максимальної зручності.

Дата	№_маршруту	ID_маршрутки	№_рейсу	№_зупинки	Час	Зайшло	Вийшло	К-сть пас. всередині
2015-11-26	20	2005	18	1	8:00	9	0	0
2015-11-26	20	2005	18	2	8:01	14	0	9
2015-11-26	20	2005	18	3	8:02	16	3	23
2015-11-26	20	2005	18	4	8:03	9	0	36
2015-11-26	20	2005	18	5	8:05	8	8	45
2015-11-26	20	2005	18	6	8:07	8	3	45
2015-11-26	20	2005	18	7	8:10	0	4	50
2015-11-26	20	2005	18	8	8:11	3	6	46
2015-11-26	20	2005	18	9	8:12	11	6	43
2015-11-26	20	2005	18	10	8:13	3	6	48
2015-11-26	20	2005	18	11	8:14	8	11	45
2015-11-26	20	2005	18	12	8:16	4	8	42
2015-11-26	20	2005	18	13	8:18	16	16	38
2015-11-26	20	2005	18	14	8:20	6	9	38
2015-11-26	20	2005	18	15	8:21	0	0	35
2015-11-26	20	2005	18	16	8:22	0	1	35
2015-11-26	20	2005	18	17	8:23	12	8	34
2015-11-26	20	2005	18	18	8:25	3	8	38
2015-11-26	20	2005	18	19	8:26	3	9	33
2015-11-26	20	2005	18	20	8:27	4	4	27
2015-11-26	20	2005	18	21	8:29	3	1	27
2015-11-26	20	2005	18	22	8:31	3	14	29
2015-11-26	20	2005	18	23	8:33	4	9	18
2015-11-26	20	2005	18	24	8:35	0	6	13
2015-11-26	20	2005	18	25	8:36	0	7	7
2015-11-26	20	2005	18	26	8:39	8	0	0
2015-11-26	20	2005	18	27	8:40	6	3	8
2015-11-26	20	2005	18	28	8:42	1	11	11
2015-11-26	20	2005	18	29	8:44	1	1	1
2015-11-26	20	2005	18	30	8:45	0	1	1
2015-11-26	20	2005	18	31	8:47	0	0	0

Рис. 4. Головне вікно підсистеми

Дата	№_маршруту	ID_маршрутки	№_рейсу	№_зупинки	Час	Зайшло	Вийшло
2015.11.26	20	2005	18	1	8:0	9	0
2015.11.26	20	2005	18	2	8:1	14	0
2015.11.26	20	2005	18	3	8:2	16	3
2015.11.26	20	2005	18	4	8:3	9	0
2015.11.26	20	2005	18	5	8:5	8	8
2015.11.26	20	2005	18	6	8:7	8	3
2015.11.26	20	2005	18	7	8:10	0	4
2015.11.26	20	2005	18	8	8:11	3	6
2015.11.26	20	2005	18	9	8:12	11	6
2015.11.26	20	2005	18	10	8:13	3	6
2015.11.26	20	2005	18	11	8:14	8	11
2015.11.26	20	2005	18	12	8:16	4	8
2015.11.26	20	2005	18	13	8:18	16	16
2015.11.26	20	2005	18	14	8:20	6	9
2015.11.26	20	2005	18	15	8:21	0	0
2015.11.26	20	2005	18	16	8:22	0	1
2015.11.26	20	2005	18	17	8:23	12	8
2015.11.26	20	2005	18	18	8:25	3	8
2015.11.26	20	2005	18	19	8:26	3	9
2015.11.26	20	2005	18	20	8:27	4	4
2015.11.26	20	2005	18	21	8:29	3	1
2015.11.26	20	2005	18	22	8:31	3	14
2015.11.26	20	2005	18	23	8:33	4	9
2015.11.26	20	2005	18	24	8:35	0	6
2015.11.26	20	2005	18	25	8:36	0	7
2015.11.26	20	2005	18	26	8:39	8	0
2015.11.26	20	2005	18	27	8:40	6	3
2015.11.26	20	2005	18	28	8:42	1	11

