

УДК 656.073.7:721;
JEL C 53

DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/ves.2020.58.0.5812>

МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТРАНСПОРТНОЇ КОМПАНІЇ

Ірина Паславська, Рената Цікалова

Львівський національний університет імені Івана Франка
м. Львів, просп. Свободи, 18
e.mail: iryna.paslavska@lnu.edu.ua, Renata.Tsikalova@lnu.edu.ua

Анотація. Метою статті є побудова моделі оптимізації транспортних маршрутів пасажирських перевезень. У дослідженні використано економічні методи для прогнозування попиту на перевезення, а також генетичні алгоритми для формування оптимальних маршрутів транспортної компанії. В результаті управління ефективністю системи ми отримали визначений набір маршрутів та збалансування витрат пасажирів та перевізника. Сформульовано висновок про те, що оптимізація маршрутів дозволяє компаніям оптимізувати бізнес-функції, включати параметри, які вони, зазвичай, використовують для підвищення ефективності бізнесу, як частину планування. Також ефективне планування перевезень дозволить їм контролювати кінцеві операції та підвищити якість обслуговування пасажирів. Відмінною характеристикою запропонованої моделі є врахування витрат часу пасажирів під час здійснення рейсу та продуктивності персоналу компанії. Цінність запропонованої моделі прогнозування попиту та оптимізації маршрутів пасажирських перевезень полягає у тому, що вона дозволила компанії зменшити витрати на 10,82%.

Ключові слова: транспортна мережа, ефективний маршрут, експлуатаційні витрати, генетичний алгоритм, ARIMA модель.

Постановка проблеми. Економічна діяльність суб'єктів господарювання зазнала значних змін упродовж останнього року. Пандемія призвела до значного зростання обсягів замовлень на транспортні перевезення, а також до збільшення попиту на індивідуальні групові подорожі. Компанії шукають практичні рішення для збільшення своїх можливостей з перевезень та надання допоміжних послуг, які відповідають очікуванням пасажирів і допомагають їм залишатися конкурентоспроможними.

У період пандемії програми ефективного планування маршрутів стали необхідною навіть для невеликих підприємств. Поточна ситуація змусила операторів фірм-перевізників зосередитись на замовленнях перевезень на вимогу. Однак, це може спричинити низку проблем, здебільшого пов'язаних із високими сподіваннями пасажирів, попитом, пропозицією, логістикою та робочою силою. Розробка ефективних управлінських рішень щодо планування транспортних перевезень для вирішення існуючих проблем та збереження конкурентоспроможності стала необхідною.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розробці сучасних моделей логістичних систем присвячені праці таких учених, як А. Абдельгані та В. Гужва, І. Анварі, А. Андреоні та М. Посторіно, Аль-Рукайбі та І. Аль-Мутаїрі, Ш.Бакстер, Р. Блейні та К. Маллі, Ф. Бозер, Д. Ван, Д. Варагулі, А. Ву, Д. Красіч та П. Гатті, О. Клаверія та С. Торра, Ч. Лін, Н. Логанатан та Я. Ібрагім, О. Морцух, І. Міленкович, П. Нантакумар, С. Олівейра та Х. Едуардо, Я. Пай і Х. Хонг, М. Річардсон і Р. Уайлд, СС. Сіврикая та Т. Тунч, Х. Танг, Д. Чу, І. Фернандес і Т. Тексера, І. Цай. У своїх дослідженнях вони використовували різноманітні економетричні моделі, нейронні мережі, генетичні алгоритми задля оптимізації роботи різноманітних логістичних систем [3-11].

Моделі ARMA – це тип стаціонарних стохастичних моделей, які складаються з двох моделей авторегресійних та ковзних середніх. Більшість розробок та застосувань моделей класу ARMA пов'язані з книгою Бокса та Дженкінса [4]. Так, наприклад, авторегресійна дробово інтегрована ковзна середня (ARFIMA) була використана Чу для прогнозування туристичного попиту в Сінгапурі. Запропонована модель аналізувала вплив на результуючі показники нестабільних даних, таких як економічні та політичні потрясіння [11].

