

Филимонова І.Ю., Василенко Т.Є., к.е.н., Фесенко Д.В.

АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка

ОЦІНКА ЯКОСТІ РОБОТИ АВТОБУСІВ НА МІСЬКИХ МАРШРУТАХ (НА ПРИКЛАДІ МІСТА ГОРЛІВКА)

Запропоновано етапи оцінки якості роботи автобусів для міських маршрутів міста Горлівка за допомогою факторного та кластерного аналізів. Використання факторного аналізу дозволило розробити три узагальнених показника якості роботи автобусів; використання кластерного – розподілити автобусні маршрути на п'ять кластерів.

Постановка проблеми

В умовах жорстокої конкуренції між перевізниками, які працюють у теперішній час, у тому числі в місті Горлівка, важливою конкурентною перевагою є якість.

Рівень якості в кожний момент може бути встановлений за допомогою оцінки, яка дозволяє:

- визначити міру відповідності роботи автобусів умовам і вимогам запитів пасажирів, стандартів, договорів, контрактів;
- спланувати подальшу роботу автобусів, яка б у більшій мірі відповідала потребам пасажирів автобусів;
- виводити роботу автобусів на більш високий рівень якості та конкурентності шляхом вдосконалення існуючої та планування майбутньої схеми їх роботи.

Отже оцінка якості роботи автобусів (ЯРА) є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз наукової літератури з оцінювання якості роботи пасажирського автомобільного транспорту дозволяє зробити наступні висновки [1, 2]:

1. Дотепер відсутні: єдина технологія оцінювання; підхід до оцінювання якості транспортних послуг безпосередньо їх споживачами – пасажирами.
2. Існуючі методи й особливості оцінювання якості розглядаються стосовно до «транспортної продукції», «транспортного обслуговування пасажирів», «транспортної послуги», а не до «роботи автобусів». При цьому якість визначається за однаковими показниками, а відповідно й залежностями.
3. Показники, які використовуються для оцінки якості перевезень, не є об'єктивно вимірюваними й найчастіше характеризують усереднені результати роботи перевізників.

У зв'язку з цим, метою статті є оцінка ЯРА на міських маршрутах за допомогою факторного та кластерного аналізів.

Основний розділ

Оцінку ЯРА запропоновано здійснювати в дев'ять етапів (рисунок 1). Розглянемо детально кожен з них.