Рис. 5. Представлення результатів моделювання у табличній формі

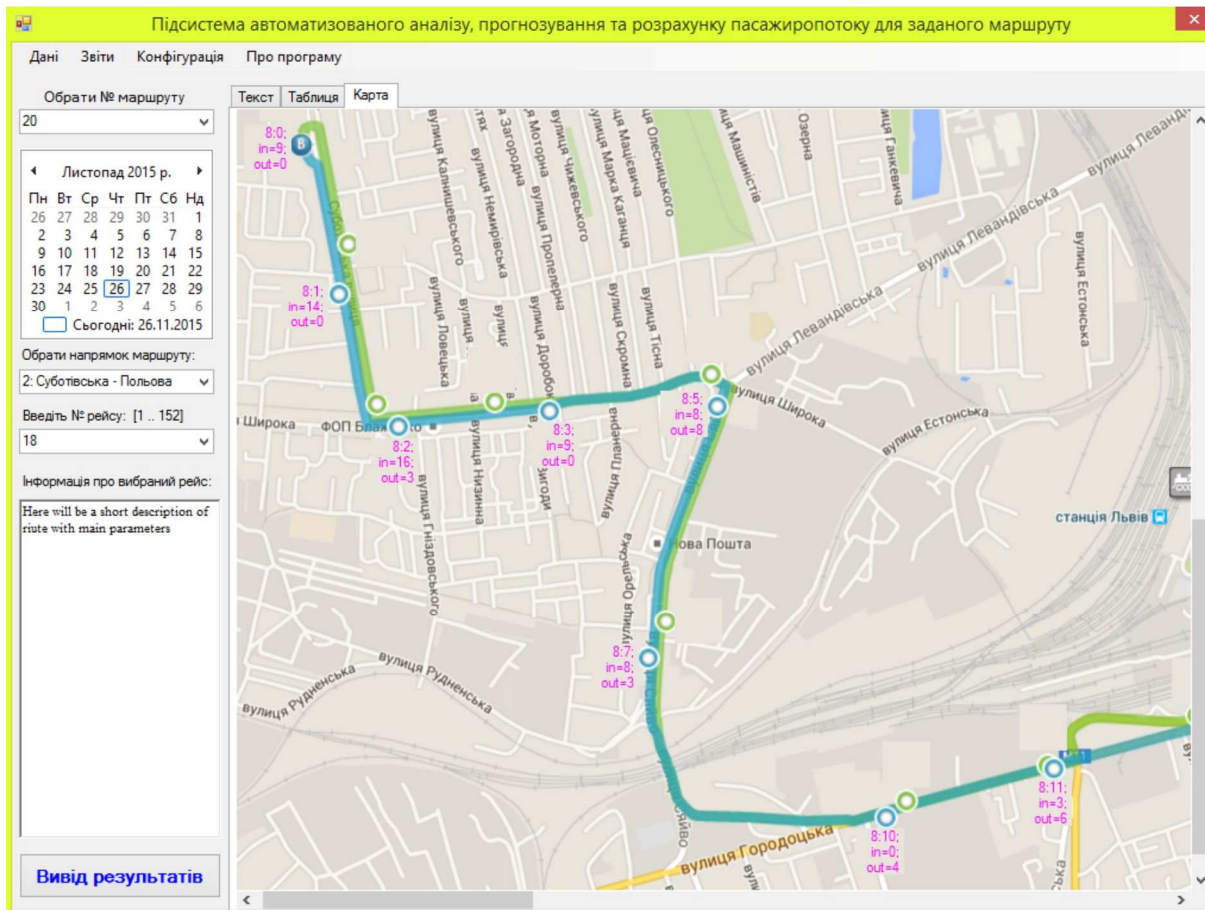


Рис. 6. Представлення результатів моделювання у графічній формі на карті

Моделювання роботи розробленої підсистеми, аналіз отриманих результатів. Моделювання роботи розробленої підсистеми здійснювали в кілька етапів. Спочатку отримані реальні дані імпортували в систему, після чого здійснили моделювання роботи системи і перевірку ідентичності отриманих даних із цими реальними даними (ідентичність підтвердилася). Отже, можна стверджувати про те, що підсистема пройшла позитивне тестування. Після цього заново згенерували абсолютно нові статистичні дані за допомогою блоку генерації статистичних даних, причому жодні реальні дані не були заімпортовані в систему. Здійснили моделювання роботи системи і перевірку отриманих результатів моделювання із реальними даними за 20 травня 2015 р. *Різниця в сумарній кількості пасажирів впродовж всього прямого рейсу за 20.05.2015 р. становила 3 пасажирів (з 239). Різниця в сумарній кількості пасажирів впродовж всього зворотного рейсу за 20.05.2015 р. становила 1 пасажир (з 149).* На завершальному етапі здійснили моделювання роботи системи для прогнозування поведінки пасажиропотоку для обраного маршруту № 20 (вибрано дата на календарі,

більшу за поточну). Наступним кроком, коли настав обраний день, вказаний користувачем на календарі, було проведено реальне спостереження на маршруті на вказаному рейсі. Так, порівняли отримані результати моделювання з реальними даними спостереження. *Різниця в сумарній кількості пасажирів впродовж всього прямого рейсу становила 4 пасажирів (із 125) у будній день. Різниця в сумарній кількості пасажирів впродовж всього зворотного рейсу за 27.11.2015 р. становила 1 пасажир (із 148).*