Генетичний алгоритм – це метаевристика, що імітує природний процес відбору, який описано Дарвіном. Чен і Ван прогнозували туристичний попит Китаю за допомогою моделі SVR (support vector regression), параметри якої були оптимізовані за допомогою генетичних алгоритмів. Шахрабі намагався прогнозувати туристичний попит, розробивши гібридну модель інтелекту. Вони запропонували комбінацію різних інструментів та методів, таких як попередня обробка даних, кластеризація, алгоритми генетичного навчання та нечіткі системи, щоб запропонувати систему прогнозування. У більш пізньому дослідженні Шрісаенг Бакстер, Річардсон і Уайлд використовували генетичні алгоритми для прогнозування обсягу попиту австралійської внутрішньої авіакомпанії. Вони використали 74 набори навчальних даних та 13 наборів даних тестування для запропонованих моделей. Результати дослідження показали, що квадратичні моделі кращі від лінійних за точністю та надійністю [5].

Проте універсальної моделі прогнозування та оптимізації транспортних перевезень не існує і надалі важливою залишається задача побудови таких маршрутів транспортних перевезень, які б враховували інтереси і перевізників, і пасажирів. Особливо гостро ця задача постала у період пандемії, яка призвела до збільшення потреб на індивідуальні групові перевезення.

Постановка завдання. Метою дослідження є побудова моделі формування маршрутів для станцій з високим і низьким попитом із врахуванням витрат часу пасажирів під час здійснення рейсу та продуктивності персоналу компанії. Також нашою метою є досягнення рівноваги між експлуатаційними витратами та витратами часу пасажирів на рейсі за допомогою запропонованого алгоритму планування та оцінки ефективності маршруту.

Виклад основного матеріалу дослідження. Витрати перевезення на визначену відстань часто складають найбільш значну частину загального операційного бюджету компанії. Зростання цін на робочу силу та паливо створило ситуацію, коли транспортні витрати зростають у 7 разів швидше, ніж ціни на послуги.

Щоб скоротити операційні витрати та надати пасажирам якісне обслуговування, підприємства повинні інвестувати в ефективне планування діяльності.

Моделі планування маршруту для водіїв рейсів замовлень – це інструменти, які дозволяють обчислити найбільш економічно ефективний маршрут із визначеними

зупинками та враховують при цьому кілька важливих факторів: кількість транспортних засобів у парку, попит та кількість зупинок на маршруті. Оптимізатори руху транспортного засобу мінімізують відстань та час подорожі та допомагають компаніям підвищити їх конкурентоспроможність, раціонально затрачаючи наявні ресурси.

Найкращі програми планування маршрутів включають такі можливості: відстеження в реальному часі; диспетчеризація на вимогу; оптимізація мобільних маршрутів та автоматизована маршрутизація; інтеграція GPS-навігації; легко налагоджувані маршрути з управлінням перетягуванням; збір відгуків водіїв та клієнтів; безкоштовний мобільний додаток для водіїв для iOS чи Android; автоматичні сповіщення для пасажирів та водіїв; замовлення та аналіз автопарку; корисна та професійна команда підтримки.

Розглянемо процедуру планування пасажирських перевезень. Маршрут поточного замовлення підприємства “East West Eurolines” поданий в табл. 1.

Таблиця 1

Маршрут замовлення

Станція відправлення	Станція прибуття	Відстань (км)
Львів	Дрогобич	86
Дрогобич	Трускавець	11
Трускавець	Стрий	36
Стрий	Моршин	13
Моршин	Долина	26
Долина	Калуш	32
Калуш	Івано-Франківськ	37
Івано-Франківськ	Бучач	67
Бучач	Чортків	36
Чортків	Теребовля	42
Теребовля	Заліщики	87
Заліщики	Кам'янець-Подільський	93
Кам'янець-Подільський	Тернопіль	145
Тернопіль	Золочів	61
Золочів	Броди	39
Броди	Львів	103

Джерело: сформовано авторами за допомогою бази замовлень міжнародної транспортної компанії “East West Eurolines”.