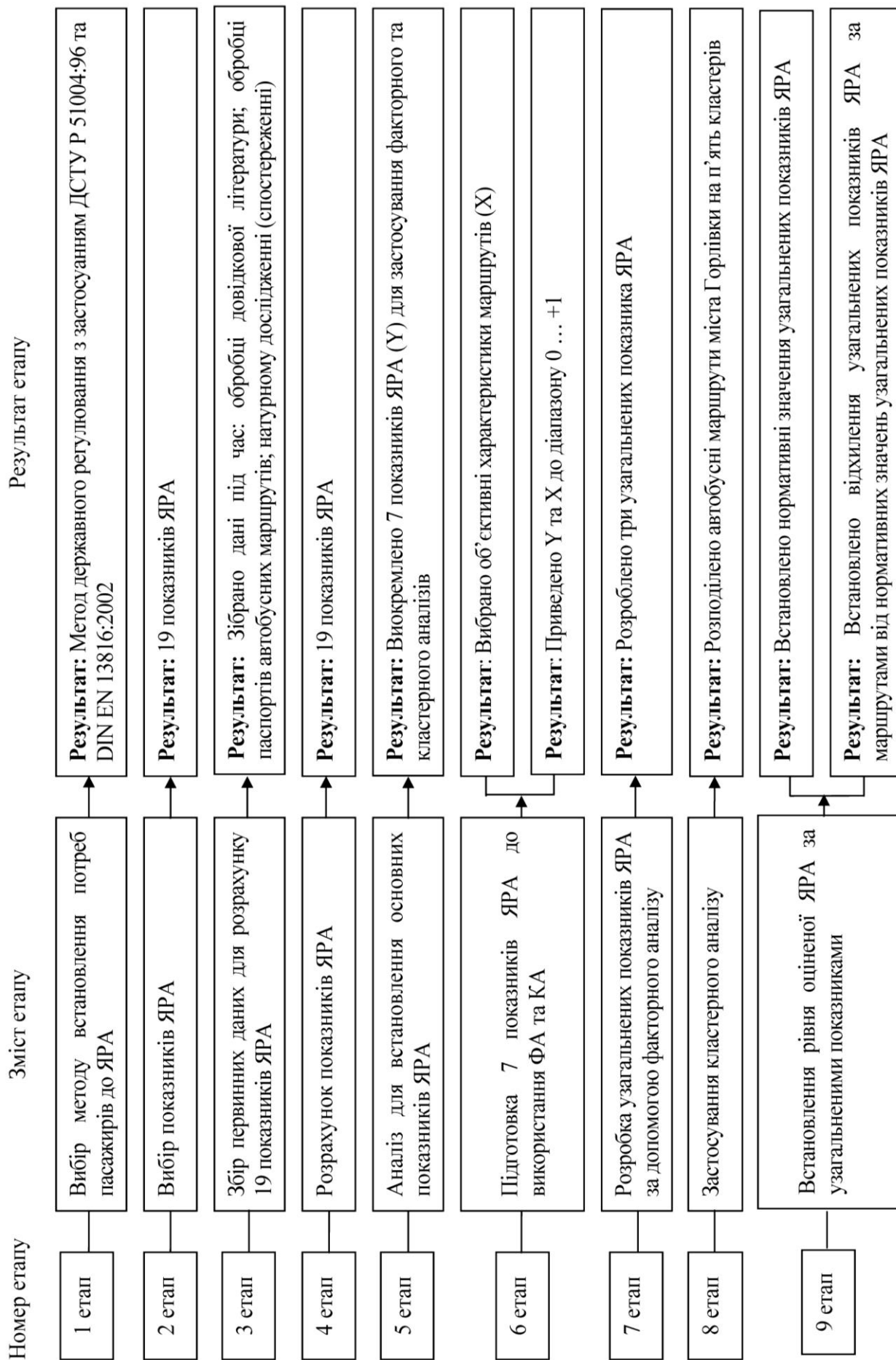


Рисунок 1 – Етапи здійснення ЯРА

Першим етапом оцінки ЯРА виступив вибір методу встановлення потреб пасажирів до ЯРА.

Потреби пасажирів встановили за допомогою методу державного регулювання на основі ДСТУ Р 51004-96 «Послуги транспортні. Пасажирські перевезення. Номенклатура показників якості» [4] та DIN EN 13816:2002 «Транспортування. Матеріально-технічне забезпечення та послуги. Суспільний пасажирський транспорт. Визначення якості обслуговування, складання завдань і принципи вимірів» [5]. Ці стандарти дозволяють цілісно та всебічно охарактеризувати ЯРА з точки зору пасажирів та їх вимог. Вимоги пасажирів описані в них у вигляді показників ЯРА, систематизованих у шість груп: показники інформаційного обслуговування, показники комфортності, показники швидкості, показники своєчасності, показники безпеки, показники надійності.

Другим етапом оцінки є виділення з вищеперерахованих груп дев'ятнадцяти показників, які характеризують якість з точки зору роботи автобусів (таблиця 1).

Таблиця 1 – Показники ЯРА, що встановлені ДСТУ Р 51004–96 та DIN EN 13816:2002

Групи показників	Показники ЯРА	Умовні позначення
1	2	3
Показники інформаційного обслуговування	1. Коефіцієнт інформаційного обслуговування пасажирів автобусами на маршруті	$\eta_{i,a}$
	2. Коефіцієнт інформаційного обслуговування пасажирів на зупинних пунктах маршрутів	$\eta_{i,z}$
Показники комфортності	3. Площа приміщення автобусу, що приходить на одного пасажирів	$S_{прим}^{пас}$
	4. Допустимі санітарно-гігієнічні норми (коефіцієнт відповідності фактичної кількості автобусів з дотриманими вимогами до загальних санітарно-гігієнічних норм)	G
	5. Допустиме наповнення салону автобусу пасажирами (статичний коефіцієнт використання місткості автобусу)	γ_c
	6. Коефіцієнт, який враховує комфорт посадки в автобус та виходу з нього	$\rho_{комф}$
Показники швидкості	7. Тривалість перевезення	$t_{пер}$
	8. Частота руху автобусу	$\eta_{рух}$
	9. Частота зупинок автобусу (число перегонів)	$N_{пер}$
	10. Середня експлуатаційна швидкість руху автобусу	V_e
Показники своєчасності	11. Доля автобусів, що відправляються за розкладом	$i^{6.p}$
	12. Доля автобусів, що прибувають за розкладом	$i^{n.p}$
	13. Середньоквадратичне відхилення від розкладу руху	σ_τ
	14. Середній інтервал руху автобусів на маршруті	$I_{сер}$
	15. Максимальний інтервал руху автобусів на маршруті	I_{max}
Показники безпеки	16. Надійність функціонування автобусів (коефіцієнт технічної готовності автобусу)	$\alpha_{m.z}$