Результати моделювання та їх аналіз представлено на рисунках нижче, зокрема, в таблиці наведено повний набір даних для порівняння прямого рейсу в будній день (аналогічні таблиці сформовано для зворотного рейсу, а також для прямого і зворотного рейсу з інтервалом в один тиждень), а також на рис. 7–10 зображено відповідні діаграми порівняння фактичних даних і результатів моделювання. Отже, можна стверджувати про універсальність запропонованого підходу та розробленої математичної моделі для розрахунку та прогнозування пасажиропотоку на конкретному заданому маршруті.

Таблиця. Порівняння даних, отриманих у будній день (прямий рейс)

Фактичні дані				Результати моделювання				Порівняння	
№ зупинки	Час	Зайшло	Вийшло	Номер зупинки	Час	Зайшло	Вийшло	"Зайшли" Відхил.	"Вийшли" Відхил.
1	18:10	9	0	1	18:10	9	0	0	0
2	18:12	9	0	2	18:12	7	1	2	-1
3	18:13	9	0	3	18:13	8	0	1	0
4	18:16	16	9	4	18:16	14	12	2	-3
5	18:18	11	4	5	18:18	9	6	2	-2
6	18:20	12	6	6	18:20	9	8	3	-2
7	18:21	4	11	7	18:21	12	9	-8	2
8	18:23	11	4	8	18:23	12	3	-1	1
9	18:24	4	4	9	18:24	8	8	-4	-4

10	18:25	4	8	10	18:25	8	4	-4	4
11	18:26	9	6	11	18:26	1	3	8	3
12	18:28	6	6	12	18:28	4	4	2	2
13	18:29	6	6	13	18:29	4	8	2	-2
14	18:30	6	8	14	18:30	9	4	-3	4
15	18:31	3	9	15	18:31	1	9	2	0
16	18:33	9	14	16	18:33	9	11	0	3
17	18:34	9	8	17	18:34	14	9	-5	-1
18	18:36	6	9	18	18:36	6	14	0	-5
19	18:38	19	10	19	18:38	17	12	2	-2
20	18:43	8	8	20	18:43	9	9	-1	-1
21	18:44	4	9	21	18:44	6	3	-2	6
22	18:46	4	6	22	18:46	8	4	-4	2
23	18:47	9	11	23	18:47	11	8	-2	3
24	18:49	12	12	24	18:49	6	16	6	-4
25	18:50	16	11	25	18:50	14	11	2	0
26	18:53	6	6	26	18:53	8	4	-2	2
27	18:54	4	4	27	18:54	3	3	1	1
28	18:57	8	9	28	18:57	4	12	4	-3
29	18:59	3	11	29	18:59	4	14	-1	-3
30	19:01	0	14	30	19:01	4	12	-4	2
31	19:02	0	8	31	19:02	1	8	-1	0
32	19:03	0	5	32	19:03	0	10	0	-5
33	19:04	0	0	33	19:04	0	0	0	0