Відповідно до отриманого замовлення план рейсу, розрахований оператором компанії, складатиме 914 км. Відповідно до отриманого маршруту визначено вартість рейсу, яка становитиме 8500 грн. До експлуатаційних витрат включають: дорожні витрати, обслуговування транспортного засобу, вартість палива.

Далі використаємо інструмент автоматизованого планування маршруту NASG-II і порівняємо отримані результати. NSGA II (генетичний алгоритм сортування без домінування II) – це еволюційний багатопільовий алгоритм, розроблений на основі NSGA [4].

Алгоритм NSGA II побудовано у такій послідовності: 1) створюється батьківська сукупність рішень; 2) кожне покоління створюється з вибором двох батьків та проведенням генетичних операцій; 3) домінування сортування використовується на комбінації батьківської та дочірньої сукупності для отримання наступного покоління. Таким чином, формується оптимальний маршрут замовлення.

Для нашої задачі на першому кроці формується набір замовлення: 1) екіпаж (розмір супроводжуючого персоналу, оплата праці, тощо), 2) транспортний засіб (експлуатаційні параметри), 3) зупинки (станції пересадки).

Реалізація процедури на конкретній транспортній мережі вимагає здійснити вибір параметрів, визначення схеми кодування та оцінки доцільності рішення. Спочатку визначаються параметри процесу генерації набору маршрутів-кандидатів відповідно до ілюстративної інформації про мережу.

При оптимізації транспортної системи головними факторами виступають вузли (зупинки) і точки попиту. Важливість кожного вузла може вимірюватися його топологічною централізацією в мережі.

На першому етапі зупинки сполучення визначаються з урахуванням транспортних засобів. Вузли, які є найближчими до цих об'єктів, позначаються вручну як зупинки з'єднання. Загалом було створено 15 вузлів.

На другому етапі значення центральності вузла обчислюється за допомогою процедури випадкової ходьби, розробленої за допомогою мови програмування R.

На третьому етапі здійснюється пошук звичайних зупинок за допомогою NASGA-II, що максимізує потенційне покриття. Наше дослідження передбачає 16 зупинок для оптимізації. У побудованій моделі мережеві вузли є зупинками кандидатів, а також точками попиту.

На практиці, користувачу (оператору) пропонується в діалоговому режимі визначити маршрут замовлення на карті (рис.1). Інформація про відстані між станціями та відповідний попит попередньо завантажуються оператором.



Рис.1 Вибір станцій маршруту

Джерело: сформовано авторами за допомогою програмного середовища R на основі бази замовлень міжнародної транспортної компанії "East West Eurolines".

Загальна відстань маршруту складає 815 км, при цьому експлуатаційні витрати складатимуть 7580 грн. На цьому етапі важливо оцінити переваги автоматизованого способу планування маршруту. Порівняно з поточним набором замовлення оптимальний дозволить зменшити витрати на 10,82%.

Таблиця 2

Оптимальний маршрут замовлення

Станція відправлення	Станція прибуття	Відстань (км)
Львів	Дрогобич	86
Дрогобич	Трускавець	11
Трускавець	Стрий	36
Стрий	Моршин	13
Моршин	Долина	26
Долина	Калуш	32
Калуш	Івано-Франківськ	37
Івано-Франківськ	Бучач	67
Бучач	Заліщики	75
Заліщики	Кам'янець-Подільський	93
Кам'янець-Подільський	Чортків	78
Чортків	Теребовля	42
Тернопіль	Тернопіль	36
Теребовля	Броди	76
Броди	Золочів	39
Золочів	Львів	68

Джерело: розраховано авторами за допомогою програмного середовища R на основі бази замовлень міжнародної транспортної компанії "East West Eurolines".

Ще однією проблемою планування пасажирських перевезень є прогнозування пасажиропотоку.

При регіональному прогнозуванні нами було використано 2017 рік як базовий і встановлено короткостроковий горизонт на три роки.

Як і попередні прогнози руху пасажирів, дані про пасажирські перевезення були сегментовані на 15 міжнародних та 10 внутрішніх груп маршрутів. 25 груп маршрутів були розподілені на шість різних рівнів відповідно до доходу та попиту на них. Порогові показники доходів для відокремлення рівнів були оновлені з останнього квитково-облікового звіту підприємства.