Продовження таблиці 1

1	2	3
Показники надійності	17. Строк служби автобусу (коефіцієнт відповідності фактичного строку служби автобусу нормативному)	λ
	18. Вірогідність безвідмовної роботи автобусу	$P_{б.р}$
	19. Наявність документа, що підтверджує допуск автобуса до експлуатації (коефіцієнт відповідності фактичної кількості автобусів до необхідної)	d

Третім етапом оцінки якості виступив збір первинних даних для розрахунку показників ЯРА. Первинні дані були отримані:

- шляхом обробки довідкової літератури;
- з паспортів автобусних маршрутів міста Горлівка під час проходження магістерської практики в Управлінні економіки, промисловості, транспорту та зв'язку Горлівської міської ради;
- шляхом проведення натурального дослідження (спостереження).

Натурні дослідження були проведені:

1. На семи представницьких перерізах, загальних для декількох з обраних автобусних маршрутів міста: площа Повстання, станція «Микитівка», кінотеатр «Шахтар», кінотеатр «Іскра», ж/м «Будівельників», автовокзал, ВАТ Концерн «Стирол».
2. У салонах автобусів, що працюють на кожному з автобусних маршрутів. Було обстежено сорок діючих міських автобусних маршрутів міста Горлівка.

На четвертому етапі оцінювання за результатами отриманих з паспортів маршрутів та в ході спостережень даних щодо маршрутів міста Горлівка на основі Стандартів України та Європи розраховано дев'ятнадцять показників ЯРА.

Так як, по-перше, така кількість показників є громіздкою для оцінювання; по-друге, існують лінійні зв'язки між ними, а це не дає змоги правильно інтерпретувати узагальнені показники ЯРА. На п'ятому етапі було проведено виділення основних показників якості (Y) з загальної їх кількості показників ЯРА на підставі методу Фаррара – Глобера [6].

Критерії виділення:

- визначник кореляційної матриці прагне до 1;

$$-\chi^2 < \chi_{табл}^2$$

Етапи методу Фаррара – Глобера:

1. Стандартизація показників ЯРА.

Критерії стандартизації:

- в матриці всі показники безрозмірні;
- середнє значення кожного показника в стовпці дорівнює 0;
- оцінка дисперсії кожного показника в стовпці дорівнює 1.

2. Знаходження кореляційної матриці стандартизованих показників ЯРА. Строки кореляційної матриці відповідають результатам розрахунку показників якості роботи автобусів, стовпці містять результати спостережень за кожним автобусним маршрутом міста Горлівка.

3. Обчислення визначника для кожної кореляційної матриці розмірністю $n \times n$ (n – кількість показників ЯРА; $n = 1, 2, \dots, 19$).

На основі розрахунку визначників дев'ятнадцяти матриць побудовано графік залежності визначника кореляційної матриці від кількості показників ЯРА (рисунок 2).



Рисунок 2 – Графік залежності визначника кореляційної матриці від кількості показників ЯРА

Аналіз отриманих значень визначників кореляційних матриць дозволив зробити наступні висновки:

- існує достатньо тісний лінійний зв'язок між всіма дев'ятнадцятьма показниками ЯРА, відповідно, деякі з показників дублюють один одного за змістовним наповненням;
- для розробки узагальнених показників ЯРА достатня кількість основних показників ЯРА повинна бути значно меншою;
- зменшення кількості показників якості потребує виключення з регресії деяких показників з урахуванням значень визначника матриць.

4. Обчислення критерія Пірсона χ^2 .

5. Порівняння значення χ^2 з табличним при рівні значущості α та степенями вільності $\nu = 0,5 \cdot m \cdot (m - 1)$.

При порівнянні отриманих значень критерія Пірсона χ^2 з табличними [7] встановлено сім показників, між якими відсутній лінійний зв'язок, а отже саме вони найбільш різнобічно описують ЯРА. Вплив інших показників не є суттєвим.