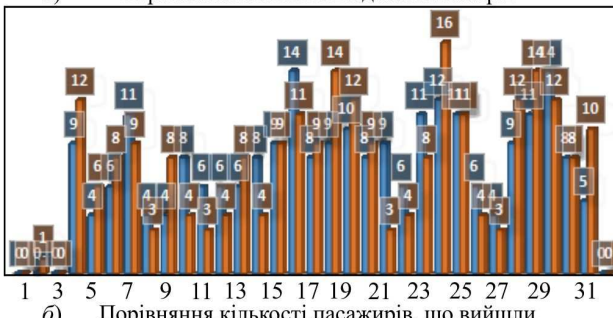
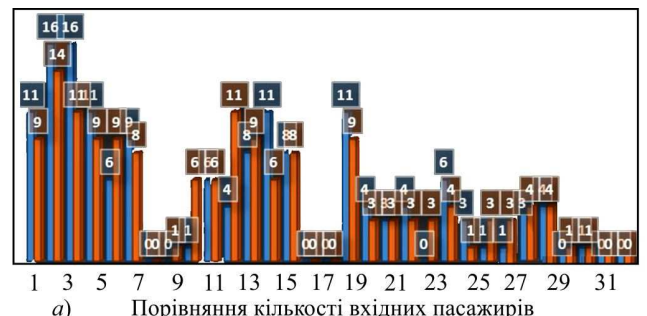


Рис. 7. Порівняння даних у будній день (прямий рейс)

Рис. 8. Порівняння даних у будній день (зворотний рейс)

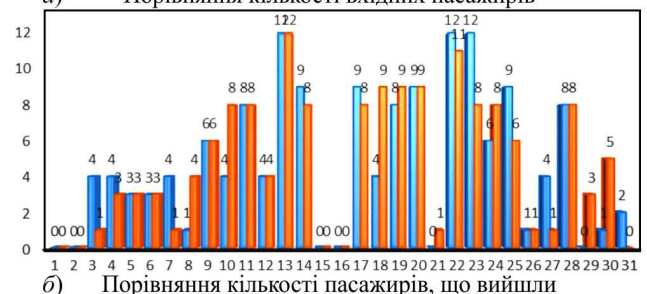
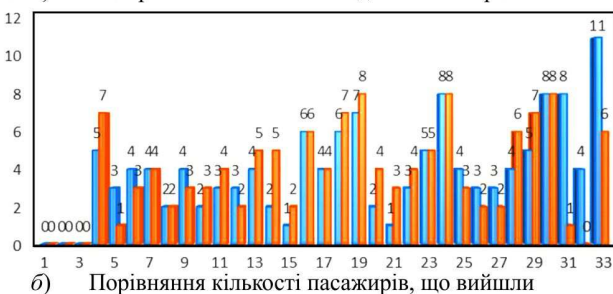
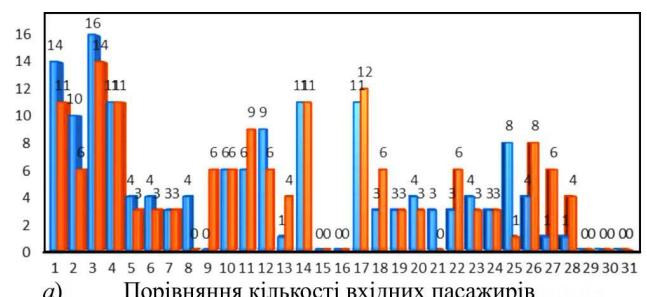
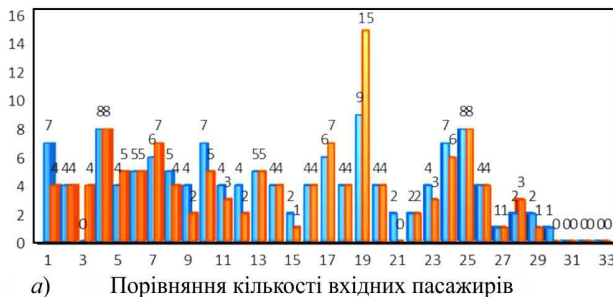


Рис. 9. Порівняння даних в будній день (через тиждень – прямий рейс)

Рис. 10. Порівняння даних у будній день (через тиждень – зворотний рейс)

Висновки. Представлено розроблену підсистему автоматизованого аналізу, прогнозування та розрахунку пасажиропотоку для заданого маршруту, яка дає змогу здійснити генерацію статистичних даних за довільний період часу на основі аналізу реальних статистичних даних. Окрім цього, здійснено розрахунок, а також прогнозування величини пасажиропотоку для заданого маршруту на основі розробленої математичної моделі та відповідного алгоритму генерації статистичних даних, які реалізовані в підсистемі. Отримано результати проведеного дослідження запропонованої математичної моделі та детально описано запропонований підхід для визначення пасажиропотоку на міському маршруті.