Розглянувши існуючі моделі прогнозу із низкою діагностичних тестів, ми вирішили використувати моделі, які фіксують основні економічні та демографічні фактори попиту на пасажиропотік та найкраще відповідають вихідним даним. Моделі досліджують вплив сезонності на попит пасажирів (пасажиропотік у дохідних пасажирських кілометрах). Інформація про тарифи підприємства та кількість пасажирів були отримані зі звітів та баз даних відділу з транспортних перевезень та маркетингу підприємства "East West Eurolines".

Для побудови моделей та їх підготовки до застосування в програмному середовищі R існує пакет відповідних функцій. В цьому дослідженні використано п'ять бібліотек, функції яких описані нижче.

На підготовчому етапі необхідно проаналізувати сезонність. На рис. 2 графічно відображено динаміку пасажиропотоку за три роки.

Найбільша кількість пасажирів припадає на святкові періоди та відпустки, а саме в січні, квітні та липні. Пік по обсягу пасажирів припадає на початок 2020 року, що також має практичне обґрунтування: через збільшення обсягів продажів на міжнародні рейси під час розгортання світової пандемії.

Представлений на рис.3 графік підтверджує зроблену вище гіпотезу про наявність сезонності. Проте в лютому місяці наявне розсіювання даних за роками, що зумовлене піком перевезень на початку карантинних обмежень в 2020 році.

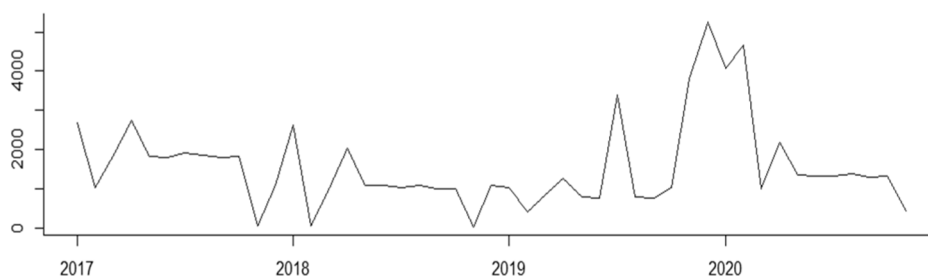


Рис. 2 Динаміка пасажиропотоків за 2017-2020 рр.

Джерело: сформовано авторами за допомогою програмного середовища R на основі квитково-облікового звіту відділу маркетингу міжнародної транспортної компанії "East West Eurolines".

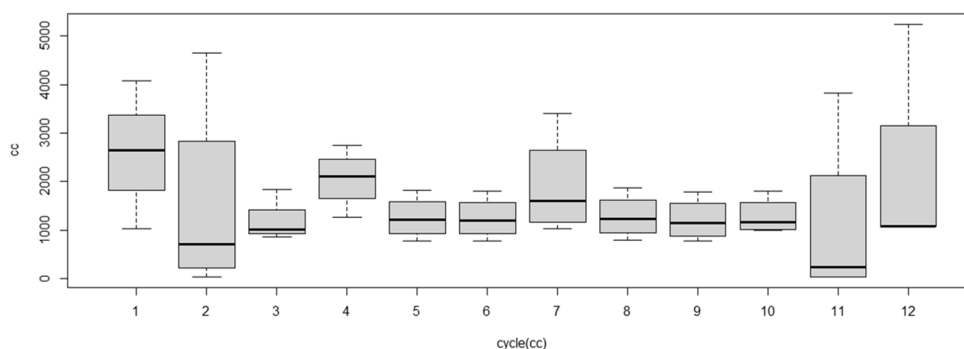


Рис. 3 Відхилення пасажиропотоків за 2017-2020 рр.

Джерело: сформовано авторами за допомогою програмного середовища R на основі квитково-облікового звіту відділу маркетингу міжнародної транспортної компанії "East West Eurolines".

На практиці сезонність та поява несподіваних подій є основними перешкодами на шляху досягнення більш точних прогнозів, які повинні вимагати більшої уваги в майбутніх дослідженнях.