Отже, в якості виділених показників Y виступають:

Y_1 – середня експлуатаційна швидкість руху автобуса;

Y_2 – середньоквадратичне відхилення від розкладу руху автобуса;

Y_3 – статичний коефіцієнт використання місткості автобуса;

Y_4 – частота руху автобуса;

Y_5 – коефіцієнт інформаційного обслуговування пасажирів автобусами на маршруті;

Y_6 – вірогідність безвідмовної роботи автобуса;

Y_7 – коефіцієнт відповідності фактичної кількості автобусів з необхідною документацією загальної.

На показники якості впливають не лише об'єктивні характеристики, а й суб'єктивні, які необхідно враховувати при використанні факторного аналізу.

Тому залежність показників ЯРА від об'єктивних та суб'єктивних характеристик маршруту має вигляд:

$$Y = X \cdot A + Q \cdot F + U, \quad (1)$$

де X – об'єктивні (вимірювані) характеристики маршруту;

F – латентні (приховані) фактори;

A, Q – матриці коефіцієнтів, що показують вплив змінних X та F на функцію Y ;

U – випадкові відхилення функції Y , які будуть присутні в будь-якій моделі.

Змінні X були запропоновані на шостому етапі.

Їх значення були отримані шляхом:

- спостереження за роботою маршрутів;
- обробки паспортних даних функціонуючих автобусних маршрутів міста Горлівка;
- використання довідкової літератури.

Перелік об'єктивних характеристик X та методи їх збору наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Перелік об'єктивних характеристик X та методи їх збору

Методи збору	Об'єктивні характеристики маршруту	
	Умовні позначення	Найменування об'єктивних характеристик X
Обробка паспортів автобусних маршрутів	X_1	Кількість залізничних переїздів на маршруті слідування
	X_2	Кількість місць концентрації ДТП на маршруті слідування
	X_3	Кількість поворотів на маршруті слідування
	X_4	Кількість перехресть на маршруті слідування
	X_5	Кількість пішохідних переходів з регулюванням на маршруті слідування
	X_6	Кількість пішохідних переходів типу зебра на маршруті слідування
	X_{11}	Кількість автобусів, що працюють на маршруті слідування
	X_{12}	Кількість зупинок на маршруті слідування автобуса
	X_{13}	Середня довжина перегону на маршруті слідування
Натурне спостереження	X_7	Стан дорожнього полотна на маршруті слідування
	X_{10}	Загальний пасажиропотік на маршруті слідування
Допоміжна довідкова література	X_8	Завантаження вулично-дорожньої мережі на маршруті слідування
	X_9	Пасажиромісткість автобусів, що працюють на маршруті
	X_{14}	Коефіцієнт відповідності фактичного пробігу автобуса нормативному

Вони оцінювалися за кожним з автобусних маршрутів міста Горлівка.

Також на даному етапі Y та X приведені до діапазону $0 \dots +1$ за вимогою факторного аналізу [8]. Формула приведення має вигляд:

$$V_i' = \frac{V_i - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}}, \quad (2)$$

де V_i – значення i -го показника з чисельності показників для i -го маршруту;

V_{\min} – значення мінімального показника з чисельності показників для всіх маршрутів;

V_{\max} – значення максимального показника з чисельності показників для всіх маршрутів.

Сьомим етапом оцінки виступила розробка узагальнених показників ЯРА за допомогою факторного аналізу [8]. На цьому етапі проведено:

1. Виділення узагальнених показників ЯРА (на підставі аналізу графіку накопиченої долі варіації власних чисел кореляційної матриці) (рисунок 3).



Рисунок 3 – Графік накопиченої долі варіації власних чисел, можливих для виділення узагальнених показників ЯРА

Критерії виділення:

- число запропонованих для виділення узагальнених показників ЯРА менше $m/2$;
- m – кількість основних показників якості роботи автобусів;
- доля варіації узагальнених показників у відсотковому відношенні – більше 70 %;
- внесок у сумарну варіацію наступного показника – менше 8 %.

2. У відповідності до встановлених критеріїв виділено три узагальнені показники. Групування основних показників ЯРА в узагальнені здійснювалося на підставі аналізу коефіцієнтів кореляції між основними показниками ЯРА та узагальненими (таблиця 3).