Перелік використаних джерел

Boreiko, O. Yu., Tesliuk, V. M., Mashevska, M. V., & Hural, I. V. (2017). Tekhnichne zabezpechennia kontrolera zbyrannia danykh systemy avtomatyzovanoho opratsiuvannia pasazhyropotoku hromadskoho transportu "rozumnoho" mista. *Modeliuvannia ta informatsiini tekhnolohii*, 79, 190–197. [In Ukrainian].

Boulton, A., Brunn, S. D., & Devriendt, L. (Forthcoming). (2018). Cyberinfrastructures and "smart" world cities: Physical, human, and soft infrastructures. In P. Taylor, B. Derudder, M. Hoyler & F. Witlox. (Eds.), *International Handbook of Globalization and World Cities*. Cheltenham, U.K.: Edward Elgar. Retrieved from: http://www.neogeographies.com/documents/cyberinfrastructure_smart_world_cities.pdf.

Counting in Vehicles. (2018). *Passenger Counting Systems and Passenger Counters*. Retrieved from: <http://www.infodev.ca/vehicles/products-and-passenger-counters.html>

Gentile, G., & Nökel, K. (2016). Modelling Public Transport Passenger Flows in the Era of Intelligent Transport Systems: COST Action TU1004 (TransITS). *Springer*, 641.

Gorev, A. E. (2010). *Osnovy teorii transportnykh sistem*. Sankt-Peterburh: SPbGASU, 214 p. [In Russian].

Kupriyanovsky, V. P., Bulancha, S. A., Chernykh, K. Y., & Namiot, D. E. (2016). Smart cities as the "capitals" of the digital economy. *International Journal of Open Information Technologies*, 2, 41–52.

Lebedeva, O. A. (2014). Sovershenstvovanie metodov monitoringa passazhyropotokov na marshrutakh gorodskogo passazhirskogo transporta obshchego polzovaniia. [Perfection of methods for monitoring passenger traffic on public urban passenger transport routes]. *Candidate dissertation for technical sciences*. Irkutsk, 171 p. [In Russian].

Nowicka, K. (2014). Smart City logistics on cloud competing model. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 151, 266–281.

Sliusarchuk, Yu. M., Khromiak, Y. Ya., Dzhavala, L. L., & Tsybal, V. M. (2015). *Teoriia ymovirnosti, matematychna statystyka ta imovirnisni protsesy*. Lviv: Vyd-vo Lviv. politekhniki, 364 p. [In Ukrainian].

Tesliuk, T. V., Berehovskiy, V. V., Tesliuk, V. M., & Denysuk, P. Yu. (2016). Metody ta modeli avtomatyzovanoho proektuvannia systemy "intelektualnogo budynku" na bazi neirokontroleriv. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26(7), 342–349. [In Ukrainian].

Tesliuk, V. M., Boreiko, O. Yu., & Melnyk, A. (2017). Modeliuvannia rukhu hromadskoho transportu na osnovi merezh Petri. *Advanced computer information technologies (ACIT2017): Proceedings All-Ukrainian conference with international participation*. May 19–20, 2017, (pp. 25–26). [In Ukrainian].

Vikovych, I. A. (2013). *Teoriia rukhu transportnykh zasobiv*. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, 672 p. [In Ukrainian].