Однією із загальних вимог в аналізі часових рядів є їх стаціонарність, тобто середнє значення, дисперсія і автокореляція не повинні змінюватися з часом. Існує кілька методів перевірки на стаціонарність, але в дослідженні ми використали розширений метод Дікі-Фуллера. Для цього ряд потрібно розділити на кілька частин і перевірити гіпотези про рівність дисперсій і математичних сподівань цих частин.

Із результатів аналізу, що представлені у табл. 3, можемо зробити висновок, що дані не є стаціонарними оскільки значення p -value більше, ніж 0,05.

Наслідком дослідження низки гіпотез є необхідність додаткової перевірки рівності ACF (попарне порівняння коефіцієнтів кореляції кожного порядку за допомогою тесту на рівність кореляції). При відкиданні гіпотези про одиничні корені,

ряд можна моделювати ARMA моделлю. Модель можна вважати побудованою тільки тоді, коли ряд залишків є білим шумом.

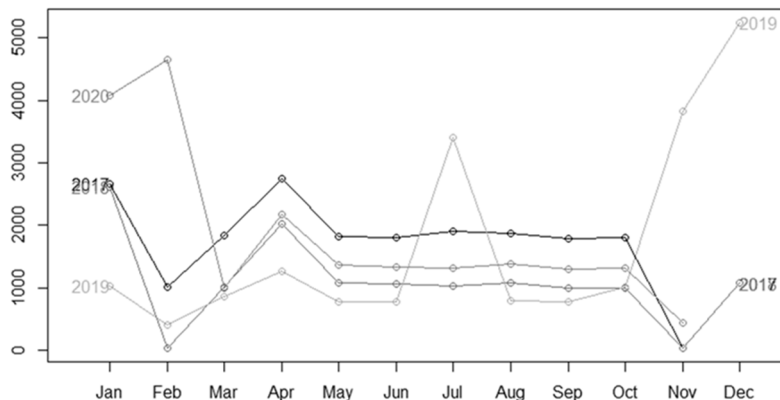


Рис. 4. Аналіз сезонності

Джерело: сформовано авторами за допомогою програмного середовища R на основі квитково-облікового звіту відділу маркетингу міжнародної транспортної компанії "East West Eurolines".

Таблиця 3

Тест на стаціонарність

№	Характеристика	Значення показника
1	Показник Дікі-Фуллера	-1,834
2	Лаг	3,000
3	P-value	0,637

Джерело: розраховано авторами за допомогою програмного середовища R.

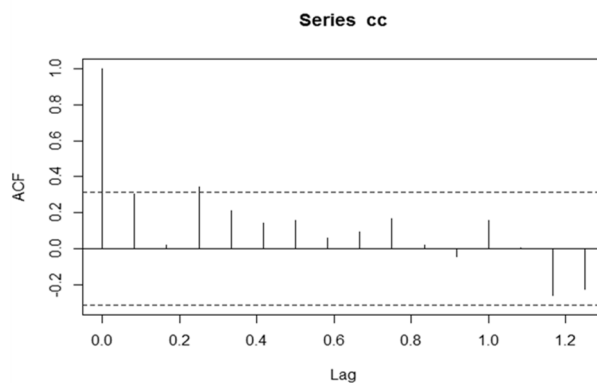


Рис. 5. Попарне порівняння коефіцієнтів кореляції

Джерело: розраховано авторами за допомогою програмного середовища R.

Наведений на рис. 5 та 6 аналіз показує кореляцію запізнювання рівня 3 для тесту ACF і кореляцію запізнювання рівня 3 для PACF. Ці тести показують кореляцію між точками, розділеними часовими затримками.

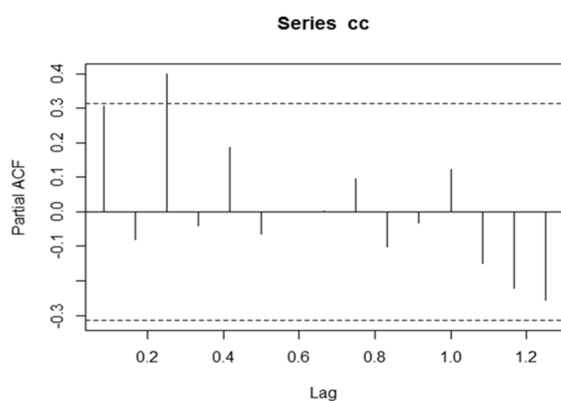


Рис. 6. Графічне представлення функції часткової кореляції

Джерело: розраховано авторами за допомогою програмного середовища R.