Таблиця 3 – Кореляційна матриця між основними показниками ЯРА та узагальненими показниками

Умовне позначення показника ЯРА	Показник ЯРА		Перший узагальнений показник	Другий узагальнений показник	Третій узагальнений показник
Y ₁	Середня експлуатаційна швидкість руху автобуса	*	+0,609564	+0,252298	-0,047068
		**	0,8681256	0,4482499	-0,1743164
Y ₂	Середньоквадратичне відхилення від розкладу руху автобуса	*	-0,355906	+0,452037	-0,163628
		**	-0,43588	0,6904227	-0,5223038
Y ₃	Статичний коефіцієнт використання місткості автобуса	*	-0,105282	+0,284579	+0,281337
		**	-0,0806679	0,2725415	0,5635976
Y ₄	Частота руху автобуса	*	+0,079768	+0,094267	+0,025178
		**	0,0531372	0,0782566	0,0437076
Y ₅	Коефіцієнт інформаційного обслуговування пасажирів автобусами на маршруті	*	-0,182417	+0,383380	+0,235427
		**	-0,1053427	0,2766101	0,3557415
Y ₆	Вірогідність безвідмовної роботи автобуса	*	-0,093505	+0,203999	+0,251997
		**	-0,0509435	0,1391199	0,3591691
Y ₇	Коефіцієнт відповідності фактичної кількості автобусів з необхідною документацією загальній	*	-0,224892	+0,377016	+0,164176
		**	-0,1826015	0,3822539	0,3488631

* – значення коефіцієнтів кореляції між основними показниками ЯРА та узагальненими показниками;

** – значення вектору навантаження основного показника ЯРА на узагальнений показник якості роботи автобусів

Критерії групування:

– відповідність знаків коефіцієнтів кореляції логіці висновків;

– включення кожного з показників Y виключно в один узагальнений показник ЯРА;

– суб'єктивізм пояснення результатів групування.

У відповідності до встановлених критеріїв запропоновано групування основних показників в узагальненні (таблиця 4).

Таблиця 4 – Складові частини узагальнених показників ЯРА

Номер узагальненого показника	Умовне позначення показника ЯРА	Склад узагальненого показника	Назва узагальненого показника
Перший узагальнений показник	Y_1	Середня експлуатаційна швидкість руху автобуса (V_e)	Узагальнений показник швидкості автобуса
	Y_4	Частота руху автобуса ($\eta_{пyx}$)	
Другий узагальнений показник	Y_2	Середньоквадратичне відхилення від розкладу руху автобуса (σ_τ)	Узагальнений показник зручності користування автобусом
	Y_3	Статичний коефіцієнт використання місткості автобуса (γ_c)	
	Y_5	Коефіцієнт відповідності фактичної кількості автобусів з необхідною документацією загальній (d)	
Третій узагальнений показник	Y_6	Коефіцієнт інформаційного обслуговування пасажирів автобусами на маршруті ($\eta_{i.a}$)	Узагальнений показник доступності автобуса
	Y_7	Вірогідність безвідмовної роботи автобуса ($P_{б.р.}$)	

Склад кожного узагальненого показника ЯРА в загальному вигляді виражений рівнянням:

$$УП_i = \sum_{j=1}^n k_j \cdot Y_j, \quad (3)$$

де $УП_i$ – i -ий узагальнений показник ЯРА;

Y_j – j -ий основний показник ЯРА, розрахований для кожного з автобусних маршрутів міста Горлівка за стандартами ДСТУ Р 51004–96 та DIN EN 13816:2002 та приведений до діапазону 0 ... +1..

k_j – вектор навантаження j -ого основного показника ЯРА на i -ий узагальнений показник ЯРА;

n – кількість основних показників в складі узагальненого показника ЯРА.

В результаті аналізу кореляційної матриці за критеріями групування для трьох узагальнених показників ЯРА рівняння (3) має вигляд, наведений в таблиці 5.

Таблиця 5 – Рівняння для розрахунку значень узагальнених показників ЯРА

Узагальнений показник ЯРА	Рівняння
Перший узагальнений показник	$УП_1 = 0,8681 \cdot Y_1 + 0,0234 \cdot Y_4$
Другий узагальнений показник	$УП_2 = 0,6904 \cdot Y_2 + 0,2725 \cdot Y_3 + 0,3822 \cdot Y_7$
Третій узагальнений показник	$УП_3 = 0,3557 \cdot Y_5 + 0,3592 \cdot Y_6$

3. Інтерпретація узагальнених показників ЯРА (таблиця 4, гр.4).