П. Ю. Денісюк¹, О. Ю. Борейко², О. Е. Маркелов¹, В. Н. Теслюк¹

¹ *Национальный университет "Львовская политехника", г. Львов, Украина*

² *Тернопольский национальный экономический университет, г. Тернополь, Украина*

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА, ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ПАССАЖИРОПОТОКА ДЛЯ ЗАДАННОГО МАРШРУТА В ГОРОДЕ ЛЬВОВ

Разработана специализированная компьютерная подсистема, которая позволяет осуществить анализ пассажиропотока для заданного маршрута, представление результатов в удобной для пользователя форме, а также осуществить прогнозирование и расчет пассажиропотока на основе разработанной математической модели. Приведены результаты исследования пассажиропотока по конкретному маршруту общественного транспорта Львова. Разработана математическая модель пассажиропотока заданного маршрута, которая в дальнейшем используется в модуле генерации статистических данных. Математическая модель включает такие коэффициенты влияния на количественные характеристики исследуемого пассажиропотока, как: коэффициент влияния дня недели, коэффициент влияния типа дня года; коэффициент, отражающий влияние конкуренции в конкретном месте заданного маршрута. Произведен расчет и прогнозирование величины пассажиропотока для заданного маршрута на основе разработанной математической модели и соответствующего алгоритма генерации статистических данных, которые реализованы в подсистеме. Осуществлены моделирование работы системы и проверка полученных результатов моделирования с реальными данными. Описаны структуры основных функциональных блоков компьютерной подсистемы. Разработан графический интерфейс пользователя основного функционального блока подсистемы. Приведены результаты работы разработанной подсистемы автоматизированного анализа, прогнозирования и расчета пассажиропотока для конкретного маршрута.

Ключевые слова: общественный транспорт; прогнозирование пассажиропотока; модель расчета пассажиропотока; автоматизированный анализ.

P. Yu. Denysuk¹, O. Yu. Boreiko², O. E. Markelov¹, V. M. Teslyuk¹

¹ *Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine*

² *Ternopil National Economic University, Ternopil, Ukraine*

DEVELOPMENT OF THE COMPUTER SUBSYSTEM OF AUTOMATED ANALYSIS, FORECASTING AND CALCULATION OF PASSENGER TRAFFIC FOR THE GIVEN ROUTE IN LVIV

Problem of passenger transportation is an urgent problem today in many parts of the world, and solution of this problem mankind has been searching for decades of years, but the feature of this issue is the absolute uniqueness of each of an examples of its manifestation, which is caused by many factors such as specific mentality of the population of a specific region, architecture and landscape features, the human factor, the level of welfare of a particular region, fear of radical changes, social and economic stability, etc. One of the solutions of described problems is the development of specialized computer subsystem of automated analysis, prediction and calculation of passenger traffic for a given route, results of its operation can be subsequently used for: short-term or long-term forecasting of passenger traffic to correct public transport infrastructure; as a "leverage" for transport companies, that

constantly declare their almost losses transportation; in those same transport companies for optimal distribution of the vehicles on the route and range of motion between them, and more other practical tasks. The purpose of our research is to develop a specialized computer subsystem, that allows analysing passenger flow (passenger traffic) for a given route, presenting the results in a user-friendly way, and making passenger traffic forecasting and calculation, based on the developed mathematical model. We are also aimed at making passenger traffic modeling, using the developed subsystems, and compare results of this modeling with actual data, obtained by means of public accountant research on the route. Developed specialized computer subsystem consists of such interconnected units as a unit of generation of statistics data, unit of conversion of the generated statistics data, and the basic functional unit that is responsible for communication with user, entrance of input data and presentation of output results. This structure provides maximal flexibility of the developed subsystem, because there is no need to fundamentally rebuild the whole system entirely, and rebuild the only concrete unit. Specially developed mathematical model of passenger traffic (for a given route) calculation, which is extremely simple and straightforward. Later models were laid into the foundation of an appropriate statistics generating algorithm. Also specific file format was developed to save converted data, obtained in result of functioning of conversion unit, in a structured form. Modeling, made by a developed subsystem, was carried out in several stages. Originally obtained real data were imported into the system, then the modelling was carried out and identity of obtained modelling-resulting data and origin data was confirmed. Then again were generated entirely new statistics data by means of the developed statistics generation unit, and no real data were imported into the system. Again modeling and verification of the results of modeling-resulting data with real data were performed.

Keywords: public transport; forecasting of passenger traffic; model of passenger traffic calculation; automated analysis.