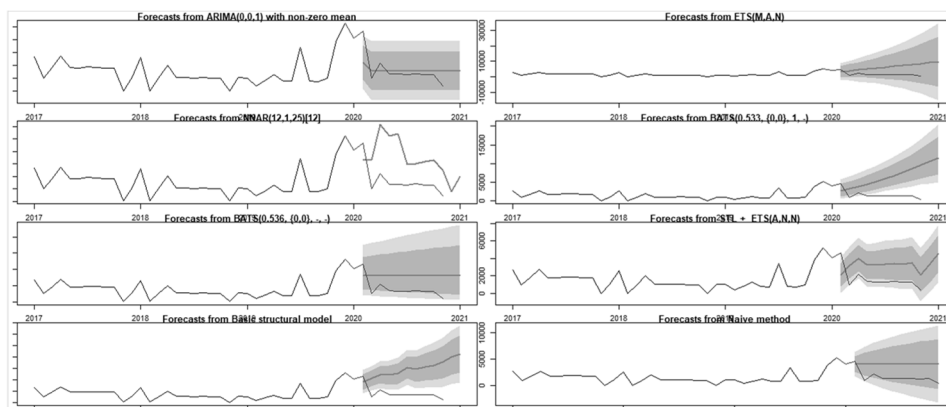


Рис. 7 Графічне представлення прогнозу

Джерело: розраховано авторами за допомогою програмного середовища R.

Враховуючи графічне представлення прогнозу (рис.7) найкращими моделями прогнозування пасажиропотоку є ARIMA, BATS та STL моделі.

Таблиця 4

Характеристики моделей прогнозу

Модель	ME	RSME	MAE	MPE	MAPE	MASE	ACF
ARIMA	-34.51	907.97	632.17	-36.44	52.13	0.64	-0.16
BATS	-1632.80	1961.22	1911.82	-175.77	181.76	1.94	-0.13
STL	-1526.89	2046.41	2034.85	-154.37	165.28	02.06	-0.05
N.N.	-2212.78	2677.01	2475.02	-198.62	204.26	2.51	0.24
Структурна	-3821.71	4291.14	4027.10	-394.80	399.21	04.08	0.29
Е.С.	-4271.88	4944.29	4539.40	-452.02	457.77	4.60	0.44
ТBATS	-4139.92	5110.45	4546.32	-461.86	470.59	4.60	0.50

Джерело: розраховано авторами за допомогою програмного середовища R.

Аналіз даних попиту пасажирів на автобуси показує, що в даних присутня щомісячна сезонність: відсталі дані за місяць демонструють значну кореляцію з початковими спостереженнями часових рядів.

Характеристики моделей прогнозу:

- 1) ME: середня похибка;
- 2) RMSE: середньоквадратична похибка;
- 3) MAE: середня абсолютна похибка;
- 4) MPE: середня похибка в процентах;
- 5) MAPE: середня абсолютна похибка у відсотках;
- 6) MASE: середня абсолютна масштабована похибка;
- 7) ACF1: автокореляція похибок із затримкою 1.

Відповідно, чим менші ці показники, тим кращою є модель для прогнозування ряду. Таким чином, для прогнозування обсягів пасажирів відділу маркетингу фірми-перевізника рекомендується застосовувати модель ARIMA.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Погане планування маршрутів транспортної компанії може призвести до поганого покриття маршруту, надмірних нерациональних витрат, незадоволення пасажирів та втрат репутації. Оптимізація маршрутів дозволяє компанії включати параметри витрат як частину планування і це зумовить підвищення ефективності бізнесу. Крім того, вони зможуть контролювати кінцеві операції, що покращить якість обслуговування пасажирів.