На восьмому етапі оцінки ЯРА був використаний кластерний аналіз [9], який дозволив розподілити автобусні маршрути міста Горлівка на п'ять кластерів з метою відображення встановленого рівня якості як в сукупності за кластерами, так і окремо за маршрутами.

Приналежність маршрутів до кожного з п'яти кластерів наведена в таблиці 6.

Таблиця 6 – Приналежність автобусних маршрутів міста Горлівка до кластерів в результаті кластеризації

Номери кластерів	Номери маршрутів
Перший	1, 2, 4, 5, 6, 7, 14, 16, 18, 21, 24, 25, 29 а, 30, 31, 36, 38, 89, 100, 104, 105
Другий	3, 15, 17, 19, 26, 27, 28, 32, 33
Третій	13, 20, 29 б, 35, 81, 82, 101, 103
Четвертий	83
П'ятий	77

Для виявлення рівнів оцінок ЯРА за узагальненими показниками розроблено шкалу оцінювання за допомогою методу Харрінгтона [10].

Оцінка ЯРА по кластерах за узагальненими показниками наведена в таблиці 7.

Таблиця 7 – Бальна оцінка ЯРА по кластерах за узагальненими показниками

Номер кластера	Бальна оцінка ЯРА за узагальненими показниками		
	Узагальнений показник швидкості автобуса	Узагальнений показник зручності користування автобусом	Узагальнений показник доступності автобуса
1	Задовільно	Задовільно	Добре
2	Задовільно	Відмінно	Відмінно
3	Відмінно	Відмінно	Задовільно
4	Відмінно	Дуже погано	Добре
5	Дуже погано	Відмінно	Дуже погано

За норму узагальнених показників ЯРА обрані відмінні бальні оцінки.

Оцінка ЯРА по маршрутах міста Горлівка за узагальненими показниками дозволила виявити недоліки в роботі маршрутів як в сукупності за кластером, так і окремо за маршрутами, та надати рекомендації щодо підвищення ЯРА на міських маршрутах міста Горлівка в сучасних ринкових умовах.

Висновки

У даній статті авторами запропоновані етапи оцінки ЯРА для маршрутів міста Горлівка. У результаті:

- 1) за допомогою факторного аналізу отримано три узагальнених показника ЯРА: швидкості руху автобуса, зручності користування автобусом, доступності автобуса;
- 2) за допомогою кластерного аналізу всі автобусні маршрути міста Горлівка розподілено на п'ять кластерів з метою легкої та змістовної оцінки стану ЯРА за маршрутами;
- 3) розроблено рекомендації щодо підвищення ЯРА за кожним маршрутом та кластером.

Список літератури

1. Окрепилов В.В. Управление качеством: учебник для вузов / В.В. Окрепилов. – М.: ОАО «Экономика», 1998. – 639 с.
2. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автоперевозками: учебник для студентов учреждений среднего профильного образования / И.В. Спирин. – М.: Академ, 2003. – 400 с.
3. Системи управління якістю. Основні положення та словник: ДСТУ ISO 9000–2001. – [Чинний від 2001–06–27]. – К.: Держстандарт України, 2001. – 33 с. – (Національний стандарт України).
4. Послуги транспортні. Пасажирські перевезення. Номенклатура показників якості: ДСТУ Р 51004–1996. – [Чинний від 2001–06–27]. – К.: Держстандарт України, 2001. – 33 с. – (Національний стандарт України).
5. Транспортування. Матеріально-технічне забезпечення та послуги. Суспільний пасажирський транспорт. Визначення якості обслуговування, складання завдань і принципи вимірів: DIN EN 13816:2002. – [Чинний від 2002–04–17]. – 38 с.
6. Айвазян С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики: учебник для вузов / С.А. Айвазян. – М.: Юнити-Дана, 2001. – 432 с.
7. Зандер Е.В. Эконометрика: учебно-методический комплекс / Е.В. Зандер. – Красноярск, 2003. – 34 с.
8. Иберла К. Факторный анализ / К. Иберла. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.
9. Мандель И.Д. Кластерный анализ / И.Д. Мандель. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 177 с.
10. Ахназарова С.Л. Использование функции желательности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии: учебно-методическое пособие / С.Л. Ахназарова, Л.С. Гордеев. – М.: РХТУ, 2003. – 76 с.

Рецензент: к.т.н., доц. А.В. Толок, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ».

Стаття надійшла до редакції 07.10.11
© Филимонова І.Ю., Василенко Т.Є., Фесенко Д.В., 2011