При застосуванні запропонованої моделі миттєвої оптимізації маршрутів із використанням інструменту автоматизованого планування NASG-II фірми-перевізника надається можливість при плануванні встановлювати такі параметри подорожі, як функціональні обмеження автомобіля, час поїздки та схеми перемикання станцій зупинок. Це також дозволяє збалансувати швидкість перевезень та загальну ефективність. Дослідження враховує існуючу в компанії систему вибору маршруту з урахуванням інформації про дорожній рух. Різні фактори впливають на рішення операторів, включаючи особливості поїздки, сприйняття надійності звітів про дорожній рух. Також організація процесу планування маршруту сильно залежить від надання високоякісної інформації. Застосування моделі для оптимального планування діяльності транспортної компанії дозволило зменшити її витрати на 10,82%.

Аналіз даних про попит пасажирів на автобусні перевезення показав, що дані мають щомісячну сезонність, а найкращими моделями для прогнозування пасажирських перевезень є моделі ARIMA, BATS та STL.

Для визначення кращої моделі прогнозування були розраховані такі їх характеристики: ME, RMSE, MAE, MPE, MAPE, MASE, ACF1. Чим меншими є ці показники, тим кращою є модель для прогнозування часових рядів. Ми рекомендуємо використовувати модель ARIMA для прогнозування обсягу пасажирів у відділі маркетингу перевізника.

Перспективні напрями подальших досліджень в галузі міжнародних транспортних пасажирських перевезень включають пошук та аналіз факторів впливу на ефективність діяльності компанії, зокрема, врахування сервісних послуг, екологічних та технологічних факторів. Дослідження та оцінювання ефективності компанії повинно здійснюватися із врахуванням ступеня задоволеності пасажирів наданою послугою, оскільки цей фактор відіграє чималу роль у формуванні іміджу компанії та зростанні попиту на її послуги.

Список використаних джерел

1. Гашук П. М., Дубно М. В., Нефьодов О. Ф. Ідентифікація й нормування потенціалу автомобіля. Львів : Тріада ПЛЮС, 2007. 240 с.
2. Кальченко В. І., Кальченко В. В., Венжега В. І. Шляхи покращення економічних і екологічних характеристик автомобілів. *Вісник Чернігівського державного технологічного університету*, 2010. №45. С. 35–38.
3. Шаталов М. А., Мичка С. Ю. Питання про ключові проблеми інформаційного забезпечення управління транспортно-логістичною системою підприємства. *Науковий огляд (економічні науки)*, 2017. №2. С. 140–144.
4. Box G., Jenkins G. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco: Holden-Day, 1976. 420 p.
5. Charkroborty P., Dwivedi T. Optimal route network design for transit systems using genetic algorithms. *Engineering Optimization*, №7, 2002. P. 83-100.
6. Fan W., Machemehl R. Using a simulated annealing algorithm to solve the transit route network design problem. *Journal of transportation engineering*, 2006. Vol. 132, № 2. P. 122-132.
7. Giesen R., Martinez H., Mauttone A., Urquhart M. A method for solving the multi-objective transit frequency optimization problem. *Journal of Advanced Transportation*, 2016. Vol. 50, № 8. P. 232-237.
8. Hadi M., Mahmassani H. Hybrid route generation heuristic algorithm for the design of transit networks. *Transportation Research C: Emerging Technologies*, 1995. Vol. 3, № 1. P. 31–50.
9. Krstanoski N. Trunk with Branches Public Transport Line Scheduling under Condition of Uniform Headway Operation. *Journal of Public Transportation*, 2017. Vol. 14, № 7. P. 89.
10. Zhao F., Ubaka I. Transit Network Optimization: Minimizing Transfers and Optimizing Route Directness. *Journal of Public Transportation*, 2004. Vol. 22, № 7. P. 67-82.
11. Y. Zhu T. Optimization of Urban Rail Transit Train Operation Plan considering Passenger Travel Efficiency. *Journal of Beijing Jiaotong University*, №2, 2016. P. 32-35.

References

1. Hashchuk P. M., Dubno M. V. & Nef'odov O. F. (2007) Identifikatsiia I normuvannia potentsialu avtomobilia [Identification and rationing of car potential]. Lviv : Triada Plus. [in Ukrainian].
2. Kal'chenko V. I., Kal'chenko V. V. & Venghega V. I. (2010) Methods of improving the economic and environmental performance of cars. Visnyk of Chernihiv State Technological University. 45, 35-38. [in Ukrainian].
3. Shatalov M. A., Mychka S. Yu. (2017) Key problems of information support of transport and logistics enterprise system management. Scientific review (economic sciences). 2, 140-144. [in Ukrainian].
4. Box G., Jenkins G. (1976) *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco: Holden-Day.
5. Charkroborty P., Dwivedi T. (2002) Optimal route network design for transit systems using genetic algorithms. *Engineering Optimization*. 7, 83-100.
6. Fan W., Machemehl R. (2006) Using a simulated annealing algorithm to solve the transit route network design problem. *Journal of transportation engineering*. 132(2), 122-132.
7. Giesen R., Martinez H., Mauttone A. & Urquhart M. (2016) A method for solving the multi-objective transit frequency optimization problem. *Journal of Advanced Transportation*. 50(8), 232-237.
8. Hadi M., Mahmassani H. (1995) Hybrid route generation heuristic algorithm for the design of transit networks. *Transportation Research C: Emerging Technologies*. 3(1), 31–50.
9. Krstanoski N. (2017) Trunk with Branches Public Transport Line Scheduling under Condition of Uniform Headway Operation. *Journal of Public Transportation*. 14(7), 89.
10. Zhao F., Ubaka I. (2004) Transit Network Optimization: Minimizing Transfers and Optimizing Route Directness. *Journal of Public Transportation*. 22(7), 67-82.
11. Y. Zhu T. (2016) Optimization of Urban Rail Transit Train Operation Plan considering Passenger Travel Efficiency. *Journal of Beijing Jiaotong University*. 2, 2016, 32-35.

MODELING OF OPTIMAL ROUTES OF PASSENGER TRANSPORTATION OF THE TRANSPORT COMPANY

Iryna Paslavska, Renata Tsikalova

*Ivan Franko National University of L'viv
79008 Prospekt Svobody, 18, L'viv, Ukraine
iryna.paslavska@lnu.edu.ua, Renata.Tsikalova@lnu.edu.ua*

Abstract. The purpose of the article is to build a model for optimizing passenger transport routes. The research used econometric methods to predict the demand for transportation and genetic algorithms for the formation of optimal routes of the transport company. The process of logistics optimization is very complex so an efficient NSGA-II algorithm is proposed to solve the problem. The algorithm for generating the initial set of routes is based on intuitive observation, maximizing the demand for travel, which is a key component when designing a logistics network.

As a result of managing the efficiency of the system, we received a certain set of routes and balancing the costs of passengers and the carrier. It is concluded that route optimization allows companies to optimize business functions, to include parameters that they usually use to increase business efficiency as part of planning.

The company's existing route selection system and traffic information are used in building the model. The study showed that various factors influenced the decisions of operators, including the characteristics of the trip, perception of the reliability of traffic reports. Another research found that providing high-quality information strongly influences the organization of the route planning process.

Analysis of data on passenger demand for bus transportation shows that the data has a monthly seasonality. And the best models for forecasting passenger traffic are ARIMA, BATS and STL models.

The characteristics of models (ME, RMSE, MAE, MPE, MAPE, MASE, ACF1) were determined to evaluate the best forecasting model. The lower these values, the better the model for predicting time series. Thus, it is recommended to use the ARIMA model to forecast the volume of passengers in the marketing department of the carrier.

Due to the correct algorithm of construction and evaluation of route efficiency, the productivity of operators and drivers increases, as the constructed routes are optimized depending on the location of departure and destination points, vehicle and ancillary transportation services.

A distinctive feature of the proposed model is to take into account the cost of passenger time and the productivity of the company's staff. The value of the proposed model for forecasting demand and optimizing passenger routes is that it allowed the company to reduce costs by 10.82%.

Keywords: transport network, effective route, operating costs, genetic algorithm, ARIMA model.

Стаття надійшла до редколегії 14.04.2020

Прийнята до друку 03.07.2020